

Seguridad Alimentaria: Aportaciones Científicas y Agrotecnológicas



Editores

Jorge Martínez Herrera

Miguel Ángel Ramírez Guillermo

Julio Cámara-Córdova

Seis de noviembre de 2017

UJAT



Villahermosa, Tabasco, México

Seguridad Alimentaria: Aportaciones Científicas y Agrotecnológicas

COLECCIÓN
JOSÉ N. ROVIROSA
Biodiversidad, Desarrollo Sostenible y Trópicos Húmedos

Seguridad Alimentaria: Aportaciones Científicas y Agrotecnológicas

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



Universidad Juárez
Autónoma de Tabasco



Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frías Márquez
Secretaría de Servicios Académicos

M.C. Raúl Guzmán León
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

M.A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Elena Ocaña Rodríguez
Secretaría de Finanzas

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dr. Rafael Ambriz Cervantes
Director General

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

Jorge Fajardo Guel
Coord. de Planeación y Desarrollo

Eduardo Francisco Berterame Barquin
Coord. de Administración y Sistemas

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

Seguridad Alimentaria : aportaciones científicas y agroalimentarias / editores:

Jorge Martínez Herrera, Miguel Ángel Ramírez Guillermo, Julio Cámara-Córdova. -- Primera edición. -- Villahermosa, Centro, Tabasco : Universidad Juárez Autónoma de Tabasco : Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2017.

503 + ix páginas : Ilustraciones. -- (Colección: José N. Roviroso. Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo).

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN: 978-607-606-425-2

1. Agricultura - Investigación - México. \ 2. Ganadería - Investigación - México. \ 3. Seguridad alimentaria - Investigación - México. \ I. Martínez Herrera, Jorge, Editor. \ II. Ramírez Guillermo, Miguel Ángel, Editor. \ III. Cámara-Córdova, Julio, Editor.

L.C. S540 .A2 S44 2017

Elaboró: Esmeralda Cobos Jiménez

Primera edición, 2017

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

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

ISBN: 978-607-606-425-2

Revisión de la edición: Jorge Martínez Herrera., Miguel Ángel Ramírez Guillermo.

Responsable de la edición: Julio Cámara Córdova.

Diseño de portada: Ricardo Cámara Córdova, con fotografías de Jorge Quiroz Valiente, Juan José Cámara Beauregard y Rutilo López López.

Compilado y hecho en Villahermosa, Tabasco, México.

CONTENIDO

PRÓLOGO	viii
RECONOCIMIENTOS	ix
A. Cultivos Anuales	1
CONTROL DE MALEZA EN CILANTRO <i>Coriandrum sativum</i> L. EN YUCATÁN, MÉXICO.PROCESO DE INVESTIGACIÓN Y VALIDACIÓN COMERCIAL. Avilés Baeza WI, Santamaría Basulto, F.	2
FÓSFORO, BIOMASA Y RENDIMIENTO DE MAÍZ DE RIEGO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGANICA EN Luvisol rodico DE YUCATAN. Ramírez Silva J.H., Tun Dzul J de la C., Cano González A.	7
EVALUACIÓN DE VARIEDADES Y FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE <i>Fusarium</i> sp EN CILANTRO <i>Coriandrum sativum</i> L. EN YUCATÁN, MÉXICO. Avilés Baeza WI, Santamaría Basulto, F.	13
EXPRESIÓN FENOTÍPICA Y ESTABILIDAD EN POBLACIONES DE MAÍZ <i>Zea mays</i> L. NATIVO DEL CENTRO DE CHIAPAS. Martínez Sánchez J, Espinosa Paz N, Ariza Flores R, Domínguez Velázquez S.	19
VARIEDADES TRADICIONALES DE MAÍZ EN COMUNIDADES CH'OLES DE TACOTALPA, TABASCO. Morales-Valenzuela, G.	25
EFFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA SOBRE LA EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE HIGUERILLA <i>Ricinus communis</i> L. Espinosa Paz N, López López M, Martínez Sánchez J.Rafael Ariza Flores R	30
TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE HIGUERILLA <i>Ricinus communis</i> L. EN EL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO. Espinosa Paz N, Ariza Flores R, Martínez Sánchez J	33
VIGOR DE SEMILLAS DE ECOTIPOS SILVESTRES DE HIGUERILLA <i>Ricinus communis</i> L. COLECTADOS EN EL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO. Domínguez Velázquez V, Espinosa Paz N, Martínez Sánchez J y Ariza Flores R	36
INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE MANCHAS FOLIARES EN ARROZ <i>Oryza sativa</i> . De Los Santos-Ricardez BL , Ramírez-Guillermo MA, Jiménez-Chong JA, López-López R	40
RESPUESTA DE LA CALABAZA CHIHUA EN CONDICIONES DE TEMPORAL EN CAMPECHE, MÉXICO. Villalobos González A, López Hernández MB, Canales Cruz, R	48
COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE SOYA DEL INIFAP EN EL ESTADO DE CAMPECHE. Hernández P.M., Soto R.J.M., Medina M.J., Rosado C.A.T y Canales C.R.	54
POTASIO EN SUELOS Y PLANTAS DE MAIZ COMERCIAL EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO. Ramírez Silva JH., Cano González A., Tun Dzul J de la C., Canales Cruz R., Aguilar Duarte Y	61
RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE FRIJOL BAJO DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN UN SUELO VERTISOL, EN TABASCO, MÉXICO. González-Arias G., Guerrero-Peña A., Lagunes-Espinoza L. del C. y Carrillo-Ávila E.	65
DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO PARA MAÍZ DE TEMPORAL EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN. Ramírez, J.G, Lozano C, M. Ramírez Si, J. H.	71
GERMINACIÓN DE HIBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ BAJO ESTRÉS HÍDRICO SIMULADO. Rangel Fajardo M A., Manriques Camaal L., Burgos Díaz J A., Tucuch Haas J I. Villalobos González A., Nava García J R	76

POTENCIAL PRODUCTIVO DE HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO. Barrón Freyre S, Sierra Macías M, Rodríguez Montalvo F A	81
EVALUACION DE HÍBRIDOS DE MAÍZ <i>Zea mays</i> L. PARA GRANO EN LA CHONTALPA, TABASCO. Barrón Freyre S, Rodríguez Montalvo F A	87
UN NUEVO PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR RENDIMIENTOS POTENCIALES DE CULTIVOS A PARTIR DE LA TEMPERATURA DIURNA. Aceves Navarro LA, Rivera Hernández B, Juárez López JF y Arrieta Rivera A.	93
CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DE CULTIVARES DE YUCA <i>Manihot esculenta</i> Crantz DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL CAMPO EXPERIMENTAL HUIMANGUILLO TABASCO. Rodríguez Cuevas. M; Sumano López. D.; López López. R; De Dios Lopez. M. O; García Sanchez A.	100
RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAÍZ A LA APLICACIÓN DE POTASIO Y FÓSFORO EN UN LUVISOL VÉRTICO DE LA MESETA COMITECA, CHIAPAS, MÉXICO. López Martínez J, Villar Sánchez B, Reynoso Santos R, Grajales Solís M, Hernández Gómez E, Mendoza-Espinosa I.	105
CARACTERIZACIÓN FENOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE LA CALABAZA CHIHUA <i>Cucurbita argyrosperma</i> Huber var. <i>argyrosperma</i> EN QUINTANA ROO. García Sandoval JA y Dzul Uuh D.	109
EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y EL USO DE MICORRIZA SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE <i>Zea mays</i> L. VARIEDAD SACBEH. Lozano Contreras MG, Ramírez Jaramillo G, Tepal Chalé JA, Ramírez Silva J, Cauich Cauich RA	113
ATAQUE DE <i>Frankliniella williamsi</i> Hood Thysanoptera: Thripidae EN YUCA (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) EN TABASCO, MÉXICO. Sumano López D; Arias López VH, Rodríguez Cuevas M.	117
RENDIMIENTO DE MAÍZ CRIOLLO BAJO TEMPORAL EN YUCATÁN, MEXICO. Basulto Graniel JA, Gamboa JA, Reyes Chávez E.	121
HÍBRIDOS DE MAÍZ CON POTENCIAL PARA PRODUCCIÓN DE ELOTE EN REGIONES TROPICALES DE MÉXICO. Andrés-Meza P; Rodríguez-Montalvo FA, Sierra-Macías M, Leyva-Ovalle OR, Palafox-Caballero A, Espinosa-Calderón A, Tadeo-Robledo M, Vázquez-Carillo MG, Gómez-Montiel NO, Herrera-Corredor A, Cebada-Merino M, Del Rosario-Arellano JL, López-Romero G y Nájera-Contreras R,	125
B. Plantaciones	130
ÁREAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES EN CHIAPAS, MÉXICO. Jiménez Colchado J.M.	131
ECUACIONES GENERALIZADAS DE ALTURA-DIÁMETRO PARA <i>Pinus patula</i> Schl. & Cham. EN IXHUACÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO. Avilés-Castillo A, Hernández-Ramos J, García-Magaña JJ, García-Cuevas X, Hernández-Ramos A y Flores-López C	135
VIABILIDAD DE LA SEMILLA DEL HENEQUEN <i>Agave fourcroydes</i> Lem. Guerrero Medina Rubén	141
EFFECTO DE FERTILIZANTE, BIOESTIMULANTES Y HONGOS BENÉFICOS EN LA CALIDAD DE PLANTA DE <i>Cedrela odorata</i> . Olivera Borja MG y Pablo Carrillo E	144
VALIDACIÓN DE LA APLICABILIDAD DE ECUACIONES DE VOLUMEN FUSTAL PARA <i>Swietenia macrophylla</i> King USADOS EN QUINTANA ROO. Hernández RJ, García CX, Hernández RA, Tamarit UJC, Martínez SM y De los Santos PHM	150
PRODUCCIÓN DE UN LÍPIDO ESTRUCTURADO A PARTIR DE ACEITE DE PALMA. Ochoa Flores AA, Hernández Becerra JA, García-Galindo HS, López Hernández E, Miranda Cruz E.	157

ÁREA FOLIAR PROYECTADA PARA PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES DE Eucalyptus urophylla S.T. BLAKE EN HUIMANGUILLO, TABASCO. Adrián Hernández-Ramos, José René Valdez-Lazalde, Gregorio Ángeles-Pérez, Héctor Manuel de los Santos-Posadas y Jonathan Hernández-Ramos.	190
CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA EN UNA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN LA REGIÓN COSTA DEL ESTADO DE OAXACA. Luis Reyna MA., Ortega Baranda V. y Ochoa Somuano J	167
COMPARACIÓN DE UNA PLANTACIÓN FORESTAL CON UN BOSQUE SECUNDARIO DE EDAD SIMILAR EN YUCATÁN, MÉXICO. Centeno Erguera, L. R.; Rivera Leyva, R. R.; López Herrera, M. A.	172
CLIMA E INFESTACION DE LA MANCHA NEGRA DEL CACAO EN LA CHONTALPA,,TABASCO. Aceves Navarro LA, De la Cruz Ricardez D, Juárez López JF, Arrieta Rivera A, Rivera Hernández B.	179
RECOLECCIÓN DE VEINTE GENOTIPOS FENOTÍPICAMENTE SUPERIORES PARA ESTABLECIMIENTO DE UN ENSAYO DE PROCEDENCIAS-PROGENIES DE CEDRO Cedrela odorata L., EN YUCATÁN, MÉXICO. Rivera Leyva R.R, León Palomo C. A, Cob Uicab J. V	184
DETERMINACIÓN DEL MEDIO NUTRITIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE Tectona grandis POR EL MÉTODO HIDROPÓNICO. Silva Isidro G, De la Cruz May J, Peña Padilla G	190
DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES EN EL AGROECOSISTEMA CACAO Theobroma cacao L. EN TABASCO, MÉXICO. De Los Santos-Ricardez BL, Ramírez-Guillermo MA, Hernández-Gómez E	230
EXPLORACIONES ETNOBOTANICA EN MARTINEZ DE LA TORRE, VERACRUZ PARA LA IDENTIFICACION DE Theobroma cacao L. Ramírez-Guillermo MA, Rodríguez-Quiblera CG, Solís-Bonilla JL	204
C. Ganadería	211
EFFECTO DE PROPIONATO DE CALCIO EN VARIABLES PRODUCTIVAS EN OVINOS CONFINADOS. Flores S. E del J, Bárcena GJR, Hernández-Garay A, Cobos PMA, Mendoza-Pedrosa SI, Alejos de la Fuente JI y Ramírez SO.	212
DEMANDA DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN Brachiaria humidicola. De Dios León GE, Guerrero Peña A, López Collado CJ, Ortega Jiménez E, Alonso López A, Bolaños Aguilar ED	216
EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN Y FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO DE BIOMASA Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DE Brachiaria humidicola Rendle. De Dios León GE, Guerrero Peña A, López Collado CJ, Ortega Jiménez E, Alonso López A, Bolaños Aguilar ED	220
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DE PASTOS TROPICALES CON Y SIN FERTILIZACIÓN EN EPOCA SECA DEL AÑO. Hernández Espinoza DF, Orocio Carrillo JA, Pérez Pérez C, Reyes Cruz LA, Bolaños Aguilar ED	225
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE ENGORDA DE BECERROS HOLSTEIN EN EL ESTADO DE GUANAJUATO, MÉXICO. Vélez Izquierdo A, Buendía Rodríguez G, Gámez Vázquez P, Espinosa García JA, Montoya Flores MD, Bravo Peralta J.	229
EVALUACIÓN IN VITRO ANTIHELMÍNTICA Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE Tithonia diversifolia (Hemsl). De la Cruz-López J, Hernández-Villegas MM, Aranda-Ibáñez ME, Barrientos-Ramírez L, Ramírez-May AG, Rivera-Torres DL, Bolio-López GI	234
EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE CALABAZA BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN CAMPECHE, MÉXICO. Villalobos González A, Medina Méndez J, Soto Rocha J, Hernández Pérez M.	238

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y FITOQUÍMICA DE CUATRO ESPECIES DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS. López-Jiménez CE, Hernández-Villegas MM, Aranda-Ibáñez ME, Barrientos-Ramírez L, Bolaños-Aguilar ED	245
D. Biotecnología	248
EFFECTO DE LA INOCULACIÓN CON <i>Rhizophagus intraradices</i> EN PLANTULAS DE <i>Stevia rebaudiana</i> . Cauich Cauich RA, Lozano Contreras MG, Ramírez Jaramillo G	249
USO EFICIENTE DEL AGUA Y APLICACIÓN DE INOCULANTES MICROBIANOS EN LA PRODUCCIÓN DE <i>Stevia rebaudiana</i> Bert. VARIEDAD MORITA II. Cauich Cauich RA, Lozano Contreras MG, Pérez Gutiérrez A, Ramírez Jaramillo G.	253
INDUCCIÓN DE RESISTENCIA A <i>Phytophthora Capsici</i> EN PLANTAS DE CHILE MULATO (<i>Capsicum annuum</i> L.) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ELICITORES. González Tovar E, González Chavira MM, Guerrero Aguilar BZ, Pons Hernández JL, Medina Ramos G	258
METILACION DIFERENCIAL EN PLANTAS DE ESTEVIA, CON Y SIN APLICACION DE ELICITORES. González Chavira MM, IDiaz Huacuz R, Vázquez Hernández MC, Guevara González R, Guerrero Aguilar BZ, Guzmán Maldonado HS	263
DIVERSIDAD Y HUELLA GENÉTICA DE 17 VARIEDADES DE TRIGO EMPLEANDO MARCADORES MOLECULARES PARA LA CALIDAD INDUSTRIAL DEL GRANO. Teniente Pérez D. K. Pons Hernández J. L., González Chavira M. M.Paredes Melesio R	267
MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS DE HOJARASCA DE PODA Y RAMA TRITURADA POR COMPOSTEO. Aguilar Arpaiz JC, Pérez Méndez MA, Arpaiz Barrera JM.	271
ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN PIROLÍTICA DE LA PECTINA CÍTRICA: UN ENFOQUE TERMOQUÍMICO Y CINÉTICO. Contreras Rodríguez M J, Torres García E, Pons Jimenez M	274
CORRELACIÓN DEL PODER CALORÍFICO Y LIGNINA PARA FIBRA DE COCO Y BAGAZO DE CAÑA, COMO OPCIONES PARA BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS. Aguilar Sánchez P, Honorato Salazar JA, Rebolledo García RL.	280
CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA DIVERSIDAD Y PATOGENICIDAD DE AISLADOS DE <i>Fusarium</i> spp EN GUANAJUATO CAUSANTES DE PUDRICIÓN DE TALLO Y MAZORCA DE MAÍZ. Escobedo-Landín MÁ, Pons-Hernández JL, Guevara-Olvera L, Acosta-García A, Pérez-Pérez MCI, Guerrero Aguilar BZ.	284
IDENTIFICACIÓN DE POLIMORFISMOS DE NUCLEÓTIDO ÚNICO (SNP) PARA LA RESISTENCIA A <i>Fusarium</i> spp EN MAÍZ <i>Zea mays</i> L POR MEDIO DE ASOCIACIÓN AMPLIA DEL GENOMA (GWAS). Escobedo-Landín MÁ, Pons-Hernández JL, Guevara-Olvera L, Acosta-García A, Pérez-Pérez MCI, Cortes-Cruz, M.A	289
INHIBICIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE ASTAXANTINA durante EL SECADO SOLAR DE CEFALOTÓRAX DE CAMARÓN EMPLEANDO EXTRACTO DE ROMERO <i>Rosmarinus officinalis</i> L Hernández Becerra JA, Ochoa Flores AA, Torres Pérez JM, García Jimenez R, Ruiz Santiago FL, Valadez Villarreal A, Méndez Villegas R.	293
VALIDACION DE MARCADORES LIGADOS A GENES DE RESISTENCIA A <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> EN GENOTIPOS DE FRIJOL. Guerrero Aguilar BZ, Acosta Gallegos JA, Rodríguez López DB, Anaya López JL, Montero Tavera V, Jiménez Hernández Y.	300
FERTILIZACIÓN BIOLÓGICA Y ORGÁNICA DE PEPINO <i>Cucumis sativus</i> L. EN CULTIVO EN SUELO. Pliego-Marín L, Herrera-Feria C, Robles C	304
EFFECTO DEL DIGESTATO EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE BALLICO PERENNE <i>Lolium perenne</i> L. BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO. Castro Rivera R, Solís Oba MM, Montalvo Aguilar KH, Ramírez Hernández C.	310

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CELULOSA A PARTIR DEL TALLO DE LA PLANTA <i>Heliconia Latispatha</i> Benth (PLATANILLOS). Bolio-López G.I., Veleva L., García-Fajardo N.A., Hernández-Villegas M.M., Espinoza-Molar E., López-Martínez A.	314
USO DE COMPOSTA EN EL DESARROLLO DE LECHUGA Y SU CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES. Hernández Rivadeneira J.I., Solís Oba M.M., Castro Rivera R., Carvajal Avalos J.	319
E. Tecnología de los alimentos	322
ELABORACIÓN DE MERMELADA A BASE DE CORAZÓN DE CACAO <i>Theobroma cacao</i> L. DE LA VARIEDAD TRINITARIO TIPO GUAYAQUIL. Almeida López L, Aguilar Arpaiz JC, Arévalo Osorio RC, Bastard Mazariego AM.	323
DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE CLEMBUTEROL EN CARNES DE BOVINO COMERCIALIZADAS EN LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO. Oseguera-Soberano MF, Ramos-Juárez JA, Zaldívar-Cruz, JM, Sauri-Duch E	327
CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DE SEMILLA Y ACEITE DE XUTA <i>Jatropha curcas</i> L. PROVENIENTE DE PLANTACIONES DEL ESTADO DE TABASCO. González Méndez E, Martínez Herrera J, Arguello García E, Montes Roa G	331
GENERACIÓN DE MODELOS ALTURA TOTAL – DIÁMETRO NORMAL PARA <i>TZALAM Lysiloma latisiliquum</i> EN QUINTANA ROO, MEXICO. Tamarit Urias JC, Hernández Ramos J, García Cuevas X, Hernández Ramos A	339
INFLUENCIA DE LA BIOMASA MICROBIANA Y RAÍCES DEL SUELO EN LAS EMISIONES DE CO ₂ EN SISTEMAS GANADEROS EN TACOTALPA, TABASCO. Villanueva López G, Pérez Corzo A.J, Contreras Pérez M.G, Casanova Lugo F, Jarquín Sanchez A	343
ECUACIÓN DE AHUSAMIENTO Y MODELO DE VOLUMEN TOTAL IMPLÍCITO PARA <i>Dendropanax arboreus</i> (L.) DECNE & PLANCH (SACCHAKÁH) EN QUINTANA ROO, MÉXICO. Hernández-Ramos, A., Hernández-Ramos J., García-Cuevas X, Tamarit-Urias JC, Flores-López C, y Martínez-Salvador M.	350
EVALUACIÓN DE TRES EXTRACTOS PARA EL CONTROL DEL GORGOJO DEL MAÍZ <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky. Tucuch-Haas JI., Basto-Barbudo DC., Rangel-Fajardo MA., Burgos-Díaz JA., Villalobos-González A., Nava-García JR., Tucuch-Haas CJ.	355
ESTIMACION DEL INDICE DE ÁREA FOLIAR CON PARÁMETROS DE LA HOJA EN CULTIVO DE MALANGA <i>Colocasia esculenta</i> (L) Schott. López-López R, Rodríguez-Cuevas M, Ramírez-Guillermo MA, Duran-Prado A; Sumano-López D	360
EVALUACIÓN DE PIÑÓN MEXICANO <i>Jatropha curcas</i> L. EN TUXTLA CHICO, CHIAPAS. Solís Bonilla JL, Martínez Valencia BB, Hernández Gómez E, Ramírez Guillermo MA, Zamarripa Colmenero A	366
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE HIGUERILLA <i>Ricinus communis</i> L. Solís Bonilla JL, Martínez Valencia BB, Hernández Gómez E, Ramírez Guillermo MA	369
DIAGNÓSTICO DE LA COMPACTACIÓN EN SUELOS CULTIVADOS CON MAÍZ EN LA REGIÓN FRAYLESCA, CHIAPAS. López Báez W, Reynoso Santos R, López Martínez J, Camas Gómez R, Tasistro A	373
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MÉXICO. Báez López W, Santos Reynoso R	451
ESTUDIO BOTÁNICO Y TOXICOLÓGICO DE LA LEGUMINOSA CHIPILÍN <i>Crotalaria</i> spp EXPUESTA A PETRÓLEO CRUDO MEDIANO. Rivera-Cruz MC, Trujillo-Narcía A	384

MODIFICACIONES EN MATERIA ORGÁNICA Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO POR FUEGO USADO EN LA QUEMA DE CAÑA DE AZÚCAR. Rivera-Cruz, MC, Magaña-Aquino, M, Trujillo-Narcía, A	393
DIAGNOSTICO PARTICIPATIVO DE LA ACIDEZ EN SUELOS CAFETALEROS DE LA MICROCUENCA LA SUIZA, MUNICIPIO DE MONTECRISTO, CHIAPAS. Ángel Cruz MC, López Báez W, Zavala Molina J	398
DENSIDADES DE SIEMBRA DE MORINGA EN YUCATÁN, MÉXICO. Basulto Graniel JA, Gamboa JA, Reyes Chávez E.	405
POTENCIAL HIDROGENO Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN DEL AGUA DE POZO ARTESANAL. Torres JAC y Rivera-Cruz MC.	409
ÁREAS POTENCIALES PARA ESTABLECER UNIDADES PRODUCTORAS DE GERMOPLASMA FORESTAL DE Pinus oocarpa var. ochoterenai Y P. pseudostrobus var. Oaxacana. Reynoso Santos R, Perez Hernández M. de J., López Báez W, Hernández Ramos J, Muñoz Flores H. J. Uicab Cob J. V. Reynoso Santos M. D.	489
CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE ACCESIONES DE YUCA Manihot esculenta Crantz RECOLECTADAS EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO. Meneses Márquez I, Andrés Meza P, Del Rosario Arellano JL, Leyva Ovalle OR, Galindo Tovar ME, Núñez Pastrana R, Aguilar Rivera N, Becerra Leor EN, Rosas Gonzales X, Cebada Merino M	419
REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA Eisenia foetida EN CUATRO SUSTRATOS ORGÁNICOS EN CONDICIONES TROPICALES. Fraire-Sierra L, Malvaez-Tovar H, Saldaña-Y Hernández M.I	424
F. Socioeconomía y desarrollo rural	429
EL MODELO GRANOS DEL SUR Y SU CONTRIBUCIÓN A LA SOBERANIA ALIMENTARIA. Cadena Iñiguez, P; Camas Gómez, R.Coutiño Estrada, B; Turrent Fernández, A; Camas Pereyra, R.	430
CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LOS PRODUCTORES RURALES EN EL ESTADO DE CHIAPAS, QUE PARTICIPAN EN PROGRAMAS FEDERALES. Salinas Cruz E, Fernández González I, Martínez Sánchez J, y Cruz Chávez F.	437
NECESIDADES DE CAPACITACIÓN DE LOS EXTENSIONISTAS DEL PROYECTO APOYO AL EXTENSIONISMO RURAL DE LA SAGARPA” EN EL ESTADO DE YUCATÁN”. -DESARROLLO RURAL. Murguía, OML, Rojas, RO, Ramírez, J.G.	525
IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA DIGITAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA CHAPINGO-AGROPEC STAR EN LA RED CAFÉ EN EL ESTADO DE PUEBLA. Mariscal Aguayo DV; Estrella Quintero H; Salas Barboza JE	450
NECESIDADES DE CAPACITACIÓN DE LOS EXTENSIONISTAS DEL PROYECTO “APOYO AL EXTENSIONISMO RURAL DE LA SAGARPA” EN EL ESTADO DE YUCATÁN. - BOVINOS Y MIEL.Rojas. R.O., López A., Murguía O.M., Ramírez J.G.	450
NECESIDADES DE CAPACITACIÓN DE LOS EXTENSIONISTAS DE PESCA Y ACUACULTURA EN YUCATÁN. Tepal Chalé JA, Murguía Olmedo ML, Rojas Rodríguez O. Ramírez Jaramillo G.	465
NECESIDADES DE CAPACITACIÓN DE LOS EXTENSIONISTAS AGRÍCOLAS EN YUCATÁN. Ramírez, J.G, Murguía, O. ML, Rojas R. O. Tepal Ch, J. A.	470
ANÁLISIS FINANCIERO DEL USO DE LA VARIEDAD DE MAÍZ “SAC BEH” EN EL ESTADO DE YUCATÁN. Góngora González SF, Torres Pimentel H, Velez Izquierdo A, Espinosa García JA	476

PARTICIPACIÓN DE LA MUJER EN EL CULTIVO DE CACAO EN CHIAPAS, MÉXICO. Hernández GE, López MJ, Solís B JL, Ramírez AMA, Garibay GCC.	482
ALTERNATIVA ECONÓMICA. UN ENFOQUE COLECTIVO Y ECOLÓGICO. Hernández Nolasco L, Santiago Jiménez ME.	486
TURISMO ALTERNATIVO PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO LOCAL DEL POBLADO SAN PEDRO, BALANCÁN, TABASCO. Ruiz Bautista U, Aguilar García P, Zenteno Pérez, S.	493
COMITÉ CIENTÍFICO Y ÁRBITROS	499
SEMBLANZA DE LOS EDITORES	500

PRÓLOGO

El campo es un sector estratégico para la economía estatal y por lo tanto debe caracterizarse por ser productivo, rentable y competitivo para combatir la pobreza, generar empleos y propiciar un desarrollo más acelerado y socialmente equilibrado. En 2016, tanto el Producto Interno Bruto (PIB) agroalimentario nacional, como la aportación de la agricultura y la ganadería al PIB de Tabasco, registraron un incremento anualizado del 3.5%. Es de notar que el incremento en el PIB agroalimentario nacional, superó el crecimiento del PIB nacional que tan solo creció un 2.3%. Y en los primeros seis meses de este 2017, el saldo de la balanza comercial agroalimentaria presentó un superávit de 4,010.5 millones de dólares (61.9% superior al superávit del mismo periodo en 2016).

En Tabasco, las producciones que motivaron estos resultados, fueron la de plátano o banano, de caña de azúcar y la ganadería bovina. Con juntamente, representan el 70% del total de la derrama económica estatal y son una clara manifestación de la **concentración de nuestras actividades primarias en muy pocos sistemas de producción**. En cuanto a incremento en la superficie cosechada, los únicos cultivos que en el periodo 2000-2016, manifestaron crecimiento fueron la palma de aceite (169%) y la piña (26%). Lo que significa un **estancamiento en la dinámica de la actividad agrícola**. Es importante resaltar que el **cacao**, un cultivo emblemático e importante para Tabasco, continúa manifestando **bajos rendimientos** y su importante aportación económica al estado es resultado de la amplia superficie que nuestros abuelos sembraron hace más de 50 años.

A la agroindustria, no solo no hemos sido capaces de impulsarla sino que ha venido en retroceso, como es el caso de la pimienta y la ganadería o es obsoleta, como como la del cacao y el coco.

Si bien en los párrafos anteriores he señalado problemas importantes del sector primario, es importante señalar logros sobresalientes: el aumento de la superficie cosechada de palma de aceite que paso de 4,080 ha en el 2010 a 10,982 en el 2016 (más del 219% de incremento), la expansión metódica que durante años, ha manifestado la actividad forestal, con una superficie establecida ya cercana a las 55,000 ha y la acuicultura, representada por el cultivo de tilapia, cuyos resultados prometedores empiezan a manifestarse ya.

Nuestro sector primario tiene mucho que ofrecer, pero con una visión de futuro debemos generar un **nuevo modelo de desarrollo agrícola** que considere a los pequeños y grandes productores, la conservación de los recursos naturales, el manejo del suelo y del agua, la sanidad y la inocuidad alimentaria, el desarrollo de cadenas de valor, el impulso a la innovación, el fomento a la investigación, la transferencia y la adopción de tecnología, el desarrollo de proyectos estratégicos, así como el aseguramiento y el financiamiento.

La visión a largo plazo, también debe tomar en cuenta la proyección del consumo nacional e internacional, la tendencia en las demandas de los productos, las regiones óptimas para su producción conforme a las condiciones agroclimáticas y las estrategias nacionales y estatales.

A los pequeños productores que representan a nuestras familias campesinas debemos garantizarles la seguridad alimentaria, que es un gran desafío y debe ser una prioridad estratégica a la que tenemos que responder con la generación de pequeñas tecnologías sustentables basadas en principios agroecológicos, rentables económicamente y que generen ingresos y empleos en un tiempo menor a seis meses. A los grandes productores se les deben proporcionar tecnologías que permitan que sus cultivos manifiesten el máximo de su potencial genético y produzcan productos en cantidad y calidad suficiente para encontrar y posicionarse en los mercados nacionales e internacionales.

Debemos sumarnos a estos logros nacionales y congratularnos de este libro, que reúne a investigadores, técnicos y productores para aportar los conocimientos y experiencias que nos lleven a la construcción del nuevo modelo de desarrollo agrícola que requiere Tabasco.

Lic. Francisco Herrera León,
Delegado de la SAGARPA en Tabasco.

RECONOCIMIENTOS

Al Lic. Arturo Núñez Jiménez, Gobernador Constitucional del estado de Tabasco, por su apoyo e interés en la investigación y desarrollo científico y tecnológico, actividades prioritarias para avanzar en la consecución de la Seguridad Alimentaria.

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

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

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, por procurarnos las condiciones apropiadas para que, editando este libro, contribuyamos a concretar los resultados de los apoyos descritos arriba.

Es de encomiar, el estímulo que nos brindaron representantes del Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, de la Universidad Tecnológica de Tabasco, del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, de la Universidad Popular de la Chontalpa, de El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Villahermosa, del Instituto Tecnológico de Villahermosa y de la Universidad Politécnica Mesoamericana.

Los editores.

Sección A: **Cultivos Anuales**

CONTROL DE MALEZA EN CILANTRO *Coriandrum sativum* L. EN YUCATÁN, MÉXICO. PROCESO DE INVESTIGACIÓN Y VALIDACIÓN COMERCIAL.

WEED CONTROL ON CORIANDER *Coriandrum sativum* L. IN YUCATAN, MEXICO. RESEARCH AND COMMERCIAL VALIDATION PROCESS

Avilés Baeza WI, Santamaría Basulto, F.

Campo Experimental Mocochoá. Km 25, antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: aviles.wilson@inifap.gob.mx

RESUMEN

Durante los meses de noviembre a diciembre de 2015 y de julio a octubre de 2016 se llevaron a cabo dos actividades: un experimento para evaluar diferentes dosis del herbicida Linurón (500 g de i. a. /kg de producto comercial) para el control de maleza en el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), en el municipio de Ixil, Yucatán y la validación de los resultados experimentales en lotes comerciales. En la etapa experimental en 2015 se evaluaron seis dosis de Linurón y dos testigos (Deshierbe manual y sin control) en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La aplicación del herbicida se realizó en preemergencia al cultivo y la maleza y se registraron las variables: Materia seca de maleza y cultivo. Adicionalmente se realizó un análisis de costos. Los resultados indicaron que todas las dosis evaluadas del herbicida Linurón redujeron significativamente la maleza en el cilantro sin ocasionar daños al cultivo. El tratamiento de 2.25 g/litro de producto comercial fue la dosis más baja que controló la maleza al 100%, al menor costo. En la etapa de validación se establecieron cinco lotes comerciales con un productor cooperante y se validaron dosis intermedias. Los resultados en esta etapa indicaron que la dosis de 2 g/L registró porcentajes de control similares a las dosis más altas, disminuyendo el costo de control en 79.2% con respecto al testigo manual.

Palabras clave: *Linurón, Dosis, Hortalizas menores.*

INTRODUCCIÓN

El cilantro es una planta originaria de la región mediterránea. Se caracteriza porque sus hojas tienen un aroma intenso y penetrante, por lo cual se utiliza para condimentar diversos platillos de la cocina en varios países del mundo. En México se cultivan alrededor de 6,000 hectáreas anuales en 25 de los 32 estados, siendo Puebla el principal productor con más de 2,500 hectáreas al año. En el estado de Yucatán se cultivan aproximadamente 144 hectáreas de cilantro al año, de las cuales 36 se ubican en suelos de tipo tzeq'el o pedregosos de la zona norte y 108 hectáreas restantes en el DDR Ticul, en el sur del estado (SIAP, 2010-2015).

En el DDR Mérida, donde dominan los suelos pedregosos clasificados como leptosoles líticos (Bautista and Zinck, 2010), la presencia de maleza en el cultivo dificulta su desarrollo por la competencia que se establece entre ambos por nutrientes y espacio, y hace más lenta la cosecha por la necesidad de eliminarla manualmente al momento de empacar el cilantro en "rollos" o "atados". El control se realiza en forma manual, lo cual es una práctica lenta, difícil y costosa.

Con el objeto de generar una mejor alternativa para el manejo de la maleza en el cultivo, se llevaron a cabo dos actividades durante 2015 y 2016: una evaluación de diferentes dosis del herbicida Linurón que ha presentado selectividad al cultivo en otras regiones productoras del país y la validación comercial de los resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y fecha: Los estudios se llevaron a cabo durante los meses de noviembre a diciembre de 2015 y de julio a octubre de 2016 en el municipio de Ixil, Yuc., localizado en la región centro norte del estado. El municipio de Ixil está comprendido entre los paralelos 21° 09' y 21° 19' de latitud norte y los meridianos 89° 25' y 89° 34' de longitud oeste, tiene una altura de 9 metros sobre el nivel del mar (Ley Orgánica de los municipios de Yucatán), y un suelo pedregoso, clasificado como leptosol lítico (Bautista and Zinck, 2010).

Metodología Experimental: Durante 2015 Se estableció un experimento con ocho tratamientos, seis dosis de Linurón (500 g de i. a. /kg) y dos testigos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y una parcela útil de dos m², con 20 líneas de plantas por parcela (Cuadro 1). Se realizó

la siembra a chorrillo (20/nov) con semilla de Starseeds, rayando la superficie en líneas con 10 cm de separación y profundidad de dos a tres cm. Posteriormente se realizó la aplicación de los tratamientos, inmediatamente después de terminar la siembra del cilantro.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la fase experimental 2015.

Nº t	Tratamientos	Momento de la aplicación
1	Linurón 1.25 g/L de MC*	Preemergencia de la maleza y el cultivo
2	Linurón 2.5 g/L de MC	Preemergencia de la maleza y el cultivo
3	Linurón 3.75 g/L de MC	Preemergencia de la maleza y el cultivo
4	Linurón 5.0 g/L de MC	Preemergencia de la maleza y el cultivo
5	Linurón 6.25 g/L de MC	Preemergencia de la maleza y el cultivo
6	Linurón 7.5 g/L de MC	Preemergencia de la maleza y el cultivo
7	Deshierbe manual	15 días después de la emergencia del cultivo
8	Sin control	

*MC: Material Comercial

Durante 2016 se establecieron cinco lotes comerciales de validación en terrenos de un productor cooperante en el mismo municipio de Ixil, con superficies variables que fluctuaron entre 175 y 450 m². La siembra se realizó por el método “al voleo” con la variedad Big Strong Halves. En estas superficies se utilizaron las dosis comerciales de 2.0, 2.5, 3.0 y 3.5 g/L del herbicida, de manera pre emergente al cultivo (Cuadro 2). En cada lote se dejaron superficies de cinco m² sin aplicar (Testigo), como referencia para comparar el efecto del herbicida en los lotes aplicados

Cuadro 2. Tratamientos validados en la etapa comercial 2016.

Lote	Tratamientos (MC*)	Momento de la aplicación	Sup (m ²)
Primera siembra (julio-agosto)			
1	Linurón 2.5 g/L	Preem de la maleza y el cultivo	175
2	Linurón 3.5 g/L	Preem de la maleza y el cultivo	450
Segunda siembra (agosto-septiembre)			
3	Linurón 2.5 g/L	Preem de la maleza y el cultivo	200
4	Linurón 3.0 g/L	Preem de la maleza y el cultivo	200
	Linurón 3.5 g/L	Preem de la maleza y el cultivo	200
Tercera siembra (octubre)			
5	Linurón 2.0 g/L	Preem de la maleza y el cultivo	600

*MC: Material Comercial

Variables registradas. Durante la etapa experimental en 2015 se registró la producción de materia seca de la maleza y del cultivo a los 25 días después de la aplicación, utilizando cuatro cuadros metálicos de 30 x 30 cm (0.09 m²) por parcela. Se cortó la biomasa en cada cuadro a ras del suelo, separando el cultivo de la maleza. El material se guardó en bolsas de papel y se secó en una estufa de aire caliente marca Blue M Modelo OV-490A-2, a 60° C por 48 horas. Posteriormente las muestras se pesaron en una balanza analítica marca Mettler y los datos se analizaron por el procedimiento de análisis de varianza en un diseño experimental de bloques completos al azar y prueba de medias por el método de Tukey. Adicionalmente se realizó un análisis de los costos comparando la aplicación del herbicida en diferentes dosis con bombas manuales contra el deshierbe manual. Para ello se consideró un total de 15 bombas de 20 L para cubrir una hectárea del cultivo (60% de la superficie), dos jornales para la aplicación, con un costo de \$ 120.00/jornal y un costo comercial del herbicida Linurón de \$ 850.00/kg. El costo del control manual se calculó considerando un rendimiento de deshierbe de 200 m² por jornal en el 60% de la superficie de una hectárea (6,000 m²).

Durante la etapa de validación en 2016 únicamente se registró el porcentaje de control de manera visual en la superficie total de cada parcela de los 30 a los 35 días después de la siembra (inmediatamente antes de la cosecha).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2015. Etapa Experimental.

Materia seca de maleza. El análisis de varianza (ANVA) detectó diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Todas las dosis del herbicida Linurón controlaron de manera efectiva a la maleza puesto que solo se registró materia seca de ésta en los testigos y en la dosis más baja de Linurón: Deshierbe manual (4.38 g/m²), sin control (3.94 g/L) y Linurón 1.25 g/L (0.3 g/m²). Todas las dosis fueron similares entre sí y estadísticamente diferentes al control manual (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de medias para la producción de materia seca de maleza en cilantro. Tukey $p \leq 0.05$

Nº t	Tratamientos	Materia seca (g/m ²)
1	Linurón 1.25 g/L	0.30 b
2	Linurón 2.5 g/L	0.00 b
3	Linurón 3.75 g/L	0.00 b
4	Linurón 5.0 g/L	0.00 b
5	Linurón 6.25 g/L	0.00 b
6	Linurón 7.5 g/L	0.00 b
7	Deshierbe manual	4.38 a
8	Sin control	3.94 ab

Materia seca de cilantro. El ANVA detectó diferencias altamente significativas. La prueba de medias mostró que la mayoría de los tratamientos no difieren entre sí, excepto el 5 (Linurón 6.25 g/L) (0.087 g/m²) y los tratamientos 1 (Linurón 1.25 g/L) (0.095 g/m²) y 3 (Linurón 3.75 g/L) (0.095 g/m²). Esto indica que el crecimiento de las plantas de cilantro fue homogéneo en todas las dosis, excepto en el tratamiento 5 en donde fue ligeramente menor (Cuadro 4 y Figura 2).

Cuadro 4. Prueba de medias para la producción de materia seca de cilantro. Tukey $p \leq 0.05$

Nº t	Tratamientos	Materia seca (g/m ²)
1	Linurón 1.25 g/L	0.095 a
2	Linurón 2.5 g/L	0.082 ab
3	Linurón 3.75 g/L	0.095 a
4	Linurón 5.0 g/L	0.087 ab
5	Linurón 6.25 g/L	0.052 b
6	Linurón 7.5 g/L	0.057 ab
7	Deshierbe manual	0.072 ab
8	Sin control	0.060 ab

Análisis de costos. Los costos de control por hectárea fluctuaron de \$ 558.75 (Linurón 1.25 g/L) a \$ 3,600.00 (Deshierbe manual) (Figura 1). Todos los tratamientos que incluyeron al herbicida Linurón registraron costos menores que el Testigo Manual con reducciones de 40.2% (7.5 g/L) a 84.5% (1.25 g/L). La dosis más baja que no permitió la aparición de maleza (2.25 g/L), redujo el costo en 77.4%.

2016. Etapa de validación comercial.

Porcentaje de control de la maleza. Los valores de control obtenidos en los cuatro tratamientos validados en tres siembras durante el año registraron valores de 95 a 100% durante el ciclo del cultivo (Figura 2). Estos valores permitieron eliminar completamente la necesidad de realizar deshierbes manuales y la eliminación de maleza en los "atados de cilantro durante la cosecha, haciendo las labores más rápidas y eficientes. Destacó el tratamiento con 2.0 g/L debido a que proporcionó un porcentaje de control de 98% a los 35 días después de la siembra, similar al control registrado en las dosis más altas de 2.5, 3.0 y 3.5 g/L.

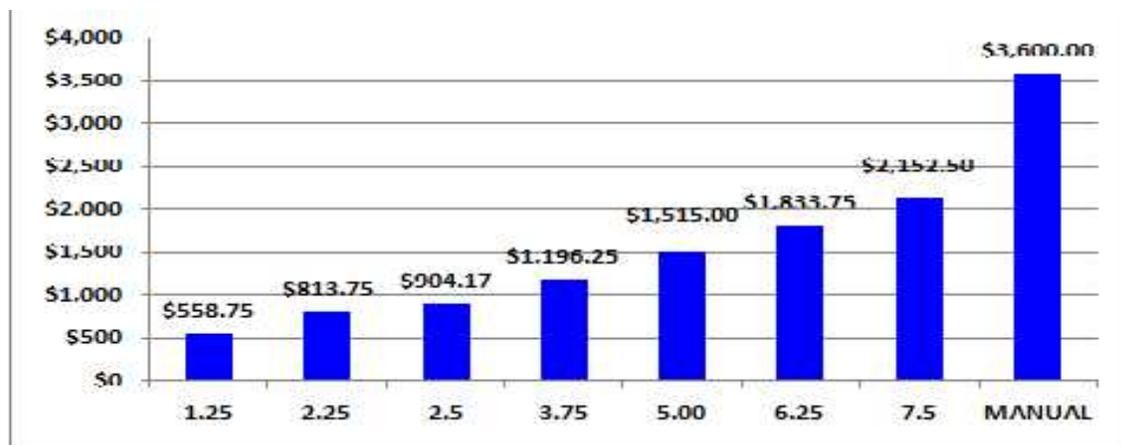


Figura 1. Costo total/Ha por tratamiento.

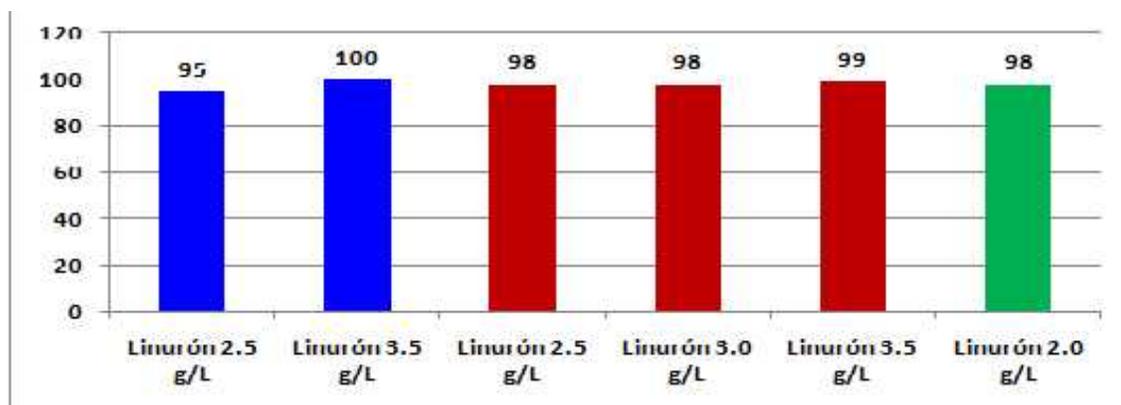


Figura 2. Porcentaje de control de maleza en cilantro en siembras consecutivas. 2016.

Análisis de costos. Los costos de control por hectárea fluctuaron de \$ 750.00 (Linurón 2.0 g/L) a \$ 3,600.00 (Deshierbe manual) (Figura 3). Todos los tratamientos registraron costos menores que el Testigo Manual con reducciones de 68.5% (3.5 g/L) a 79.2% (2.0 g/L).

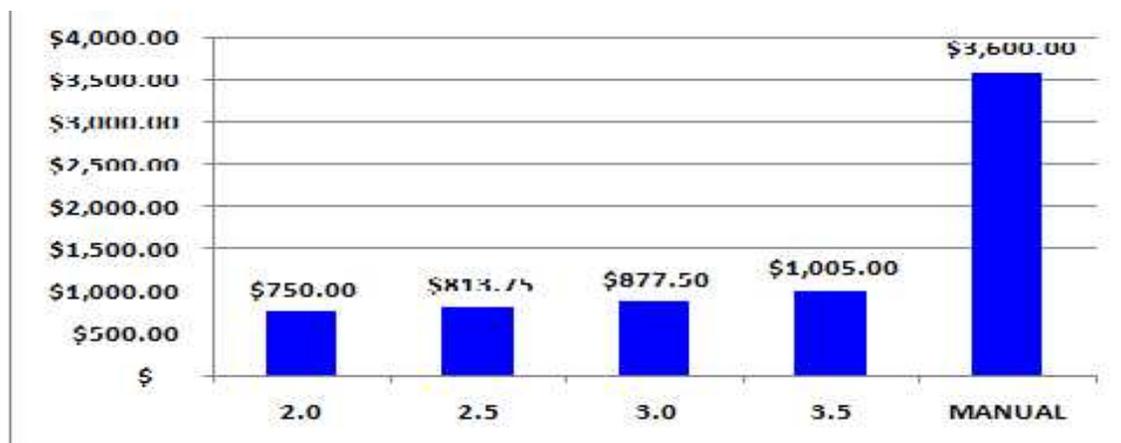


Figura 3. Costo total/Ha por tratamiento

CONCLUSIONES

Durante la etapa experimental todas las dosis evaluadas del herbicida Linurón redujeron significativamente la maleza en el cultivo del cilantro. El cultivo no mostró daños por el herbicida en ninguna dosis y se desarrolló al mismo nivel que en los tratamientos en los cuales no se aplicó el herbicida. El tratamiento de

2.25 g/litro de producto comercial (Linurón, 500 g de i. a. /kg) fue la dosis más baja que controló la maleza al 100%, al menor costo. Durante la etapa de validación la dosis de 2.0 g/L registró un porcentaje de control de la maleza similar a las dosis más altas, disminuyendo el costo en 79.2% con respecto al testigo manual.

LITERATURA CITADA

Bautista, F.; JA Zinck. 2010. Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 6:7.

Ley orgánica de los municipios de Yucatán. 2006. Decreto 660. Diario oficial del Gobierno del estado de Yucatán. 25 de enero de 2006.

Referencias informáticas

SIAP. 2010-2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sagarpa. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Consultado el 28 de junio de 2016.

FÓSFORO, BIOMASA Y RENDIMIENTO DE MAÍZ DE RIEGO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA EN LUVISOL RÓDICO DE YUCATÁN.
PHOSPHORUS, BIOMASS AND YIELD OF IRRIGATED MAIZE WITH ORGANIC AND INORGANIC FERTILIZATION IN RODIC LUVISOL OF YUCATAN

Ramírez Silva JH, Tun Dzul JdelaC, Cano González A.

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

RESUMEN

Los principales suelos mecanizables donde se cultiva maíz en Yucatán, son Luvisoles ródicos con deficiencias importantes de fósforo (P) donde la recomendación de fertilizantes es indiscriminada. Se estudió el efecto del fertilizante orgánico e inorgánico en el rendimiento de maíz al aplicar fósforo (P) y adición de Gallinaza. Se determinó el Índice de Cosecha del Grano (ICG) y el Índice de Cosecha de P (ICP). El experimento se estableció en septiembre del 2015 con maíz H-526 en unidades experimentales de 20 m², parcela útil de 8m² y población real establecida de 60,000 Plantas/ha. Se midió Altura (cm) hasta hoja bandera, Área Foliar (cm²) individual de la hoja opuesta a la mazorca y su contenido de fósforo (%) a inicio de etapa reproductiva. El rendimiento al 13% de humedad se sometió a un Análisis de Varianza comparando medias con Tukey al 5%. Con la producción de biomasa (base seca) de tallo, hoja, totemoxtle y fruto, al final del ciclo, se calculó el ICG y con la concentración de P (%) en grano se calculó el ICP) y la cantidad de P₂O₅ (Kg/ha) requerida para producir una tonelada de grano. No se mostró diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, con 10.02 Ton/ha el (120-160-00) superó en 41.72 % al testigo (00-00-00) el cual obtuvo 7.07 Ton/ha. También superó con 1.96 Ton/ha, 1.40 Ton/ha y 1.34 Ton/ha a los tratamientos: (120-80-00), (120-120-00) y (120-80-00)+Gallinaza respectivamente. El P influyó en el rendimiento al obtenerse: 8.06, 8.62 y 10.02 Ton/ha con: 120-80-00, 120-120-00 y 120-160-00. Entre el 49% y el 63% de la biomasa se acumula en grano y este extrae entre el 51% y 67% del P total absorbido por la biomasa (ICP de 0.51-0.67). Para producir una tonelada de grano por hectárea la biomasa debe extraer entre 6.13 y 8.85 Kg de P₂O₅/ha.

Palabras Clave: *Índice de Cosecha, Biomasa, Nutrientes.*

INTRODUCCIÓN

México es un país donde se consumen más de 30 millones de toneladas (ton) de maíz en promedio anualmente (El Economista, 2013); sin embargo, solamente producimos el 71.9% equivalente a 21.5 millones de ton y el complemento es importado.

Somos una población creciente con una continua demanda alimenticia por lo que es menester realizar esfuerzos para lograr la autosuficiencia agroalimentaria. Es por ello que en los últimos cuatro años la producción de maíz ha aumentado 12.7%, al producirse 25.7 millones de ton en 2015/2016 estimando llegar a 26 millones en 2016/2017 (SAGARPA, 2016).

Sin embargo, es prudente mencionar que si queremos marcar una tendencia al incremento de producción se deben realizar esfuerzos con el uso de insumos de mayor calidad y prácticas productivas sustentables (El Economista, 2013). Para el caso particular del estado de Yucatán se reportan (SIAP, 2013) 146,460 has de maíz; pero solamente se cultivan 10,000 has en suelos mecanizables con mayor potencial productivo donde se emplean híbridos y variedades mejoradas (Uzcanga et al., 214).

Los mejores suelos mecanizables, donde se cultiva maíz, son rojos (Luvisoles ródicos) denominados Kankab en lengua Maya con deficiencias importantes de fósforo (P) pero que al igual que en otros sistemas de producción la recomendación de fertilizantes se realiza indiscriminadamente.

En este trabajo se estudió el efecto de aplicar fertilizante orgánico e inorgánico en el rendimiento de maíz al aplicar en forma creciente cantidades de P con adición de Gallinaza; así mismo se determinó el Índice de Cosecha de Grano (ICG), el Índice de Cosecha de Fósforo (ICP) y cantidad necesaria de P₂O₅/ha extraíble por la biomasa para producir una tonelada de grano extraíble por la biomasa para producir una tonelada de grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de sitio y establecimiento.

El experimento se estableció en un suelo Luvisol ródico del Sitio Experimental Uxmal del INIFAP en el Sur del estado de Yucatán, con pH neutro (7.0), baja Conductividad Eléctrica (0.43 mS/cm) y CIC de 25 meq/100 gr usando como fitómetro al maíz H-526 de grano blanco en siembras de septiembre del 2015. Las unidades experimentales fueron de 5m x 4m (20 m²) con parcela útil de 2 x 4m (8m²) con una población de 60,000 Plantas/ha.

Tratamientos, Diseño Experimental, Variables y análisis estadístico. Se estudiaron 5 tratamientos de fertilización N-P₂O₅-K₂O: (120-80-00, 120-120-00, 120-160-00, 120-80-00+GALLINAZA y 00-00-00) donde el P fue la variable más importante de los primeros tres tratamientos al mantener como constante la dosis de N con 120 Kg/ha. La gallinaza se aplicó al voleo sobre el surco de siembra antes del establecimiento y la fertilización inorgánica se realizó con Fosfato Diamónico (18-46-00) a los ocho días de la emergencia, complementando la dosis con urea 12 días antes del inicio de la etapa reproductiva. Los tratamientos se distribuyeron en un Diseño de Bloques Completamente al Azar con dos repeticiones.

Las variables evaluadas fueron Altura (cm) hasta hoja bandera, Área Foliar (cm²) individual (Largo x Ancho máximo de hoja en cm x 0.75) de la hoja opuesta a la mazorca y su contenido de fósforo (%) durante etapa reproductiva, y producción de grano en Ton/ha al 13% de humedad. Los rendimientos se sometieron a un Análisis de Varianza comparando medias con la prueba Tukey al 5%.

Al final del ciclo del cultivo se midió y calculó para tres tratamientos extremos: (00-00-00, 120-160-00, 120-80-00+Gallinaza), la producción de biomasa (base seca) de tallo, hoja, totomoxtle y fruto con lo que se calculó el ICG. Con el contenido de P (%) de cada componente se estableció el Índice de Cosecha de P (ICP). Ciampitti (2010) menciona que el Índice de Cosecha de Nutriente (%) = ((Contenido de Nutriente en Semilla) / (Contenido de Nutriente en el Residuo + Semilla))*100. Para esto se tomaron al azar dos plantas con competencia completa en la repetición I. También se calculó la cantidad de P₂O₅ (Kg/ha) necesario para producir una tonelada de grano el cual fue comparado con reportes de la literatura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros Agronómicos

En el cuadro 1 se observa la Altura de Planta (m), Área Foliar (cm²), contenido de P (%) en hoja opuesta a la mazorca y rendimientos de maíz (Ton/ha). La altura más baja con 2.07 m se obtuvo con el tratamiento Testigo (00-00-00) y las más altas con los tratamientos (120-80-00) y (120-120-00) con alturas de 2.27 m y 2.26 m respectivamente. Las alturas intermedias de 2.23 m y 2.20 m fueron con la (120-160-00) y con la (120-80-00) + Gallinaza.

Al someter los datos de Área Foliar (cm²) vs rendimiento (Ton/ha) a un análisis de correlación se encontró una r² = 0.67 mientras que Altura (cm) vs rendimiento el r² = 0.36. Esto indica que la producción de biomasa, expresada parcial e indirectamente por el Área foliar (cm²) de la hoja opuesta a la mazorca, explica mejor el comportamiento del rendimiento de maíz que la altura per se.

Por otra parte, se observa que el Área Foliar no necesariamente tiene que relacionarse con rendimientos, tal como sucedió al aplicar Gallinaza: (120-80-00)+Gallinaza, que aun cuando obtuvo el Área Foliar más alta con 746.80 cm² no mostró tener el rendimiento (8.68 Ton/ha) más alto como el (120-160-00) con 10.02 ton/ha y un Área Foliar de 736.41 cm².

En cuanto el contenido de P (%) en hoja, no se observaron rangos de deficiencia ya que todos los tratamientos mostraron contenidos arriba de 0.33 %, incluso el testigo (00-00-00) que obtuvo el contenido más alto con 0.38% de P. Cantidades que se encuentran en el rango de suficiencia de 0.20 a 0.40 % reportada en la literatura (Jones, 1973). Sin embargo, los rangos de suficiencia/deficiencia para el Híbrido H-526 y otros materiales tendrían que ser calibrados y correlacionados.

Rendimiento de grano y análisis estadístico

En el cuadro 2 se observan los rendimientos de maíz (Ton/ha) a humedad comercial del 13% así como los rendimientos relativos (%) de cada tratamiento y la comparación de medias por prueba Tukey al 5%.

Aun cuando el Análisis de Varianza no mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, sobresale el (120-160-00) con 10.02 Ton/ha, superando en 41.72 % al testigo (00-00-00) el cual obtuvo 7.07 Ton/ha. También superó con 1.96 Ton/ha, 1.40 Ton/ha y 1.34 Ton/ha al (120-80-00), (120-120-00) y (120-80-00)+Gallinaza respectivamente.

Cuadro 1. Altura de planta (m), Área foliar (cm²), Contenido de P (%) en hoja opuesta a la mazorca y rendimiento de Maíz (Ton/ha) con diferente fertilización en suelo Luvisol ródico de Yucatán.

Tratamiento	Parámetro	Repetición		
		I	II	X
00-00-00	Altura (m)	2.08	2.06	2.07
	Área Foliar (cm ²)	(651.00)	(691.8)	(671.40)
	P (%)	0.39	0.38	0.385
	Rendimiento (Ton/ha)	6.09	8.05	7.07
120-80-00	Altura (cm)	2.15	2.39	2.27
	Área Foliar	(700.50)	(697.5)	(699.00)
	P (%)	N/D	N/D	N/D
	Rendimiento (Ton/ha)	7.46	8.65	8.06
120-120-00	Altura (cm)	2.28	2.24	2.26
	Área Foliar	(738.75)	(728.85)	(733.80)
	P (%)	0.39	0.30	0.345
	Rendimiento (Ton/ha)	9.24	7.99	8.62
120-160-00	Altura (cm)	2.29	2.18	2.23
	Área Foliar	(768.00)	(704.83)	(736.41)
	P (%)	0.29	0.38	0.335
	Rendimiento (Ton/ha)	10.21	9.82	10.02
120-80-00 + gallinaza	Altura (cm)	2.14	2.27	2.20
	Área Foliar	(746.25)	(747.36)	(746.80)
	P (%)	0.39	0.26	0.325
	Rendimiento (Ton/ha)	8.26	9.09	8.68

El efecto de la aplicación de P en el rendimiento se puede apreciar al comparar los rendimientos ascendentes de: 8.06, 8.62 y 10.02 Ton/ha con sus tratamientos respectivos de: 120-80-00, 120-120-00 y 120-160-00; los cuales mantienen un incremento apreciable de P de 80,120 y 160 Kg de P₂O₅/ha al mantener la misma cantidad de N a 120 Kg/ha.

El Coeficiente de Determinación (r^2) es muy alta (0.94) cuando se contrasta el rendimiento como variable dependiente (Y) y la cantidad de P aplicado como variable independiente (x) (Fig. 1). Esto indica que la expresión de rendimiento puede explicarse en un 94% por las cantidades de P aplicado. Sin embargo, los rendimientos no se correlacionan con el contenido de P en la hoja opuesta a la mazorca en etapa de jiloteo.

Cuadro 2. Rendimientos (Ton/ha) y comparación de medias (Tukey 5%) para maíz con fertilización orgánica e inorgánica en un Luvisol ródico de Yucatán. Septiembre-Enero, 2015.

Tratamiento	Ton /Ha			Rendimiento Relativo (%)	Comparación medias
	I	II	□		
120-160-00	10.21	9.82	10.02	141.72	A
120-80-00 + Gallinaza	8.26	9.09	8.68	122.77	AB
120-120-00	9.24	7.99	8.62	121.92	AB
120-80-00	7.46	8.65	8.06	114.00	AB
00-00-00	6.09	8.05	7.07	100.00	B

Producción de Biomasa e Índices de Cosecha.

Testigo (00-00-00). En los cuadros 3, 4 y 5 se consigna la cantidad de biomasa producida (Kg/ha), el contenido de P (%) en cada componente y el P extraído (Kg/ha) por cada uno de ellos. Para el testigo absoluto (00-00-00), referido en el Cuadro 3, el 21.7% de la Biomasa Total (10,800 Kg/ha) se concentra en Tallo, 18.33% en Hoja, 11% Totomoxtle y 49% en Grano. El 49% referido al grano como Índice de Cosecha (IC) es coincidente con lo reportado por Cimpiatti et al. (2010). En este tratamiento el contenido de P es más bajo en Tallo (0.11%), seguido en forma ascendente, por Totomoxtle (0.14%), Grano (0.17%) y Hoja (0.20%).

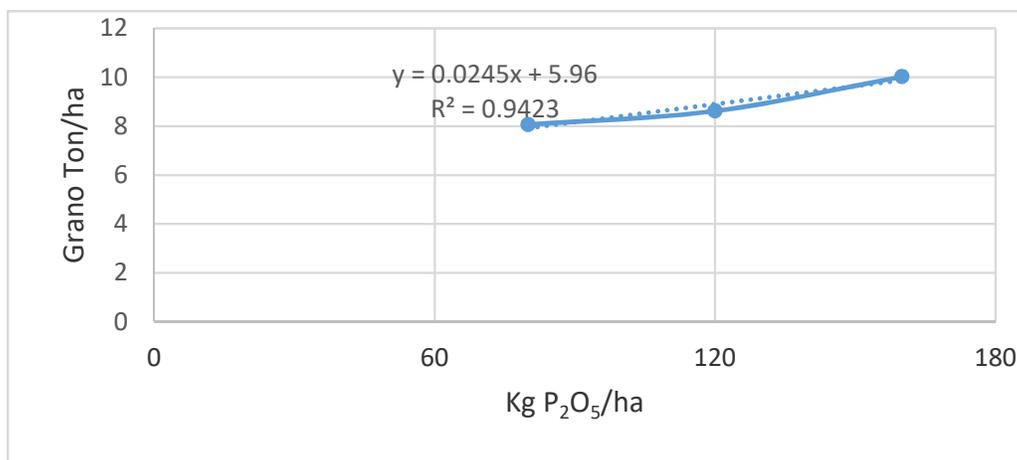


Figura 1. Relación entre rendimiento de maíz (Ton/ha) y aplicación de P a dosis de 80, 120 y 160 Kg P₂O₅/ha

Cuando el P (%) se extrapola a la cantidad de biomasa producida (Kg/ha), por cada componente, resulta que el grano extrae 9.01 Kg P/ha equivalente al 52.4% del total extraído por la biomasa de 17.19 Kg P/ha. El Índice de Cosecha de P (ICP) es en consecuencia 0.524. El estudio también concluye que para producir una tonelada de grano se requieren 7.42 Kg de P₂O₅/ha.

Cuadro 3. Producción (Kg/ha base seca) de biomasa, P extraído e Índice de Cosecha de P para Testigo Absoluto (00-00-00) en Luvisol ródico de Yucatán. Sitio Experimental Uxmal-INIFAP. Septiembre-Febrero, 2015.

Tratamiento	Parámetro	Biomasa (BS)					
		Tallo	Hoja	Totomoxtle	Grano		BSTotal (MS)
					(13% H)	(0% H)	
00-00-00	Kg / Ha	2,340 (21.7%)	1,980 (18.3%)	1,180 (11.0%)	6,090 (49.0%)		10,800 (100.0%)
	P (%)	0.11	0.20	0.14	0.17		
	Kg P/ha Extraído	2.57	3.96	1.65	9.01		17.19
	ICP	0.15	0.23	0.096	0.52		

Tratamiento: (120-160-00). Al considerar el tratamiento (120-160-00), del Cuadro 4, se observa una producción de biomasa total de 14,022 Kg/ha, (29.8% superior al testigo 00-00-00), con una distribución del 15% en Tallo, 14% en Hoja, 7.5% en Totomoxtle y 63% en Grano. El ICG de 63% es mucho más alto que el tratamiento testigo (49%) e indica la influencia que puede tener la aplicación de fertilizantes en el ICG.

Cuadro 4. Producción (Kg/ha base seca) de biomasa, P extraído e Índice de Cosecha de P para tratamiento (120-160-00) en Luvisol ródico de Yucatán. Sitio Experimental Uxmal-INIFAP. Septiembre-Febrero, 2015.

Tratamiento	Parámetro	Biomasa (BS)					
		Tallo	Hoja	Totomoxtle	Grano		BS Total (MS)
					(13% H)	(0% H)	
120-160-00	Kg / Ha	2,100	1,990	1,050	10,210		14,022
	P (%)	0.17	0.15	0.12	0.18		
	Kg P/ha Extraído	3.57	2.98	1.26	15.98		23.79
	ICP	0.15	0.12	0.053	0.67		

Cuadro 5. Producción (Kg/ha base seca) de biomasa, P extraído e Índice de Cosecha de P para Tratamiento (120-80-00) + Gallinaza en *Luvisol ródico* de Yucatán. Sitio Experimental Uxmal-INIFAP. Septiembre-Febrero, 2015.

Tratamiento	Parámetro	Biomasa (BS)					
		Tallo	Hoja	Totomoxtle	Grano		BS Total (MS)
					(13% H)	(0% H)	
120-80-00 + Gallinaza	Kg / Ha	3,660	2,460	1,488	8,270	7,190	14,798
	P (%)	0.18	0.17	0.18		0.20	
	Kg P/ha Extraído	6.58	4.18	2.67		14.38	27.81
	ICP	0.23	0.15	0.09		0.51	

Al observar la cantidad de P extraído por cada componente de la biomasa se observa que el grano extrae 15.98 Kg P/ha equivalente al 67% del total extraído por la biomasa de 23.7 Kg P/ha; siendo el ICP de este tratamiento de 0.67 comparado con 0.524 del Testigo. En este tratamiento para producir una tonelada de grano se requieren 6.13 Kg de P_2O_5 /ha.

Tratamiento: (120-80-00)+Gallinaza. En este tratamiento con Gallinaza se observa (Cuadro 5) que la biomasa total de 14,798 Kg/ha es 37% superior al Testigo (00-00-00) y solamente 5.5% más alta que la del (120-160-00). Sin embargo, el ICG de 48%, es semejante al del Testigo con 49%. Los otros componentes se distribuyen de la siguiente forma: 24.7% Tallo, 16.62% Hoja y 10.05% Totomoxtle.

Aun cuando la producción de biomasa total supera al (120-160-00) el rendimiento de grano fue 1.7 Ton/ha inferior. La explicación de ello se debe a que la aplicación de Gallinaza pudo haber inducido, en preferencia, la producción de los otros componentes de la biomasa (Tallo, Hoja y Totomoxtle) en lugar del grano. La producción de estos componentes, al aplicar Gallinaza, fue de 7,608 Kg/ha mientras que con el tratamiento (120-160-00) fue de 5,140 Kg/ha.

En el tratamiento con Gallinaza el grano extrajo 14.38 Kg de P/ha, equivalente al 51% del total absorbido por la planta de 27.81 Kg P/ha. El ICP es en consecuencia 0.51 y la diferencia 0.49 es la proporción de P extraído por los otros componentes.

Los ICP encontrados de 0.67% en el (120-160-00) seguido de 52% y 51% en el (00-00-00) y (120-80-00)+Gallinaza respectivamente, estuvieron muy por debajo a lo encontrado por Cruzate y Casas (2013) quienes reportan un ICP de 0.74 en estudios de Maíz en Argentina.

En cuanto al contenido de P (%) en biomasa, se determinó, al final del ciclo del cultivo, que el grano tuvo mayor porcentaje de P que los otros componentes, principalmente en los tratamientos (120-80-00)+Gallinaza y (120-160-00) con 0.20% y 0.18% de P respectivamente. En el tratamiento Testigo (00-00-00) la hoja obtuvo mayor concentración de P con 0.20% mientras que en grano fue de 0.17 %. El rango normal esperado de P en el grano es de 0.2-0.4 % de acuerdo a Jones (1973).

Por otra parte, la cantidad requerida de P_2O_5 (Kg/ha) para producir una tonelada de grano fue diferente en función al tratamiento; siendo 6.13, 7.42 y 8.85 Kg/ha para el 120-160-00, (120-80-00)+Gallinaza y 00-00-00) respectivamente. Estos requerimientos pueden variar dependiendo del nivel de producción y el ambiente; por lo que estas cantidades son orientativas. El valor del INPOFOS reportado por Cruzate y Casas (2013) es de 4.2 Kg/ha de P equivalente a 9.6 Kg/ha de P_2O_5 .

CONCLUSIONES

-La producción de maíz aumenta arriba del 20% al incrementar la dosis de P al suelo de 80 a 160 Kg de P_2O_5 /ha. -El mejor tratamiento fue el **(120-160-00)** con 10.02 Ton/ha seguido del **(120-80-00) + Gallinaza** con 8.68 Ton/ha. -Entre el 49% y el 63% (ICG) de la biomasa total producida corresponde a la producción de grano. -El ICP fluctuó entre 0.51 y 0.67 sugiriendo que entre el 51% y 67% del P total absorbido por la biomasa lo extrae el grano. -Para producir una tonelada de grano por hectárea la biomasa debe absorber entre 6.13 y 8.85 Kg de P_2O_5 /ha.

LITERATURA CITADA

- Cimpiatti, I.A., Boxler M., y García F. 2010. Nutrición de Maíz: Requerimientos y absorción de nutrientes. Informaciones Agronómicas de Cono Sur N°48. IPNI Cono Sur. Buenos Aires, Argentina. 48:14-18.
- Cruzate, G.A., y Casas R. 2013. Balance de Nutrientes. Instituto de Suelos, CNIA, INTA Publicado en: Revista Fertilizar INTA Año 8 Número Especial "Sostenibilidad" ISSN 1666-8812 diciembre 2003. 7 p.

- Jones, J.B., y Eck H.V. 1973. Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Corn and Grain Sorghum. In: Walsh, L.M., and Beaton, J.D. (eds.). Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America. Inc. Madison, Wisconsin USA. pp. 349-364.
- Uzcanga Pérez, N.G., Cano González A. de G., Ramírez Silva J.H., y Tun Dzul J.de la C. 2015. Características Socioeconómicas y Rentabilidad de los Sistemas de Producción de Maíz Bajo Condiciones de Temporal de la Península de Yucatán, México. Revista Mexicana de Agronegocios. Séptima Época. Año XIX. 37: 173-183.

Referencias informáticas

- El Economista 2013. [el.economista.com.mx/columnas/agronegocios/2013/02/11/produccion maiz-mexico-mundo](http://el.economista.com.mx/columnas/agronegocios/2013/02/11/produccion%20maiz-mexico-mundo). (Consultado el 19 de mayo de 2017).
- SAGARPA 2016. Sagarpa.gob.mx/Delegaciones/yucatan/boletines/Paginas/2016/2b227.aspx. (Consultado el 19 de mayo de 2017).
- SIAP, 2013. <http://www.siap.gob.mx/>. (Consultado el 12 de mayo de 2017).

EVALUACIÓN DE VARIEDADES Y FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE *Fusarium sp* EN CILANTRO *Coriandrum sativum* L. EN YUCATÁN, MÉXICO.
VARIETIES AND FUNGICIDES ASSESSMENT TO CONTROL *Fusarium sp* ON CORIANDER *Coriandrum sativum* L. IN YUCATAN, MEXICO.

Avilés Baeza WI, Santamaría Basulto F.

Campo Experimental Mocochoá. Km 25, antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: aviles.wilson@inifap.gob.mx

RESUMEN

Durante los meses de octubre a diciembre de 2016 se llevó a cabo un experimento para evaluar cinco variedades de cilantro (una local y cuatro importadas) en combinación con cuatro fungicidas y un tratamiento testigo sin aplicación, utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar en un arreglo de parcelas divididas con dos factores (A: Variedades y B: Fungicidas) y cinco niveles (Factor A: Long Standing, Big Strong Halves, Local, Marrueco y Green Marrueco; Factor B: *Trichoderma harzianum*, Carbendazim, Fosetyl-Al, Flutriafol y Testigo sin aplicación). Se midieron las variables: Porcentaje de daño, porcentaje de cobertura del cultivo y rendimiento en g/m². Las variedades sobresalientes fueron Long Standing y Big Strong Halves. Se detectaron interacciones significativas entre los fungicidas que favorecieron rendimientos más altos en cada variedad: Fosetyl-Al con Big Strong Halves, Marrueco con Flutriafol, Local y Green Marrueco con *T. harzianum*. El rendimiento registrado con la variedad Long Standing se debió principalmente a factores varietales.

Palabras clave: *Cilantro, Variedades, Fungicidas, Fusarium.*

INTRODUCCIÓN

El cilantro es una planta originaria de la región mediterránea. Se dispersó del Medio Oriente por Asia, África y Europa y de ahí fue llevado a América partir del siglo XV. Tiene propiedades culinarias, medicinales y aromáticas, las cuales están íntimamente ligadas a su contenido de aceites esenciales o volátiles. Medicinalmente contribuye a reducir la concentración de colesterol, glucosa y triglicéridos y tiene propiedades antibacterianas. Nutricionalmente contiene calcio y vitaminas A, B2 y C, y las semillas poseen antioxidantes (Morales-Payán *et al.*, 2011). El follaje fresco o deshidratado se usa como condimento, en repostería y como material medicinal (Morales-Payán *et al.*, 2011). Se utiliza también como saborizante de alimentos y bebidas, en perfumería y en la industria del tabaco (Leal-Torres, 2013).

En México se cultivan alrededor de 7,000 hectáreas anuales en 25 de los 32 estados, siendo Puebla el principal productor con más de 2,500 hectáreas al año. En el estado de Yucatán en los últimos siete años se han cultivado un promedio de 108.4 hectáreas de cilantro al año, principalmente en el DDR Mérida donde dominan los suelos pedregosos clasificados como leptosoles líticos (Bautista and Zinck, 2010) y en el DDR Ticul donde se encuentran tanto suelos pedregosos como mecanizables. Los principales municipios productores son: Ixil y Motul en el norte (suelos pedregosos) y Tekax, Sacalum y Oxkutzcab en el sur del estado (suelos mecanizables) (SIAP, 2010-2016).

Uno de los problemas más fuertes del cultivo de cilantro en la temporada de altas temperaturas (marzo-agosto) es la pudrición de raíces y base de tallos ocasionada por el hongo *Fusarium sp.* La enfermedad se presenta desde la germinación impidiendo la emergencia de las plántulas o atacando las raíces y la base del tallo de las plantas que logran emerger. La mortalidad de las plantas puede alcanzar niveles entre el 60 y 80% afectando además la calidad de las plantas remanentes, de tal manera que el cultivo resulta incosteable.

Con el objeto de conocer el comportamiento de variedades y el efecto de fungicidas para generar una alternativa de manejo de esta enfermedad, se llevó a cabo el presente experimento tratando de combinar la posible resistencia o tolerancia varietal con el efecto antimicrobiano de los productos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y fecha: El estudio se llevó a cabo durante los meses de octubre a noviembre de 2016 en el municipio de Ixil, Yuc, localizado en la región centro-norte del estado. El municipio de Ixil está comprendido entre los paralelos 21° 09' y 21° 19' de latitud norte y los meridianos 89° 25' y 89° 34' de longitud oeste, tiene una altura de 9 metros sobre el nivel del mar (Ley Orgánica de los municipios de Yucatán, 2006), y un suelo pedregoso, clasificado como leptosol lítico (Bautista and Zinck, 2010).

Metodología Experimental: El día 3 de octubre de 2016 se estableció un experimento en parcelas divididas con dos factores y cinco niveles, en donde el factor A estuvo constituido por cinco variedades y el factor B por cinco tratamientos para el control de la enfermedad con fungicidas (Cuadro 1). Se realizó la siembra de las variedades y posteriormente dos aplicaciones de los fungicidas, la primera a los tres días después de la siembra y la segunda, una semana después de la primera, al detectarse los primeros síntomas. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y una parcela útil de un m². La siembra se realizó al voleo, a una profundidad de dos a tres cm. Se utilizó una densidad aproximada de 12 a 15 g de semilla/m², lo que equivale a 0.12 a 0.15 semillas por cm² y de 0.48 a 0.6 plantas por cm².

Cuadro 1. Factores en estudio en cilantro

Nº	A: Variedades	B: Fungicidas	Dosis Comercial (g o mL/L)
1	Long Standing (Star Seeds)	<i>Trichoderma harzianum</i> (1x10 ¹¹ UFC)	5 y 9
2	Big Strong Halves (Crow Seeds)	Carbendazim (500 g de i. a./L)	4 y 5
3	Local (Becanchén)	Fosetil-AI (800 g de i. a./kg)	4 y 5
4	Marrueco (King Seeds)	Flutriafol (500 g de i. a./L)	2 y 3
5	Green Marrueco (Westar)	Testigo sin aplicación	-----

VARIABLES REGISTRADAS. Se registraron las variables: **Porcentaje de daño**, medido en forma visual a los seis días después de la primera aplicación (dda) (nueve días después de la siembra), considerando para ello las plantas secas por la enfermedad y con síntomas de marchitamiento y/o secado parcial en la totalidad de la parcela útil; **Porcentaje de cobertura del suelo por el cultivo**, medido en forma visual a los 28 días después de la siembra (dds) tomando en cuenta la totalidad de la parcela útil y el **Rendimiento**, medido a los 34 dds mediante el peso fresco de raíz y parte aérea por m².

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de daño. El ANVA detectó diferencias altamente significativas en cada factor y en la interacción. En el factor A, las variedades menos afectadas a los 9 días después de la siembra (dds) fueron Local y Marrueco con 6.7 y 9.9%, seguidas por Big Strong Halves y Long Standing con 15.6 y 15.8%; la variedad Green Marrueco registró el nivel más alto de daño con 20.7%. En el factor B, los tratamientos con menor daño fueron Flutriafol y Fosetil-AI con 10.3 y 12.7% de daño, aunque no difieren estadísticamente del testigo sin aplicación con 12.3%. Los tratamientos a base de *T. harzianum* y Carbendazim registraron los valores más altos de daño con 15.8 y 17.5%, siendo estadísticamente similares (Cuadro 2). Los resultados fueron más claros en el factor A, donde se aprecian claramente tres niveles de daño, en los cuales destacan las variedades Local y Marrueco con los niveles más bajos. En el caso del factor B, no parece haber una tendencia clara en cuanto a reducción del daño, puesto que los tratamientos con los valores más bajos (Flutriafol y Fosetil-AI) no difieren estadísticamente del testigo sin aplicación (Cuadro 2). Al graficar el nivel de daño acumulado por tratamiento de control en cada variedad (Figura 1) con los resultados de la prueba de medias (DMS $p \leq 0.05$), se observó que la menor proporción de daño en Long Standing se registró con el fungicida Flutriafol, aunque no fue diferente al Testigo sin aplicar. En el caso de Big Strong Halves el menor daño se obtuvo con Fosetyl-AI, estadísticamente similar a Carbendazim y el Testigo. En la variedad Local todos los tratamientos fueron similares, lo que indica que el bajo nivel de daño podría estar fuertemente influenciado por su componente genético.

La variedad Marrueco registró el menor daño con los fungicidas químicos Flutriafol y Fosetil-AI, y con el biológico *Trichoderma harzianum* en proporciones estadísticamente similares y todos ellos diferentes al testigo.

La variedad más susceptible a la enfermedad, Green Marrueco, registró el valor más bajo de daño con *T. harzianum*, aunque no se detectaron diferencias estadísticas con el Testigo y con Carbendazim.

En este caso la interacción variedad-fungicida más clara solo se pudo detectar en el caso de la variedad Marrueco con los fungicidas Fosetyl-AI, Flutriafol y *T. harzianum*, los cuales registraron los porcentajes de daño más bajos y fueron estadísticamente diferentes al Testigo. En las variedades Long Standing, Big Strong Halves y Green Marrueco los valores de daño más bajos no difieren estadísticamente del Testigo y en el caso de la variedad Local, los niveles de daño fueron muy cercanos en todos los productos y tampoco

difieren estadísticamente del Testigo, por lo cual no se puede afirmar que haya una reducción significativa del daño por efecto de los productos, sino más bien por un efecto varietal.

Cuadro 2. Porcentaje de daño por *fusarium* en plantas de cilantro a los 9 dds.

Nº	Variedades	% daño*	Fungicidas	% daño*
1	Long Standing	15.85 b	<i>T. harzianum</i>	15.85 ab
2	Big Strong Halves	15.65 b	Carbendazim	17.50 a
3	Local	6.70 c	Fosetil-Al	12.75 bc
4	Marrueco	9.90 c	Flutriafol	10.35 c
5	Green Marrueco	20.70 a	Testigo sin aplicación	12.35 bc

*DMS $p \leq 0.05$

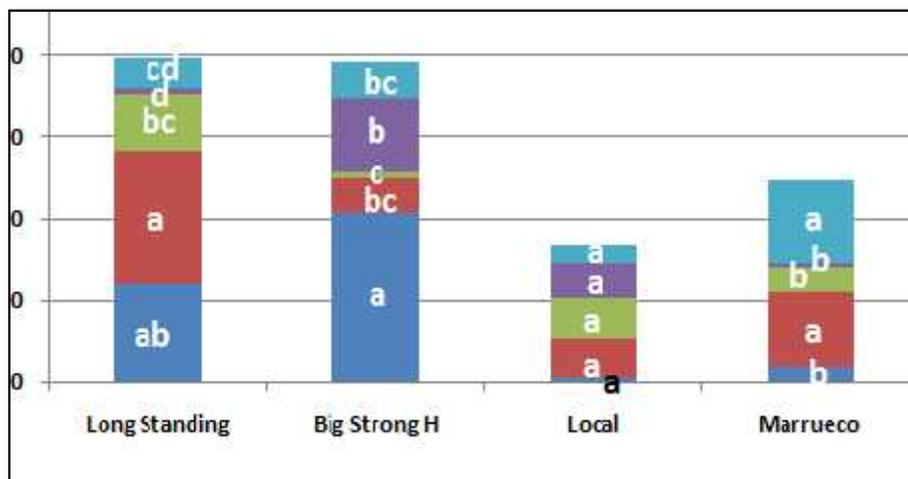


Figura 1. Porcentaje acumulado de daño por *fusarium* a los 9 dds (6dda).

Porcentaje de cobertura del cultivo. El ANVA detectó también diferencias altamente significativas en cada factor y en la interacción, a los 28 dds. En el factor A, las variedades con mayor cobertura fueron Long Standing y Big Strong Halves con 50.5 y 38.6%, aunque estadísticamente diferentes entre sí. La variedad Local y Marrueco tuvieron una cobertura intermedia de 31.7 y 31.6%, siendo estadísticamente similares; la variedad Green Marrueco registró el nivel más bajo de desarrollo con 17.6% y fue estadísticamente diferente a todas las demás (Cuadro 3).

En el factor B, los tratamientos con la mayor cobertura fueron *Trichoderma harzianum* y Fosetyl-Al con 43.2 y 41.8% respectivamente, aunque el valor de Fosetyl-Al no difiere estadísticamente del Testigo. Los tratamientos con Carbendazim y Flutriafol registraron valores más bajos que el Testigo con 30.7 y 20.5% de cobertura (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de cobertura del cultivo de cilantro

Nº	Variedades	% *	Fungicidas	% *
1	Long Standing	50.55 a	<i>T. harzianum</i>	43.25 a
2	Big Strong Halves	38.60 b	Carbendazim	30.75 c
3	Local	31.70 c	Fosetil-Al	41.80 ab
4	Marrueco	31.60 c	Flutriafol	20.50 d
5	Green Marrueco	17.85 d	Testigo sin aplicación	34.00 bc

*DMS $p \leq 0.05$

En términos generales los resultados indicaron que el cultivo del cilantro se desarrolló mejor, en presencia de la enfermedad, cuando se utilizaron las variedades Long Standing y Big Strong Halves, e igualmente cuando se aplicaron los productos: *T. harzianum* y Fosetyl-Al para el control de *Fusarium*.

Al graficar el acumulado de cobertura por tratamiento de control en cada variedad (Figura 2) y relacionar este desarrollo con la prueba de medias (DMS ≤ 0.05) se observó que la mayor cobertura en Long Standing

se registró con *T. harzianum*, aunque no fue diferente del Testigo sin aplicar, por lo cual se considera que la cobertura registrada con esta variedad es principalmente un efecto varietal, más que el efecto de la interacción variedad-fungicida. En las variedades Marrueco y Green Marrueco, también se considera que la cobertura registrada en cada tratamiento es un efecto principalmente varietal, puesto que los tratamientos de control no difieren estadísticamente en ninguna de ellas. En el caso de Big Strong Halves la mayor cobertura se obtuvo con Fosetyl-AI, siendo diferente a los demás tratamientos, por lo cual se infiere una interacción variedad-fungicida en el nivel de desarrollo registrado. De la misma forma, este mismo efecto de interacción se observó en la variedad Local, con *T. harzianum*, el cual registró la mayor cobertura y fue significativamente diferente a los demás tratamientos.

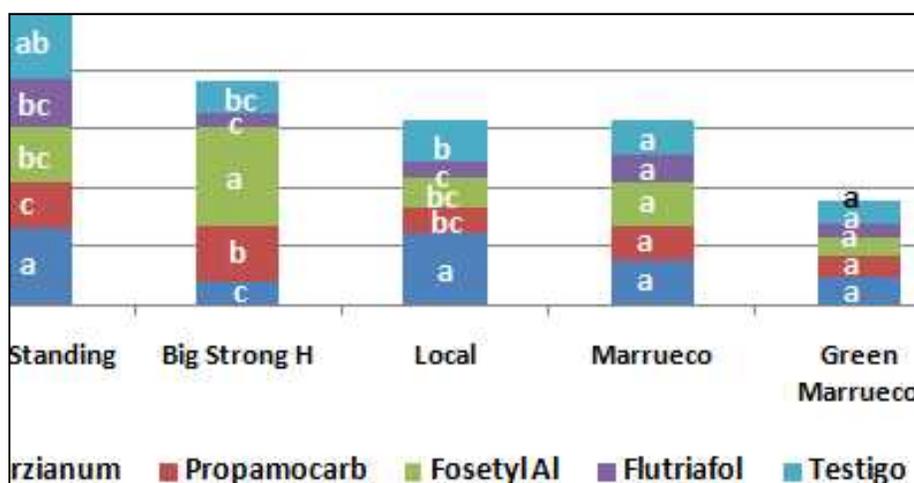


Figura 2. Porcentaje acumulado de cobertura de cilantro a los 28 dds.

Rendimiento. Al momento de la cosecha se registró el rendimiento del cilantro en gramos de materia fresca/m². El ANVA detectó también diferencias altamente significativas en cada factor y en la interacción, a los 34 dds. En el factor A, las variedades con el mayor rendimiento fueron Big Strong Halves y Long Standing con 378.4 y 360.4 g/m², siendo estadísticamente similares entre sí. La variedad Local y Marrueco tuvieron un rendimiento intermedio de 326.8 y 319.4 g/m², siendo también estadísticamente similares y la variedad Green Marrueco registró el rendimiento más bajo con 229.4 g/m² y fue estadísticamente diferente a todas las demás variedades (Cuadro 4).

En el factor B, el tratamiento con el mayor rendimiento fue Fosetyl-AI con 416.4 g/m². Los demás tratamientos registraron valores menores a Fosetyl_AI, de 349.2 (Testigo) a 226.0 g/m² (Flutriafol) y fueron estadísticamente diferentes a este tratamiento.

Aunque fueron más afectadas por la enfermedad que las variedades Local y Green Marrueco, las variedades Big Strong Halves y Long Standing mostraron una alta capacidad de recuperación reflejada en una mayor cobertura, la cual posteriormente también se tradujo en un mayor rendimiento.

En relación a los tratamientos de control, aunque previamente había mostrado un nivel de daño intermedio, destacó Fosetyl-AI con la mayor cobertura junto con *T. harzianum* y posteriormente con el rendimiento más alto.

Cuadro 4. Peso fresco de cilantro por variedad y control de *fusarium*

Nº	Variedades	Rend (g/m ²)*	Fungicidas	Rend (g/m ²)*
1	Long Standing	360.4 a	<i>T. harzianum</i>	370.4 b
2	Big Strong Halves	378.4 a	Carbendazim	252.4 c
3	Local	326.8 b	Fosetyl-AI	416.4 a
4	Marrueco	319.4 b	Flutriafol	226.0 d
5	Green Marrueco	229.4 c	Testigo sin aplicación	349.2 b

*DMS p≤0.05

De esta información se infiere que una estrategia general para el manejo de *Fusarium* en la zona, podría incluir el uso de las variedades Big Strong Halves y Long Standing, así como aplicaciones preventivas de *T. harzianum* al momento de la siembra y curativas con Fosetyl-AI, al detectar los primeros síntomas de la enfermedad y/o cuando se presenten condiciones de alta humedad y temperatura, las cuales favorecen la presencia de *Fusarium*.

Sin embargo, al graficar el rendimiento por tratamiento de control en cada variedad de cilantro (Figura 3) y relacionarlo con la prueba de medias ($DMS \leq 0.05$) se observó que el mayor rendimiento en la variedad Long Standing se registró con el Testigo, el cual fue estadísticamente diferente a los demás, con lo cual se infiere, de la misma forma que en la variable anterior que el efecto observado en rendimiento estuvo principalmente influenciado por el factor varietal, más que por la interacción variedad-fungicida

En el caso de Big Strong Halves el mayor rendimiento se obtuvo con Fosetyl-AI, siendo diferente a los demás tratamientos, lo cual correlaciona exactamente con el comportamiento observado en la variable anterior, corroborando un efecto de interacción variedad-fungicida. Esta misma interacción se observó, en la variedad Local con *T. harzianum*, el cual registró el mayor rendimiento, correlacionando igual con el comportamiento en la cobertura del cultivo y siendo también diferente estadísticamente a los demás tratamientos.

En la variedad Marrueco, el mayor rendimiento se obtuvo con el Fungicida Flutriafol, el cual fue estadísticamente diferente a todos los demás tratamientos. La variedad más susceptible a la enfermedad, Green Marrueco, registró su mayor rendimiento con *T. harzianum*, diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos; en ambos casos se observa una clara interacción variedad-fungicida que explica el nivel de rendimiento obtenido, aun cuando no se observó este comportamiento en la variable cobertura.



Figura 3. Rendimiento acumulado de cilantro por variedad (g7m2)

CONCLUSIONES

Las variedades Local y Marrueco fueron más tolerantes al daño inicial por *Fusarium* en los primeros días después de la siembra. Los fungicidas Fosetyl-AI, Flutriafol y *T. harzianum* interaccionaron con la variedad Marrueco, disminuyendo significativamente el daño inicial de la enfermedad, mientras que en las variedades Long Standing, Big Strong Halves, Local y Green Marrueco los niveles de daño inicial estuvieron más relacionados con un efecto varietal. Las variedades con el desarrollo más vigoroso, medido en cobertura del suelo, fueron Long Standing y Big Strong Halves. Los fungicidas Fosetyl-AI y *T. harzianum* interaccionaron con la variedad Big Strong Halves y Local, respectivamente, mejorando el desarrollo del cultivo en términos de cobertura del suelo, mientras que el desarrollo de las variedades Long Standing, Marrueco y Green Marrueco se debió principalmente a efectos varietales. Las variedades con mejor rendimiento fueron Long Standing y Big Strong Halves, aunque mostraron un comportamiento intermedio en la infección inicial de la enfermedad. Se detectaron interacciones significativas entre los fungicidas que favorecieron rendimientos más altos en cada variedad: Fosetyl-AI con Big Strong Halves, Marrueco con Flutriafol, Local y Green Marrueco con *T. harzianum*. El rendimiento registrado con la variedad Long Standing se debió principalmente a factores varietales.

LITERATURA CITADA

- Bautista, F.; JA Zinck. 2010. Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 6:7.
- Leal-Torres, E.; López-Malo-Vigil, A.; Sosa-Morales, M. E. 2013. Extracción, composición y caracterización de aceites esenciales de hoja y semilla de cilantro (*Coriandrum sativum* L.). *Temas selectos de ingeniería de alimentos*. 7-1 (2013): 97-103.
- Ley orgánica de los municipios de Yucatán. 2006. Decreto 660. Diario oficial del Gobierno del estado de Yucatán. 25 de enero de 2006.
- Morales-Payán, J. P.; B. Brunner, L. Flores y S. Martínez. 2011. Cilantrillo orgánico. Hoja informativa. Estación Experimental Agrícola Las Lajas. Lajas, Puerto Rico . P 2.

Referencias informáticas

- SIAP. 2010-2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sagarpa. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Consultado el 28 de junio de 2016 y 20 de mayo de 2017.

EXPRESIÓN FENOTÍPICA Y ESTABILIDAD EN POBLACIONES DE MAÍZ *Zea mays* L. NATIVO DEL CENTRO DE CHIAPAS

PHENOTYPIC EXPRESSION AND STABILITY IN MAIZE LANDRACES POPULATIONS OF CENTER OF CHIAPAS

¹Martínez Sánchez J, ¹Espinosa Paz N, ²Ariza Flores R, ¹Domínguez Velázquez S.

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

² Campo Experimental Iguala-INIFAP. Carretera Iguala-Tuxpan. km. 2.5. A. P. 29. C. P. 40000. Iguala, Guerrero, México.

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

RESUMEN

Chiapas es uno de los estados con mayor diversidad genética del maíz, sin embargo, esta diversidad ha sido objeto de poca atención dentro del ámbito del mejoramiento genético del maíz. Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la expresión fenotípica y su estabilidad en poblaciones nativas de maíz provenientes de ambientes con problemas de sequía (región cálida), para seleccionar germoplasma con tolerancia a este factor abiótico. Se evaluaron 19 poblaciones en seis ambientes contrastantes, con un diseño de bloques completos al azar. Se midieron ocho caracteres morfológicos y el rendimiento de grano. Los datos morfológicos se analizaron mediante un análisis de varianza combinado y la diferencia mínima significativa; mientras que la estabilidad del rendimiento se determinó con el modelo de regresión en los sitios (SREG) y la gráfica GGE biplot. Las poblaciones Opamil (38), Sesentano (6), Chimbo amarillo (12) y Dientilla (37) tuvieron buena respuesta en ambientes desfavorables, Precoz (16) y Tuxpeño (35) tuvieron el mayor rendimiento promedio, Tuxpeño (32) tuvo alto rendimiento y estabilidad, mientras que Olotillo (36) y Jarocho (1) fueron estables, pero con rendimientos similares al promedio general. En las poblaciones evaluadas existe potencial para aprovechar sus características favorables en programas de mejoramiento genético para clima cálido subhúmedo y contribuir a la seguridad alimentaria en las regiones cálidas de México.

Palabras clave: *Fenotipo, Zea mays, SREG, GGE biplot.*

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz nativo es un elemento clave en las estrategias agrícolas para fortalecer la seguridad alimentaria de nuestro país. En este sentido, se plantea la necesidad de la búsqueda en tiempo real y aprovechamiento del germoplasma nativo con adaptación genética a la sequía y a temperaturas extremas, factores que se agudizarán con el cambio climático (Turrent *et al.*, 2016). La fuente genética para esta finalidad se encuentra distribuida a lo largo del territorio nacional en las 59 razas del maíz nativo. Chiapas es el estado mexicano con mayor superficie cultivada con maíz (700, 000 ha en promedio por año) y se estima que el 75% de esta superficie es de maíces nativos (Coutiño *et al.*, 2015).

En la Depresión Central del estado de Chiapas en las zonas de clima cálido se siembran 189 468 ha y se producen 364 797 toneladas (SIAP; 2015); en esta región la agricultura se ha dirigido hacia un alto uso de insumos químicos y la utilización de híbridos y variedades mejoradas en las zonas de mayor fertilidad. Sin embargo, el uso de maíces nativos o criollos aún persiste; debido a que las poblaciones son la base para la gastronomía tradicional Chiapaneca y por razones agronómicas, económicas y culturales de los agricultores. Al corto plazo, es factible disminuir los costos de producción, mantener y elevar la producción de maíz a partir de las variedades nativas sobresalientes contribuyendo a la seguridad alimentaria.

Consecuentemente, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la expresión fenotípica y estabilidad en poblaciones nativas de maíz provenientes de ambientes con problemas de sequía (región cálida) en el Centro de Chiapas, para seleccionar germoplasma con tolerancia a este factor abiótico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Se utilizaron 19 colectas evaluadas en el 2015 y seleccionadas con base en el trabajo de Martínez *et al.* (2016): 14 fueron de grano blanco, 4 de amarillo, y una de azul (Cuadro 1).

Ubicación de los experimentos

Los experimentos fueron conducidos durante los ciclos primavera-verano de 2015 y 2016 en diferentes localidades del Centro de Chiapas: En el 2015 se sembró en Ocozocoautla de Espinosa, Úrsulo Galván, Villa Flores y Vista Hermosa, Cintalapa. En el 2016 se repitió el sitio de Ocozocoautla y se adicionaron las localidades de San Luis, Suchiapa y Tehuacán, Cintalapa (Cuadro 2). En total se tuvieron seis ambientes de producción.

Cuadro 2. Localidades de evaluación de 19 poblaciones de maíz nativo del Centro de Chiapas.

Localidad	Municipio	Altitud	Lat N	Long O	Temp (°C)	PP (mm)
Ocozocoautla	Ocozocoautla	800	16° 46´	93° 26´	22.5	883.6
Úrsulo Galván	Villaflores	726	16° 17´	93° 26´	24.4	1645.0
Vista Hermosa	Cintalapa	690	16° 32´	93° 58´	24.3	700.0
San Luis	Suchiapa	500	16° 37´	93° 3´	26.0	962.9
Tehuacán	Cintalapa	693	16° 36´	93° 56´	24.0	714.8

Lat N: Latitud Norte; Long O: Longitud Oeste; Temp: Temperatura promedio; PP: Precipitación pluvial.

Fuente: (SMN, 2009)

Diseño experimental, manejo agronómico y variables evaluadas

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron las 19 poblaciones de maíz seleccionadas. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 5.0 m de longitud y 0.8 m de ancho, con una población final de 88 plantas, que corresponden a una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹.

Las siembras del ensayo uniforme en cada uno de los ambientes se realizaron durante el mes de julio en ambos años. Las poblaciones de maíz se evaluaron bajo condiciones de temporal. Se depositaron cuatro semillas cada 0.50 m entre puntos y 0.80 m entre surcos. Se hizo un aclareo previo a la fertilización para dejar dos plantas por punto. La fertilización en todas las localidades fue con la dosis 120-75-00, la primera fertilización se hizo a los 15 días después de la siembra (DDS) aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno, la segunda mitad de nitrógeno se aplicó en la segunda fertilización a los 40 DDS. Las fertilizaciones se hicieron enterrando el fertilizante entre 5 y 10 cm utilizando macana (espeque). Para el control de plagas se usó Thiodicarb a razón de 1.0 L ha⁻¹ aplicado a los 35 DDS. Las malezas se controlaron de forma manual. Se registraron los siguientes caracteres: Altura de planta, altura de mazorca, días a floración masculina, días a floración femenina, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras y granos por hilera. Se estimó el rendimiento ajustando la humedad de grano al 14%, la parcela útil fueron los dos surcos centrales de cada unidad experimental.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza combinado, para la comparación de medias entre las variedades se aplicó la prueba de la diferencia mínima significativa al 0.05 de probabilidad, la interacción genotipo ambiente y la estabilidad fenotípica se modeló con el método de regresión en los sitios. El análisis de varianza se resolvió con el sistema SAS (SAS, 2000) mientras que para el modelo SREG se utilizó el programa GEA-R (Pacheco *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En los análisis de varianza se detectaron diferencias ($P < 0.01$) entre localidades y poblaciones para todas las variables, en la interacción poblaciones x localidades no hubo efectos significativos en los días a floración masculina y femenina. Lo anterior indica la presencia de diversidad genética entre poblaciones, variación ambiental y que la morfología de las poblaciones tiene un comportamiento diferencial a través de localidades, mientras que los días a floración fueron estables y muy útiles para la evaluación de las poblaciones por su menor interacción con el ambiente, tal como lo sugieren Sánchez *et al.*, (2003).

En el cuadro 3 se pueden observar los valores de las características morfológicas que presenta cada una de las poblaciones de maíz nativo bajo estudio. Los días a floración masculina y femenina variaron de 51 hasta 65 y de 52 hasta 67 días después de la siembra (dds), respectivamente. La población más tardía fue Criollo Amarillo (31), en contraste, las poblaciones más precoces fueron Sesentano (6), Chimbo Amarillo (12), Precoz (16) y Opamil (38). Éstas pueden ser utilizadas como fuente de precocidad en el mejoramiento genético, ya que este carácter es un mecanismo de escape a la sequía. Incluso fueron más precoces

respecto a la variedad V-560 que es considerada precoz (55 días a floración) y recomendada para el clima cálido en el estado de Chiapas y regiones similares (Coutiño *et al.*, 2014).

Hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) para altura de planta y mazorca que variaron de 228 a 288 y de 97 a 146 cm, respectivamente. La longitud de mazorca osciló de 12.7 a 15.4 cm, diámetro de mazorca de 3.6 a 4.5 cm, número de hileras de 10 a 15 y granos por hilera de 28 a 37. Estos valores son bajos comparados con los registrados en variedades nativas con características eloterías evaluadas en dos localidades del Centro de Chiapas (Coutiño *et al.*, 2015).

Cuadro 3. Caracteres agronómicos de las poblaciones de maíz nativo evaluadas en seis ambientes del Centro de Chiapas.

Población	AP	AM	LM	DM	NH	GH	DFM (dds)	DFF (dds)
CECECH-1	250.4	112.1	14.3	4.1	12.9	32.9	60	61
CECECH-3	280.3	134.0	14.8	4.0	11.7	34.9	61	62
CECECH-4	288.9	146.7	14.9	4.0	11.9	31.0	63	64
CECECH-6	228.0	97.0	13.4	3.6	10.4	31.2	51	52
CECECH-10	251.0	114.5	15.4	4.3	12.1	36.6	60	61
CECECH-12	247.9	117.0	12.7	3.9	11.3	28.8	51	52
CECECH-16	259.4	122.5	14.6	4.5	14.9	36.6	56	57
CECECH-18	258.1	127.8	13.9	3.8	10.7	30.8	61	62
CECECH-27	251.6	114.3	13.5	3.9	13.0	33.1	60	61
CECECH-30	238.9	113.8	15.3	3.7	10.3	31.3	61	62
CECECH-31	283.6	146.3	15.2	4.1	11.3	36.6	65	67
CECECH-32	248.4	117.0	15.1	4.4	13.2	35.2	59	60
CECECH-33	270.5	128.1	14.6	4.0	13.3	31.3	63	65
CECECH-35	265.6	122.3	14.5	4.1	13.6	34.3	60	61
CECECH-36	270.9	127.5	14.0	3.8	11.2	32.8	61	62
CECECH-37	286.0	147.6	14.2	3.7	11.3	33.8	60	61
CECECH-38	234.7	103.5	12.8	3.9	11.8	29.2	55	56
CECECH-39	266.9	129.1	14.2	3.9	10.6	34.5	61	62
CECECH-40	286.1	143.8	14.2	3.8	10.7	34.2	61	62
DMS 0.05	29.4	22.1	0.94	0.2	0.7	2.3	0.5	0.6

AP: altura de planta; AM: altura de mazorca; LM: longitud de mazorca; DM: diámetro de mazorca; todos en cm.
NH: número de hileras; GH: granos por hilera;
DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina; dds: días después de la siembra.

En el cuadro 4 se presentan los promedios de rendimiento de grano de las poblaciones en cada ambiente, los valores variaron de 0.1 hasta 6.9 t ha⁻¹. Las poblaciones Precoz (16), Tuxpeño (32) y Tuxpeño (35) fueron las de mayor rendimiento a través de ambientes, mientras que las poblaciones Jarocho (1), Tuxpeño (32) y Olotillo (36) presentaron valores absolutos más bajos del CP2 indicando pequeñas interacciones y pueden ser consideradas como las más estables a través de ambientes (Yan y Tinker, 2006). Martínez *et al.*, (2016) reportaron el uso del modelo SREG y la gráfica GGE biplot para evaluar este grupo de poblaciones en tres ambientes contrastantes durante el año 2015; con tres ambientes más y un segundo año de evaluación, Precoz (16) fue consistente en rendimiento, en contraste, Tuxpeño (32), Jarocho (1) y Olotillo (36) lo fueron en estabilidad.

En la figura 1 se muestra el patrón which-won-where (quién fue mejor y en donde), como regla las poblaciones que se localizan en los vértices son aquellas de mejor rendimiento en los ambientes que dividen los sectores y son las más sensibles; por ejemplo, Opamil (38) en Tehuacán, Tuxpeño (35) en San Luis y Precoz (16) en Vista Hermosa. El polígono no sólo muestra qué población es mejor en cada localidad, sino que también divide los ambientes de prueba. Por la posición y longitud de los vectores se observan cuatro grupos bien definidos, en el primero se localiza Tehuacán que fue un ambiente restrictivo y de alto poder discriminante. Las poblaciones precoces Opamil (38), Sesentano (6), Chimbo amarillo (12) y Dientilla (37) se agruparon en este ambiente. Las primeras tres tienen plantas y mazorcas semejantes a las descritas para la raza Zapalote Grande y la última al complejo racial Tuxpeño x Olotillo (Martínez y Espinosa, 2016). Por su origen y comportamiento en este estudio, estas poblaciones son fuente de precocidad y se pueden considerar como de buena respuesta en ambientes desfavorables.

Cuadro 4. Promedio del rendimiento de grano (t ha⁻¹) de 19 poblaciones de maíz nativo evaluados en el Centro de Chiapas y valores de las coordenadas de los dos primeros componentes principales.

Población	Ambientes						Promedio	SREG	
	O(2016)	SL	T	O(2015)	UG	VH		CP1	CP2
CECECH-1	4.0	2.8	1.7	5.3	2.9	0.2	2.8	0.06	-0.04
CECECH-3	4.4	2.7	2.0	5.8	3.9	0.8	3.2	0.47	-0.12
CECECH-4	4.8	2.5	0.7	5.6	2.8	0.2	2.8	0.26	-0.66
CECECH-6	2.8	2.6	2.3	4.4	3.1	0.5	2.6	-0.52	0.49
CECECH-10	6.4	2.5	3.3	4.3	3.0	0.1	3.2	-0.10	-0.16
CECECH-12	3.4	2.1	1.4	4.3	2.0	0.7	2.3	-0.64	0.19
CECECH-16	4.6	2.9	2.8	6.9	2.9	1.6	3.6	1.00	0.59
CECECH-18	5.0	1.4	1.2	4.7	3.9	0.2	2.7	-0.22	-0.97
CECECH-27	3.9	3.5	2.3	5.0	3.0	0.1	2.9	0.04	0.31
CECECH-30	4.4	1.5	1.8	3.6	3.4	0.4	2.5	-0.83	-0.48
CECECH-31	4.3	2.5	0.9	6.2	3.8	1.1	3.1	0.64	-0.51
CECECH-32	4.4	2.9	2.3	6.4	4.0	1.2	3.5	0.84	0.06
CECECH-33	5.0	2.8	1.6	5.3	3.3	0.5	3.1	0.28	-0.38
CECECH-35	4.5	3.4	3.2	6.5	2.5	1.2	3.5	0.84	0.90
CECECH-36	4.0	2.0	1.8	5.3	2.7	0.6	2.7	-0.09	0.03
CECECH-37	3.6	1.8	2.1	4.0	2.5	0.4	2.4	-0.81	0.20
CECECH-38	3.3	1.9	3.3	3.7	2.2	1.2	2.6	-0.90	0.98
CECECH-39	4.6	3.0	1.6	4.8	3.1	0.2	2.9	-0.02	-0.30
CECECH-40	4.5	1.6	2.3	4.6	3.3	0.8	2.8	-0.30	-0.13
Promedio	4.3	2.4	2.0	5.1	3.0	0.6	2.9		
CP1	0.33	0.45	0.01	1.00	0.24	0.21			
CP2	-0.49	0.26	0.71	0.08	-0.43	0.29			

SL: San Luis, Suchiapa; T: Tehuacán, Cinatlapa; VH: Vista Hermosa, Cintalapa; UG: Úrsulo Galván, Villaflores; O:= Ocozocoautla de Espinosa.

Un segundo grupo lo conformaron las localidades de Vista Hermosa y San Luis que tuvieron bajo rendimiento de grano y bajo poder discriminante. Las poblaciones Precoz (16) y Tuxpeño (35) tuvieron adaptación a estas localidades y mostraron buen potencial de rendimiento, previamente se clasificaron como raza Tuxpeño. Se deben considerar como poblaciones de buena respuesta a través de ambientes, pero inconsistentes. En un tercer grupo ambiental se localizó Ocozocoautla en el ciclo PV-2015 como la localidad de mayor producción y que mejor discriminó a las poblaciones y finalmente; un cuarto grupo se integró con Úrsulo Galván y Ocozocoautla en el ciclo PV-2016 que fueron localidades de rendimiento intermedio. Las poblaciones Tuxpeño (3), Criollo amarillo (31) y Maíz blanco (33) que pertenecen al complejo racial Tuxpeño x Olotillo (Martínez y Espinosa, 2016) tuvieron adaptación a estos ambientes.

Para evaluar el rendimiento promedio versus estabilidad (Figura 2), la línea con una flecha que pasa por el origen del biplot (eje de las abscisas) indica el rendimiento promedio de los genotipos a través de localidades. Se observa que Precoz (16), Tuxpeño (35) y Tuxpeño (32) tuvieron el mayor rendimiento de grano. La estabilidad de los genotipos se representa de forma perpendicular (eje de las ordenadas), vectores de mayor longitud indican mayor interacción, Tuxpeño (32) tuvo alto rendimiento y estabilidad, mientras que Jarocho (1) y Olotillo (36) fueron estables pero su rendimiento fue similar al promedio general, según el modelo SREG (Frutos *et al.*, 2014).

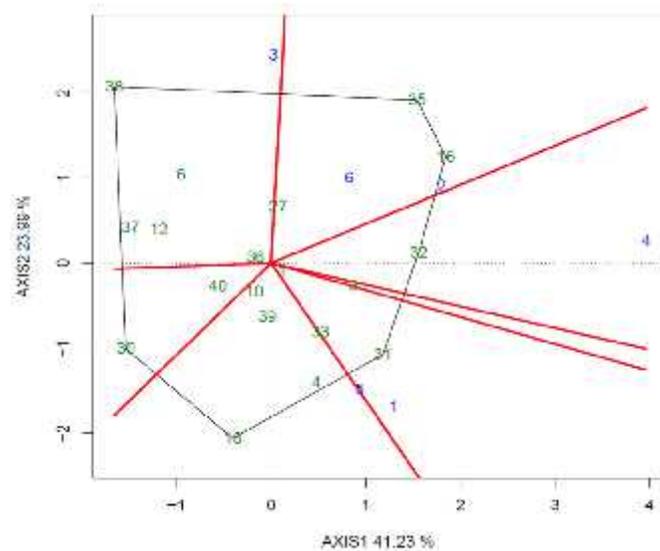


Figura 1. GGE biplot para rendimiento de grano de 19 genotipos de maíz nativo evaluados en seis ambientes del Centro de Chiapas (1= Ocozocoautla 2016; 2 = San Luis; 3 = Tehuacán; 4 = Ocozocoautla 2015; 5 = Úrsulo Galván; 6 = Vista Hermosa).

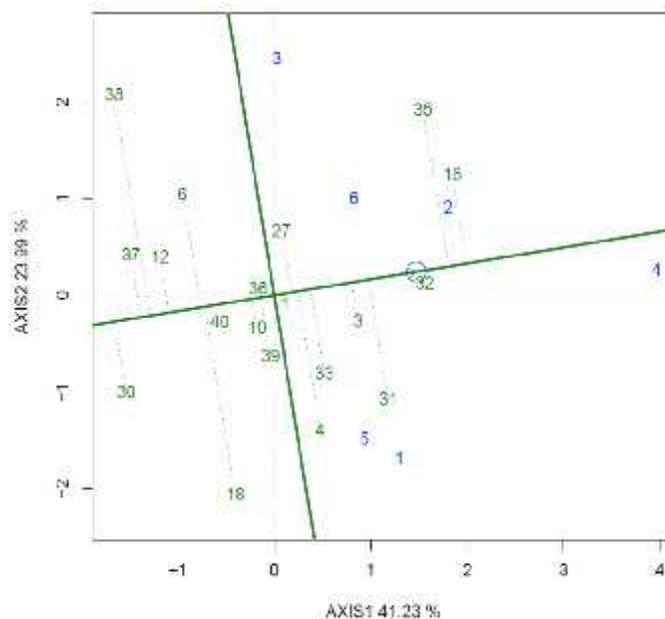


Figura 2. Rendimiento medio versus estabilidad de 19 poblaciones de maíz nativo del Centro de Chiapas (1= Ocozocoautla 2016; 2 = San Luis; 3 = Tehuacán; 4 = Ocozocoautla 2015; 5 = Úrsulo Galván; 6 = Vista Hermosa).

CONCLUSIONES

Hubo diferencias entre ambientes y poblaciones para todos los caracteres medidos, en la interacción poblaciones x ambientes no hubo efectos significativos en los días a floración masculina y femenina. Se identificaron fuentes genéticas de precocidad, rendimiento y resistencia a sequía. Las poblaciones Opamil (38), Sesentano (6), Chimbo amarillo (12) y Dientilla (37) tuvieron buena respuesta en ambientes desfavorables, Precoz (16) y Tuxpeño (35) tuvieron el mayor rendimiento promedio, Tuxpeño (32) tuvo alto rendimiento y estabilidad, mientras que Olotillo (36) y Jarocho (1) fueron estables, pero con rendimientos similares al promedio general. Debe aprovecharse el potencial fenotípico de las variedades sobresalientes en el mejoramiento genético de la resistencia a la sequía en maíz.

LITERATURA CITADA

- Coutiño, E. B.; Gómez, M. N. O.; Vázquez, C. G. y Vidal, M. V. A. 2014. "V-560", nueva variedad precoz de maíz para regiones tropicales. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 37(2):187-188.
- Coutiño, E. B.; Vidal, M. V. A.; Cruz, V. C. y Gómez, G. M. 2015. Características eloteras y de grano de variedades nativas de maíz de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(5):1119-1127.
- Frutos, E.; Galindo, P. and Leyva, V. 2014. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype by environmental interaction. *Stochastical Environmental Research and Risk Assesment*. 28:1629-1641.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>.
- Martínez, S. J.; Espinosa, P. N. y Villegas, A. Y. 2016. Interacción genotipo-ambiente en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 3(1):38-48.
- Martínez, S. J. y Espinosa, P. N. 2016. Caracterización morfológica y estudio de la interacción genotipo ambiente en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. In: *Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria*. Martínez, H. J.; Ramírez, G. M. A. y Camara, C. J. (Eds). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Villahermosa, Tabasco, México. 564p.
- Sánchez, G. J. J.; Goodman, M. M. and Stuber, C. W. 2003. Appropriate characters for racial classification in Maize. *Economyc Botany*. 47:44-59.
- SAS. 2000. Statistical Analysis System. Software Release 8.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2009. Extractor rápido de información climatológica base CLICOM. V. 2.0. Servicio Meteorológico Nacional. CD-Rom. México.
- Pacheco, A.; Vargas, M.; Alvarado, G.; Rodríguez, F.; Crossa, J. y Burgueño, J. 2015. "GEA-R (Genotype X Environment Analysis with R for Windows) versión 2.0", <http://hdl.handle.net/11529/10203> International Maize and Wheat Improvement Center.
- Turrent, F. A.; Cortes, F. J. I.; Espinosa, C. A.; Turrent, T. C. y Mejía, A. H. 2016. Cambio climático y algunas estrategias agrícolas para fortalecer la seguridad alimentaria de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(7):1727-1739.
- Yan, W. and Tinker, N. A. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Sciences*. 86:623-645.

**VARIETADES TRADICIONALES DE MAÍZ EN COMUNIDADES CH'OLES DE TACOTALPA,
TABASCO**
TRADITIONAL VARIETIES OF CORN IN COMMUNITIES CH'OLES OF TACOTALPA, TABASCO

Morales-Valenzuela G.

Universidad Intercultural del Estado de Tabasco. Carretera Oxolotán-Tacotalpa Km 1. Oxolotán,
Tacotalpa, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: gpemorales74@hotmail.com

RESUMEN

El maíz es el cultivo de mayor importancia en el agro ecosistema milpa por su aporte a la alimentación humana y animal. Las comunidades indígenas poseen y conservan gran parte de la diversidad intraespecífica del maíz, sin embargo, se observa una tendencia a la disminución de esta diversidad por lo que hay un interés creciente para su conservación. En este sentido, este trabajo tiene como propósito identificar y caracterizar las variedades tradicionales de maíz en Tacotalpa, Tabasco con la participación de los campesinos. La investigación se realizó en 10 localidades con población indígena ch'ol, participaron 117 campesinos. Se realizaron visitas a los hogares y sitios de almacenamiento de maíz, se conversó con los campesinos y cada uno de ellos tomo registro de variables de mazorca y grano para caracterizar su variedad. Con la información calcularon promedios y frecuencias y se realizó un análisis de conglomerados con el programa SPSS ver. 19. Se identificaron 11 variedades, el maíz blanco criollo se mencionó en las 10 localidades, a diferencia del Huastecano y Rocamex que solo se mencionó en la localidad de Pasamonos y el Yaxhum que fue mencionado en Nueva Esperanza. Se identificó presencia de variedades mejoradas introducidas que han sido "acriolladas". El análisis de conglomerados agrupa a las variedades nativas en un grupo y a las variedades introducidas en otro grupo, la variedad Yaxum forma otro grupo ya que difiere en algunas características de los demás maíces. La población local continúa conservando sus variedades a pesar de la introducción de variedades mejoradas.

Palabras clave: *Milpa, Maíz, variedad, criolla, tradicional.*

INTRODUCCIÓN

La milpa es uno de los agroecosistemas donde se concentra la mayor diversidad tanto de especies cultivadas como de arvenses. Para la región, Mariaca-Méndez *et al.* (2014) reportan 41 especies cultivadas con sus respectivas variedades; en este sentido, el maíz, una de las especies cultivadas de mayor importancia de este agroecosistema, ha mostrado una gran diversidad intraespecífica. Esta diversidad ha tenido un gran interés en México, ya que probablemente en ningún otro país sea tan grande la gama de variación del maíz como en nuestro país.

En particular, las comunidades indígenas son las principales poseedoras de la diversidad, para el territorio serrano de Tacotalpa, Tabasco se reportan seis variedades locales de maíz (Cruz-Vázquez y Morales-Valenzuela, 2011) en el que predomina el uso tecnología tradicional (Morales-Valenzuela *et al.*, 2015).

Recientemente, ante la pérdida constante de la diversidad de maíces criollos, se ha renovado el interés por su conservación y se han desarrollado proyectos para evaluar y caracterizar maíces nativos en diferentes regiones del país con el propósito de implementar estrategias de conservación in situ y ex situ.

En este sentido, los programas de investigación por lo regular excluyen a los propios poseedores de dicha diversidad por lo que se hace relevante promover la conservación de la diversidad de maíces desde la propia perspectiva de los agricultores. El objetivo de este trabajo fue identificar y caracterizar las variedades tradicionales de maíz en Tacotalpa, Tabasco con la participación de los productores locales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El presente trabajo se llevó a cabo en 10 localidades del municipio de Tacotalpa, Tabasco. Las comunidades se seleccionaron considerando el gradiente altitudinal y la presencia de población hablante de lengua indígena Ch'ol (Cuadro 1). Se trabajó con 117 campesinos, los cuales fueron seleccionados mediante muestreo de "expertos" por sus conocimientos sobre la milpa.

Variedades tradicionales. Se realizaron visitas domiciliarias y a los sitios de almacenamiento de maíz de los campesinos participantes, mediante diálogos abiertos se conversó sobre la importancia de conservar las variedades tradicionales y se les pidió que mencionaran el nombre de la variedad que produce y conserva.

Cuadro 1. Localidades participantes del municipio de Tacotalpa.

Localidad	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud msnm	Población total	Hablantes de lengua indígena (%)	Número de participantes
Buenos Aires	17°21'41"	92°42'42"	603	253	50	10
La Pila	17°26'15"	92°45'11"	254	187	16	7
La Raya Zaragoza	17°24'18"	92°41'05"	182	1,471	35	10
Oxolotán	17°22'51"	92°45'00"	131	1,886	11	15
Guayal	17°32'09"	92°36'00"	104	954	93	15
Cerro Blanco 2ª Sec.	17°25'12"	92°47'41"	71	737	1	10
Zunú y Patastal	17°28'22"	92°48'50"	64	747	5	15
Pasamonos	17°32'37"	92°37'30"	58	496	21	15
Nueva Esperanza	17°22'05"	92°45'10"	43	118	8	10
Puxcatán	17°26'59"	92°41'15"	40	1,288	56	10

Caracterización de las variedades. Se les pidió a los campesinos participantes que seleccionaran 10 mazorcas que representaran a su variedad y cada uno de ellos tomó el registro de las variables de mazorca y grano para caracterizar sus variedades. Se registraron seis variables cualitativas: forma de la mazorca (FM), disposición de las hileras de la mazorca (DHM), tipo de grano (TG), color del grano (CG), color del endospermo (CE) y forma de la corona del grano (FCG) y seis cuantitativas: longitud de la mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras por mazorca (NHM), número de granos por hilera (NGH), ancho de grano (AG) y largo de grano (LG), considerando el Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (Carballo-Carballo, 2010) y los Descriptores para maíz (IBPGR, 1991).

Análisis de datos. Se identificaron las variedades tradicionales, considerando a una variedad tradicional como aquel fenotipo que es reconocido por un grupo de campesinos. Para caracterizar las variedades, se calcularon frecuencias para las variables cualitativas y promedios para las variables cuantitativas, además se efectuó un análisis de conglomerados con la matriz de distancias euclidianas; utilizando el método de agrupamiento de mínima varianza dentro de grupos de Ward. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software SPSS ver. 19.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variedades tradicionales. Los agricultores de las 10 localidades reconocen 11 variedades de maíz, Cruz-Vázquez y Morales-Valenzuela (2011) reportan seis variedades para la región. Sin embargo, Mariaca-Méndez *et al.* (201) menciona 11 variedades. Dos agricultores reportaron dos variedades cada uno, una la siembran en “tierra baja” (vega de río) y otra en “tierra fría (ladera) La variedad “Blanco criollo” fue mencionada en todas las localidades.

Las variedades Huastecano y Rocamex o Rocamey solo fueron mencionadas en la localidad de Pasamonos, al parecer son materiales mejorados “acriollados” que fueron introducidos a dicha comunidad ya que al parecer se deriva de la variedad comercial Rocamex V-520, una de las primeras variedades mejoradas desarrolladas en México. Por su parte, la variedad Yaxhum solo se mencionó en Nueva Esperanza. En este mismo sentido, cuatro campesinos de tres localidades mencionaron variedades mejoradas que han sido adaptadas a las condiciones de la Sierra de Tabasco.

Por otro lado, es importante señalar que la localidad con menos variedades fue Cerro Blanco 2da con una variedad y la localidad con mayor número de variedades fue Pasamonos con seis variedades, sin embargo, como se mencionó anteriormente, en dicha localidad se mencionaron al menos dos variedades mejoradas “acriolladas”.

Aunque se observa que cada agricultor conserva su propia variedad, considerando las variedades reconocidas por los agricultores, las variedades que más agricultores siembran son: Blanco criollo con 58%, Amarillo con 14%, Bacalito con 8% y Mejen con 9% (Figura 1). Por localidad, en Buenos Aires, Cerro Blanco 2ª, Guayal, La Pila, Nueva Esperanza y Oxolotán predomina la variedad Blanco criollo; en Pasamonos se pueden encontrar Blanco criollo y Rocamex; en Puxcatán las variedades Amarillo, Blanco criollo y Bacalito; en Raya Zaragoza predomina la variedad Bacalito y en Zunú y Patastal predominan el Blanco criollo y el Mejen.

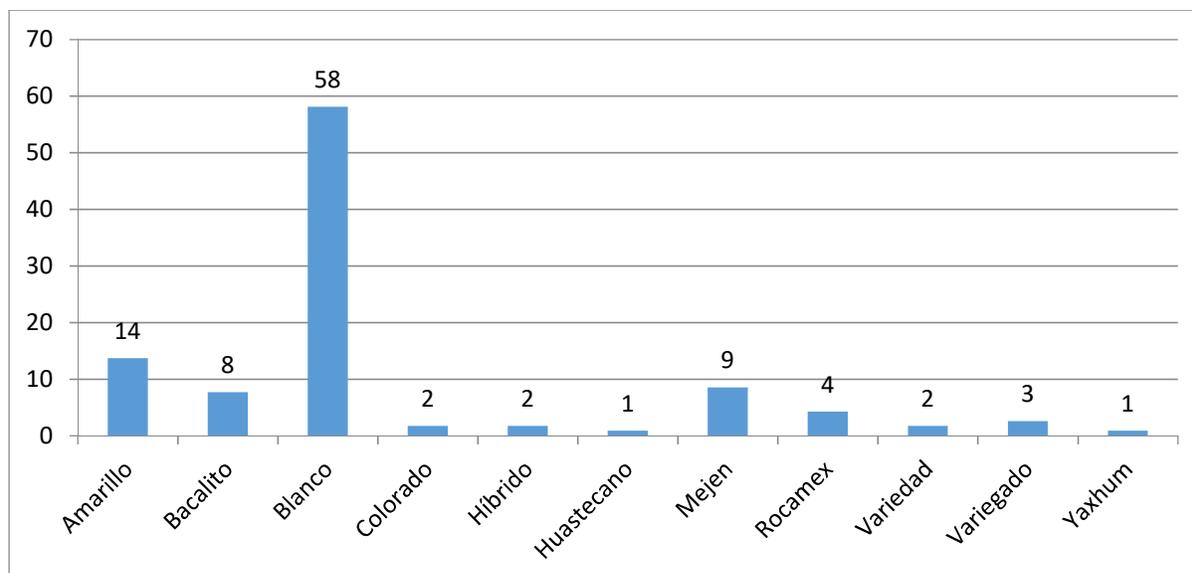


Figura 1. Porcentaje de campesinos que cultivan las variedades tradicionales en 10 localidades de Tacotalpa, Tabasco.

Características de las variedades. Diez de las variedades identificadas presentan características similares a maíces de la raza Tuxpeño, lo que coincide con lo reportado por Sierra-Macías *et al.* (2014). La variedad Yaxhum muestra marcada diferencia de los demás maíces, probablemente proviene de los maíces de la región tsotsil en donde se conoce como maíz negro (Mariaca-Méndez *et al.*, 2014). En el cuadro 2 se presentan las características de mazorca y grano de cada una de las variedades.

El dendrograma generado con las 12 variables forma tres grupos (fig. 2): el grupo I lo forman las variedades locales con mayor tiempo en la región, Amarillo, Blanco criollo, Híbrido, Mejen y Bacalito, estos dos últimos con la característica de olote delgado; el grupo II está integrado por las variedades Rocamex o Rocamey, Huastecano, Variedad, Colorado y Variegado, las tres primeras presuntamente se derivan de variedades mejoradas, como se comentó anteriormente y al parecer todas son introducidas; finalmente el grupo III solo lo integra el maíz Yaxhum, variedad con grano morado y proveniente del vecino estado de Chiapas.

CONCLUSIONES

Se conserva las variedades tradicionales de maíz con introducción de algunos materiales mejorados “acriollados”. Las variedades tradicionales muestran cierta similitud ya que se derivan de la raza Tuxpeño. El maíz Yaxhum es una variedad de color azul que difiere ampliamente de las otras variedades tradicionales que se cultivan en la región.

LITERATURA CITADA

- Carballo-Carballo, A. 2010. Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz. 2da edición. Colegio de Postgraduados y Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México.
- Cruz-Vázquez, H.M. y Morales-Valenzuela, G. 2011. Diversidad morfológica de maíces criollos (*Zea mays*) en la Sierra de Tacotalpa, Tabasco. En: Memorias de la XXIII Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2011. pp 44-46.
- IBPGR. 1991. Descriptores para Maíz. International Board for Plant Genetic Resources. Roma Italia.
- Mariaca-Méndez, R., Cano-Contreras, J.E., Morales-Valenzuela, G. Hernández-Sánchez, M. (2014). La milpa en la región serrana Chiapas-Tabasco de Huitiupán-Tacotalpa. En: González-Espinosa, M. y Brunel-Manse, M.C. (coords.) Montañas, pueblos y agua. El Colegio de la Frontera Sur y Juan Pablos Editor. México. 323-359 pp.
- Morales-Valenzuela, G., Mariaca-Méndez, R. y Padilla-Vega, J. (2015). Tecnología campesina en la milpa de ladera en Tacotalpa, Tabasco. En: Moreno-Urbe, V. y Gómez-Velarde, E.M. Problemáticas del Sur de México. UVI-UIET. 33-51 pp.
- Sierra-Macías, M., Andrés-Meza, P., Barrón-Freyre, S., Palafox-Caballero, A., y Meneses-Marquez, I. 2014. Diversidad morfológica de maíces nativos en el estado de Tabasco, México. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(3): 284-288.

Cuadro 2. Características de mazorca y grano de las variedades tradicionales que se cultivan en 10 localidades Ch'oles de Tacotalpa, Tabasco.

Variedad	Características de mazorca y grano
Amarillo	Mazorca de 18.8 cm de longitud y 4.5 cm de diámetro, de forma cilíndrica, con 12 hileras dispuestas en forma recta y 37 granos por hilera. Grano semi-dentado de color amarillo de 10 mm de ancho por 10.3 mm de largo con endospermo color amarillo.
Bacalito	Mazorca de forma cónica-cilíndrica de aproximadamente 17 cm de longitud por 4.2 cm de diámetro. Tienen entre 10 y 12 hileras dispuestas en forma recta y 36 granos por hilera. Grano de color blanco cremoso tipo semi-dentado, de 9.6 mm de ancho por 11.3 mm de largo. Endospermo color blanco.
Blanco	Mazorca de aproximadamente 18.6 cm de largo por 4.4 cm de diámetro de forma cilíndrica, de entre 12 y 14 número de hileras con 37 granos. Grano semi-dentado de color blanco cremoso, con endospermo blanco y de 9.9 mm de ancho por 10.5 mm de largo.
Colorado	Mazorca de con una longitud promedio de 16.9 cm y 4.6 cm de diámetro, de forma cilíndrica. Tiene un promedio de 12 hileras dispuestas ligeramente en espiral, con 35.9 granos por hilera. El grano es dentado de color naranja, con endospermo amarillo con un tamaño aproximado de 9.5 mm de ancho por 10.1 mm de largo.
Híbrido	Mazorca cónica con un promedio de 12.4 hileras dispuestas en forma recta, mide aproximadamente 16.3 cm de longitud por 4.2 cm de diámetro. Tiene 31 granos por hilera. Grano tipo semi-cristalino de aproximadamente 9.6 mm de ancho por 9.1 cm de largo, es de color blanco con endospermo del mismo color.
Huastecano	Mazorca grande de aproximadamente 21.5 cm de longitud y 4.8 cm de diámetro, de forma cilíndrica con un promedio de 13.4 hileras dispuestas en forma recta. Tiene 37 granos por hilera. Granos semi-dentados de color blanco cremoso y endospermo blanco con un tamaño promedio de 9.3 mm de ancho por 10.7 mm de largo.
Mejen	Posee mazorca de forma cilíndrica de 18.6 cm de largo por 4.4 cm de diámetro, con 12 hileras en forma recta y 40 granos por hilera. Los granos son semi-dentados de color blanco cremoso y endospermo blanco con un tamaño aproximado de 10.8 mm de ancho por 9.8 mm de largo.
Rocamex	Mazorca en forma cilíndrica de aproximadamente 20.1 cm de largo y 4.9 cm de diámetro. Tiene 14 hileras dispuestas en forma recta con 39 granos. Los granos son de aproximadamente 8.9 mm de ancho por 11.2 mm de largo. Los granos son del tipo semi-dentado de color blanco cremoso y endospermo blanco.
Variedad	Maíz con mazorca en forma cilíndrica de 19.2 cm de largo y 4.6 cm de diámetro tiene un promedio de 13.3 hileras con 38 granos por hilera. Granos del tipo semi-dentado de color blanco cremoso con 10.9 mm de largo por 10 mm de ancho. Con endospermo blanco.
Variegado	Mazorca de 19.9 cm de longitud y 4.7 cm de diámetro, tiene forma cilíndrica con 12 hileras y 40 granos por hilera. Granos semi-dentados de color blanco cremoso con algunas pigmentaciones en el pericarpio de un tamaño aproximado de 11.2 mm de largo y 9.7 mm de ancho.
Yaxum	Maíz con mazorca en forma cónica-cilíndrica de 12.7 cm de largo por 4.4 cm de diámetro. Tiene un promedio de 11.3 hileras dispuestas en forma recta con 34.7 granos por hilera. Granos semi-dentados de color azul y endospermo color naranja, de un tamaño aproximado de 8.7 mm de largo por 10.7 mm de ancho.

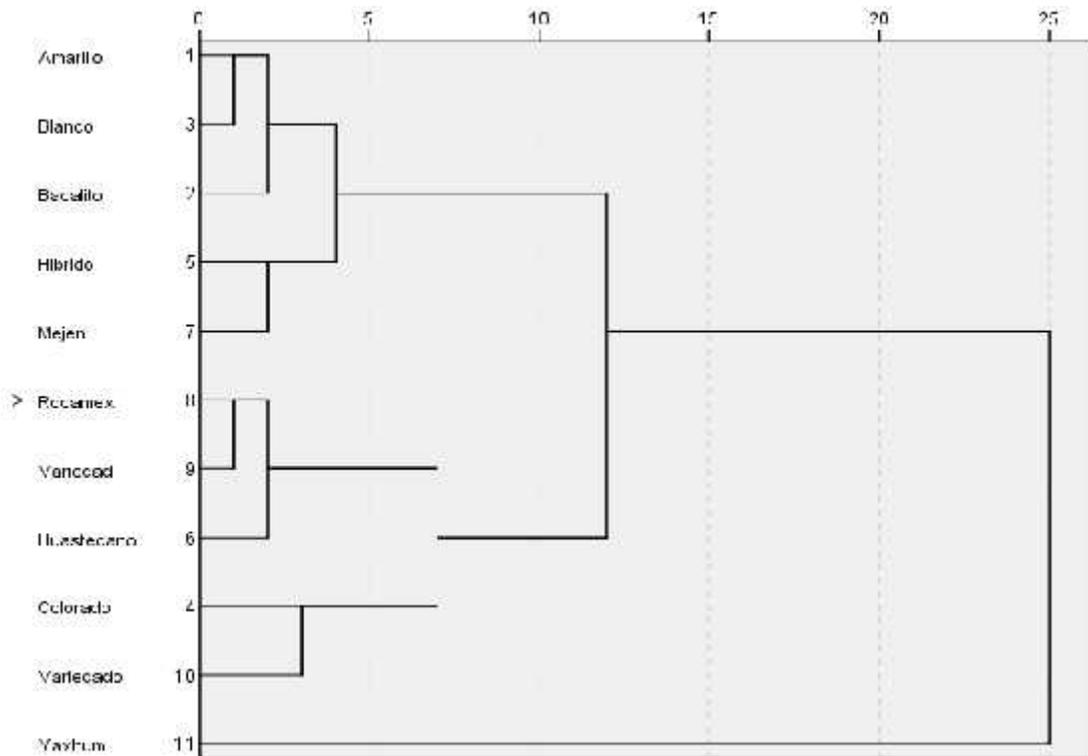


Figura 2. Dendrograma de 11 variedades tradicionales en 10 localidades de Tacotalpa, Tabasco.

EFFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA SOBRE LA EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE HIGUERILLA *Ricinus communis* L. EFFECT OF SOWING'S DEPTH ON HIGUERILLA *Ricinus communis* L. EMERGENCE SEEDLINGS

¹Espinosa Paz N, ²López López M, ¹Martínez Sánchez J, ³Ariza Flores R

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

² Universidad Tecnológica de la Selva, Ocosingo, Chiapas, Méx.

³ Campo Experimental Iguala. INIFAP. Iguala, Gro. Méx.

Autor para correspondencia: espinosa.nestor@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue comparar la capacidad de emergencia de plántulas de ecotipos de higuierilla sembradas a diferentes profundidades. En el mes de febrero de 2017 se estableció un experimento bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP, ubicado en el municipio de Ocozocoautla, Chiapas, con los ecotipos de higuierilla ALL, Colección No. 1 (C-1), Colección No. 36 y Colección No. 38 (C-38) puestos a profundidades de 3, 6 y 9 centímetros (cm). Se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental constituyó de un vaso de unicel con un kilogramo de suelo de textura franco arenosa y el depósito de las semillas. A la profundidad de 3 cm se obtuvo un 85 % de emergencia, a 6 cm fue de 77.5 % y para 9 cm se logró un 50 % de emergencia. Los ecotipos ALL, C1 y C38 resultaron ser estadísticamente iguales en su índice de velocidad de emergencia con valores de 0.19, 0.19 y 0.25, respectivamente. El índice de velocidad de emergencia (IVE) de los genotipos fue mayor a las profundidades de 3 y 6 cm. Por tal motivo, la profundidad de siembra óptima para la semilla de los ecotipos evaluados ocurre de 3 a 6 cm para obtener de 77.5 a 85 % de emergencia en campo y una mayor velocidad de emergencia. Los ecotipos ALL, C1 y C36 fueron estadísticamente iguales ($P < 0.05$) y superiores al C38 en cuanto a su IVE. Estas diferencias son genéticas por el tamaño de la semilla, que fue semejante (menos de 0.9 centímetros de longitud).

Palabras claves: *Ecotipos, Ricinus communis, emergencia, plántulas.*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el cambio climático ha obligado a las sociedades a buscar alternativas que ayuden a disminuir el consumo de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. Existen diversos cultivos con propiedades energéticas, que se pueden utilizar en la producción de biocombustibles. Uno de ellos es la higuierilla. Esta especie es originaria de África y se adapta bien a diferentes condiciones agroecológicas. Su semilla posee un alto contenido de aceite (hasta el 50%) y se puede usar para la producción de biodiesel y bioturbosina. En México, esta especie se encuentra distribuida en varias regiones de manera silvestre, por lo que en algunas de ellas inicia su desarrollo de cultivo. En el estado de Chiapas, se le conoce como una maleza. Sin embargo, la industria de los biocombustibles en desarrollo, favorecerá a tener mayor demanda con fines de uso en los biocombustibles. En las recientes investigaciones desarrolladas por el INIFAP en el estado de Chiapas, se tienen problemas en la emergencia de las plántulas a nivel de campo. Por lo tanto, el objetivo fue comparar la capacidad de emergencia de plántulas de ecotipos de higuierilla sembradas a diferentes profundidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el invernadero del Campo Experimental Centro de Chiapas se estableció el experimento, donde se estudiaron dos factores. El primero, fueron los ecotipos de higuierilla: ALL, Colección 1 (C1), Colección 36 (C36) y Colección 38 (C38) y, el segundo, profundidades de siembra a 3, 6 y 9 cm en un suelo de textura franco arenosa. Mediante un arreglo combinatorio resultaron 12 tratamientos, mismos que se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo formada por un vaso de unicel con un kilogramo de suelo. El suelo se mantuvo a capacidad de campo durante el tiempo que duró el experimento. Se sembraron cinco semillas por unidad experimental. Las variables de estudio fueron: porcentaje de emergencia de plántulas e índice de velocidad de emergencia (IVE) de acuerdo a la fórmula propuesta por Maguire (1962):

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + K + \frac{E_n}{N_n}$$

dónde: E1, E2,..., En = número de plantas emergidas computadas en la primera, segunda y última evaluación, y N1, N2,..., Nn = número de días desde la siembra hasta la primera, segunda y última evaluación.

El análisis estadístico de las variables consistió en un Análisis de Varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias por el método de Tukey 05, para esto se usó el programa SAS v.9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA mostró diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) para los tres niveles de profundidad de siembra y para la variable porcentaje de plántulas emergidas (Figura 1). A la profundidad de 3 cm se obtuvo un 85 % de emergencia, para 6 cm fue de 77.5 % y a 9 cm se logró un 50 % de emergencia. No se observaron diferencias estadísticas significativas entre las profundidades de 3 y 6 cm. Otros resultados similares fueron reportados por Raimondo (2015), al estudiar el efecto de la profundidad de siembra sobre la germinación de aquenios de la semilla de *Bidens pilosa* L. A mayor profundidad de siembra, las semillas de higuierilla tardarán más en emerger. La profundidad es un factor importante bajo condiciones de campo, ya que el número de plántulas emergidas determinan a la cantidad de plantas por hectárea (densidad de población), y por ende el rendimiento de grano por unidad de superficie. Las semillas de los ecotipos evaluados son de tamaño chico (menos de 0.9 cm de longitud), por lo que en suelos de textura arcillosa tienen problemas para la emergencia de sus plántulas, ya que se debe a los factores siguientes: falta de O_2 y CO_2 para la germinación, exceso de humedad en el suelo, capacidad de elongación del hipocotilo para lograr la emergencia, presencia de enfermedades, entre otros. Por lo tanto, sembrar las semillas a una profundidad óptima, significa menor tiempo, para que las plántulas emerjan del suelo e inicien su proceso de fotosíntesis para su establecimiento en campo. De lo contrario, la reserva de nutrientes de los cotiledones se agota y la plántula muere.

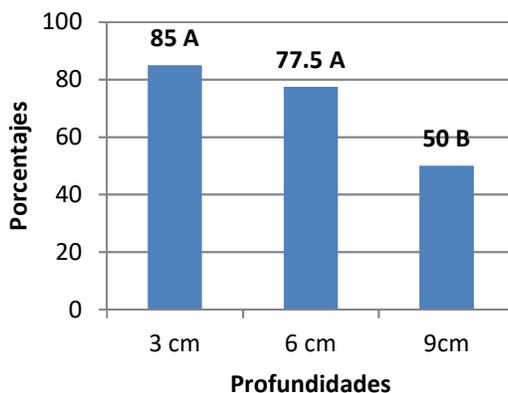


Figura 1. Porcentaje de plántulas de higuierilla emergidas a tres profundidades. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales con Tukey ($P < 0.05$).

Los ecotipos ALL, C1 y C36 resultaron ser estadísticamente iguales (Tukey 05) en su índice de velocidad de emergencia (Figura 2) con valores de 0.19, 0.19 y 0.25, respectivamente. Por su parte el ecotipo C38 mostró menor velocidad de emergencia (Figura 2). Por tal motivo, las semillas de los ecotipos de higuierilla con mayor IVE fueron más rápidas en germinar y su hipocotilo mostró mayor capacidad de elongación, para exponer a las hojas embrionarias al sol e iniciar el proceso de fotosíntesis. Los genotipos bajo estudio son de semilla pequeña (menor de 0.9 cm), por lo tanto, la respuesta diferencial entre éstos, muestra su variabilidad genética en cuanto a la capacidad de elongación del hipocotilo, el cual es un carácter deseable para ser de seleccionados.

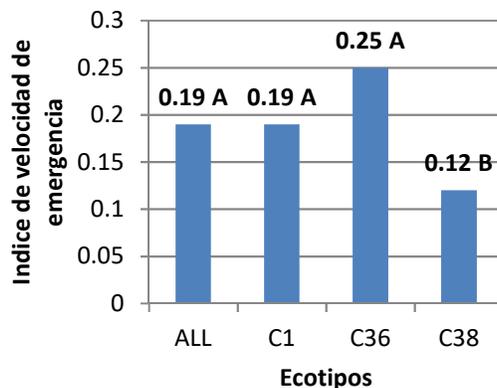


Figura 2. Índice de velocidad de emergencia de ecotipos de higuera. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales

Tukey ($P < 0.05$).

En la profundidad de siembra de 3 cm, los cuatro ecotipos de higuera estudiados en promedio lograron mayor IVE y éste fue estadísticamente diferente al de las profundidades de 6 y 9 cm. Estos resultados similares fueron reportados por Raimondo (2015) al estudiar plantas de *Bidens pilosa* L. Lo anterior indica que, las semillas de estos cuatro genotipos y probablemente de otros están regidos su tamaño de semilla, ya que es pequeño (menor de 0.9 cm), por lo que se deben sembrar a una profundidad no mayor de 6 cm, siendo a la profundidad de 3 cm como la óptima.

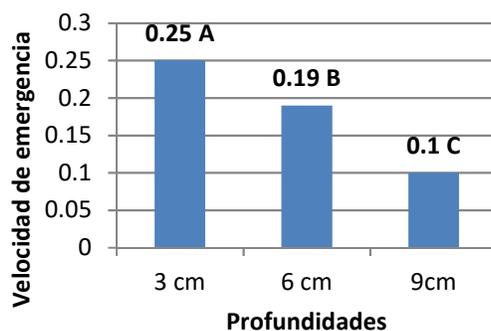


Figura 3. Índice de velocidad de emergencia de ecotipos de higuera a diferentes profundidades. Barras la misma letra son estadísticamente iguales con Tukey ($P < 0.05$).

CONCLUSIONES

La profundidad de siembra óptima para la semilla de los ecotipos ALL, C1, C36 y C38 debe ser de 3 a 6 cm para tener de un 77.5 a 85 % de emergencia en campo y una mayor velocidad de emergencia. Los ecotipos ALL, C-1 y C-36 fueron estadísticamente iguales y diferentes al C-38 en cuanto a su índice de velocidad de emergencia. Estas diferencias son genéticas y se deben al tamaño de la semilla de los cuatro genotipos, que fueron semejantes (menos de 0.9 centímetros de longitud).

LITERATURA CITADA

- Maguire J. D. (1962). Speed of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2(2): 176-177.
- Raimondo J., G. (2015). Efecto de la profundidad de siembra sobre la germinación de aquenios de saetilla (*Bidens pilosa* L.). *Rev. Agron. Noroeste Argent.* 35 (2): 47-51.

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE HIGUERILLA *Ricinus communis* L. EN EL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO.

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF SEEDS OF HIGUERILLA *Ricinus communis* L. IN THE CENTER OF CHIAPAS, MEXICO.

¹Espinosa Paz N, ²Ariza Flores R, ¹Martínez Sánchez J.

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

²Campo Experimental Iguala. INIFAP. Iguala, Gro. Méx.

Autor para correspondencia: espinosa.nestor@inifap.gob.mx

RESUMEN

Por sus características fisicoquímicas el aceite de higuierilla es importante para la producción de biocombustibles (biodiesel y bioturbocina) y la demanda está en aumento. El objetivo del presente trabajo consistió en conocer las tecnologías de producción de semillas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) del ecotipo ALL en el centro de Chiapas. Los ensayos de evaluación se desarrollaron durante 2014, 2015 y 2016 por el INIFAP en el Campo Experimental Centro de Chiapas. La tecnología consiste en los componentes siguientes: preparación del terreno, método y fecha de siembra, fertilización, control de plagas, malezas y enfermedades, eliminación de plantas fuera de tipo, cosecha, beneficio y almacenamiento. Por lo que, se concluye que esta técnica es económicamente factible para la producción de semilla de calidad del ecotipo ALL, durante el ciclo agrícola Primavera Verano en la región Centro de Chiapas.

Palabras claves: *Higuierilla, All, tecnología de producción, semilla, rentabilidad.*

INTRODUCCIÓN

Ante la próxima demanda diarias de 80 toneladas de semilla de higuierilla, para las plantas productoras de biodiesel y bioturbosina, que se encuentran en proceso de construcción por la empresa BIOCHIAPAS, SAPI DE CV., en el municipio de Cintalapa, Chiapas, México, se requiere de semilla apta para la siembra y con calidad genética, fisiológica, física y patológica, misma que será distribuida a productores para la siembra comercial de 250 hectáreas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2018 para iniciar con el cultivo de higuierilla en la región Centro de Chiapas. El INIFAP durante 2014, 2015 y 2016 ha generado la tecnología de producción (paquete tecnológico) para la producción de semilla del ecotipo ALL facilitado por la empresa BIOCHIAPAS, la cual cumple con las características fenotípicas de planta y semilla para la industria de los biocombustibles. El objetivo del presente trabajo fue mostrar las tecnologías de producción de semillas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) del ecotipo ALL en el Centro de Chiapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ecotipo ALL (Abimael López López) obtenido por selección masal en 2015 de una población silvestre colectada por la empresa BIOCHIAPAS en el municipio de Cintalapa, Chiapas en 2014 (López, 2015), la cual fue evaluada y caracterizada por INIFAP en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2016 (Espinosa-Paz *et al.*, 2016), ésta reúne las características fenotípicas para su reproducción masiva, tales como son: planta baja, ciclo precoz, racimo de maduración indehiscente, un contenido de aceite en el grano del 50 % y un rendimiento aceptable (2 t ha⁻¹).

La tecnología de producción se generó a través de diferentes ensayos sobre evaluación de variedades, fechas de siembra, densidades de población, niveles de fertilización, control de maleza, plagas y enfermedades, que fueron establecidos en el centro de Chiapas durante 2014, 2015 y 2016 por el Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP (Espinosa-Paz *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

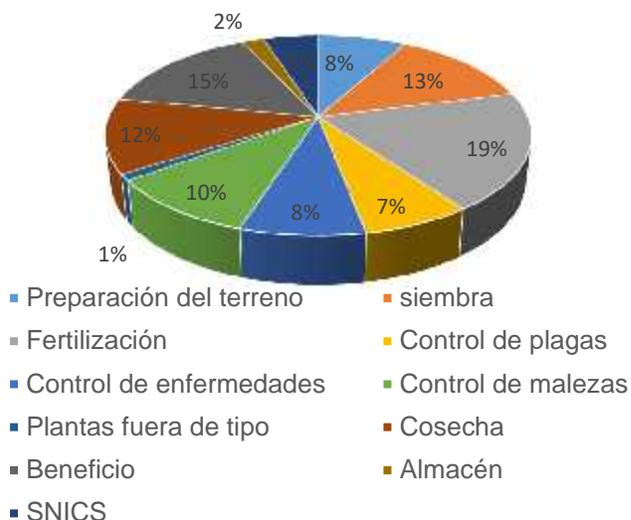
En el Cuadro 1, se presentan los diferentes componentes tecnológicos para producir semilla de higuierilla con calidad genética, fisiológica, física y patológica en el centro de Chiapas, donde se tiene el 70 % de la superficie con potencial agroecológico para el cultivo de higuierilla en Chiapas (Espinosa *et al.*, 2015) y consiste en lo siguiente: la preparación del terreno con un barbecho y un paso de rastra con maquinaria. Siembra, la cual se debe hacer durante la primera quincena de julio, utilizando cinco kilogramos (kg) de semilla con un 85 % de germinación mínimo, para tener una densidad de población de 10 mil plantas por

hectárea, sembrando una planta a cada un metro de distancia e hileras separadas a un metro, ya que el ecotipo All es de porte bajo. La fertilización consiste en la aplicación de 80 kg de nitrógeno, 50 kg de fósforo y 30 kg de potasio por hectárea, aplicado en suelo húmedo después de emergidas las plántulas. En el control de plagas, que son principalmente gusanos y chinches, se hace mediante la aplicación de clorpirifos en dosis de 1.5 L ha⁻¹ disueltos en 200 L de agua. El control de enfermedades del follaje (antracnosis) y del racimo (*Botritis sp*) causadas por hongos, es mediante la aplicación de captán en dosis de 1.0 kg ha⁻¹ disuelto en 200 L de agua. El control de maleza (zacates y hoja ancha) es con la aplicación de glifosato o con paraquat a la dosis de 2 L ha⁻¹ disuelto en 200 L de agua. Antes de la floración se deben eliminar todas las plantas que no sean de las características fenotípicas del ecotipo ALL (fuera de tipo). La cosecha es manual y se debe realizar cuando el racimo haya madurado completamente y no haya riesgo de que ocurran lluvias. El beneficio se hace con máquina especializada, donde la semilla se limpia y clasifica por tamaño, también se le adiciona fungicida y se envasa en bolsas especiales. La semilla se debe almacenar en un lugar frío y con baja humedad relativa para mantener su calidad fisiológica. El SNICS verificará los lotes de producción en campo y certificará la semilla. De acuerdo a la relación beneficio/costo es de 3.5, por lo que la producción de semilla de higuierilla es rentable. El precio de la semilla puede bajar a medida que haya más materia prima en el mercado.

Cuadro 1. Componentes tecnológicos para la producción de semilla de higuierilla *Ricinus communis* L., ecotipo ALL en el Centro de Chiapas.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario \$	Subtotal (\$)
1, Preparación del terreno				1700
1.1. Barbecho	Ha.	1	1000	1000
1.2. Rastra	Ha.	1	700	700
2. Siembra				2800
2.1. Semilla	Kg	4	400	1600
2.2. Siembra	Jornales	10	120	1200
3. Fertilización				4320
3.1. Fertilizante (80-50-30)	Kg	300	8	2400
3.2. Aplicación (1 suelo y 2 foliares)	Jornales	16	120	1920
4. Control de plagas				1170
4.1. Insecticida	L.	3	150	450
4.2. Aplicación (2)	Jornales	6	120	720
5. Control de enfermedades				1680
5.1. Fungicida	L.	3	200	600
5.2. Aplicación (3)	Jornales	9	120	1080
6. Control de malezas				2320
6.1. Herbicida (4)	L.	16	100	1600
6.2. Aplicación (4)	Jornales	16	120	720
7. Plantas fuera de tipo				120
7.1. Desmezcle	Jornales	1	120	120
8. Cosecha				2200
8.1. Cosecha	Jornales	10	120	1200
8.2. Descascarillado	Maquina	1	1000	1000
9. Beneficio				3450
9.1. Maquina	Maquina	1	800/ton	1200
9.2. Envasado	bolsas	75	10	1750
9.3. Transporte	Vehículo	1	500	500
10. Almacenamiento	Jornales	2	120	240
11. Certificación del SNICS	Supervisiones	4	300	1200
Costo de producción				21280
Rendimiento de semilla (kg/ha)				1500
Precio de venta (\$/kg)				500
Valor de la producción (\$)				75000
Relación beneficio/costo				3.5

En la Figura 1, se aprecia que los componentes tecnológicos que implican mayor costo son: la siembra (13 %), fertilización (19 %), control de malezas (10 %), cosecha (12 %) y beneficio (15 %). Sin embargo, todos los componentes descritos en este paquete tecnológico son importantes para para obtener un buen



rendimiento y semilla de calidad.

Figura 1. Componentes de la tecnología de producción de higuierilla en el centro de Chiapas, México.

CONCLUSIONES

Es técnica y económicamente viable producir semilla de calidad del ecotipo ALL, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano en el centro de Chiapas.

LITERATURA CITADA

- Espinosa Paz, N. A. López L., H. Espinosa P., P. Cadena I. y J.C. Vidal L. 2015. Áreas con potencial agroecológico para el cultivo de higuierilla en el Centro de Chiapas. Folleto técnico No. 22. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. 35 p.
- Espinosa-Paz, N., H. Espinosa P., R. Ariza F. 2016. Desarrollo de variedades e híbridos de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para las zonas agroecológicas de los estados de Chiapas, Oaxaca y zona de la montaña de Guerrero. Informe técnico. INIFAP. CIRPAS. Campo experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla Chiapas.
- López L., A. 2015. Mejoramiento genético de higuierilla en Chiapas. Informe técnico. BIOCHIAPAS SAPI DE CV. Cintalapa, Chiapas. 12 p.

VIGOR DE SEMILLAS DE ECOTIPOS SILVESTRES DE HIGUERILLA *Ricinus communis* L. COLECTADOS EN EL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO.

VIGOR OF SEEDS OF ECOTYPES OF HIGUERILLA *Ricinus communis* L.

¹Domínguez Velázquez V, ²Espinosa Paz N, ²Martínez Sánchez J y ³Ariza Flores R

¹ Universidad Tecnológica de la Selva, Ocosingo, Chiapas, Méx.

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

³ Campo Experimental Iguala. INIFAP. Iguala, Gro. Méx.

Autor para correspondencia: espinosa.nestor@inifap.gob.mx

RESUMEN

Higuerilla (*Ricinus communis* L.) es una especie cultivada en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo, el estudio del vigor de semillas tiene la capacidad de que ésta germina en forma rápida y uniforme, produce plántulas normales en condiciones específicas; donde la capacidad depende del estado bioquímico, amplitud de reservas nutritivas y constitución genética de las semillas. El objetivo de la presente investigación fue comparar el vigor de las semillas de cinco ecotipos silvestres de higuerilla colectados en el centro de Chiapas. Los ecotipos fueron colectados durante los meses de enero y febrero de 2017. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con seis repeticiones. Las variables evaluadas fue la altura del hipocotilo (cm), longitud de la raíz (cm), área foliar (cm²) y el peso seco total (g). El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas para todas las variables a excepción de peso seco total. El ecotipo que mostro el mayor vigor de la semilla fue RC-40 colectado en los valles centrales de Oaxaca. Se concluye que existe variabilidad genética entre los ecotipos estudiados y que la una mayor longitud del hipocotilo, longitud de la raíz, área foliar de las hojas embrionarias e índice de velocidad de emergencia (IVE) correspondió a un mayor tamaño de la semilla. Mientras que para el porcentaje de germinación los resultados no están claros que hayan dependido necesariamente de un mayor tamaño de la semilla.

Palabras claves: *Ricinus communis* L., vigor de semillas, ecotipos

INTRODUCCIÓN

no de los estadios clave en el desarrollo de un cultivo es el establecimiento exitoso de las plántulas dictado directamente por un alto o bajo vigor de la semilla. El vigor de la semilla es definido como la propiedad que determina el potencial para una emergencia rápida y uniforme y un desenvolvimiento normal de las plántulas bajo un amplio rango de condiciones de campo (Bobadilla, 2008). Características simples como el porcentaje de germinación y la longitud de la parte aérea, han sido identificadas como aceptables indicadores de vigor. El mismo autor señala, que la pérdida de vigor está relacionada con una reducción en la habilidad de la semilla para llevar a cabo sus funciones fisiológicas que le permiten desarrollar una buena germinación. Este proceso llamado envejecimiento fisiológico o deterioro, comienza antes de la cosecha, continúa durante la misma y prosigue en el procesamiento y el almacenaje.

La higuerilla es considerada como un cultivo de alternativa al maíz en las áreas con problemas de sequías extremas y suelos degradados (Espinosa-Paz *et al.*, 2015). Además, el aceite obtenido de sus semillas, posee características fisicoquímicas que lo hacen de muy buena calidad industrial para la elaboración de pinturas, plásticos, cosméticos, lubricantes, fluidos aeronáuticos, bioturbacinas y biodiesel; no obstante, se desconocen cuál es la verdadera potencialidad de esta especie en nuestro país. Por lo que se requieren estudios a nivel planta y semilla. El objetivo del presente trabajo fue comparar el vigor de las semillas de cinco ecotipos silvestres de higuerilla colectados en el centro de Chiapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en el invernadero del Campo Experimental Centro de Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km 3 de la carretera internacional Ocozocoautla – Cintalapa, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas durante los meses de Enero-Abril de 2017.

Se utilizaron semillas de cinco ecotipos silvestres de higuerilla colectadas durante los meses de enero-abril del 2017, en los municipios de Suchiapa, Ocozocoautla, Cintalapa y Parral. Todos ellos ubicados en centro de Chiapas.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con seis repeticiones por tratamiento (ecotipos), teniéndose un total de 30 unidades experimentales (UE).

El experimento se estableció el día 20 de enero de 2017. En cada unidad experimental (UE) se colocaron cinco semillas a una profundidad de 5 cm. Se monitoreo diariamente el proceso de emergencia y el crecimiento de las plántulas. El ensayo finalizó el 15 de marzo con la medida de las siguientes variables: longitud del hipocotilo (cm), longitud de la raíz (cm), área foliar (cm²), peso seco total de la plántula (g) e índice de velocidad de emergencia (IVE) usando la metodología propuesta por Maguirre (1962). Para cada variable se realizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey 0.5 usando el paquete estadístico SAS v. 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANAVA) mostró diferencias estadísticas altamente significativas para las variables, longitud del hipocotilo, longitud de la raíz, área foliar y velocidad de emergencia. Mostró estadísticas altamente significativas para las variables longitud de epicotilo, longitud de la raíz, área foliar y velocidad de emergencia de las plántulas.

El ecotipo RC-40 mostró una mayor longitud del hipocotilo en comparación con los otros ecotipos (figura 1) y el de menor longitud fue ALL. Estos resultados concuerdan con los reportados por van Molken *et al.*, 2005 y Tenorio –Galindo, 2008 de que las semillas grandes presentan mayor vigor. Esta característica morfológica es importante porque a mayor longitud, las hojas de las plántulas se exponen mejor a los rayos solares y la plántula inicia su proceso de fotosíntesis para elaborar sus propios alimentos (autótrofa). Las semillas de RC-40 son de mayor tamaño (mayor de 0.9 cm) en comparación con el resto de los ecotipos (datos no mostrados) por lo que esto indujo un hipocotilo de mayor longitud.

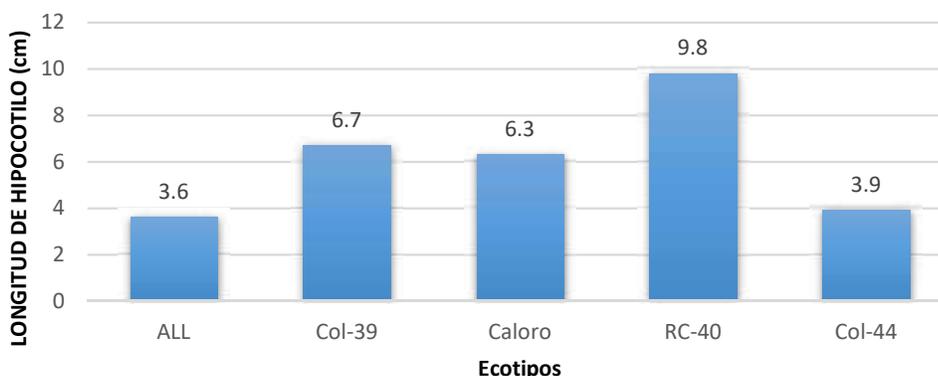


Figura 1. Longitud del hipocotilo de plántulas de ecotipos silvestres de higuera

Respecto a la longitud de la radícula, el ecotipo RC-40 también fue estadísticamente mayor a los ecotipos colectados en el centro de Chiapas (figura 2). Estos resultados concuerdan con los reportados por van Molken *et al.*, 2005 y Tenorio –Galindo, 2008, en el sentido de que las semillas de mayor tamaño presentan menor vigor en sus plántulas. La importancia de un rápido crecimiento de la radícula es la plántula logra absorber agua y nutrientes del suelo para su crecimiento y en campo, estas plántulas tienen mayor capacidad de supervivencia en sus primeros días de desarrollo. Se observa al igual que la longitud del hipocotilo que el tamaño de la semilla determina una mayor longitud de la radícula.

En la figura 3 se presentan los resultados del área foliar de las hojas embrionarias y se observa que RC-40 superó estadísticamente al resto de los ecotipos. El área foliar es uno de los factores determinantes para la fotosíntesis, siempre y cuando los demás factores se mantengan en condiciones óptimas. Al existir mayor área foliar las plántulas tienen mayor posibilidad de realizar mayor tasa fotosintética y crecer más rápidamente.

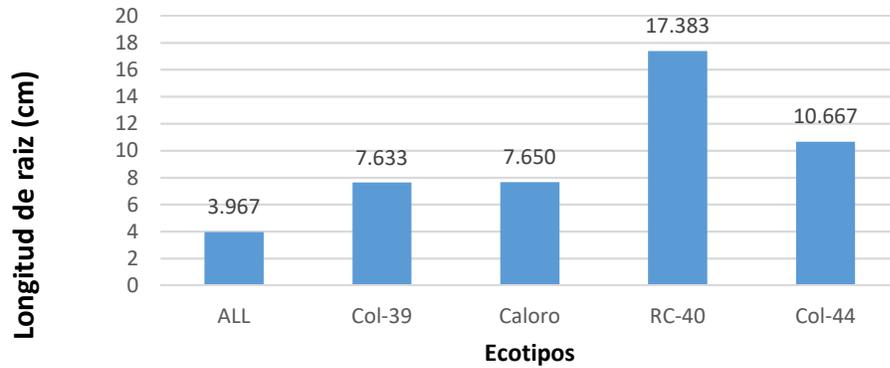
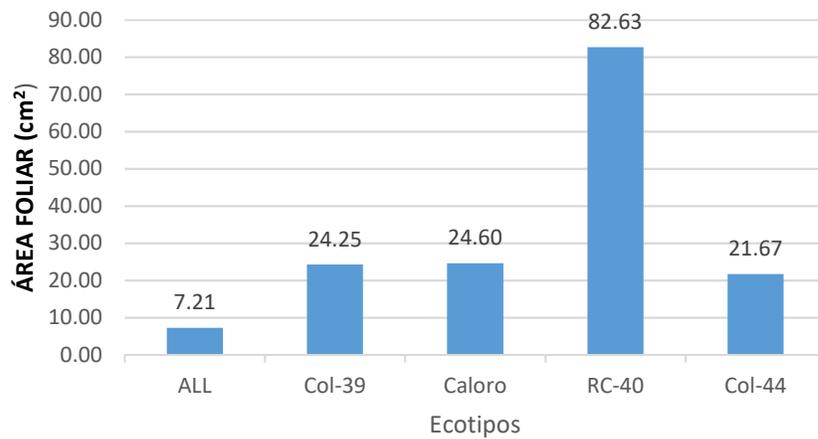


Figura 2. Longitud de la raíz de plántulas de ecotipos silvestres de higuera.
Figura 3. Área foliar de plántulas de ecotipos silvestres de higuera



En cuanto al porcentaje de germinación, los ecotipos ALL, Col- 39 y RC-40 superaron a los ecotipos Caloro y Col- 44 (figura 4), estos resultados difieren de los consignados en la literatura, en el sentido de que, en condiciones naturales y simuladas, las semillas de mayor tamaño germinan más y con mayor vigor que las pequeñas (van Molken *et al.*, 2005; Tenorio –Galindo, 2008).

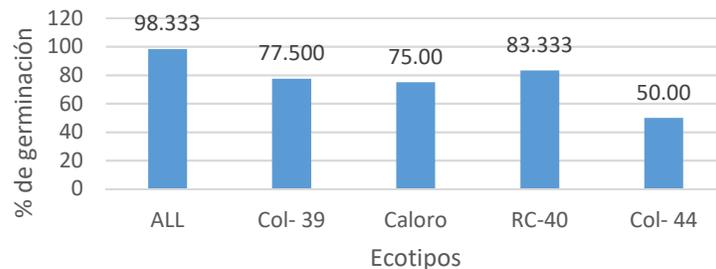


Figura 4. Porcentaje de germinación de ecotipos silvestres de higuera

El mayor índice de velocidad de emergencia (Maguirre (1962) correspondió al ecotipo RC-40, donde nuevamente se observa que el tamaño de la semilla tiene una influencia sobre la velocidad de emergencia. RC-40 presenta una carúncula muy pronunciada y si esta ayuda a la semilla a absorber agua (imbibición) entonces las semillas germinan más rápido y el proceso de emergencia de la plántula también ocurre más temprano. Se requiere más investigación para esclarecer el efecto del tamaño de la semilla y de la carúncula sobre el proceso de germinación en las semillas de higuera, debido a que son ecotipos silvestres, no hay duda que muchas características morfológicas de las semillas están relacionadas con las adversidades de la selección natural a que están expuestas para perpetuar la especie.

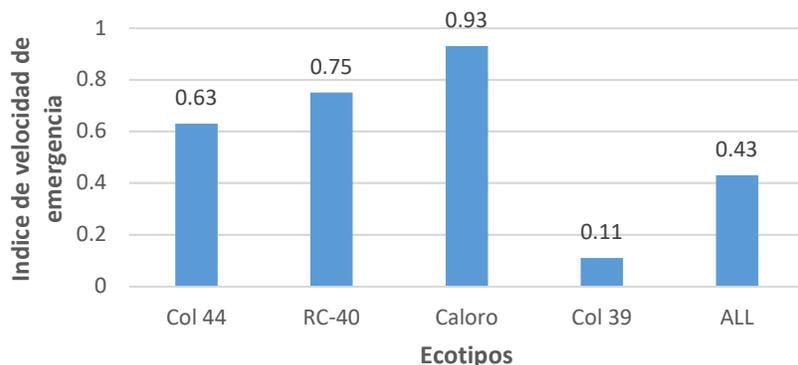


Figura 5. Velocidad de emergencia de plántulas de ecotipos silvestres de higuera

CONCLUSIONES

El ecotipo RC-40 procedente de los Valles Centrales de Oaxaca, fue superior en longitud del hipocotilo, longitud de la raíz, área foliar de las hojas embrionarias e índice de velocidad de emergencia de las plántulas que los ecotipos colectados en el centro de Chiapas. Se requiere más investigación sobre la morfología y su relación el proceso de germinación en las semillas de higuera.

LITERATURA CITADA

- Maguire J. D. (1962). Speed of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2(2): 176-177.
- Tenorio-Galindo, G., D. A. Rodríguez-Trejo y G. López-R. 2008. Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). *Agrociencia* 42: 585-593.
- Van Mólken, T., L. D. Jorritsma-Wienk, P. H. W. van Hoek, and H. de Kroon. 2005. Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* subsp. *pratensis* (Asteraceae). *Am. J. Bot.* 92: 432-437.

INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE MANCHAS FOLIARES EN ARROZ *Oryza sativa* INCIDENCE AND SEVERITY OF THE FOLIAR STAIN IN RICE *Oryza sativa*

de los Santos-Ricardez BL ¹, Ramírez-Guillermo MA², Jiménez-Chong JA², López-López R²

¹ Laboratorio de Fitopatología del Campo Experimental Huimanguillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Tabasco. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400.

² Campo Experimental Huimanguillo. INIFAP.

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

RESUMEN

Entre los principales problemas que afectan la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa*), se encuentran las enfermedades, las cuales son causadas por diferentes patógenos, como la *Curvularia* y *Pyricularia* causantes de las manchas foliares las cuales originan que la planta no logre un desarrollo óptimo de crecimiento y producción. Dentro de un Ensayo Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal (EPR-NAT), se estableció en las instalaciones del Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco durante el ciclo Otoño-Invierno/2016 en condiciones de humedad restringida, en el que se evaluaron 49 líneas experimentales y 9 testigos, aplicando un análisis de correlación entre las variables en estudio. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la incidencia y la severidad de las enfermedades causantes de las manchas foliares presentes en las hojas de genotipos de *O. sativa*, a través de un análisis cuantitativo y la valoración por medio del Sistema de Evaluación Estándar en Arroz (SEEA), realizando una descripción de las enfermedades presentes, a partir de la sintomatología, características macroscópicas y análisis fenológico. Se obtuvo que las enfermedades causantes de las manchas foliares pertenecen al grupo de *Curvularia lunata* y *Pyricularia oryzae*; dentro de las líneas con mejor comportamiento fenológico y de rendimiento fue la parcela 24, expresando su potencial de manera favorable, con días a floración y madures de 90 y 136, con un rendimiento de 6,125.4 kg/ha. De los testigos el 3 (Choca A-05), presentó un rendimiento de 5,959.3 kg/ha. La alta incidencia y severidad afecta de manera negativa y significativa el rendimiento de grano. Al comparar los resultados de incidencia obtenidos a través de la estimación visual por el SEEA y la incidencia cuantificada, se encontró que los valores difieren entre los dos métodos evaluados, donde el SEEA minimiza o sobreestima los valores.

Palabras claves: Temporal, Trópico húmedo, *Curvularia lunata*, *Pyricularia oryzae*.

INTRODUCCIÓN

El arroz *Oryza sativa* L, es uno de los cultivos de mayor importancia social y económica, y el segundo cereal más consumido a nivel mundial. Es la principal fuente de calorías en la dieta humana (FAO, 2004; FAO, 2006). En 2016, la producción mundial de arroz fue de 472.04 millones de toneladas (t). Una proyección en febrero 2017, estima que la producción para este año será de 480.13 millones de t, esto podría significar un incremento del 1.71% en la producción. A nivel mundial, China ocupa el primer lugar con 144,850,000 t métricas; seguido de la India con 106,500,000; Filipinas con 11,500,000; y los países de menor producción son Corea del Sur con 4,197,000 y Nepal con 3,100,000 (PMA, 2017). Por lo tanto, la producción global de arroz debe incrementarse considerablemente para satisfacer la demanda mundial. Para ello, hay que buscar nuevas estrategias de investigación para lograr un aumento sostenible de la producción (FEDEARROZ, 1997), una opción es el mejoramiento genético, en el cual se busca seleccionar genotipos de alto rendimiento e incorporación de características de adaptabilidad (Cordero, 2011). El mejoramiento genético del arroz en México, se ha enfocado en la obtención de variedades con mayor rendimiento y resistencia a enfermedades (Tapia *et al.*, 2013).

En México, el arroz es uno de los alimentos que forma parte de la dieta básica, ocupa el cuarto lugar en importancia y se estima que su consumo per cápita anual es de 9.7 kg (Jiménez *et al.*, 2014). Se cultiva en 12 estados del país, las zonas con mayor producción se localizan en el sureste y centro del país, donde sobresalen los estados de Nayarit con 65,289.78 t, seguido de Campeche con una producción de 41,215.65 t y Michoacán con 33,260.59 t, dentro de los estados con menor producción están Guerrero, Chiapas y el estado México. En el estado de Tabasco se produjo 12,833.70 t, durante el ciclo de otoño-invierno y primavera-verano en la modalidad de riego y temporal (SIAP, 2017). Sin embargo, el rendimiento del cultivo es limitado por las enfermedades (Meneses *et al.*, 1998) entre las que destacan *Curvularia* spp. y *Pyricularia* spp. que son las responsables de las manchas foliares, los daños que aparecen en cualquier parte de la

planta, siendo las panículas las más afectadas (Guerrero, 1999). En consecuencia, se han dirigido investigaciones para la búsqueda de métodos alternos en el manejo de plagas y enfermedades que sean sostenibles para el cultivo (Pantoja *et al.*, 1997). A la fecha, no hay variedades con resistencia directa a plagas y enfermedades, sin embargo, al establecer experimentos se pueden elegir aquellas que poseen características de menor incidencia y severidad de ataques de plagas y enfermedades.

Para las evaluaciones en campo de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz, se consideran dos parámetros importantes, la severidad e incidencia; la severidad es una medida importante que dimensiona el efecto del daño de una enfermedad y se define como el área de tejido vegetal afectada (James, 1974), expresada en porcentaje o una proporción del área total (Casa *et al.*, 2009); por otro lado, la incidencia de una enfermedad es la frecuencia con que esta aparece, igual se puede definir como la proporción (0 a 1) o porcentaje (0 a 100) de las hojas enfermas en una planta (Seem, 1984). Sin embargo, el diseño de escalas diagramáticas, por lo general, tienden a subestimar o sobre estimar los daños, por lo que se debe recurrir a métodos más objetivos al momento de valorarlas en campo (Soto *et al.*, 2010). El objetivo del trabajo fue evaluar la incidencia y severidad de *Curvularia* spp. y *Pyricularia* spp. en genotipos de arroz, a través de un análisis cuantitativo y por el Sistema de Evaluación Estándar en Arroz (SEEA).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló durante el ciclo Otoño-Invierno/2016 en condiciones de temporal o humedad restringida. El Ensayo Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal (EPR-NAT), se estableció en las instalaciones del Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco, entre las coordenadas 17° 51.086' Latitud Norte y 93° 23.801' Longitud Oeste y altitud de 20 m., El suelo se clasifica como Fluvisol éutrico, de textura franco-arcillosa, neutro, moderadamente alto en materia orgánica, con contenidos medios de nitrógeno total, deficientes en fósforo y potasio, moderadamente alto en calcio intercambiable y alto contenido de magnesio. Las condiciones agrometeorológicas del sitio es un clima Am, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, una precipitación promedio anual de 2,032 a 2,500 mm y temperatura promedio de 26.3°C. Se evaluaron un total de 49 líneas y las cuales se contrastaron con 9 testigos (ANEXO 1). La parcela total estuvo constituida de cinco surcos de 5.0 m de largo, separados a 20 cm, con una superficie de 3.0 m², como parcela útil se tomaron tres surcos centrales.

La descripción de las enfermedades se realizó según la sintomatología observada en campo y examinando las características macroscópicas de las manchas a nivel laboratorio.

Las variables registradas fueron incidencia (%), severidad (%), altura de planta, días a floración, días a madurez y rendimiento de grano al 14 % de humedad.

La cuantificación de incidencia en campo, se realizó en un muestreo en "cinco de oro" en cada línea experimental, contando el número relativo de individuos afectados, como porcentaje de la población total, donde se determinó de la siguiente manera:

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{número de plantas enfermas}}{\text{número de plantas sanas}} * 100$$

La severidad se determinó de acuerdo con el número y tamaño de manchas presentes en las hojas, para ello se colectaron hojas de cada línea, se contaron las manchas de acuerdo con la enfermedad presente, posteriormente se midió cada mancha (largo y ancho); el área total afectada se cuantificó sumando las medidas de cada mancha por hojas, indicándose como porcentaje de tejido afectado del área total foliar, a partir de la siguiente ecuación.

$$\% \text{ severidad} = \frac{\text{Área total enferma}}{\text{Área foliar total}} * 100$$

De acuerdo con el Sistema de Evaluación Estándar para Arroz (SEEA; CIAT, 1983) cuando se evalúa la reacción de un material a enfermedades, la escala se aplica con base en la incidencia o severidad, separadamente o en combinación. Para ello, se realizó recorridos de campo por cada una de las líneas experimentales, observando el daño y otorgando un valor numérico según la escala de evaluación (Cuadro 1).

Con los resultados, se realizó un análisis de correlación entre las variables en estudio, para ello se empleó el software SAS 9.3 (SAS, 2011).

Cuadro 1. Escala de valoración para *Pyricularia* de acuerdo con el Sistema de Evaluación Estándar para Arroz.

Grado o calificación	Descripción
0	Ninguna lesión
1	Pequeñas manchas café del tamaño de la cabeza de un alfiler
2	Manchas café más grandes
3	Manchas necróticas grises, pequeñas, casi redondas a ligeramente alargadas, de 1-2 mm de diámetro con un margen café
4	Lesiones típicas de <i>Pyricularia</i> , elípticas, de 1-2 cm de largo, generalmente confinadas al área de las dos venas principales. Área foliar afectada: menos de 2%
5	Menos del 10% del área foliar
6	10 al -25%
7	26 al 50%
8	51 al 75%. Muchas hojas muertas
9	Toda el área foliar muerta

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de las enfermedades

La sintomatología de las manchas foliares encontrada en las hojas de arroz, fueron lesiones de forma romboide y elíptica (ancha en el centro y puntiagudas en sus extremos), cuando las lesiones estaban completamente desarrolladas presentaban una coloración café oscuro a rojizo el borde con coloraciones grisáceas o café en el interior de la lesión, rodeadas de un margen o halo color amarillento, hasta tornarse finalmente manchas necróticas, las medidas de esta mancha fueron de 8 mm de largo a 0.5-1.0 mm de diámetro, estas características hacen referencia a el daño ocasionado por *Pyricularia oryzae* Cavara (forma asexual), *Magnaporthe grisea* (Herbert) Barr (T.T. Herbert) Yaegashi & Udagawa (forma sexual), similar a lo descrito por CIAT, (1982); Meneses *et al.* (2001); Garcés *et al.* (2012); Hernández *et al.* 2013; Tapia *et al.* (2013); Ortega (2014).

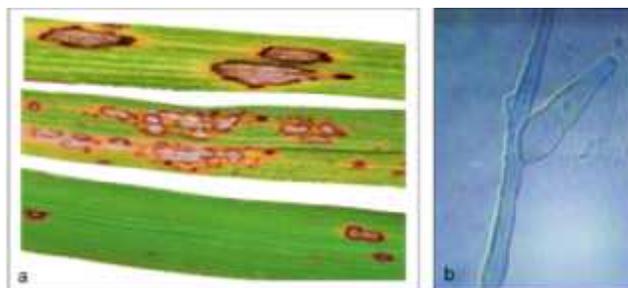


Figura 1. a. Manchas de *Pyricularia oryzae* Cav. presentes en las hojas de arroz. b. Estructura microscópica del hongo.

Otra mancha foliar encontrada y que difiere de la primera, es la ocasionada por *Curvularia* especie *lunata*, las lesiones necróticas encontradas se presentaban de forma redondeada a ovaladas con centro café claro, seguido de un halo café oscuro y halo amarillento en el exterior, las manchas de este tipo presentaron medidas de 1 mm de longitud a 0.5 mm de diámetro, otras lesiones con medidas de 5 mm de largo y 2.0 mm de ancho se presentó cuando las manchas se estaban uniendo, esto hace referencia a lo representado por CIMMYT (2004); Estrada y Sandoval (2004); Garcés *et al.* (2011); Batalla *et al.* (2014); Ramírez-Guillermo *et al.* (2016).

Según Cuervo *et al.* (2009) indican que síntomas iniciales de manchas foliares ocasionadas por enfermedades aparecen en la punta de las hojas, así mismo Martínez y Burpee (2015), revelan que la lesión crece a lo ancho de la hoja y estas causan el marchitamiento de la punta, enfatizando que las primeras lesiones aparecen en la punta de las hojas. Esta condición de marchites en la punta de las hojas se atribuye a que las esporas presentes son arrastradas por acción del agua que circula sobre las hojas, ocasionando que las lesiones aparezcan en esta zona, para posteriormente distribuirse hacia el centro y la base de la hoja. Si relacionamos las manchas foliares encontradas con el tamaño de las hojas, observamos

que las hojas de mayor tamaño presentaban mayor número de lesiones de machas ($p = 0.0085$). De los parámetros fenológicos evaluados, las líneas que presentaron floración prematura, entre 84 y 90 días después de la siembra fue la línea 13, 36, 29, 35, 42, 12,16, 24, 28 y 44, de estas, las de menor días a floración (121 días) fue la 13 y la 36 con una altura entre 90 y 110 cm, respecto de su rendimiento fue de 1,980.1 y 5,514.4 kg/ha, respectivamente. La línea 24 expreso el mejor comportamiento productivo en las condiciones de evaluación, con un rendimiento de 6,125.4 kg/ha, la floración ocurrió a los 90 días después de la siembra y la madures de la panícula fue a los 136 días; las plantas alcanzaron una altura total de 90 cm. Del grupo control, el testigo 3 (Choca A-05), presentó un rendimiento de 5,959.3 kg/ha, con 100 días a floración, madures a 144 días y una altura de 100 cm. De acuerdo a DICTA, (2003) el ciclo vegetativo y reproductivo de las variedades de arroz que se cultivan actualmente, varía de 120 a 140 días, desde la germinación hasta a la cosecha del grano, resultados similares se encontraron en el presente estudio; sin embargo, es importante recalcar que la planta de arroz, es fotosensible, por lo tanto, requiere de periodos de alta radiación solar, en caso contrario su ciclo fenológico se prolonga.

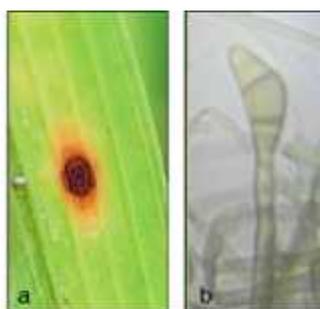


Figura 2. a. Manchas de *Curvularia lunata*, presentes en las hojas de arroz. b. Estructura microscópica del hongo.

Al realizar la evaluación de incidencia en cada una de las líneas evaluadas (49 experimentales y nueve testigos, Cuadros 2a y 2b), los porcentajes que se obtuvieron se ponderaron a valores para comparar los dos métodos de cuantificación; la incidencia cuantificada y la incidencia valorada por el SEEA. Notándose que los dos métodos aplicados varían entre ellos, la evaluación a través de Sistema de Evaluación Estándar en Arroz (SEEA), sobreestima o minimiza el daño presentes en las plantas, esto es debido a que la evaluación que se realiza es visual y en algunos casos no se examina la parte interna de las parcelas, solo se observa el daño superficial en las hojas y según lo observado se otorga una calificación; mientras que en la incidencia cuantificada, se tomaron cinco surcos, donde se cuantifico el total de plantas sanas y enfermas, permitiendo determinar el daño real de cada parcela y su efecto sobre el rendimiento. Similarmente se realizó con la severidad, para conocer si el daño ocasionado en las hojas influye en el rendimiento y así mismo contrastar los dos métodos de evaluación de incidencia y los porcentajes obtenidos de severidad.

Cuadro 2a. Parámetros evaluados en el Ensayo Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal (EPR-NAT).

#	Líneas experimentales	TPS	TPE	INC %	SEEA	AFT	DEF	SEV %	AP	DF	DM	REN
1	NAT08-MM-14Hu-4Hu-1Hu-8Hu-0Hu	58	6	9.4	2	3415.8	7.5	0.2	100	118	150	5040.7
2	NAT08-MM-14Hu-4Hu-1Hu-9Hu-0Hu	40	9	18.4	2	3350.8	428.4	12.8	120	118	150	5317.3
3	NAT08-MM14-Hu-4Hu-8Hu-3Hu-0Hu	31	24	43.6	1	2873.5	0.5	0.02	120	96	128	4665.8
4	NAT08-MM-14Hu-4Hu-10Hu-1Hu-0Hu	27	40	59.7	2	2591.7	2457.6	94.8	120	96	128	4623.8
5	NAT08-MM-14Hu-4Hu-10Hu-6Hu-0Hu	20	20	50.0	2	4346.8	672.0	15.5	120	100	128	4170.0
6	NAT08-MM-14Hu-4Hu-10Hu-10Hu-0Hu	6	47	88.7	5	2643.8	2403.0	90.9	120	104	143	3185.2
7	NAT08-MM-19Hu-6Hu-1Hu-9Hu-0Hu	26	24	48.0	4	3705.3	2916.0	78.7	110	105	143	1209.9
8	NAT08-MM-19Hu-6Hu-10Hu-6Hu-0Hu	8	43	84.3	4	3626.7	2668.0	73.6	110	96	135	2686.0

Seguridad Alimentaria: Aportaciones Científicas y Agrotecnológicas
Martínez, Ramírez, Cámara-Córdova, editores

#	Líneas experimentales	TPS	TPE	INC %	SEEA	AFT	DEF	SEV %	AP	DF	DM	REN
9	NAT08-MM-22Hu-5Hu-3Hu-1Hu-0Hu	7	43	86.0	4	5531.8	546.0	9.9	110	96	135	2903.7
10	NAT08-MM-13Hu-5Hu-3Hu-1Hu-0Hu	10	48	82.8	4	3077.7	1239.0	40.3	90	100	135	2728.7
11	NAT08-MM-13Hu-5Hu-3Hu-8Hu-0Hu	26	36	58.1	4	2456.0	1782.0	72.6	50	101	135	2976.7
12	NAT08-MM-13Hu-5Hu-9Hu-1Hu-0Hu	22	36	62.1	3	3539.5	18.0	0.5	90	90	135	2946.8
13	NAT08-MM-13Hu-5Hu-10Hu-4Hu-0Hu	24	31	56.4	2	2653.2	21.0	0.8	90	84	121	1980.1
14	NAT08-MM-32Hu-60Hu-3Hu-4Hu-0Hu	24	42	63.6	2	3897.7	133.3	3.4	120	96	135	4713.2
15	NAT08-MM-32Hu-60Hu-3Hu-5Hu-0Hu	18	33	64.7	2	4585.0	297.0	6.5	110	97	135	1473.4
16	NAT08-MM-47Hu-46Hu-4Hu-4Hu-0Hu	42	12	22.2	2	1839.0	390.5	21.2	110	90	128	4856.0
17	NAT08-MM-22Hu-49Hu-2Hu-4Hu-0Hu	45	14	23.7	1	2653.5	114.0	4.3	120	104	135	4071.2
18	NAT09-MM-9Hu-1Hu-2Hu-1Hu-0Hu	29	27	48.2	2	3435.0	96.0	2.8	100	109	135	3152.8
19	NAT09-MM-12Hu-1Hu-3Hu-1Hu-0Hu	18	29	61.7	2	3158.2	138.0	4.4	130	103	150	3969.0
20	NAT09-MM-18Hu-2Hu-5Hu-3Hu-0Hu	25	19	43.2	3	2819.3	140.0	5.0	110	104	150	2394.8
21	NAT09-MM-18Hu-2Hu-18Hu-2Hu-0Hu	22	15	40.5	3	3302.3	184.0	5.6	120	104	150	2381.0
22	NAT09-MM-20Hu-4Hu-1Hu-1Hu-0Hu	32	35	52.2	3	2154.7	44.0	2.0	100	104	150	3109.6
23	NAT09-MM-17Hu-6Hu-1Hu-6Hu-0Hu	18	31	63.3	1	2809.7	27.0	1.0	100	102	136	1440.2
24	NAT09-MM-17Hu-6Hu-2Hu-7Hu-0Hu	40	16	28.6	1	1619.0	36.0	2.2	90	90	136	6125.4
25	NAT09-MM-34Hu-4Hu-11Hu-5Hu-0Hu	28	28	50.0	2	3129.7	182.0	5.8	110	103	150	3206.8
26	NAT09-MM-34Hu-4Hu-12Hu-3Hu-0Hu	22	15	40.5	2	2045.8	44.0	2.2	110	101	150	1755.8
27	NAT09-MM-14Hu-7Hu-1Hu-1Hu-0Hu	19	32	62.7	3	3355.8	65.0	1.9	110	96	143	3973.4
28	NAT09-MM-14Hu-7Hu-1Hu-6Hu-0Hu	44	19	30.2	2	3110.8	45.0	1.4	100	90	143	2695.2
29	NAT09-MM-14Hu-7Hu-2Hu-4Hu-0Hu	37	22	37.3	2	2671.7	27.0	1.0	100	88	143	4966.8
30	NAT09-MM-14Hu-7Hu-11Hu-2Hu-0Hu	30	25	45.5	1	2768.7	36.0	1.3	110	100	143	4602.7
31	NAT09-MM-13Hu-6Hu-8Hu-1Hu-0Hu	28	27	49.1	2	1620.8	55.0	3.4	110	97	150	5705.4
32	NAT09-MM-15Hu-4Hu-12Hu-4Hu-0Hu	46	26	36.1	2	2040.8	28.0	1.4	120	104	150	3341.1
33	NAT10-MM-14Hu-11Hu-2Hu-3Hu-0Hu	36	24	40.0	2	4099.3	36.0	0.9	130	96	150	3608.8
34	NAT10-MM-19Hu-11Hu-3Hu-2Hu-0Hu	31	19	38.0	1	2395.2	55.0	2.3	120	101	136	3583.9
35	NAT10-MM-16Hu-6Hu-3Hu-3Hu-0Hu	49	23	31.9	2	2760.3	90.0	3.3	110	88	128	3484.5
36	NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu	31	27	46.6	2	1780.5	60.0	3.4	110	84	121	5514.4
37	NAT10-MM-13Hu-13Hu-6Hu-1Hu-0Hu	12	41	77.4	3	2645.8	154.0	5.8	110	96	128	5390.4
38	NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-2Hu-0Hu	22	29	56.9	4	2648.8	176.0	6.6	100	110	150	4151.2
39	NAT10-MM-13Hu-13Hu-4Hu-1Hu-0Hu	13	24	64.9	5	2590.2	35.0	1.4	110	111	150	2867.1

#	Líneas experimentales	TPS	TPE	INC %	SEEA	AFT	DEF	SEV %	AP	DF	DM	REN
40	NAT10-MM-13Hu-13Hu-4Hu-2Hu-0Hu	13	35	72.9	5	2402.2	128.0	5.3	120	105	143	3827.2
41	NAT10-MM-13Hu-13Hu-8Hu-1Hu-0Hu	25	20	44.4	3	2246.8	72.0	3.2	110	115	150	4066.4
42	NAT10-MM-17Hu-16Hu-1Hu-1Hu-0Hu	30	36	54.5	4	2941.3	98.0	3.3	110	88	133	3134.8
43	NAT10-MM-17Hu-12Hu-4Hu-2Hu-0Hu	26	23	46.9	2	2397.0	126.0	5.3	130	96	143	4939.1
44	NAT10-MM-14Hu-10Hu-3Hu-2Hu-0Hu	20	31	60.8	3	1849.2	18.0	1.0	120	90	143	3372.1
45	NAT10-MM-14Hu-10Hu-4Hu-1Hu-0Hu	28	9	24.3	2	2872.5	102.0	3.6	130	97	143	5029.1
46	NAT10-MM-14Hu-10Hu-4Hu-2Hu-0Hu	28	23	45.1	2	2886.8	24.0	0.8	120	97	143	3827.2
47	NAT10-MM-17Hu-14Hu-2Hu-2Hu-0Hu	24	30	55.6	3	2225.8	75.0	3.4	120	101	144	3805.1
48	NAT10-MM-12Hu-13Hu-3Hu-1Hu-0Hu	28	28	50.0	3	2569.0	39.0	1.5	120	100	144	2400.3
49	NAT10-MM-9Hu-13Hu-1Hu-1Hu-0Hu	26	29	52.7	2	2573.5	54.0	2.1	130	104	149	4806.2

Cuadro 2b. Parámetros evaluados en el Ensayo Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal (EPR-NAT).

#	Líneas testigos	TPS	TPE	INC %	SEEA	AFT	DEF	SEV %	AP	DF	DM	REN
1	NAT10-MM-9Hu-13Hu-4Hu-1Hu-0Hu	36	10	21.7	2	1864.7	91.0	4.9	100	110	149	5158.9
2	Aztecas	33	15	31.3	3	1680.2	216.0	12.9	100	110	144	4502.8
3	Choca A-05	39	16	29.1	2	1696.2	44.0	2.6	100	100	144	5959.3
4	El Silverio	31	17	35.4	2	1672.7	6.0	0.4	100	110	144	2622.1
5	INIFLAR RT	34	14	29.2	2	1439.7	24.0	1.7	100	102	144	4075.9
6	INIFLAR R	41	15	26.8	2	1577.5	12.0	0.8	100	104	144	4315.6
7	LHA A-13	35	8	18.6	1	3984.5	10.0	0.3	100	111	150	4550.1
8	FL08224	39	5	11.4	1	2600.7	3.0	0.1	100	110	150	5262.5
9	FL06747	32	13	28.9	1	2114.5	3.0	0.1	100	108	150	2386.5

NP= Número de Parcela, TPS= Número Total de Plantas Sanas, TPE= Número Total de Plantas Enfermas, INC (%)= Porcentaje de Incidencia, SEEA=Sistema de Evaluación Estándar en Arroz, AFT= Área Foliar Total en mm², DEF= Daño Enfermedad Foliar en mm², SEV (%)= Porcentaje de Severidad, AP= Altura de Planta en cm, DF= Días a Floración, DM= Días a Madures, REN= Rendimiento de grano en kg/ha.

De los datos obtenidos, la línea 1 presentó bajo porcentaje de incidencia y severidad con 9.4% y 0.2% respectivamente, alcanzando un rendimiento de 5040.7 kg/ha, el valor de SEEA fue de 2, sobreestimando el daño presente; caso contrario fue para la línea 4, que presentó valores alto de incidencia y severidad, con 59.7 y 94.8%, el valor de SEEA fue de 2, en este caso se minimizó el daño hasta cuatro unidades menos, lo mismo sucedió con la línea 6, si comparamos la incidencia cuantificada en campo y la valorada por el SEEA, observamos que difieren una de otra con valores de 9 para la primera y 5 para la segunda, minimizando el daño, con un rendimiento bajo (ANEXO 1). Bajo las condiciones del estudio la línea 3 presentó la severidad más baja con 0.02% e incidencia de 43.60%, comparando el dato con los valores del SEEA se tiene una calificación de 1, minimizando el daño. La línea 24 como se expresó anteriormente, obtuvo el mayor rendimiento; sin embargo, la incidencia presentada fue de 28.6% y una severidad de 2.2%; mientras que el valor asignado según el SEEA fue de 1. En caso contrario, la línea 7 alcanzó un rendimiento de 1,209.4 kg/ha, con porcentajes de incidencia y severidad de 48.0% y 78.7%, respectivamente. Del grupo testigo, la línea 4 (El Silverio) presentó alta incidencia y baja severidad de 35.4 % y 0.4% con un rendimiento estimado de 2,622.1 kg/ha, misma tendencia presentó la línea 2 (Azteca), solo que este obtuvo un rendimiento de 4,502.8 kg/ha. El material que presentó baja incidencia y baja severidad fue la línea 8 (FL08224) con rendimiento aceptable de 5,262.2 kg/ha. De grupo testigo la línea 3 (Choca A-05) fue el que presentó el mayor rendimiento de 5,959.3 kg/ha, y la menor productividad lo representó la línea 9 (FL06747). Si se comparan los valores obtenidos en la evaluación visual (SEEA) con los valores de incidencia cuantificada, se nota que el daño se sobreestima y en otras se minimiza. Según Horsefall y Barratt (1945) exponen que es muy difícil que el ojo humano agrupe todas las lesiones observadas en campo para dar un valor real, además explican que el método visual lee la cantidad de tejido enfermo por debajo del 50% y la cantidad de tejido sano por encima del 50%, esto significa que algunas veces

sobreestima el daño y en otras ocasiones se minimiza, sin embargo en la incidencia cuantificada, los datos son reales y con mayor certeza, no obstante el trabajo en campo es más laborioso.

Al realizar la correlación entre la variable incidencia con rendimiento, se constató que la incidencia influye en el rendimiento del cultivo ($p < 0.05$), al aumentar el número de individuos enfermos el rendimiento decrece, así mismo, indica que al encontrarse mayor daño (manchas) foliar, se tiene un efecto significativo en el rendimiento de grano, ya que el daño en la hojas no permiten un adecuado llenado de los granos, debido a que los nutrientes no se asimilan por las lesiones presentes en las hojas, según Casa *et al.* (2004), indican que los daños asociados a las enfermedades foliares son consecuencia del mal funcionamiento y destrucción de los tejidos fotosintéticos debido al aumento del número de lesiones, que pueden determinar la necrosis de toda la hoja. La necrosis y muerte prematura de las hojas limitan la intercepción de la radiación solar y la translocación de fotoasimilados al desarrollo del grano. Al correlacionar el porcentaje de incidencia con el porcentaje de severidad se encontró una relación positiva ($p < 0.0065$) indicando que estas dos variables están altamente asociadas en el daño foliar.

CONCLUSIÓN

Los porcentajes de incidencia y severidad influyen en el rendimiento de grano del cultivo, pero existen líneas que pueden tolerar el efecto de las enfermedades y producir rendimientos aceptables, tal como la línea 24 o en caso contrario presentar un rendimiento menor que la línea 7. Los datos obtenidos de incidencia y severidad cuantificada en campo mostraron resultados reales del comportamiento de cada línea, estos parámetros pueden contribuir en la selección de las mejores líneas, ya sea por tolerancia a enfermedades, rendimiento, o algún otro carácter de interés. Los valores obtenidos a partir del Sistema de Evaluación Estándar en Arroz (SEEA), indican que el daño puede minimizarse o sobreestimarse; ya que el valor otorgado procede de la observación visual en campo respecto de un rango establecido.

Literatura Citada

- Casa, T. R., Reis, M. E. y Blum, C. M. M. 2004. Quantificação de danos causados por doenças de milho. Em: I Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas. Viçosa, MG, Brasil. Pp. 43-59.
- Casa, T. R., Reis, M. E. y Blum, C. M. M. 2009. Critério: Limiar de Dano Econômico (LDE) e quantificação de danos. Em: Reis, E.M. (Org.). Critérios indicadores do momento para aplicação de fungicidas visando ao controle de doenças em soja e trigo. Passo Fundo. Ed. Aldeia Norte. Brasil. 148 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Enfermedades del arroz en América Latina y su control. Cali, Colombia. 40p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Sistema de Evaluación Estándar para Arroz. 2a. ed. Manuel Rosero (traductor y adaptador). Cali. Colombia. 61p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Programa de Maíz del CIMMYT. Cuarta edición. México, D.F. 118 pp.
- Cordero, L. K. 2011. Mejoramiento genético de arroz en Chile: una estrategia país en la seguridad alimentaria nacional. Tierra Adentro, 96:49-51.
- DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria). 2003. Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) (para Extensionistas y Productores). Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). Comayagua, Honduras. Pp.59.
- Estrada, G. y Sandoval, I. 2004. Patogenicidad de especies de *Curvularia* en arroz. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Fitosanidad, 8(4): 23-26.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Seguimiento del mercado del arroz de la FAO. 2016. FAO edi. XIX vol. 4. 10 p.
- FEDEARROZ (Federación Nacional de Arroceros). 1997. 50 años de FEDEARROZ. 46(408):15-52.
- Garcés, F.F.R., Aguirre, C.Á.J., Carbo, M.J.J. y Liubá, D.G.A. 2011. Severidad de *Curvularia* en 67 líneas autofecundadas S4 de maíz amarillo. Ciencia y Tecnología 4(2):39-44.
- Garcés, F.F.R., Díaz, C.T.G. y Aguirre, C.Á.J. 2012. Severidad de la quemazón (*Pyricularia Oryzae* cav.) en germoplasma de arroz F1 en la Zona Central del Litoral Ecuatoriano. Ciencia y Tecnología, 5(2):1-6.
- Guerrero, A. Cultivos herbáceos extensivos. 1999. Sexta edición, Edit. Mundi Prensa, México. 831 p.
- Hernández, A. M., Barrios, G. E. J., Hernández, A. L. y Berriozabal, O. A. 2013. Plagas y enfermedades de arroz cultivado en Morelos. Folleto Técnico Núm. 70. SAGARPA INIFAP- CIRPAS Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. 40 p.
- Horsefall, J. y Barratt, R. 1945. An improved grading system for measuring plant disease. *Phytopathology*, 35(14):655. (Abstract)
- James. W.C. 1974. Assessment of plant disease and losses. *Annual Review Phytopathology*, 12: 27-48.
- Jiménez, Ch. J. A., López, L. R. y Esqueda, E. V. 2014. Guía para producir arroz en el Estado de Tabasco. Folleto Técnico No. INIFAP. Huimanguillo, Tabasco, México. 61 p.
- Martínez, A. y Lee Burpee. 2015. Enfermedades de Céspedes: Guía de Referencia Rápida. University of Georgia and Fort Valley State University. USA. 4 p.
- Meneses, C. R., Gutiérrez, Y. A., García, R.A., Antigua, P. G., Gómez, S. J., Correa, V. F. y Calvert, L. 2001. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. Cuarta edición. Cali, Colombia. 71p.
- Ortega, A.R. 2014. Manual para la Producción de Semilla de Arroz. Folleto Técnico Núm. 2. SAGARPA INIFAP-CIRPAC Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México 54 p.
- Pantoja, A., Fisher, F., Correa, V., Sanint, A., Ramírez, A., Tascón, E. y García, E. 1997. Manejo integrado de plagas: artrópodos, enfermedades y malezas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT # 292. Cali. Colombia. Pp. 147.

- Ramírez-Guillermo, M. A., Jiménez-Chong, J. A., López-Domínguez, I., García-Ramírez, L. M. y De Los Santos-Ricardez, B. L. 2016. Identificación del patógeno asociado con la mancha foliar en *Oryza sativa*. En: Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria. Edi. J. Martínez H., M. Á. Ramírez G. y J. Cámara-Córdova. Primera edición. Villahermosa, Tabasco. UJAT, INIFAP. Pp. 319-323.
- SAS (Statistical Analysis Software). 2011. Base SAS® 9.3 Procedures Guide: Statistical Procedures. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 528 p.
- Seem, R.C. 1984. Disease incidence and severity relationships. Annual Review Phytopathology, 22: 133-150.
- Tapia, V. L. M., Hernández, P. A., Larios, G. A. y Vidales, F. I. 2013. Producción de arroz Palay en la Región del Valle de Apatzingán. Folleto Técnico Núm. 1. Campo Experimental Valle de Apatzingán, Michoacán. México. 64 p.

Referencias informáticas

- Batalla A. Incidencia del manchado de grano en arroz. 2014. Argentina
<http://www.engormix.com/agricultura/articulos/incidencia-manchado-grano-arroz-t30824.htm> (Consultado 15 de marzo 2017).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2004. El arroz es Vida.
<http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2004/36887/index.html> (Consultado 18 de marzo de 2017).
- PMA (Producción Mundial de Arroz). 2017. <https://www.produccionmundialarroz.com/> (Consultado 05 de marzo de 2017).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. www.siap.mx. (Consultado 07 de marzo de 2017).

**RESPUESTA DE LA CALABAZA CHIHUA EN CONDICIONES DE TEMPORAL EN CAMPECHE,
MÉXICO**
RESPONSE OF PUMPKIN CHIHUA IN CONDITIONS OF TEMPORARY IN CAMPECHE, MEXICO

¹Villalobos González A, ²López Hernández MB, ¹Canales Cruz R.

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

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

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

RESUMEN

Los estudios sobre la diversidad de recursos fitogenéticos en el estado de Campeche son escasos. Específicamente en la calabaza nativa “Chihua”, perteneciente a la familia *Cucurbitaceae*, agrupada en el género *Cucurbita spp.* Con el objetivo de estudiar la respuesta de algunas características morfológicas de calabaza Chihua (*Cucurbita spp.*) en condiciones de temporal en Campeche, se estableció un ensayo bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. La parcela experimental consto de cinco surcos de 24 m de longitud, separados a 2.4 m uno de otro y 1.3 m entre planta. La siembra fue manual en junio del 2016 en un tipo de suelo “Kankab” (Luvisol) de color rojo, ubicado en el Sitio Experimental Edzná, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campeche, Camp. Se evaluaron 10 características morfológicas: número de días a floración masculina (NDFM) y femenina (NDFE), peso de fruto (PF), peso de pulpa (PP), peso de 100 semillas (P100S) y número de semillas normales (NUSN) y vanas (NUSV), diámetro de fruto (DIF), largo (LAS) y ancho (ANS) de semilla. Se utilizó una muestra de calabaza nativa denominada “Chihua”. El comportamiento del temporal durante el periodo de la emergencia a la madurez fisiológica del fruto de Chihua se presentó un acumulado 415 mm de precipitación; 129 mm ocurrieron en inicio de floración y 286 mm después de la floración. El cultivo de calabaza Chihua se caracterizó por presentar la FM y FE a los 29 y 30 días después de la siembra. En relación al PF, PP y P100S fue de 1.6 kg, 400 gr y 28 gr. El NUSN y NUSV fue de 242 y 38 semillas de calabaza Chihua. El DIF, LAS y ANS fue de 50 cm, 13 y 14.8 mm.

Palabras clave: *Chihua*, *temporal*.

INTRODUCCIÓN

Los estados de la república mexicana se caracterizan por presentar una amplia diversidad de recursos fitogenéticos (Hernández et al., 2015) incluidos los referentes a las especies nativas (*Cucurbita spp.*). Entre la gran diversificación de especies nativas que existen en México, varias de ellas son utilizadas por el agricultor bajo un sistema tradicional complejo de producción para autoconsumo y producción comercial, y que involucra la asociación de diferentes especies, principalmente maíz (*Zea mays L.*), frijol (*Phaseolus vulgaris*, *P. lunatus* y *Vigna unguiculata*) y calabaza (*Cucurbita moschata* y *C. argyrosperma*) e incluso huertos familiares y monocultivos (Peña et al., 2015).

En México, la alimentación básica de la población rural es proporcionada básicamente del empleo de cultivares nativos que pertenecen a una gran diversidad de familias, géneros y especies cultivadas en la unidades económicas rurales, que contienen una gran cantidad de nutrientes y formas de uso, y que en la actualidad son un cultivo importante en la agricultura tradicional de México, territorio que se conoce como centro de origen y diversidad de cuatro de las cinco especies del género (*C. argyrosperma* Huber, *C. ficifolia* Bouche, *C. moschata* Duchense y *C. pepo* L. (Villanueva, 2007). Especialmente el aporte nutricional de las calabazas es diferente dependiendo de la estructura que se consuma, pero en conjunto proporcionan lípidos, carbohidratos y proteínas, contienen vitaminas A, C, tiamina, riovflavina y niacina, así como calcio, fierro, fosforo, zinc y magnesio, las hojas y brotes (guías) son ricas en potasio y contienen vitamina B6 y folato equivalente, además contienen fibra cruda y no tienen colesterol (INCAP, 2006).

Estudios realizados (Hernández et al., 2015) en zonas de Guerrero, México indican que las parte utilizada y uso de especies del genero *Cucurbita spp.*, es empleada para la elaboración de diferentes formas de consumo. De *C. argyrosperma*, la semilla se utiliza en forma de semillas tostadas, pozole y mole verde. Frutos tiernos: tamales y calabacitas fritas. Frutos maduros: Dulce de calabaza, palanquetas y alimento para ganado. *C. ficifolia*, los frutos maduros: conservas, atole, dulces, cristalizados, alimento para ganado y medicinal. Frutos tiernos: clemoles de chile, calabacitas fritas en salsa. Semillas: semillas tostadas. *C.*

mochata, la semilla se utiliza en forma de semillas tostadas, pozole y mole verde. Frutos tiernos: tamales y caldo de verduras. Frutos maduros: conservas, dulce, atole y alimento para ganado. Las flores se utilizan para preparación de empanas. *C. pepo*, la semilla se utiliza en forma de tostadas. Los frutos tiernos y ápices: caldo de verduras y tamales. Frutos maduros: dulces de calabaza, horneadas y alimento para ganado. Las flores se utilizan para la preparación de empanadas.

A nivel nacional, cada una de las especies del género de *Cucurbita spp.*, son vitales para los agricultores que dependen directamente del empleo de la cucurbitácea para cultivar áreas del territorio mexicano, que son alrededor de 49 mil hectáreas en promedio cada año, donde el 93 % se cultiva en épocas de temporal (junio a septiembre) y el 8 % en Otoño-invierno. Con la producción del cultivo de calabaza se genera una derrama económica de alrededor de 3.5 millones de pesos (SIAP, 2015). Desafortunadamente en algunas regiones de México, las variedades locales de calabaza se han perdido por falta de continuidad de uso, y al ser desplazados por selecciones nuevas y más productivas (Molina y Córdoba, 2006), algunas se mantienen aisladas y otras requieren caracterización, selección y mejora para identificar características sobresalientes (Villanueva, 2007).

Actualmente, en la península de Yucatán, los productores de calabaza han empleado diversas técnicas de producción para satisfacer las necesidades de inversión. Por ejemplo, se ha promovido la sustitución de poblaciones nativas por variedades mejoradas introducidas en el sistema tradicional de producción (roza-pica-siembra). También se han empleado técnicas de manejo agronómico, que mayormente están dirigidos a la promoción del uso de fertilizantes y herbicidas. Sin embargo, estudios realizados por Canul et al., (2005), indica que se desconoce el impacto de la aplicación de estas innovaciones sobre la diversidad genética de las diferentes especies cultivadas, que los agricultores han desarrollado y conservado. Hernández et al., (2015) señala que en las comunidades de la región Norte del estado de Guerrero, se observó que, debido al incremento en el uso de herbicidas en el cultivo de maíz, los productores han abandonado paulatinamente el cultivo de calabaza y frijol, ambos asociados al sistema milpa, sin embargo, esto ha favorecido la siembra de la calabaza como monocultivo utilizando en ocasiones hasta dos ciclos por año.

Entre los pocos estudios de la diversidad en la península de Yucatán en calabaza, destaca el realizado en 36 muestras obtenidas en 2002 en campo de las comunidades de Xocempich, municipio de Dzitás, Tiholop, Santa María y Yaxcabá, localizados en la región centro-oriente de Yucatán. De las 36 muestras, 10 correspondieron a la especie *C. argyrosperma* y 26 a *C. moschata*. El estudio indica que las especies *C. moschata* y *C. argyrosperma* de Yucatán son morfológicamente diferentes y se agrupan separadamente con claridad. Las poblaciones de *C. moschata* mostraron mayor variación por tener semilla pequeña, precocidad de intermedia a tardía, frutos de mediano a grandes con mesocarpio grueso. Las de *C. argyrosperma* son precoces, de mayor tamaño y peso de semilla, y de frutos de pequeño a mediano (Canul et al., 2005).

Lira et al., (1995), indica que en el estado de Campeche existen dos grupos de calabaza: uno de ellos es *Argyrosperma* y de *Cucurbita mochata*, distribuidos en los municipios de Calkiní, Hecelchakán, Carmen, Escárcega y Calakmul; sin embargo señalan, qué este resultado debe tomarse con reservas, pues las colecciones empleadas no abarcan un amplio rango geográfico del estado, de tal manera que es necesario el empleo de trabajos dirigidos a la colección y evaluación de características morfológicas de calabaza en Campeche, y en este sentido coadyuvar a conservar la diversidad genética de la calabaza nativa y su resguardo en bancos de germoplasma. Lo anterior enfatiza el problema y la necesidad de contar con información suficiente de las colecciones de germoplasma, para su caracterización, selección y mejora para identificar características sobresalientes. Además de contribuir a la conservación de los recursos fitogenéticos del estado y coadyuvar indirectamente a la producción de calabaza en las áreas cultivadas con la cucurbitácea en el estado de Campeche.

Actualmente la calabaza Chihua en Campeche es cultivada en los cuatro distritos del estado: Campeche, Champotón, Escárcega y Hecelchakán. El distrito con mayor superficie y producción es Escárcega, con 7700 ha y una producción promedio de 2700 toneladas de semilla de calabaza Chihua, seguido del distrito de Campeche con 3300 ha y 910 toneladas de semilla (SIAP, 2015). La mayor parte de la producción de calabaza es para autoconsumo, donde es apreciada por sus habitantes, que en su mayoría son de entre 45 a 60 años de edad, y que se cultiva en ocasiones asociado con cultivares nativos de maíz (Xmejennal amarillo, Xnucnal blanco, Xnucnal amarillo, Sactux, Tuxpa y San pableño amarillo) y frijol (T'zamáa, Mejen buul y Zot chet buul).

Ante la creciente importancia cultural, social, político, económica y por la necesidad de contribuir a la generación de información suficiente de los cultivares nativos de calabaza en Campeche, la presente

investigación se realizó con el propósito de generar información sobre la respuesta de algunas características morfológicas de calabaza Chihua en condiciones de temporal en estado de Campeche.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Sitio Experimental Edzná del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) del Estado de Campeche, ubicado en el camino Uzahsil Edzná-San Antonio Cayal, Campeche, Camp., carretera federal 188. Entre las coordenadas 19° 36'31.12" de latitud norte y 90°13'15.56" de latitud oeste, a una altitud de 35 msnm. En la región predomina el clima tipo cálido subhúmedo. La precipitación y temperatura medias anuales son de 750 mm y 26° C.

Los estudios de investigación se desarrollaron sobre los suelos rojos-arcillosos-profundos, denominados *Kancab* o *K'aancab* en la clasificación de suelos elaborados por los antiguos Mayas (Medina et al., 2009) y llamados Luvisoles en la clasificación de la FAO-UNESCO 1970. Se utilizó una muestra obtenida en 2016 en campo, recolectada con el productor donante en la localidad de Uzahsil Edzná, Campeche, Camp., que es denominada "Chihua". Antes de la siembra se realizó una prueba de germinación, que consistió de cuatro repeticiones de diez semillas tomadas al azar del material nativo de calabaza, las cuales se colocaron en papel de estraza húmedo durante un lapso de cinco días. Al quinto día se contabilizaron las plántulas normales, plántulas anormales, semillas frescas, semillas duras y semillas muertas de cada repetición para obtener el dato de germinación. Posteriormente se procedió a establecer el ensayo bajo un diseño de bloque al azar con dos repeticiones el 24 de junio del 2016. La parcela experimental consto de cinco surcos de 24 m de longitud, separados a 2.4 m uno de otro y 1.3 m entre planta, al depositar dos semillas por mata en suelo húmedo, a 3.0 cm de profundidad y posteriormente se clareo una planta al observar la formación de las primeras hojas verdaderas.

El terreno se preparó mediante dos pases de rastra. El primero fue con rastra semi-pesada en el mes de mayo 2016. El segundo se efectuó con una rastra más ligera en junio 2016, este pase fue de forma cruzada al primero. Se fertilizo de acuerdo a la dosis recomendada en el paquete tecnológico para la producción de semilla de calabaza Chihua del Campo Experimental Edzná, INIFAP, Campeche, Camp., a los 15 días después de la siembra (dds) [150 kg de fosfato diamónico (18-46-00) en mezcla con 100 kg de cloruro de potasio]. El cálculo aproximado de fertilizante por planta fue de 75 g de fosfato diamónico y cloruro de potasio. El fertilizante se aplicó de forma mateada en suelo húmedo, a una distancia de 10 cm de separación de la base del tallo de la planta de Chihua. Antes de la emergencia se realizó la aplicación de Glyfosato en dosis de 2.0 L/ha.

La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron la madurez fisiológica y se tornaron verde amarillento, y el pedúnculo cambio de color verde a color paja (85 dds). Al momento de la cosecha se registró el peso del fruto (PF) y diámetro del fruto (DIF). Diez días después de la cosecha se extrajo la pulpa y semilla, se registró el peso de pulpa (PP) y la se semilla se deshidrato al exponerla un día al sol para obtener el peso de 100 semillas (P100S), numero de semillas normales (NUSN) y número de semillas vanas (NUSV), largo de semilla (LAS) y ancho de semilla (ANS). Si se deshidrata demasiado, la semilla pierde peso y calidad culinaria (Ayvar et al., 2004). Durante el desarrollo del cultivo se seleccionaron diez plantas al azar de cada repetición, en las que se registró el número de días a floración masculina (NDFM) y femenina (NDFF). Los datos obtenidos del experimento se registraron en una base de datos en Excel para obtener la media de cada una de las características morfológicas medibles en el experimento en condiciones de temporal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitación (PRE). De la siembra a la madurez fisiológica de la calabaza Chihua se presentó un acumulado de 415 mm de lluvia (Figura 1). La distribución de la precipitación fue irregular durante el crecimiento y desarrollo del material nativo de calabaza. Bajo esta condición el cultivo de calabaza presento limitantes para un desarrollo apropiado de planta y fruto (Garza et al., 2010), y las propias características morfológicas de la calabaza Chihua. Los primeros efectos de la ausencia de la precipitación ocurrieron a los seis días después de la emergencia de la planta de calabaza por un lapso de 15 días (Figura 1), al observarse un ligero marchitamiento de las primeras hojas verdaderas. Kramer (1974), señala que cada proceso vegetal esta directa o indirectamente afectado por el abastecimiento en agua; además tales efectos metabólicos de células de plantas en fase vegetativa se encuentran estrechamente relacionada con su contenido hídrico. Diversos autores indican que la disminución del contenido hídrico se acompaña de perdida de turgencia (Villalobos et al., 2016) y agostamiento, cese de ensanchamiento de la célula, cierre de estomas, reducción de la fotosíntesis e interferencia con muchos procesos metabólicos básicos.

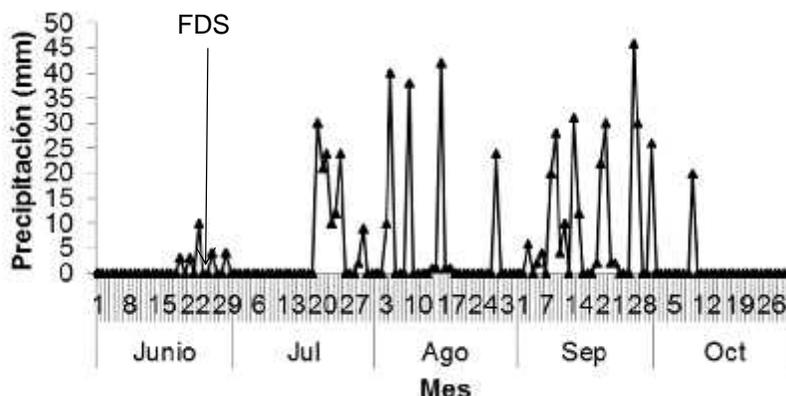


Figura 1. Precipitación en el ensayo de calabaza Chihua en condiciones de temporal 2016, Uzahsil Edzná, Campeche, Camp., México. FDS=Fecha de siembra.

Floración. La floración masculina se presentó a los 29 y la femenina, a los 31 días después de la siembra. La disponibilidad hídrica durante el periodo de iniciación de la floración masculina y formación de frutos se presentó un acumulado de 191 mm de lluvia. Según estudios sobre el uso del agua en las plantas, una cantidad insuficiente tiene por resultado una reducción inmediata de crecimiento vegetativo.

La distribución de los 332 mm acumulados durante el periodo de inicio de formación de fruto a madurez fisiológica fue irregular, sobre todo a los 56 y 66 dds cuando el crecimiento del fruto coincidió con la ausencia de la precipitación por un lapso de nueve y seis días (Figura 1). Sin embargo el cultivo de calabaza no presentó síntomas de marchites del área foliar. De acuerdo con Ruiz y colaboradores (1999), el requerimiento agua durante el ciclo de desarrollo de cultivares de calabaza, específicamente en la especie *Cucurbita pepo* L. y *Cucurbita máxima* Duch van de 300 a, 450 y 1200 mm, no obstante señalan que la definición de una caracterización de los requerimientos ambientales no es tarea fácil, ya que implica cierto nivel de especificidad, dado que los cultivos pueden ser caracterizados en función de la especie, el genotipo o determinada etapa fenológica.

En promedio se presentó un diámetro de fruto de 50.7 cm. Shirdareh y Namayandeh, (2015) en un estudio en calabaza en condiciones de campo bajo tres niveles de riego: 1) bajo (riego cada tercer día), 2) intermedio (riego cada dos días) y 3) alto (riego diario), observaron que el nivel de uno ocasiono un menor diámetro y peso del fruto en comparación con el nivel 2 y 3.

Peso de fruto (PF), peso de pulpa (PP) y peso de 100 semillas (P100S). La calabaza Chihua presentó un peso promedio del fruto de 1.6 kg bajo condiciones de temporal. Algunos autores señalan que dentro del género *Cucurbita* es común el cultivo de híbridos, los cuales pueden tener algunas ventajas sobre los criollos o sobre variedades de polinización libre (Garza et al., 2010). Estudios realizados por Ku et al., (2005) en criollos de *C. moschata* cultivados bajo el sistema Milpa en Yucatán, señala que los materiales nativos produjeron frutos chicos con un rango de peso entre 0.59 y 1.1 kg, sin embargo, fueron de mayor tamaño que *C. argyrosperma*. Sánchez et al., (2000) estudiaron 97 familias de *C. argyrosperma* bajo el sistema Milpa en el centro del país y encontraron que el peso de fruto fue bajo, de 41 a 1,018 gramos y el peso de la semilla de 4.6 a 82.5 gramos por fruto. Otros estudios realizados en materiales nativos de *C. moschata* (Pandey et al., 2003) y *C. argyrosperma* (Merrick, 1991), presentaron en ese orden un peso de fruto entre 1.25 a 9 kg y 2.5 kg. Oloyede, (2016) señala que el contenido de nutrientes y el rendimiento de materiales de calabaza nativa es influenciada negativamente por los efectos del estrés hídrico; además en el estudio observaron que uno de los tres cultivares evaluados de color verde presentó mayor capacidad para soportar el exceso de humedad en comparación con los frutos de coloración blanca y naranja.

La pulpa de la calabaza Chihua peso 400 g en promedio. El peso promedio de 100 semillas (P100S) fue de 28 g (Cuadro 2). Estudios realizados en dos poblaciones de calabaza pipiana: variedad "Morelos" (*C. argyrosperma* Huber var. *stenosperma* y variedad "Chapingo" (*C. argyrosperma* Humer var. *argyrosperma*) en 2001 en condiciones de campo, señalan que las correlaciones genéticas más altas se tuvieron entre peso de fruto y de semilla, aunque numéricamente la variedad "Chapingo" presentó valores distintos a los de la variedad "Morelos", al igual que sucedió con las correlaciones fenotípicas. Así, peso de semilla se asoció genéticamente en mayor medida con longitud de semilla, ancho de fruto, peso de fruto y grosor de

pulpa. Además, longitud de semilla se correlacionó positivamente en las dos variedades con grosor de pulpa. También en el estudio se observó que el peso de semilla está altamente influenciado por su longitud, la cual es una característica propia de la especie; además, los frutos anchos, con pulpa gruesa y con un peso alto, aportan una mayor producción de semilla en dichos frutos (Sánchez et al., 2006).

La calabaza criolla en el estado de Campeche es empleada para la elaboración de diferentes formas de consumo. De calabaza Chihua (*Cucurbita spp.*), la semilla se utiliza en forma de semillas tostadas. Frutos tiernos: tamales y calabacitas fritas. Frutos maduros: alimento para ganado. La pulpa y la cascara es utilizada directamente para alimentar a cerdos y en ocasiones para brindárselos en forma de alimento balanceado; además la pulpa de calabaza criolla se utiliza también para alimentar a las abejas en forma de pasta de calabaza. Diversos autores indican que la importancia de las cucurbitáceas no es solamente en el ámbito alimenticio sino también en el ámbito medicinal, puesto que lectinas aisladas de *Momordica charantia*, una cucurbitácea silvestre, inhibieron a la transcriptasa reversa HIV-1 (Wang y NG, 2001). Debido a la gran importancia que tienen varias especies de cucurbitáceas en diversos sectores de la población mundial, se les ha considerado de alta prioridad en la conservación de sus recursos genéticos (Restrepo et al., 2008).

Investigaciones realizadas por Ghanbari et al., (2007) en el espaciamiento de plantas de calabaza: 100 x 20, 100 x 40, 20 x 200 y 200 x 40 cm bajo tres intervalos de riego (7, 14 y 21 días), observo que los intervalos de riego ocasionan un efecto significativo en el número de semillas por fruto y la cantidad más alta se observó en los intervalos de riego de 7 días. También se observó que al incrementar el intervalo de riego hasta 21 días, se redujo el número de semillas por fruto y semilla, por lo tanto rendimiento por unidad de área.

En promedio el largo y ancho de semilla fue de 13 y 14.8 mm. La reducción del largo y ancho de semillas está íntimamente relacionada con el descenso del contenido hídrico del suelo durante el desarrollo y crecimiento de cultivos en campo (Villalobos et al., 2016).

El Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), y Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) 2010-2015, señala que el rendimiento de semilla de calabaza Chihua en condiciones de temporal en Campeche fue de 0.615 kg/ha⁻¹, con un acumulado de 512 mm de precipitación durante el periodo que se cultiva la calabaza Chihua en el estado (mayo a julio). Los datos también indica que en el año 2014 y 2015, el rendimiento de semilla de Chihua y precipitación fue menor (0.470 kg/ha⁻¹ y 407 mm) en comparación con el año 2010, 2012 y 2013 donde se presentaron mayores cantidades de lluvia (612 mm) y mejor rendimiento (0.703 kg/ha⁻¹). Con estos datos es evidente que la cantidad y distribución de la precipitación que se genera durante el desarrollo y crecimiento de la calabaza Chihua en condiciones de temporal en Campeche, es vital para obtener un mejor rendimiento de semilla por hectárea; dado que una precipitación menor reduce 0.233 kg/ha⁻¹ de semilla de calabaza Chihua (SIAP y CONAGUA 2010-2015).

Otros estudios señalan que el grosor del margen de la semilla está relacionado con la forma de su utilización. Las semillas de *C. argyrosperma* de margen grueso solamente se consumen en forma tostada, como botana; en cambio, las de *C. moschata* de margen delgado se consumen tanto en forma tostada como molida para su uso en diferentes guisos, ya que se facilita su molienda, y la pepita molida tiene un contenido de fibra menor (Canul et al., 2005).

CONCLUSIONES

En Campeche el material nativo de calabaza Chihua bajo condiciones de temporal se caracterizó por presentar la FM y FF a los 29 y 30 días después de la siembra. En relación al PF, PP y P100S fue de 1.6 kg, 400 y 28 gr respectivamente. El NUSN y NUSV fue de 242 y 38 semillas de calabaza Chihua. El DIF, LAS y ANS fue de 50 cm, 13 y 14.8 mm.

LITERATURA CITADA

- Ayvar, S.S., Mena, B. A., Cortes, M.D., Duran, J.A., De Luna Moreno, J.G. 2004. Rendimiento de la calabaza pipiana en respuesta a la poda y la densidad de población. *Fitotecnia Mexicana*, Vol. 27, Núm. especial 1. p 69-72.
- Canul, K.J., Ramírez, V.P., Castillo, G.F., Chávez, S.J.L. 2005. Diversidad morfológica de calabaza cultivada en el centro-oriente de Yucatán, México. *Fitotecnia Mexicana*, Vol. 28, Núm. 4. p 339-349.
- FAO-UNESCO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 1970. Clave de unidades de suelos del mundo. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección de Agrología. México, D.F.
- Garza, O.S., Núñez, G.H.C., Serrano, E.A., Huez, L.M.A., López, E.J. 2010. Comportamiento diferenciado de líneas, híbridos y criollos de calabaza arota (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en primavera y otoño. *Biotecnia*, Vol. 12, Núm. 3. p 3-13.
- Ghanbari, A., Nadjafi, F., and Shabahang, J. 2007. Effects of irrigation regimes and row arrangement on yield, yield components and seed quality of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*. Vol. 6. p 1072-1079.

- Hernández, G.C. del Á., Flores, Z.M., Castro, L.D., Vera, S.K.S., Toledo, A.R. 2015. Diversidad y distribución de calabazas (*Cucurbita* spp.) en guerrero, México. *AGRO Productividad*, Vol. 8, Núm. 1. ISSN-0188-7394. p 40-46.
- Kramer, J.P. 1974. El agua y el papel que desempeña en las plantas". Kramer, J.P (ed). *Relaciones Hídricas de Suelos y Plantas*. Pág. 538.
- Lira, S.R., Andres, T.C., Nee, M. 1995. *Cucurbita* L. In: *Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Económica*. R Lira- Saade (ed). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Medina, M.J., Volke, H.V.H., Galvis, S.A., González, R.J.M., Santiago, C.M.J., Cortes, F.J.I. 2009. Propiedades químicas de un luvisol después de la conversión del bosque a la agricultura en Campeche, México. *Agronomía mesoamericana*, Vol. 20, Núm. 2. p 217-235.
- Molina, M.J.C. y Córdova, T.L. 2006. Recursos fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura: Informe nacional 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. Pág. 172.
- Merrick, L.C. 1991. Systematics, evolution, and ethnobotany of a domesticated squash *Cucurbita argyrosperma*. PhD Dissertation Cornell University. Pág. 646.
- Pandey, S., Singh, J., Upadhyay, A.K., Ram, D., and Rai, M. 2003. Ascorbate and carotenoid content in an Indian collection of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. Ex Poir.). *Cucurbit Genetics Cooperative*. Vol. 26. Pág. 51-53.
- Peña, B.F., Castro, L.D., Mera, O.L.M., Juárez, C.T. 2015. Etnobotánica de las calabazas cultivadas (*Cucurbita* spp.) en valles centrales de Oaxaca, México". *AGRO Productividad*, Vol. 8, Núm. 1. Pág. 47-53.
- Restrepo, J.A., Franco, A., y Vallejo, C. 2008. Caracterización molecular de introducciones colombianas de zapallo *Cucurbita moschata*". *Acta Agronómica*. Vol. 57, Núm. 1. Pág. 9-17.
- Ruiz, C.J.A., Medina, G.G., Ortíz, T.C., Martínez, P.R., González, A.I.J., Flores, L.H.E., Byerly, M.K.F. 1999. *Requerimientos Agroecológicos de Cultivos*". 324 p.
- Sánchez, H.M.A., Villanueva, V.C., Sahagún, C.J. y Merrick, L.C. 2000. Variación genética y respuesta a la selección combinada de una variedad criolla de calabaza pipiana *Cucurbita argyrosperma* Huber var. *Stenosperma*. *Revista Chapingo. Horticultura*. Vol. 8, Núm. 2. Pág. 221-240.
- Sánchez, H.M.A., Mejía, C.J.A., Villanueva, V.C., Sahagún, C.J., Muñoz, O.A., Molina, G.J.D. 2006. Estimación de parámetros genéticos en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber)". *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 29, Núm. 2. Pág. 127-136.
- Shirdareh, E. y Namayandeh, A. 2015. Effect different nutrient compound on pumpkin msmayy (*Cucurbita pepo* L.) under different irrigation levels. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, Vol. 6, Núm. 6. Pág. 487-492.
- Villanueva, V.C. 2007. *Calabazas cultivadas. Identificación de especies, caracterización y descripción varietal*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 123 p.
- Villalobos, G.A., López, C.C., Miranda, C.S., Aguilar, R.V.H., López, H.M.B. 2016. Relaciones hídricas en maíces de Valles Altos de la Mesa Central de México en condiciones de sequía y fertilización nitrogenada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 7, Núm. 7. Pág. 1651-1665.
- Wang, H.X. and Ng, T.B. 2001. Examination of lectins, polysaccharopeptide, polysaccharide, alkaloid, coumarin and trypsin inhibitors for inhibitory activity against human immunodeficiency virus reverse transcriptase and glycohydrolases. *Planta Medica*. Vol. 67, Núm. 7. Pág. 669-672.

Referencias informáticas

- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Sistema de Información Agropecuarias de Consulta (SIACON). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Versión 1.1, México, D.F. <http://www.siap.gob.mx/> (consultado el 18 de junio de 2015).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional (SMN), 2015. <http://smn.cna.gob.mx/> (Consultado en marzo 2017).
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). 2006. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Guatemala, Centro América. <http://www.tabladealimentos> (Consultado 08 marzo 2017).
- Oloyede, F.M. 2016. African Orphan Crops and Climate Change: Effects of sowing date and cultivar on the agronomic performance of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) fruit. *Agroecology and Sustainability of Tropical Rainfed Cropping Systems*. https://www.researchgate.net/publication/311101226_african_orphan_crops_and_climate_change_effects_of_sowing_date_and_cultivar_on_the_agronomic_performance_of_pumpkin_cucurbita_pepo_l_fruit (Consultado 10 mayo 2017).

COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE SOYA DEL INIFAP EN EL ESTADO DE CAMPECHE BEHAVIOR OF SOYBEAN VARIETIES OF INIFAP IN THE STATE OF CAMPECHE

Hernández PM, Soto RJM, Medina MJ, Rosado CAT, Canales CR.

Campo Experimental Edzná (CE-Edzná) del INIFAP. Km. 15.5 Carretera Campeche-Pocuyaxum;
Campeche, Camp. C.P. 24520.

Autor para correspondencia: hernandez.mirna@inifap.gob.mx

RESUMEN

En el periodo del 2014-2016, la superficie sembrada de soya en el estado de Campeche, ha fluctuado de 30 a 38 mil hectáreas, lo cual indica la importancia de esta oleaginosa en la entidad, las restricciones a la siembra de los materiales transgénicos, representa una ventaja para los materiales genéticos generados por el INIFAP, por lo cual el objetivo del presente trabajo es dar a conocer el comportamiento fenológico y productivo de las seis variedades comerciales de soya liberadas por el INIFAP. Los materiales evaluados fueron las Huasteca 100, 200, 300, 400, 600 y Tamesí, establecidos en lotes experimentales en el ciclo primavera/verano de los años 2013, 2014, 2015 y 2016. Se aplicó la tecnología para la producción de soya generada por el Campo Experimental Edzná. Las localidades correspondieron a Cayal, Nohyaxché, Hool y Nohyaxché para cada uno de los años citados, siendo sus fechas de siembra, 14 de agosto, 31 de julio, 29 de julio y 05 de agosto para cada localidad y año, el cultivo se estableció bajo condiciones de temporal. Las variables de respuesta evaluadas fueron: Altura de planta, número de vainas, número de ramas, altura a primera vaina, número de semillas por planta, acame de plantas, peso de grano, humedad y rendimiento de grano. La fenología de los materiales reportó que Huasteca 200 tiene una media de 47 días a floración (45 a 50) "R₂" y Huasteca 300 tiene una media de 38.5 días a floración (37 a 40), máximo y mínimo, respectivamente. Con respecto a madurez fisiológica "R₈", el ciclo más largo corresponde a Huasteca 600 con una media de 114.5 días (109 a 126) y el más corto a Huasteca 100 con una media de 108.25 días (107 a 110). De acuerdo al rendimiento, la Huasteca 100 reporta el rendimiento medio más alto con 2.851 t ha⁻¹ (2.451 a 3.355) y Huasteca 300 el más bajo con 1.871 t ha⁻¹ (1.081 a 2.270). Las Huastecas 100, 200 y 400 reportaron rendimientos en todos los años por arriba de las 2.254 t ha⁻¹ (2.451 a 3.355). Se concluye en base a fenología y rendimiento que para la producción de soya en el Estado de Campeche, los mejores materiales son las Huastecas 100, 200 y 400.

Palabras claves: *Variedades, soya, rendimiento.*

INTRODUCCIÓN

La soya es la oleaginosa más cultivada a nivel mundial, debido a la alta cantidad de aceites (20%) y proteínas (40%) contenidos en el grano, razón por la cual sigue aumentando en superficie y producción. El aceite es utilizado para consumo humano y usos industriales, con el cual se fabrica una amplia gama de productos alimenticios y nutricionales. La harina es utilizada para la elaboración de alimento para consumo humano y para la formulación de alimentos balanceados utilizados en la ganadería productora de carne, leche y huevo (Maldonado et al 1991, Maldonado et al 2007 y Maldonado et al 2010).

Los principales países productores son Estados Unidos, Brasil, Argentina y China. Mientras que en México la producción de soya es deficitaria, ubicándose en el cuarto lugar de importar más del 90% del grano, que se utiliza para satisfacer la demanda de la industria que abastece de aceite y proteína vegetal al mercado nacional. La producción nacional se concentra en los estados de Tamaulipas (29%), Sonora (22%), Campeche (19%) y San Luis Potosí (13%), (SIAP, 2017).

Campeche cultiva este grano desde la década de los 70's. Durante los últimos tres años se han llegado a sembrar hasta 38,000 has, con rendimientos comerciales anuales de 1.5 a 2.6 t ha⁻¹ (SIAP, 2017), sin embargo, con los nuevos componentes tecnológicos (variedades de alta productividad, control integrado de plagas con énfasis en control biológico, nuevas técnicas de manejo agronómico) desarrollados para este grano, se puede obtener rendimiento potencial cercano o ligeramente superior a 3.0 t ha⁻¹ (Fuente y Cárdenas, 1983; Rivera y Fuente, 1983; Soto et al., 1990).

El INIFAP, a través del programa de mejoramiento genético de soya, ha generado las variedades Huastecas (100, 200, 300, 400 y 600) y Tamesí para las condiciones de esta zona ecológica (Maldonado y Ascencio, 2007,); estas variedades tienen su mejor adaptación en la región de las Huastecas (Tamaulipas, Veracruz y San Luis Potosí); sin embargo, las variedades Huasteca 200 y Huasteca 400 han mostrado amplia adaptación en varias regiones de los estados del sur-sureste del país debido a su baja

sensibilidad al fotoperiodo, por lo que son las variedades que actualmente ocupan la mayor superficie de siembra comercial en las zonas productoras de soya del trópico mexicano (Valentín et al 2006).

Debido a las altas importaciones de soya en el país, existe un gran interés del sector en aumentar la superficie de este cultivo e incrementar el rendimiento por unidad de superficie. Para lograr lo anterior, es necesario realizar un programa de reconversión agrícola basado en un estudio de zonificación cuantitativa, que además considere factores socioeconómicos de los productores potenciales. En la zona sur-sureste de México, existen diversos factores que han limitado la expansión del cultivo de soya, entre los que destacan, la baja disponibilidad de variedades de alta productividad, la sensibilidad al fotoperiodo corto, la susceptibilidad de variedades a plagas y enfermedades y la escasa disponibilidad de semilla de alta calidad de las variedades comerciales, la cual es un elemento muy importante para producir eficientemente este cultivo, y debe considerarse como una inversión para mejorar el rendimiento (Assis H. A; et al. 2005). Es importante validar de manera específica el manejo agronómico de la soya, para lograr su optimización mediante el ajuste del paquete tecnológico diferenciado. El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento fenológico y productivo de las seis variedades comerciales de soya liberadas por el INIFAP, a las condiciones del Estado de Campeche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización.

El trabajo, se estableció en el periodo de 2013 a 2016, durante la estación de lluvias de junio a **noviembre, de acuerdo a los datos del cuadro 1.**

Información del cultivo.

Se evaluaron las seis variedades de soya Huastecas (100, 200, 300, 400, 600) y Tamesí, liberadas por el INIFAP. El experimento, fue establecido bajo un diseño de bloque al azar con tres repeticiones. La parcela total consistió de cuatro surcos de cinco metros de longitud por 0.70 m entre surcos. La parcela útil la formaron los dos surcos centrales.

La preparación del terreno, consistió en tres rastreos (Figura 1). Las fechas de siembra fueron las citadas en el cuadro 1. A la semilla se le aplicó Carboxin + Permetrina (51 gr por cada 20 kg de semilla), además de la bacteria *Bradyrhizobium japonicum*, para la fijación de nitrógeno; lo anterior antes de la siembra, donde también se delimitó el terreno (Figura 2). Se hizo conteo de plantas a los 15 días de emergencia, esto con el fin de aclarar por si hubiese muchas plantas por metro lineal y de esta forma tener una densidad de población más pareja entre todas las variedades.

El control de malezas se realizó de dos formas en preemergencia utilizando el herbicida glifosato en dosis de (2-3 l ha⁻¹) + 2-4 D amina (0.5 l ha⁻¹), y en pos emergencia para controlar maleza de hoja ancha se utilizó bentazon, a razón de 2 l ha⁻¹ del producto comercial y para el control de maleza de hoja angosta el Fluazifop-p-buthyl en dosis de 1 l ha⁻¹ de producto comercial.

El control de plagas se efectuó con clorpirifos en dosis de 1 l ha⁻¹ de producto comercial, para controlar gusanos trozadores, chinches y mosquita blanca (Gazzoni, 1994; Fikru et al., 1998; Anónimo, 2000). Los materiales fueron cosechados en función de su madurez fisiológica, iniciando a fines de noviembre y se terminó la segunda quincena del mes de diciembre. Los datos registrados fueron: plantas por metro lineal, porcentaje de acame, incidencia de enfermedades y plagas, altura de planta, altura a primera vaina, número entrenudos/planta, número de vainas/planta, porcentaje de humedad en grano y rendimiento por ha al 14 % de humedad (Figura 3).

Información fenológica.

Se registraron las variables fenológicas (Figura 4): inicio de floración (R₁), floración plena (R₂), inicio de formación de vaina (R₃), vaina completamente desarrollada (R₄), inicio de formación de semilla (R₅), llenado de grano (R₆), inicio de madurez (R₇) y madurez fisiológica (R₈). Los datos fenológicos fueron medidos en 10 plantas de cada repetición de las variedades de los experimentos.

Cuadro 1. Localidades y fechas de siembra de las variedades de soya evaluadas en Campeche, durante los ciclos P-V, 2013-2016.

Año	Localidad	Fecha de siembra	Municipio
2016	Nohyaxché	05 de Agosto	Campeche
2015	Hool	31 de Julio	Champotón
2014	Nohyaxché	31 de Julio	Campeche
2013	Cayal	14 de Agosto	Campeche



Figura 1 y 2. Preparación Medición y de terreno (2013-2014)

Información agrometeorológica.

Durante su ciclo ontogénico, es decir, desde que se sembró hasta que se cosechó, que abarco del mes de julio a diciembre, se recabo información meteorológica (lluvia y temperatura) de las estaciones automatizadas instaladas en el Campo Cayal, en el sitio Edzná y de la estación climatológica convencional de Hool, perteneciente al SMN-CONAGUA de Campeche.



Figura 3. Toma de datos en las variedades de soya evaluadas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Información fenológica.

En el Cuadro 3, se presentan los datos fenológicos de las variedades de soya, donde observamos que en los días a floración (R_2), indican que la Huasteca 200 es el material más tardío con 47 días en promedio, fluctuando de 37 a 40 días para el periodo analizado, siguiendo las Huastecas 400, 600, 100, Tamesí y 300 con 44.25, 44, 43.75, 41 y 38.5 días en promedio, respectivamente. Con relación al número de días a inicio de madurez (R_7), los valores indican que Tamesí es el material más tardío con 101.75 días en promedio, fluctuando de 97 a 106 días para el periodo analizado, siguiendo las Huastecas 600, 300, 200, 400 y 100 con 101.5, 98.25, 97.5, 93.5 y 91 días en promedio, respectivamente.

Los días a madurez fisiológica reportan que la variedad Huasteca 600 es el material más tardío con 114.5 días en promedio, fluctuando de 109 a 126 días para el periodo analizado, siguiendo las Huasteca 200, 400, Tamesí, Huasteca 300 y 100 con 114, 114, 113, 112.5 y 108.25 días en promedio respectivamente (Cuadro 3).

Información agronómica.

En cuanto a la altura de planta como a primera vaina y rendimiento, se observa que los rendimientos de los materiales con altura mayor de 70 cm presentan el mayor rendimiento, excepto Huasteca 300 (Cuadro 4). El comportamiento de las alturas de planta a madurez, indica que la Huasteca 200 presenta la mayor altura promedio con 86.96 cm, fluctuando de 82.2 a 93.2 cm., la menor altura de planta correspondió a Tamesí con una altura promedio de 56.73 cm, fluctuando de 43.5 a 75.9 cm.

Cuadro 3. Datos fenológicos y rendimiento de las variedades de soya. 2013-2016.

Variedad	Año	Días a Flor (R ₂)	Días inicio madurez (R ₇)	Días a madurez fisiológica (R ₈)	Rendimiento (Kg/ha)
Huas-100	2016	45	92.00	110.00	2865.71
	2015	43	88.00	107.00	2731.42
	2014	44	87.00	108.00	3354.87
	2013	43	97.00	108.00	2450.97
	Promedio	43.75	91.00	108.25	2850.74
Huas-200	2016	47	95.00	115.00	2179.12
	2015	46	94.00	116.00	2493.18
	2014	45	93.00	108.00	3365.32
	2013	50	108.00	117.00	2540.93
	Promedio	47	97.50	114.00	2644.64
Huas-300	2016	39	99.00	110.00	2270.48
	2015	38	98.00	105.00	1080.99
	2014	40	100.00	113.00	1985.95
	2013	37	96.00	122.00	2145.73
	Promedio	38.5	98.25	112.50	1870.79
Huas-400	2016	48	95.00	119.00	2219.72
	2015	45	94.00	115.00	2006.14
	2014	46	93.00	113.00	2729.98
	2013	38	92.00	109.00	2059.66
	Promedio	44.25	93.50	114.00	2253.87
Tamesí	2016	41	103.00	114.00	2191.45
	2015	42	101.00	105.00	1126.44
	2014	44	106.00	114.00	2350.16
	2013	37	97.00	119.00	1915.14
	Promedio	41	101.75	113.00	1895.80
Huas-600	2016	44	101.00	111.00	2763.88
	2015	44	101.00	112.00	956.61
	2014	45	101.00	111.00	2369.62
	2013	42	104.00	126.00	2457.76
	Promedio	43.75	101.75	115.00	2136.97

Con respecto a la altura de la primera vaina, los mejores rendimientos se correlacionan con alturas mayor de 7.6 cm, a excepción de la Huasteca 600, que tiene un rendimiento medio de 2.137 con una altura a primera vaina de 5.25 centímetros. Huasteca 100 presenta la mayor altura promedio a primera vaina con 11.17 cm, fluctuando de 9.33 a 13.2 cm., la menor altura a primera vaina, correspondió a Tamesí con una altura promedio de 4.43 cm, fluctuando de 2.2 a 6.4 cm., lo que podría ocasionar afectaciones a la hora de la cosecha debido a que la trilladora no logre cortar la planta completa y los granos pueden verse afectados por la humedad del suelo (Cuadro 4).

Información productiva. En el Cuadro 5, presenta algunos de los componentes del rendimiento de las variedades de soya evaluadas, con respecto al número de ramas/planta se observa que los rendimientos de las variedades con más de 11 presentan los mejores rendimientos, excepto Huasteca 300. El número de vainas por planta indica que existe interacción de componentes del rendimiento en las variedades, ya que Huasteca 600 y 400 tienen el mayor número de vainas (114 a 141) con rendimiento medios de 2.137 y 2.254 t ha⁻¹, pero los mayores rendimientos (2.645 a 2.851) están en Huasteca 100 y 200 con 84 y 90 vainas por planta. Esta misma tendencia se presenta para el número de semillas por planta, ya que Huasteca 600 y 400 tienen el mayor número de semillas (258 a 303) con rendimiento medios de 2.137 y 2.254 t ha⁻¹, pero los mayores rendimientos (2.645 a 2.851) están en Huasteca 100 y 200 con 176 y 183 semillas por planta.

Cuadro 4. Datos de altura de planta, altura a primera vaina y rendimiento de las variedades de soya. 2013-2016.

Variedad	Año	Altura planta (cm)	Altura vaina (cm)	Rendimiento (Kg/ha)
Huas-100	2016	79.20	9.33	2865.71
	2015	77.07	10.53	2731.42
	2014	76.10	11.60	3354.87
	2013	68.80	13.20	2450.97
	Promedio	75.29	11.17	2850.74
Huas-200	2016	93.20	10.00	2179.12
	2015	87.33	11.80	2493.18
	2014	85.10	12.10	3365.32
	2013	82.20	9.50	2540.93
	Promedio	86.96	10.85	2644.64
Huas-300	2016	100.27	9.33	2270.48
	2015	71.47	4.07	1080.99
	2014	70.90	2.90	1985.95
	2013	78.30	7.90	2145.73
	Promedio	80.23	6.05	1870.79
Huas-400	2016	90.67	9.53	2219.72
	2015	62.80	6.00	2006.14
	2014	61.60	5.90	2729.98
	2013	74.50	9.20	2059.66
	Promedio	72.39	7.66	2253.87
Tamesí	2016	75.93	6.40	2191.45
	2015	56.40	3.20	1126.44
	2014	43.50	2.20	2350.16
	2013	51.10	5.90	1915.14
	Promedio	56.73	4.43	1895.80
Huas-600	2016	94.67	7.33	2763.88
	2015	62.73	5.67	956.61
	2014	60.30	5.50	2369.62
	2013	63.10	2.50	2457.76
	Promedio	70.20	5.25	2136.97

Los datos medios de rendimiento/ha (Cuadro 5), indican que las Huastecas 100, 200 y 400, presentan rendimientos medios mayores a 2 t ha^{-1} , en todos los años, pero las restantes también están por arriba de las 2 t ha^{-1} , en algunos años, cabe destacar que Huasteca 600 a pesar de estar incluida en este último grupo presenta un rendimiento medio de 2.137 t ha^{-1} , para Huasteca 300 las evidencias de los productores que cuentan con pivotes centrales de riego para proporcionar riegos de auxilio en el cultivo indican que es el material de mayor rendimiento con 3.5 t ha^{-1} (Figura 5).



Figura 4. Crecimiento de vainas de las variedades, 2015

Cuadro 5. Número de vainas por planta, de entrenudos y rendimiento de los materiales genéticos de soya. 2013-2016.

Genotipo	Año	Ramas por planta	Vainas por planta	Semillas por planta	Rendimiento (Kg/ha)
Huas-100	2016	5.80	125.67	252.27	2865.71
	2015	13.20	63.93	143.52	2731.42
	2014	14.53	65.40	149.07	3354.87
	2013	14.93	79.27	159.80	2450.97
	Promedio	12.12	83.57	176.16	2850.74
Huas-200	2016	5.40	108.67	203.20	2179.12
	2015	13.80	100.67	231.53	2493.18
	2014	14.27	103.67	197.07	3365.32
	2013	15.40	46.27	102.07	2540.93
	Promedio	12.22	89.82	183.47	2644.64
Huas-300	2016	4.60	62.47	121.47	2270.48
	2015	13.33	93.27	214.36	1080.99
	2014	13.67	96.20	211.87	1985.95
	2013	17.13	131.33	246.80	2145.73
	Promedio	12.18	95.82	198.62	1870.79
Huas-400	2016	5.13	145.73	317.47	2219.72
	2015	12.80	112.33	258.37	2006.14
	2014	13.33	115.33	275.40	2729.98
	2013	15.00	85.53	181.73	2059.66
	Promedio	11.57	114.73	258.24	2253.87
Tamesí	2016	4.53	111.20	199.73	2191.45
	2015	12.20	126.00	293.79	1126.44
	2014	11.73	130.73	268.27	2350.16
	2013	11.67	67.20	127.27	1915.14
	Promedio	10.03	108.78	222.26	1895.80
Huas-600	2016	5.00	156.87	312.80	2763.88
	2015	16.87	175.07	405.87	956.61
	2014	16.07	179.47	395.40	2369.62
	2013	12.53	53.27	98.07	2457.76
	Promedio	12.62	141.17	303.04	2136.97



Figura 5. Muestreo de rendimiento de las variedades, 2016

Información agrometeorológica.

Los valores de las variables meteorológicas del periodo de julio a diciembre de los cuatro años evaluados, se presentan en el Cuadro 6, puede observarse que la lluvia acumulada durante el ciclo ontogénico del año 2013 fue de 1043 mm y la temperatura media de 25.21 °C. Durante el ciclo evaluado en el 2014, se observa un acumulado de 680 mm y una temperatura media de 25.56 °C. De igual forma puede observarse que durante el 2015 se acumuló una lluvia de 626.80 y una temperatura promedio de 26.86°C. Finalmente, en el año 2016, se observó que la precipitación acumulada fue de 1082.60 mm y la media de temperatura fue de 25.20

Cuadro 6. Condiciones meteorológicas durante el ciclo ontogénico de las variedades de soya en 2013-2016.

Mes	2013		2014		2015		2016	
	Lluvia	Temp.	Lluvia	Temp.	Lluvia	Temp.	Lluvia	Temp.
Julio	325.4	26.6	88.4	28.46	81.6	28.77	409.7	26.38
Agosto	270.6	26.06	204.4	27.15	267.4	28.08	246.9	26.9
Septiembre	135.6	25.87	208.6	26.5	220.2	27.12	320.5	26.36
Octubre	118.8	25.75	129.2	25.69	7.8	26.13	47.6	24.38
Noviembre	161.4	23.72	25.6	22.67	32	25.77	43.5	23.4
Diciembre	31.2	23.27	23.8	22.9	17.8	25.26	14.4	23.8
Acumulado y media	1043.00	25.21	680.00	25.56	626.80	26.86	1082.60	25.20

CONCLUSIONES

Los datos de lluvia indican una condición atípica durante el ciclo ontogénico de las variedades de soya evaluadas, lo cual impacto favorablemente en el rendimiento de grano alcanzado, ya que los datos históricos señalan una terminación del periodo de lluvias en noviembre. Los datos fenológicos de las variedades indican que los días a floración R₂ están correlacionados con los mejores rendimientos, menos días a floración menor rendimiento, sin embargo, la disponibilidad hídrica puede mejorar el rendimiento. Los datos de planta relacionados con los componentes del rendimiento, señalan que la altura a primera vaina, el número de ramas y vainas por planta esta correlacionado con el rendimiento en las Huastecas 100, 200, 400 y 600. Para Huasteca 300 y Tamesí, el rendimiento puede ser mejorado con fechas de siembra tempranas, ajuste de densidad de población y sembrar en suelos de mejor disponibilidad hídrica.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2000. Recomendacoes técnicas para cultura da soja no Parana 2000/01. Londrina: EMBRAPA Soja. (Documentos 145). 255 p.
- Assis H. A; et al. 2005. Manual de identificación de enfermedades de soya. EMBRAPA (Empresa Brasileña Pesquisa Agropecuaria). Centro Nacional de Pesquisa de soya. Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento. Brasil. ISSN: 1516-781X. 72 p.
- Avila, V. J. e I. Hinojosa. 2000. Manejo integrado de mosca blanca. SAGAR, INIFAP, CIRNE, Campo Experimental Sur de Tamaulipas. Folleto técnico No. 16. 62 p.
- Fikru, J. H., L. G. Higley and J. E. Specht. 1998. Soybean cultivars and insect defoliation: Yield loss and economic injury levels. Agron. Jour. 90: 344-352.
- Fuente S.H. y Cárdenas D.J. 1983. Guía para fertilizar la soya bajo condiciones de temporal en Campeche. Folleto para productores No. 5. SARH-INIA-CIAPY-CAE Campeche. Campeche, Camp. México.10p.
- Gazzoni, D. L. 1994. Manejo de pragas de soya: Uma Abordagem Historica. Londrina: EMBRAPA-CNPSo / Brasilia: EMBRAPA-SPI. 72 p.
- INIFAP. 1999. Curso-Taller: Investigación de vanguardia para la generación de tecnología de producción de soya en México. Publicación especial No. 2. INIFAP. C.E. Sur de Tamaulipas, México. 212 p
- Maldonado, M.N. y Ascencio, L.G. 2010. HUASTECA 200, variedad de soya de baja sensibilidad al fotoperiodo corto para el trópico de México. Revista Mexicana de Ciencias
- Maldonado, M.N, G. Ascencio, L. y J. Avila, V. 2007. Guía para cultivar soya en el sur de Tamaulipas. Folleto para productores No 2. C.E Sur de Tamaulipas, CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamps; México. 83p.
- Maldonado, M. N., J. G. Garza y A. P. Terán. 1991. Guía para cultivar soya en las Huastecas. Folleto para Productores No. 1. SARH, INIFAP, CIFAPPánuco. CESTAM. 52p.
- Rivera L. M. y Fuente S. H. 1983. Guía para producir soya de temporal en Campeche. Folleto para productores núm. 4. SARH-INIA-CIAPY-CAECAMPECHE. Campeche, Camp. México.12p.
- Soto R. et al. 1990. Guía para producir soya de temporal en suelos rojo (kan-kab) en Quintana Roo. Folleto para productores núm. 20. CIFAPQROO-INIFAP-SARH. Chetumal, Quintana Roo, México. 14p.
- Valentín, A. E. y Tosquy V.O.H. 2006. Control químico y mecánico de maleza en soya de temporal. Agricultura Técnica en México Vol. 32 Núm. 3. Septiembre-diciembre 2006. Pp. 353-358.

**POTASIO EN SUELOS Y PLANTAS DE MAÍZ COMERCIAL EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN,
MÉXICO**
POTASSIUM IN SOILS AND PLANTS OF COMMERCIAL CORN IN THE YUCATAN PENINSULA,
MEXICO

Ramírez Silva JH, Cano González A, Tun Dzul JdelaC, Canales Cruz R, Aguilar Duarte Y.

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

RESUMEN

Después del Nitrógeno, el Potasio (K) es absorbido por el maíz en mayores cantidades que otros elementos. La demanda reportada varía de 20.7 a 25.2 Kg/ha de K₂O por tonelada de grano. Esa demanda tiene que ser suplido por la oferta que proporciona el suelo y/o los fertilizantes. Los estudios del K en la PY son muy limitados, aun cuando este elemento es importante en la nutrición vegetal. Se ha documentado que el K intercambiable en el estado de Yucatán puede variar de 0.769 a 3.015 cmol/kg y que el maíz no responde a la fertilización potásica cuando el suelo tiene entre 0.21 y 0.32 cmol/kg. En este trabajo se evaluó el contenido de K asimilable en diferentes suelos rojos (K'ancab; Luvisol ródico) y grises (A'kalche; Vertisol) mecanizables de la PY y se determinó el grado de deficiencia nutricional presentado por el maíz comercial. Se estudiaron 27 localidades con Luvisol ródico y 8 localidades con Vertisoles en unidades compactas de producción de 10 hectáreas. En cada localidad se tomaron nueve muestras individuales usando el Método Bidimensional Sistematizado. El Análisis de Varianza mostró diferencias altamente significativas entre localidades de ambos tipos de suelos y los valores promedio estuvieron muy por arriba del rango de suficiencia incluso llegando al exceso. Los CV en Luvisoles variaron de 2.56% hasta 45.72% con una media de 36.87%. Solamente el 11% de las localidades mostraron tener CV altos (>40%). En Vertisoles el 50% de las localidades (4) tienen CV de entre 8.45% hasta 14.88%, considerados bajos, 25% de las 8 localidades tienen CV intermedios de 27.43% a 31.76% y el otro 25% (2 localidades) tiene CV altos de 57.69% a 58.81%. No se reportan deficiencias de K en el cultivo excepto en Dzibalche-Luvisol y Nicolás Bravo-Vertisol donde el K estuvo un poco abajo del límite crítico.

Palabras clave: oferta, demanda, deficiencias, intercambiable.

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo que tiene necesidades nutrimentales semejantes a otros cereales; sin embargo debido a sus rendimientos más altos por unidad de superficie requiere cantidades mayores (Boletinagro.com). Después del Nitrógeno, el Potasio (K) es absorbido por el maíz en mayores cantidades que los otros elementos esenciales.

La demanda de K reportada por diferentes autores como Olson y Sander (1988) son de 25 Kg/ha de K₂O por cada tonelada de grano de maíz producido, mientras que Domínguez (1984) con 23 Kg/ha de K₂O y al Canadian Fertilizer Institute (1988) con 20.7-25.2 Kg/ha.

Es por la anterior la importancia que reviste evaluar el grado de fertilidad de un suelo (como ofertante de nutrientes a la planta), antes de iniciar con un programa de fertilización para cualquier cultivo.

Se menciona en lo general (Doll y Lucas, 1973) que muchos cultivos no responden a la aplicación de K cuando el K intercambiable en el suelo es más alto que 170 pp2millones (pp2m) en suelos arenosos y areno-francos, 200 pp2m en francos y franco-arenosos, y 250 pp2m en franco-limosos y arcillosos. Esas cantidades equivalen a 0.21, 0.25 y 0.32 meq/100 gr de suelo. Phytomonitor (2015) establece como rango aceptable de K de 100 ppm a 250 ppm equivalente a 0.25 y 0.64 meq/100gr.

Los estudios sobre el K en los diferentes suelos de la Península de Yucatán (PY) son muy limitados, aun cuando es considerado importante en la nutrición de los cultivos.

Los trabajos de Borges-Gómez et al. (2005) reportan que el K intercambiable (K_i) en el estado de Yucatán puede variar de 0.769 a 3.015 cmol/kg dependiendo del material parental, su meteorización y naturaleza de los coloides del suelo. Los suelos profundos del sur, como los K'ancab de la terminología maya, tienen mayor contenido de K_i que los someros del norte.

Los principales suelos mecanizables donde se produce maíz en la PY son los rojos Luvisoles ródicos y los grises Vertisoles. Es por esa razón que se realizó este trabajo con el fin de evaluar el contenido de K

asimilable en 27 Luvisoles ródicos y 8 Vertisoles sembrados con maíz comercial; cultivo al que se le determinó el grado de deficiencia nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de Muestreo. Para este estudio se consideraron 27 localidades de muestreo ubicadas en suelos mecanizables de la PY clasificados como Luvisol ródico (K'ancab) y 8 localidades con Vertisoles (Ak'alches) mismos que fueron cultivados con maíz híbrido de diferentes compañías durante el ciclo primavera-verano 2013/2013 en unidades compactas de producción de 10 hectáreas.

En suelos Luvisol ródico se seleccionaron 3 localidades en el estado de Quintana Roo (Nuevo Tabasco, Puerto Arturo 1 y Puerto Arturo 2), 11 en el estado de Campeche (Calkiní, Dzibalche, Emiliano Zapata, Hecelchakan, Iturbide, Kanki, Keste, Nohacal, Tinum, Xcalot Bolonchen y Oxa) y 13 en el estado de Yucatán (Colonia Yucatán, Corral 2, Maycum, Masatunich, Maxcanu, Opichen 1, Opichen 2, Poccheil, San Martín Hili, San Pedro Rompoy, Xuil, Yalcoba y Santa Cruz 2).

Para Vertisoles se seleccionando 5 localidades en los estados de Quintana Roo y 3 en Campeche. Las localidades de Quintana Roo fueron: Morocoy 1, Morocoy 2, San Román, Nicolás Bravo y Emiliano Zapata y los de Campeche: Conquista Campesina, Matamoros y Once de Mayo

Muestras de suelo. En cada localidad se consideraron nueve muestras individuales del primer horizonte, ubicando los puntos de muestreo de acuerdo al Método Bidimensional Sistematizado donde se toma como base de partida un primer punto georeferenciado y de ahí se proyectan los otros ocho puntos con distancias y rumbos preestablecidos.

Las muestras de un kg fueron enviadas al laboratorio de suelos del Campo Experimental Edzná del INIFAP en el estado de Campeche donde se analizó el contenido de K_i extraído con Acetato de Amonio y analizado con espectrofotómetro de absorción atómica. Los resultados se reportaron en meq/100 gr de suelo y se sometieron a un Análisis de Varianza, en diseño Completamente al Azar, usando el programa Stat Advisor; las medias se compararon con la prueba de Fisher.

Las localidades fueron consideradas como tratamientos (27) y los 9 puntos de muestreo como repeticiones. Los resultados se compararon con las referencias reportadas por Doll y Lucas (1973) y Phytomonitor (2015). Así mismo se determinaron máximas y mínimas, y los Coeficientes de Variación (CV) resultante de los 9 puntos de muestreo por localidad.

Muestras foliares. Durante la etapa reproductiva se colectaron 30 hojas de maíz en cada localidad, haciendo una muestra compuesta, de plantas provenientes de cada punto donde se muestreo el suelo. La muestra se tomó de las hojas opuestas a la mazorca, fueron secadas en estufa a 65°C durante 36 horas para después molerlas, analizarlas y reportar el contenido de K en por ciento (%). Este resultado se comparó con rangos de suficiencia reportados por la literatura (Jones y Eck, 1973; Phytomonitor, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Químico del Suelo (Luvisol ródico).

El Análisis de Varianza (Cuadro 1) muestra diferencias altamente significativas entre localidades. En el Cuadro 2 se observa la comparación de medias, los valores mínimos y máximos y el CV encontrado en cada localidad.

Cuadro 1. Análisis de Varianza para contenidos de K (meq/100gr) en Luvisoles ródicos dedicados a maíz comercial en la Península de Yucatán. México. Ciclo P-V 2013/2013.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F	P
Entre Localidades	84.0847	26	3.23403	14.81	0.00
Dentro Localidades	47.1579	216	0.218324		
Total	131.243	242			

Existen 16 grupos estadísticamente diferentes por sus contenidos de K_i. El primer grupo estadístico lo conforman: Puerto Arturo 1 (Q. Roo), Keste (Camp.), Iturbide (Camp.) y Oxa (Camp.) con 1.08, 1.16, 1.21 y 1.23 meq/100gr. Aun cuando este grupo tiene los niveles más bajos de K, los valores promedio están arriba del rango de suficiencia de 0.21 a 0.64 meq/100gr reportados en la literatura (Doll y Lucas, 1973; Phytomonitor, 2015).

La localidad de Hecelchakan (Camp.) tiene en extremo 3.08 meq/100gr. Todas las localidades tienen contenidos de K en exceso. Los CV para K variaron de 2.56% hasta 45.72% con una media de 36.87%. Solamente el 11% de las localidades mostraron tener CV altos (>40%) para K. En San Pedro Rompoy es

donde, como excepción, se encontró una muestra individual con la cantidad mínima de 0.19 meq/100gr de K, considerado estar muy por debajo del rango mínimo de suficiencia.

Cuadro 2. Contenidos de K (meq/100gr) en Luvisoles ródicos dedicados a maíz comercial en la Península de Yucatán. México. Ciclo P-V 2013/2013.

Localidad	Muestras	Media	Grupos	Mínima	Máxima	CV (%)
Puerto Arturo 1	9	1.08	X	0.44	1.54	28.55
Keste	9	1.16	X	0.72	1.43	19.68
Iturbide	9	1.21	X	0.78	1.65	28.68
Oxa	9	1.23	X	0.56	1.69	27.52
Nuevo Tabasco	9	1.24	XX	0.84	2.06	34.25
Tinun	9	1.33	XX	0.82	1.67	20.63
Puerto Arturo 2	9	1.37	XX	1.03	1.70	17.24
Nohacal	9	1.51	XXX	1.03	2.07	23.51
San Pedro Rompoy	9	1.67	XXX	0.19	2.92	42.86
Dzibalche	9	1.82	XXX	1.29	2.57	25.71
Poccheil	9	1.84	XXX	1.46	2.20	14.09
Masatunich	9	1.87	XXX	1.54	2.35	16.08
Colonia Yucatán	9	1.95	XXX	1.07	2.76	45.77
Kanki	9	2.05	XXX	1.26	2.37	18.18
Opichen 1	9	2.05	XXX	0.75	3.04	41.56
Calkiní	9	2.11	XXX	0.30	3.14	39.24
Emiliano Zapata	9	2.13	XXXX	1.61	2.60	12.64
Xuil	9	2.13	XXXX	1.46	2.75	18.99
Xcalot Bolonchen	9	2.32	XXXX	1.71	3.02	19.87
Opichen 2	9	2.37	XXXX	1.55	3.12	21.57
Maxcanu	9	2.52	XXXX	1.79	3.21	22.73
Corral 2	9	2.56	XXX	2.07	2.96	10.06
Yalcoba	9	2.59	XXX	2.00	3.42	17.46
San Martin Hili	9	2.70	XXXX	1.98	3.21	15.08
Macyum	9	2.93	XXX	1.95	3.60	17.05
Santa Cruz 2	9	2.99	XX	2.89	3.10	2.56
Hecelchakan	9	3.08	X	2.70	3.55	8.99

Análisis Químico del Suelo (Vertisoles).

Se observa en el Cuadro 3 el ANVA para el contenido medio de K (meq/100gr) en las 8 localidades con suelos Vertisoles. Se encontraron diferencias altamente significativas entre localidades. En el Cuadro 4 se agrupan las localidades que resultaron ser estadísticamente semejantes. Emiliano Zapata 2 (Q.Roo), Conquista Campesina (Camp.) y Matamoros (Camp.) son estadísticamente iguales con 0.86, 0.88 y 0.93 meq/100gr.

Cuadro 3. Análisis de Varianza para contenidos de K (meq/100gr) en Vertisoles dedicados a maíz comercial en la Península de Yucatán. México. Ciclo P-V 2013/2013.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F	P
Entre Localidades	59.9161	7	8.55944	32.30	0.00
Dentro Localidades	16.9612	64	0.26502		
Total	76.8773	71			

Aun cuando estas tres localidades tienen los contenidos más bajos de K, están muy por arriba del rango de suficiencia considerada por la literatura de 0.21 a 0.64 meq/100gr reportados en la literatura (Doll y Lucas, 1973; Phytomonitor, 2015). En el extremo opuesto, entre 2 y 3.26 meq/100gr se sitúa Once de Mayo (Camp.), Morocoy 1 (Q.Roo), San Román (Q.Roo), y Morocoy 2 (Q.Roo). El 50% de las localidades (4) tienen CV de entre 8.45% hasta 14.88%, considerados bajos, 25% de las 8 localidades tienen CV intermedios de 27.43% a 31.76% y el otro 25% (2 localidades) tiene CV altos de 57.69% a 58.81%.

Cuadro 4. Comparación de medias, mínimas, máximas y CV del contenido de K (meq/100gr) en Vertisoles dedicados a maíz comercial en el la Península de Yucatán. México. Ciclo P-V 2013/2013.

Localidad	Muestras	Media	Grupos	Mínima	Máxima	CV (%)
Emiliano Zapata 2	9	0.86	a	0.68	1.22	27.43
Conquista Campesina	9	0.88	a	0.32	1.74	58.81
Matamoros	9	0.93	a	0.60	1.57	31.76
Nicolás Bravo	9	1.46	b	1.26	1.72	11.44
Once de Mayo	9	2.00	c	0.77	4.84	57.69
Morocoy 1	9	2.69	d	2.31	3.00	8.53
San Román	9	2.86	d	2.55	3.22	8.45
Morocoy 2	9	3.26	e	2.29	3.83	14.88

Análisis foliar. Se ha reportado (Jones y Eck, 1973) que el rango de suficiencia de K en hojas opuestas a la mazorca de maíz es de 1.7 a 2.5%. En base a esa consideración podemos sugerir que solamente Dzibalche en suelo Luvisol y Nicolás Bravo en Vertisol presentan levemente deficiencias de K (Cuadro 5) aun cuando los contenidos de K en el suelo son abundantes. Las otras localidades están dentro del rango de suficiencia, excepto Santa Cruz 2 que sobrepasa el límite crítico al tener 5.5% de K en hojas del maíz.

Cuadro 5. Contenidos de K (%) en hojas de maíz comercial en diferentes localidades y suelos (Luvisol ródico y Vertisol) en la Península de Yucatán. México. Ciclo P-V 2013/2013.

Localidad	Estado	Suelo	K (%)
Puerto Arturo	Q.Roo	Luvisol	2.4
Santa Cruz 2	Yucatán	Luvisol	5.5
Dzibalche	Campeche	Luvisol	1.6
Hecelchakan	Campeche	Luvisol	1.9
Nicolás Bravo	Q.Roo	Vertisol	1.5
Emiliano Zapata 2	Q,Roo	Vertisol	1.8

CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias altamente significativas de K asimilable (meq/100gr) entre localidades de ambos tipos de suelos Luvisoles ródicos y Vertisoles. Los valores promedio de K asimilable estuvieron muy por arriba del rango de suficiencia incluso llegaron al exceso. No se reportan deficiencias de K (%) en el cultivo excepto en Dzibalche-Luvisol y Nicolás Bravo-Vertisol donde el K estuvo un poco abajo del límite crítico. Los CV en Luvisoles variaron de 2.56% hasta 45.72% con una media de 36.87%. Solamente el 11% de las localidades mostraron tener CV altos (>40%). En Vertisoles el 50% de las localidades (4) tienen CV de entre 8.45% hasta 14.88%, considerados bajos, 25% de las 8 localidades tienen CV intermedios de 27.43% a 31.76% y el otro 25% (2 localidades) tiene CV altos de 57.69% a 58.81%.

LITERATURA CITADA

- Borgez-Gómez, L., Escamilla-Bencomo, A., Soria-Fregoso, M., Casanova-Villarreal, V. 2005. Potasio en Suelos de Yucatán. Terra Latinoamericana, Vol. 23, Num.4. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. octubre-diciembre, pp. 437-445.
- Doll, E.C. y Lucas R.E. 1973. Testing Soils for Potassium, Calcium, and Magnesium. In: Walsh, L.M y Beaton, J.D. (eds.) Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin USA. pp. 133-151.
- Jones, J.B., Jr. y Eck, H.V. 1973. Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Corn and Grain Sorghum. In: Walsh, L.M y Beaton, J.D. (eds.) Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin USA. pp. 349-364.
- Olson, R.A. y Sander, D.F. 1988. Corn Production. In: Sprague, G.F. y Dudley, J.W. Corn Improvement Agronomy n. 18 ASA. Madison, Wisconsin. pp. 639-686.
- Phytomonitor. 2015. Análisis de Fertilidad de suelos y niveles de suficiencia. Reportes de Laboratorio. Culiacán Sinaloa.

Referencias informáticas

- Canadian Fertilizer Institute. 1998. Requerimientos Nutricionales del Maíz. <https://boletínagrario.com/f783.requerimientos.nutricionales.maíz.html> (consultado el 10 de junio de 2015).
- Domínguez Vivancos, A. 1984. Requerimientos Nutricionales del Maíz. <https://boletínagrario.com/f783.requerimientos.nutricionales.maíz.html> (consultado el 10 de junio de 2015).

RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE FRIJOL BAJO DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN UN SUELO VERTISOL, EN TABASCO, MÉXICO

YIELD OF TWO VARIETIES OF BEAN UNDER DIFFERENT FERTILIZING DOSES IN A VERTISOL SOIL IN TABASCO, MEXICO

¹González-Arias G, ¹Guerrero-Peña A, ¹Lagunes-Espinoza LdelC, ²Carrillo-Ávila E.

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

²Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carret. Haltunchén-Edzná km 17.5, C.P. 24450, Sihochac, municipio de Champotón, Campeche, México.
Autor para correspondencia (garmando@colpos.mx).

RESUMEN

En el estado de Tabasco, el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es la principal fuente de proteína vegetal entre la población rural y es la cuarta especie en importancia agrícola entre los cultivos cíclicos. Durante la época de nortes 2015-2016 fue evaluado el efecto de la aplicación de cuatro dosis de fertilización en la producción de materia seca y el rendimiento de dos variedades de frijol: Azufrado Higuera y Negro Jamapa. Se usó un diseño experimental de parcelas divididas, considerando las variedades y la fertilización como factores, con las variedades en las parcelas grandes y la aplicación de las dosis de fertilización en las parcelas pequeñas. Las dosis de fertilizante fueron: dosis 1 (D1): 22-22-5.5, dosis 2 (D2): 44-44-11, dosis 3 (D3): 88-88-22 y un testigo (T): 00-00-00 kg ha⁻¹ de N, P, K.

La variedad Azufrado Higuera no mostró diferencias estadísticas entre niveles de fertilización para la materia seca de hoja, tallo, raíz y en los componentes del rendimiento (peso de semillas, PP, NVP, NSV, PCS). La variedad NJ, mostró la mayor acumulación de materia seca en las estructuras reproductivas de las plantas con el nivel de fertilización D3. La mayor acumulación de biomasa total se obtuvo en los tratamientos fertilizados. El nivel D3 mostró un incremento significativo en el rendimiento, respecto al T, de 82% para Azufrado Higuera y 68% para Negro Jamapa.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, dosis de fertilización, materia seca, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas más cultivadas en el mundo, representa la principal fuente de proteína vegetal y tiene la capacidad de aportar nitrógeno al suelo donde sea cultivado; además de proporcionar beneficios para la salud (FAO, 2016). En México, es la leguminosa de mayor consumo humano y representa el 36% de la ingesta diaria de proteína (Lara, 2015); ocupa el cuarto lugar en importancia por la superficie sembrada total a nivel nacional; con 1.7 millones de hectáreas y un rendimiento promedio de 0.76 t ha⁻¹ (SIAP, 2016). En el estado de Tabasco, este cultivo es también la principal fuente de proteína vegetal entre la población rural (INEGI, 1999) y es la cuarta especie vegetal en importancia agrícola entre los cultivos cíclicos, con una superficie sembrada de 3,535 ha (SIAP, 2016). El rendimiento promedio de frijol de temporal en el estado es de 0.5 t ha⁻¹; considerado bajo, ya que a nivel nacional el potencial de rendimiento de las variedades es de 1.7 t ha⁻¹, con riego (SIAP, 2016). Lo anterior indica limitantes asociadas con condiciones edafo-climáticas, plagas, prácticas agrícolas tradicionales y un uso deficiente de insumos agrícolas (Martínez *et al.*, 2012; López-Salinas *et al.*, 2015).

En Tabasco el frijol se cultiva bajo condiciones de temporal, principalmente en las poblaciones rurales, con fines de autoconsumo y para su venta en el mercado regional, utilizando tecnología tradicional y comúnmente asociado con otros cultivos como el maíz y la calabaza. La mayor parte del cultivo se establece en suelos Fluvisoles, conocidos localmente como "tierras de vega de río"; sin embargo son los suelos Vertisoles los más extendidos en el estado, representando el 17.5% de la superficie agrícola (Palma-López *et al.*, 2007), y para los cuales no hay información sobre la respuesta a la fertilización en el cultivo de frijol. Los rendimientos máximos reportados en el estado de Tabasco (0.8 t ha⁻¹), indican que es posible incrementar el rendimiento del cultivo, implementando buenas prácticas agrícolas (Palma-López *et al.*, 2007), en las que los fertilizantes sean empleados de forma racional, con mejoras en la eficiencia y respeto al ambiente (García *et al.*, 2010), considerando que la fertilidad del suelo, independientemente de la disponibilidad de agua, es la principal limitante en la productividad de los cultivos y que la producción de biomasa está relacionada de manera directa con las condiciones nutrimentales del suelo (Sahrawat *et al.*, 2010); razón por la cual, los fertilizantes son uno de los componentes tecnológicos de mayor importancia en la producción de cultivos (Volke y Etchevers, 1994).

En el cultivo de frijol, los rendimientos bajos suelen ser el resultado de prácticas de manejo inadecuadas y suelos pobres (Martínez, 2003). Esta leguminosa es una planta con una demanda alta de los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Zucareli et al., 2011; Sattari et al., 2014). El N es absorbido en mayores cantidades por las plantas y promueve el crecimiento del área foliar; lo que aumenta la eficiencia en la intercepción de la radiación solar, la tasa de fotosíntesis y por lo tanto, el rendimiento de grano (Silva y Silveira, 2000; Fageria y Baligar, 2005). En cuanto al P y K, Ramos (2009), menciona que el P estimula el desarrollo del sistema radicular, del tallo, de la floración, el número de vainas y granos. Además, se ha comprobado que su aplicación aumenta el peso de los nódulos; y el K favorece la síntesis de los hidratos de carbono y la formación de proteínas, los dos componentes más importantes de las leguminosas de grano. Con base en lo anterior y debido a que los fertilizantes son los componentes tecnológicos de mayor importancia en la producción de cultivos, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización de N, P y K en la producción de materia seca y rendimiento de dos variedades de frijol, en tres etapas vegetativas, en un suelo Vertisol.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue establecido en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, ubicado entre los 17° 59' latitud norte y 93° 35' longitud oeste, durante la época de nortes, de diciembre 2015 a marzo 2016, en condiciones de temporal. La preparación del terreno consistió de dos pasos de la rastra y aplicación de herbicida pre emergente (glifosato, 2 L/ha). Antes de la aplicación de herbicida fue realizado un muestreo de suelos para la evaluación de la fertilidad, como lo establece la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002).

Se evaluaron los factores variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y dosis de fertilización con dos y cuatro niveles, respectivamente. Los niveles del factor variedades fueron: Azufrado Higuera (AH) y Negro Jamapa (NJ), de hábito de crecimiento determinado tipo I (CIAT, 1984; Kohashi, 1990). Los niveles del factor fertilización de N, P y K (kg ha^{-1}) fueron: 1) dosis 1 (D1): 22-22-5.5, 2) dosis 2 (D2): 44-44-11, 3) dosis 3 (D3): 88-88-22 y 4) testigo (T): 00-00-00; las fuentes de fertilizantes fueron: urea, superfosfato triple y cloruro de potasio para N, P y K, respectivamente. La D1 fue la mitad de la D2 y la D3 fue el doble de la D2. La fertilización fue localizada y aplicada a los 15 días después de la germinación, en la etapa vegetativa 2 (hojas primarias). La siembra fue realizada el 29 de diciembre del año 2015 en hileras (sobre el lomo del surco) separadas a 80 cm, colocando una semilla por sitio (golpe) y separadas a 70 cm, equivalente a una densidad de 17,857 plantas ha^{-1} .

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas alojado en bloques completos al azar, con tres repeticiones, con las variedades en las parcelas grandes y las dosis de fertilización en las subparcelas. Cada subparcela constó de siete hileras de 7 m de longitud. El análisis de varianza y la comparación de medias (Tukey, $p=0.05$) fueron realizados con el programa estadístico SAS versión 9.0.

El control de malezas fue realizado de forma manual y con la aplicación de un herbicida selectivo Galant ultra™ (Haloxifop-r-metil) a una dosis de 1 L ha^{-1} a los 30 días después de la siembra (dds). Durante la etapa vegetativa del cultivo fue detectada presencia de grillos, que fueron controlados con la aplicación de cipermetrina en una dosis de 0.5 L ha^{-1} a los 10 y 25 dds.

Para la evaluación del efecto de los factores fue realizado un registro de los días a floración y tres muestreos destructivos de plantas, en fechas establecidas con base en las etapas fenológicas: vegetativa (V4), floración (R6) y madurez (R9); en cada muestreo fueron tomadas tres plantas de las líneas centrales de cada subparcela, en las cuales fueron evaluados los componentes del rendimiento agronómico del frijol. En el Cuadro 1, son presentadas las variables medidas en cada etapa fenológica, con base en los criterios de Escalante y Kohashi (1993).

La fotosíntesis por planta (A/p) fue estimada a partir de los datos de la fotosíntesis a nivel de hoja. La biomasa total (BT), biomasa aérea (BA), biomasa radical (BR), proporción del pericarpio (PP), rendimiento de grano (RG) y el índice de cosecha (IC) a partir de los datos de materia seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis fisicoquímico del suelo de la parcela experimental se presentan en el Cuadro 2. Con base en las clases establecidas en la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002), el suelo del sitio experimental es moderadamente ácido y no salino; el porcentaje de N total es alto y el de materia orgánica es medio; la CIC es media y el contenido de P y K son alto y bajo, respectivamente. Se clasificó como un Vertisol de textura arcillosa (Palma-López *et al.*, 2007). En el suelo del sitio experimental se establecieron anteriormente cultivos de maíz e higuera, que fueron fertilizados.

Cuadro 1. Variables medidas en plantas de frijol *P. vulgaris* en tres etapas vegetativas.

Etapa	Variables
V4 (Vegetativa)	<ul style="list-style-type: none"> • Pesos (g) de hojas, tallos, raíces y nódulos. • Número de nódulos. • Concentración de clorofila <i>a</i>, <i>b</i>, carotenoides (N-N dimetil). • Área foliar cm² (AF) (LI-COR 31 00).
R6 (de floración)	<ul style="list-style-type: none"> • Pesos (g) de hojas, tallos, raíces, flores y nódulos. • Número de nódulos. • Concentración de clorofila <i>a</i>, <i>b</i>, carotenoides (N-N dimetil). • Área foliar cm² (AF) (LI-COR 31 00). • Tasa de fotosíntesis (A), tasa de transpiración (E) y conductancia estomática (gs) (equipo portátil ADC BioScientific).
R9 (de madurez)	<ul style="list-style-type: none"> • Pesos (g) de hojas, tallos, raíces, pericarpio y semillas. • Número de vainas por planta (NVP). • Número de semillas por vainas (NSV). • Peso de 100 semillas.

Etapa de madurez

No se observaron diferencias estadísticas entre niveles de fertilización para la materia seca de hoja, tallo, raíz y en los componentes del rendimiento (peso de semillas, PP, NVP, NSV, PCS) para la variedad AH.

Cuadro 2. Análisis químicos y físicos de la muestra de suelo en el que se realizó el experimento, en el Campo Experimental km 21, del Colegio de Postgraduados, en H. Cárdenas, Tabasco.

pH (H ₂ O) rel. 1:2	CE μs/cm	P-Olsen mg kg ⁻¹	K	Ca	Mg	Na	CIC	Nt	MO	R	L	A
			cmol kg ⁻¹					%				
6.33	52.4	24.1615	0.23	12.8	5.455	0.125	21.44	0.19	1.965	47	31	22

CE (Conductividad eléctrica), P-Olsen (fósforo disponible), K (potasio intercambiable), Ca (calcio), Mg (magnesio), Na (sodio), CIC (capacidad de intercambio catiónico), Nt (nitrógeno total), materia orgánica (MO), R (arcilla), L (limo) y A (arena)

La materia seca de pericarpios resultó estadísticamente mayor en D3, respecto a T (Cuadro 3). La variedad NJ, mostró la mayor acumulación de materia seca en las estructuras reproductivas de las plantas con el nivel de fertilización D3, lo cual fue reflejado en mayor formación de granos. Diferencias significativas entre tratamientos fertilizados y el T fueron observadas para la materia seca de tallos y en los componentes del rendimiento (peso de semillas, PP, NVP, NSV), con valores estadísticamente iguales en los tratamientos con fertilización; debido probablemente a la menor acumulación de materia seca en el T, éste presentó los valores más bajos en los componentes del rendimiento. La materia seca acumulada en los componentes hoja, raíz, pericarpios y PCS no mostró diferencias estadísticas entre niveles de fertilización dentro de variedades (Cuadro 3).

Cuadro 3. Materia seca producida por componente en frijol Azufrado Higuera y Negro Jamapa durante la etapa de madurez, cultivados en suelo Vertisol en Tabasco, México.

Variedades	Trat	Hoja	Tallo	Raíz	Semilla	Per	PP	NVP	NSV	PCS
		g planta ⁻¹								
Azufrado Higuera	D3	5.0a	10.3a	0.9a	31.6a	13.2a	44.1a	31.6a	3.2a	43.5a
	D2	4.4a	8.6 a	0.7a	25.4a	10.1ab	34.8a	27.4a	3.1a	42.5a
	D1	5.0a	8.4a	0.8a	24.9a	9.9ab	34.1a	23.1a	3.4a	38.7a
	T	2.6a	5.1a	0.3a	17.3a	6.5b	31.7a	17.6a	3.1a	36.6a
Negro Jamapa	D3	3.8a	12.6a	1.2a	25.5a	6.9a	31.7a	27.0a	5.5a	19.2a
	D2	3.3a	10.1ab	1.3a	14.6ab	4.3a	18.2ab	17.8ab	5.3a	18.4a
	D1	2.6a	9.9 ab	0.9a	17.5ab	5.2a	21.9ab	20.3ab	5.3a	18.6a
	T	2.0a	5.8 b	1.0a	6.9b	2.1a	8.3b	9.9b	4.6b	16.1a

Medias con diferentes superíndices en la misma columna dentro de variedades son estadísticamente diferentes (P=0.05). Trat= niveles de fertilización, D3= dosis alta, D2= dosis normal, D1= dosis baja, T= testigo, Per= pericarpio, PP= proporción del pericarpio, NVP= número de vainas por planta, NSV= número de semillas por vaina, PCS= peso de cien semillas.

La variedad AH presentó valores significativamente mayores en la acumulación de materia seca de tallo y pericarpio, y en los componentes del rendimiento PP y NVP. Por el contrario, la materia seca acumulada en la raíz y NSV mostró valores significativamente mayores en la variedad NJ. Los componentes hoja y semilla no presentaron diferencias significativas entre variedades (Cuadro 4). El NSV presentó una interacción significativa entre los factores estudiados.

Cuadro 4. Comparación de la materia seca producida por componente, entre las variedades de frijol Azufrado Higuera y Negro Jamapa durante la etapa de madurez, cultivados en suelo Vertisol en Tabasco, México.

Variedades	Hoja	Tallo	Raíz	Pericarpio	Semilla	PP	NVP	NSV	PCS g
	g planta ⁻¹								
Azufrado Higuera	4.3a	8.1a	0.7b	9.9a	79.9a	34.0a	24.9a	3.2b	40.3a
Negro Jamapa	2.9a	9.6b	1.1a	4.6b	98.1a	20.0b	18.8b	5.2a	18.1b

Medias con diferentes superíndices en la misma columna son estadísticamente diferentes (P=0.05).

Per= pericarpio, PP= proporción del pericarpio, NVP= número de vainas por planta, NSV= número de semillas por vaina, PCS= peso de cien semillas.

Los mayores valores de NVP y PCS fueron obtenidos en la dosis de fertilización D3 para ambas variedades. Valores superiores a los obtenidos para la variedad NJ con el mismo nivel de fertilización fueron observados por Arellano *et al.* (2015) quienes reportan valores de 29.2 y 35 g para NVP y PCS, respectivamente, con la variedad Flor de Junio Dalia, cultivada bajo condiciones de temporal, con la dosis 80-40-30 (NPK kg ha⁻¹), en la región centro-norte de México, a una distancia de siembra entre hileras de 40 cm y 132, 922 plantas cosechadas ha⁻¹, y un rendimiento promedio de 1.9 t ha⁻¹. Esta dosis es muy similar a la DA aplicada de N y K en nuestro estudio (88-88-22, NPK kg ha⁻¹), aunque la distancia entre hileras fue mayor (80 cm) y la densidad de plantas muy inferior. Una modificación en la densidad de plantas, disminución de P y variedad, podrían probarse posteriormente bajo las condiciones de trópico húmedo en Tabasco, para incrementar rendimientos de frijol en suelos Vertisoles. Padilla *et al.* (2008) observaron para el frijol azufrado higuera 94' valores menores de NVP y similares de NSV (VP: 18.6; SV: 3.9) que los cuantificados en los tratamientos fertilizados en este estudio para la variedad AH, aunque en su estudio dichos autores utilizaron una mayor densidad de siembra y aplicaron la dosis 80-40-00 (NPK kg ha⁻¹), obteniendo un rendimiento promedio de 2.92 t ha⁻¹ en cuatro ciclos de cultivo en el valle del Mayo, Sonora.

Rendimiento

En el Cuadro 5 se observa que los tratamientos fertilizados presentaron la mayor acumulación de BT. El frijol AH no presentó diferencias estadísticas entre niveles de fertilización en ninguna de las variables medidas. En cambio, en la variedad NJ se observaron diferencias estadísticas entre dosis de fertilización en todas las variables con excepción de BR. En esta variedad las variables BT, BA, REND e IC presentaron un comportamiento similar, resultando D3 estadísticamente mayor al T. Del total de BT producida por las dos variedades de frijol, aproximadamente entre 97 y 98 % corresponde a la BA (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rendimiento de frijol Azufrado Higuera y Negro Jamapa con diferentes niveles de fertilización cultivado en un suelo Vertisol en Tabasco, México.

Niveles de Fertilización	Azufrado Higuera					Negro Jamapa				
	BT	BA	BR	REND	IC	BT	BA	BR	REND	IC
	kg ha ⁻¹					kg ha ⁻¹				
D3	1089.1a	1073.4a	15.8a	564.6a	0.52a	892.1a	871.0a	21.1a	455.3a	0.51a
D2	879.7a	867.0a	12.7a	454.1a	0.52a	601.0ab	577.4ab	23.6a	261.3ab	0.44ab
D1	875.3a	861.0a	14.3a	445.4a	0.51a	643.2ab	627.5ab	15.7a	312.3ab	0.47ab
T	568.4a	562.4a	6.1a	309.0a	0.54a	317.3b	299.4b	17.9a	123.6b	0.39b

Medias con diferentes superíndices en la misma columna son estadísticamente diferentes (P=0.05).

D3= dosis alta, D2= dosis normal, D1= dosis baja, T= testigo, BT=biomasa total, BA= biomasa aérea, BR= biomasa radical, REND= rendimiento, IC= índice de cosecha.

Aun cuando el factor dosis de fertilización no presentó efecto significativo entre los tratamientos fertilizados en el rendimiento de grano de las dos variedades, la fertilización con D3 representó un incremento de 82%

y 68% para las variedades AH y NJ, respectivamente, comparado con el T (Cuadro 5). El rendimiento promedio de grano de frijol, obtenido por las dos variedades en la dosis D3, fue mayor en aproximadamente 50% al reportado por Rodríguez *et al.* (2014 a), para la variedad Negro Comapa cultivada en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP (123,800 plantas cosechadas).

El rendimiento promedio reportado en el estado de Tabasco es del orden de 0.5 t ha⁻¹, obtenido bajo tecnología tradicional, mayormente en suelos Fluvisoles (Palma-López *et al.*, 2007); este valor es similar al obtenido en este trabajo en la variedad AH con la dosis D3, lo que sugiere que podría obtenerse mayor rendimiento modificando la densidad de siembra.

El IC presentó una interacción significativa entre los factores estudiados. En la variedad AH la variable IC no presentó diferencias estadísticas significativas entre dosis de fertilización (Cuadro 5). Los rangos de variación en los IC estimados son relativamente bajos, lo que coincide con lo encontrado por Rodríguez *et al.* (2014 b) y Araújo *et al.* (2000), quienes mencionan que el IC en este cultivo es un carácter con poca variabilidad. No obstante, el mayor IC fue observado con la dosis D3, lo cual indica que, del total de la biomasa producida por la planta, más del 50% corresponde al peso de los granos, lo que demuestra que hubo una mayor eficiencia en la canalización de carbohidratos hacia los granos. Por el contrario, la variedad NJ presentó IC considerados bajos en los niveles D2, D3 y T (Cuadro 5). CIAT (1988) menciona que el IC de frijol está normalmente entre 0.5 y 0.6; valores menores indican una pobre formación de semillas en relación con el desarrollo vegetativo del cultivo. Además, Rodríguez (1990) señala que el IC presenta una cierta constancia cuando el cultivo crece y se desarrolla en condiciones normales, sin embargo, factores genéticos de los cultivares y condiciones ambientales extremas pueden modificar esta relación.

En el cuadro 6 se presentan los rendimientos estimados para el frijol AH y NJ, con dos densidades de siembra distintas a la utilizada en el presente estudio y aplicando el nivel de fertilización D3. Para ambas variedades se estimaron rendimientos mayores a 1 t ha⁻¹ si se reducen tan sólo 30 cm a la distancia entre surcos e hileras, este rendimiento es mayor al rendimiento promedio de frijol de temporal en el estado (0.5 t ha⁻¹). Utilizando una distancia de siembra de 40x30 cm, las dos variedades obtuvieron rendimientos mayores a las 2 t ha⁻¹, por encima del rendimiento promedio nacional para el cultivo de frijol utilizando riego (1.7 t ha⁻¹).

Cuadro 6. Rendimiento (kg ha⁻¹) de frijol Azufrado Higuera y Negro Jamapa con diferentes densidades de siembra y la dosis de fertilización D3 en un suelo Vertisol en Tabasco, México.

Variedad	Densidad utilizada	Densidades de siembra modificadas	
	17,857 plantas ha ⁻¹ (80x70)	50,000 plantas ha ⁻¹ (50x40)	83,333 plantas ha ⁻¹ (40x30)
Azufrado Higuera	565	1,580	2,633
Negro Jamapa	455	1,275	2,125

CONCLUSIONES

La fertilización con N, P y K tuvo un efecto positivo sobre la producción de materia seca y el rendimiento de grano. La producción de biomasa aérea (hoja, peciolo, tallo y fruto) y peso seco de la biomasa total, fue en ambas variedades mayor en los tratamientos fertilizados. Solo el frijol negro Jamapa presentó diferencias significativas en la biomasa aérea y biomasa total, entre los niveles de fertilización. La producción de biomasa radical no presentó diferencias entre los niveles de fertilización en ninguna de las dos variedades evaluadas. El mayor rendimiento se obtuvo con la dosis de fertilización más alta en las dos variedades, significativamente superior al obtenido en el testigo para la variedad negro Jamapa.

LITERATURA CITADA

- Araújo S. A., M. G. Teixeira y D. Lopes A. 2000. Crescimento e produção de cultivares de feijoeiro em seis níveis de fósforo no solo sob fixação biológica de nitrogênio. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília. 35 (4):809-817.
- Arellano A. S., E. S. Osuna C., M. A. Martínez G. y L. Reyes M. 2015. Rendimiento de frijol fertilizado con estiércol bovino en condiciones de secano. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(3):313-318.
- CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Guía de estudio. 2ª edición. Cali, Colombia. (Serie: 04SB-09. 01), 49 p.
- CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical 1988. Conceptos básicos de la fisiología del frijol: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia (serie: 04SB-07-01), 56p.
- Escalante E. J. A. y J. Kohashi S. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 84p.
- Fageria, N. K.; V. C. Baligar 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy* 88:97-185.

- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2016. Legumbres semillas nutritivas para un futuro sostenible. 196 p., <http://www.fao.org/publications>.
- García S. J. P., J. J. Lucena M., S. Ruano C. y M. Nogales G. 2010. Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España. Parte I. Gobierno de España. Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España. 120 p.
- INEGI. 1999. Tabasco Hoy. Estadísticas y análisis descriptivo sobre temas geográficos, demográficos, sociales, económicos y de administración pública del estado de Tabasco. 1ª edición. Aguascalientes, Ags. México. 172 p., www.inegi.gob.mx.
- Kohashi S. J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol *Phaseolus vulgaris* L. y su relación con el rendimiento. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. De México. 44 p.
- Lara F. M. 2015. El cultivo de frijol en México. Revista digital universitaria. Universidad Nacional Autónoma de México 16(2):1607-6079.
- López-Salinas E., O. H. Tosquy-Valle, B. Villar-Sánchez, J. A. Acosta-Gallegos, J. R. Rodríguez-Rodríguez y P. Andrés-Meza 2015. Rendimiento y estabilidad de líneas mejoradas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, México. Revista Fitotecnia Mexicana 38(2):173-181.
- Martínez R. E. 2003. Diversity of *Rhizobium-Phaseolus vulgaris* symbiosis: overview and perspectives. *Plant and Soil* 252:11–23.
- Martínez G. M. A., C. Jasso C. y J. Huerta D. 2012. Efecto de dosis de fertilización con fertirriego y labranza de conservación en el rendimiento de frijol y propiedades del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(8):1551-1564.
- Padilla V. I., R. A. Salinas P., J. A. Acosta G. y F. G. Rodríguez C. 2008. Adaptación y estabilidad del rendimiento en genotipos de frijol azufrado en el sur de Sonora, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3):225-233.
- Palma L. D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J. Rincón-Ramírez 2007. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. 3ª. ed. ISPROTAB-Fundación produce Tabasco. Colegio de Postgraduados. 199 p.
- Ramos M. A. 2009. Abonado de las leguminosas de grano. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Edi. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. Parte II. pp:143-148.
- Rodríguez, S. J. 1990. La fertilización de los cultivos: Un método racional. Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. ANAGRA, S.A.
- Rodríguez R. J. R., E. López S. y O. H. Tosquy V. 2014 a. Componentes del rendimiento del frijol negro en diferentes fechas de siembra durante ciclo otoño-invierno en el norte de Veracruz, México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2(3):266-270.
- Rodríguez R. J. R., O. H. Tosquy V. y E. López S. 2014 b. Producción de materia seca en cinco fechas de siembra durante el ciclo otoño-invierno en el norte de Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2(3):465-470.
- Sahrawat K. L., W. Suhas P., P. Gazula H. I. and K. Murthy V. S. 2010. Diagnosis of secondary and micronutrient deficiencies and their management in rainfed agroecosystems: case study from Indian semi-arid tropics. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 41(3):346-360.
- Sattari S. Z., M. K. Van Ittersum, A. F. Bouwman, A. L. Smit and B. H. Janssen 2014. Crop yield response to soil fertility and N, P, K inputs in different environments: Testing and improving the QUEFTS model. *Field Crops Reserch* 157:35-46.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2002. Norma Oficial Mexicana (NOM-21-SEMARNAT-2000) que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2002. México. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/021.pdf> (15/03/14).
- SIAP, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera 2016. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Cierre de la producción agrícola por cultivo <http://www.siap.gob.mx>. (20/06/16).
- Silva, C. C. da., P. M. da Silveira 2000. Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 30 (1):86-96.
- Volke H., V. y J.D. Etchevers B. 1994. Recomendaciones de fertilización para cultivos: necesidad y perspectivas de una mayor precisión. Cuaderno de edafología 21. Instituto de Recursos Naturales. Programa de edafología, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México, México. 43 p.
- Zucareli, C., Prando, A. M., Ramos Junior, E. U., & Nakagawa, J. 2011. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. *Revista Ciência Agronômica*, 42, 32-38.

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO PARA MAÍZ DE TEMPORAL EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

DETERMINATION OF THE PRODUCTIVE POTENTIAL FOR RAINFED CORN IN THE YUCATAN PENINSULA

¹Ramírez JG, ²Lozano CM, Ramírez Silva JH.

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

²Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste-INIFAP. Km 25 Antigua Carretera Mérida-Motul.C.P.97454. Mocochoá, Yucatán.

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

RESUMEN

En México y en la región de la península de Yucatán, es por mucho el cultivo agrícola más importante, desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social; se produce en dos ciclos productivos: primavera-verano y otoño-invierno, bajo las más diversas condiciones agroclimáticas, de humedad, temporal y riego. En la península de Yucatán el ciclo más importante por superficie, social y alimentario es el de primavera-verano bajo condiciones de temporal. En la península de Yucatán se siembra maíz en los tres estados con rendimientos medios muy por debajo de la media nacional (1.37 vs. 2.17 t/ha) y la producción no satisface ni el 25 % de la demanda, lo que es un hecho que no necesariamente se está produciendo en los mejores sitios. En el presente trabajo el objetivo fue determinar en donde existen las mejores condiciones para producir maíz de temporal en el ciclo Primavera-Verano (P-V) en la región de la península de Yucatán. Se hizo uso del Sistema de Información Geográfica Arc/View 3.3 y las bases de datos de clima, suelo y elevación digital de que dispone el INIFAP. Se determinaron más de 138 mil hectáreas con alto y muy alto potencial, con predominio en el estado de Campeche.

Palabras clave: *Áreas potenciales, requerimientos agroecológicos, regionalización.*

INTRODUCCIÓN

El aumento de la productividad del maíz, su producción y utilización en los trópicos no son una elección sino una necesidad. Muchos países en los trópicos están sometidos a una fuerte presión demográfica y encaran una alta tasa de incremento de la población. Estos miles de millones de personas no solo deben ser alimentados a niveles de sustentación, sino que deben urgentemente mejorar su nivel nutricional, especialmente los sectores de menos recursos. El potencial para incrementar la producción de maíz que satisfaga esas necesidades alimenticias es sin duda superior en el caso del maíz que en el de otros cereales.

En México de acuerdo con estimaciones de ASERCA/SAGARPA se consideraba un déficit en granos básicos de más de 14 millones de toneladas, de las cuales 11 correspondían a maíz (1.1 de maíz blanco y 9.9 de maíz amarillo).

Para el caso de la Península de Yucatán cuando mejor le va en cuanto a condiciones agroclimáticas se han logrado producir hasta más de 500 mil toneladas y los requerimientos para el consumo humano y la industria pecuaria son de más de 2.0 millones de toneladas, es decir solo se produce aproximadamente el 25 % de los requerimientos de la región.

Ante tal situación de déficit en la región de la Península de Yucatán, algunas de las preguntas que surgen son: ¿Estamos produciendo este grano donde existen las mejores condiciones naturales para su desarrollo? ¿Aplicamos la tecnología para mejorar su producción y productividad? ¿Requerimos de un proceso de reconversión productiva?

En un escenario donde a nivel mundial se incrementa la demanda del grano y por lo tanto los precios por crecimiento natural de la población y diversificación de los usos del mismo, si no logramos dar respuesta a estas preguntas peligra la seguridad alimentaria del país y en particular de la Península de Yucatán.

Una de las herramientas que nos pueden apoyar para responder a este tipo de problemas son los Sistemas de Información Geográfica, los cuales surgen como una poderosa herramienta para el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos estadísticos, espaciales y temporales, que son necesarios para generar de una forma flexible, versátil e integrada, productos de información ya sean mapas o informes para la toma de decisiones sobre el uso sustentable de los recursos naturales (FAO, 1997).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica. El estudio se realizó en el área de Sistemas de Información Geográfica del Centro de Investigación regional sureste y se aplicó para la región de la Península de Yucatán, la cual está situada en el extremo sureste de la República Mexicana, limita hacia el Sur con la República de Guatemala y Belice, al Occidente y al Norte con el Golfo de México y al Este con el Mar Caribe. En ella se sitúan los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, y presenta las siguientes coordenadas extremas: al norte 21° 39' al sur 17° 53', al este 86° 42' y al oeste 92° 27'. La superficie total es de 14'729,429 hectáreas que representan el 7. 8 % de la superficie del país.

Para procesar y analizar la información se optó por utilizar el software Arc/View versión 3.3., e Idrisi32 versión 32.22. Estos softwares permiten representar datos georeferenciado, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis.

Con el fin de caracterizar el medio físico de los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán y zonificar las áreas potenciales para maíz, se utilizaron las bases de datos que a nivel estatal dispone el INIFAP, la cual consta fundamentalmente de tres componentes:

Modelo de Elevación Digital. El modelo de elevación digital procede de INEGI y tiene valores de altitud cada 3 segundos de arco (aproximadamente una cuadrícula de 90x90m, es decir, 0.81 ha).

Base de Datos de Clima. Se obtuvieron los datos de las normales climatológicas del Sistema Meteorológico Nacional para los estados que conforman la región de la Península de Yucatán y las estaciones de los estados circunvecinos situadas a menos de medio grado de latitud o longitud del límite estatal, estas se revisaron para seleccionar las estaciones más confiables utilizando los paquetes Supercalc 4.0 y Wordstar 4.0. Con la base de datos de clima dentro del GIS (Idrisi), se generan otras variables como temperatura media, índices P/E, unidades calor entre otras; es posible hacerlo para cada mes o para dos o más meses del año.

Base de Datos de Suelo. Se digitalizaron las cartas edafológicas de INEGI de escala 1:250 000, 1: 500 000 y/o 1: 1,000 000, utilizando el GIS ARC/INFO para obtener información de unidades de suelo dominantes, fases físicas, fases químicas, texturas, cuerpos de agua y principales zonas urbanas.

Delimitación de Zonas de Alto Potencial Productivo. Con los tres componentes de la base de datos, se generan imágenes de elevación, pendientes, clima y suelos. Dichas imágenes se reclasificaron de acuerdo a los requerimientos para conocer donde se ubican las áreas que cubren los requerimientos del cultivo de maíz. Una vez reclasificados, se sobreponen por pares todas las imágenes que intervienen, para ubicar las zonas no **aptas** (existen varias limitantes físicas para su producción) y **alto y muy alto potencial** (las condiciones agroecológicas para producirlo en todas las variables consideradas como suelos, temperatura, precipitación, clima, altitud, topografía, son las óptimas).

Para el presente trabajo solo se están ubicando exclusivamente las áreas donde mejor interaccionan los recursos naturales para la producción de maíz de alto y muy alto potencial y no se están considerando las de bajo y mediano potencial.

Requerimientos agroecológicos de *Zea mays* L. Para determinar los criterios sobre los requerimientos agroecológicos del cultivo de maíz y definir las áreas con potencial bajo condiciones de temporal se consideró el Reporte Preliminar de los Requerimientos de los cultivos de FAO (1993, ECOCROP), el cual integra información de más de 2000 especies vegetales y el libro técnico de INIFAP sobre Requerimientos Agroecológicos de Cultivos (Ruiz C, A. *et al*, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Requerimientos Agroecológicos de Maíz.

De acuerdo al Reporte Preliminar de los requerimientos de especies vegetales de FAO, la documentación de INIFAP y la experiencia en la región, los requerimientos para maíz se definen a continuación:

Suelos.

Los suelos más favorables para el cultivo de maíz, son aquellos bien drenados y con buena retención de humedad; en consecuencia, deben evitarse los suelos con texturas extremas. Prefiere suelos franco-limosos, franco arcillosos y franco arcillo-limosos (Benacchio, 1982).

En la Península de Yucatán, los suelos más apropiados para el desarrollo del maíz son los Luvisoles de acuerdo a la clasificación FAO/UNESCO y que regionalmente se les conoce como K'ankab, son susceptibles de mecanización, presentan buen drenaje, con bajo a mediano contenido de materia orgánica y baja retención de humedad. Las asociaciones de Luvisoles con Rendzinas y Cambisoles también se consideraron como óptimo, pero solo en un 10 %, ya que el otro 90 % se considera como subóptimos por

su pedregosidad, las Rendzinas y sus asociaciones por el grado de pedregosidad fueron considerados como subóptimos y como no aptos a los Vertisoles, Regosoles y Gleysoles, así como a sus asociaciones. Precipitación de junio a octubre.

El 80 a 85 % de la precipitación de la Península de Yucatán ocurre de junio a octubre y es la mejor época para producirlo de temporal. El maíz prefiere regiones donde la precipitación media anual va de los 1000 a 1500 mm. Son períodos críticos por necesidad de agua la germinación, las primeras tres semanas del desarrollo y el período comprendido entre 15 días antes de la floración hasta 20 días después. puede cultivarse en regiones con una precipitación media de junio a octubre de 750 a 1000 mm y lluvias uniformemente distribuidas en todos los meses; precipitaciones menores de 30 mm mensuales afectan desfavorablemente los rendimientos por su baja emisión foliar, número de flores y peso de los frutos.

En la Península de Yucatán se presentan en el norte y noroeste del estado de Yucatán (menores de 650 mm), condiciones subóptimas hacia el noreste de Yucatán y norte de Campeche y Quintana Roo y óptima (mayor de 750 mm) en el sur y noreste de Yucatán y centro y sur de los estados de Campeche y Quintana Roo.

Altitud.

La altura en metros sobre el nivel del mar (msnm) es un factor que está relacionado con algunos aspectos climáticos; por tal motivo, las plantaciones no deben establecerse en altitudes superiores a los 3300 msnm (González, 1984 y Purseglove, 1985). En la Península de Yucatán las altitudes no sobrepasan los 400 msnm y las condiciones son óptimas para el desarrollo del maíz.

Topografía.

Se deben preferir terrenos planos o ligeramente ondulados, ya que en terrenos muy accidentados se elevan los costos de producción al requerir de mayor número de jornales para las prácticas de cultivo y cosecha. Para la Península de Yucatán se consideró como óptima las pendientes inferiores al 5 %, subóptima de 5 a 10 % y no aptas las mayores de 10 %.

Temperatura.

La temperatura condiciona los límites del cultivo de maíz. La temperatura óptima para la germinación esta entre 18 y 21°C; por debajo de los 13°C se reduce significativamente y de 10°C hacia abajo no se presenta germinación (Purseglove, 1985). La mayoría de los procesos de crecimiento y desarrollo en maíz están fuertemente influidos por temperaturas entre 10 y 28°C (Warrington y Kanemasu, 1983).

La temperatura media óptima se encuentra entre 18 y 24°C y la máxima umbral para desarrollar entre 32 y 35°C. El maíz es esencialmente una especie de clima cálido y semicálido. La combinación de temperaturas por arriba de los 38°C más estrés hídrico durante la formación de mazorca y el espigamiento impide la formación de grano. Mientras que temperaturas inferiores a 15.6°C retrasan significativamente la floración y la madurez (Baradas, 1994).

Se consideró como óptima la temperatura media anual de 24 a 27°C, por lo que la totalidad de la Península de Yucatán se encuentra en esta condición, no obstante, son frecuentes en la región sobre todo en la época de floración la combinación de periodos secos con la presencia de altas temperaturas que reducen el rendimiento del cultivo.

Áreas con Potencial Productivo para Maíz de Temporal en la Península de Yucatán.

Las áreas se calcularon en base a las áreas abiertas al cultivo, las cuales son utilizadas para fines agrícolas, pecuarios (forrajes) o forestales.

Áreas Potenciales para maíz de temporal.

En la mayor parte del territorio de la Península de Yucatán se presentan suelos pedregosos como las Rendzinas, Cambisoles y Litosoles que son suelos delgados que no sobrepasan profundidades de 30 centímetros, además de los suelos con problemas de drenaje como los Gleysoles, Vertisoles y Solonchak's, los cuales se consideraron como no aptos para el cultivo del maíz y solo se contemplaron los que presentan mejores condiciones para su cultivo que en este caso son los Nitisoles y Luvisoles férricos o ródicos localizados principalmente en el noreste de la Península y el centro de la misma en lo que es el sur de Yucatán, el centro-norte de Campeche y el centro-sur de Quintana Roo.

Si consideramos que los suelos Luvisoles se presentan en menor medida en la región, las áreas potenciales para su cultivo son 100,000.00 hectáreas, que de aprovecharse eficientemente pueden llegar a producir de 400,000 a 500,000 toneladas. Su distribución y cantidad por estado y por región, se presenta en el mapa anexo en las figuras 1 y 2.

Campeche.

La superficie sembrada en 2016 en Campeche en el ciclo P-V bajo condiciones de temporal fue de 176 mil hectáreas y las de muy alto potencial representan 34 mil hectáreas y las de alto potencial 74 mil hectáreas

para un total de 108 mil hectáreas. La superficie sembrada supera en 68 mil hectáreas a la superficie potencial, lo que plantea un problema que puede ser resuelto mediante la conversión tecnológica y/o de cultivos.

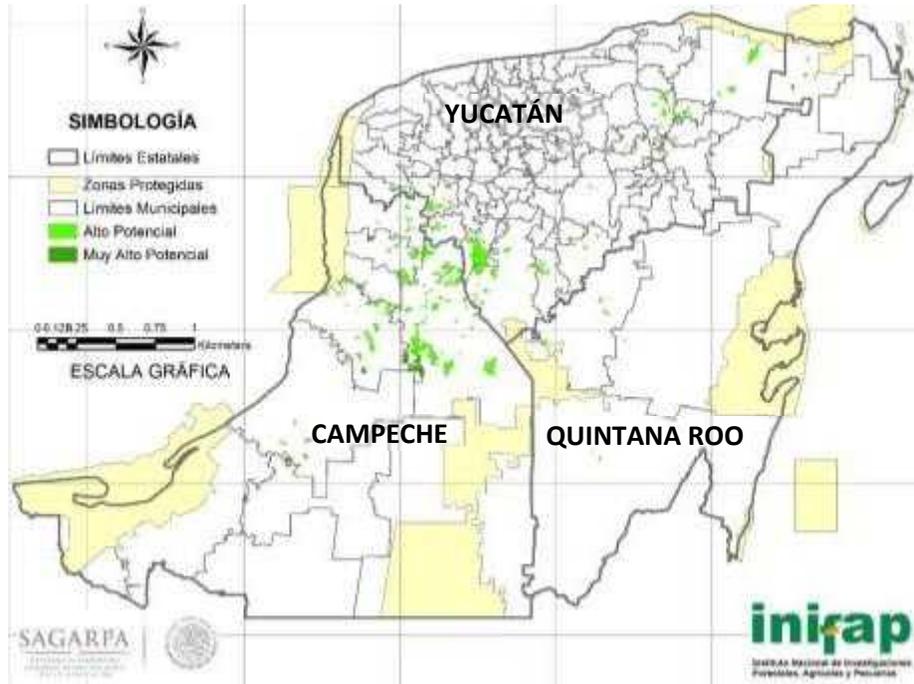


Figura 1, Áreas Potenciales para el cultivo del maíz en la península de Yucatán.

Quintana Roo.

La superficie sembrada en 2016 en Quintana Roo en el ciclo P-V bajo condiciones de temporal fue de 69 mil hectáreas. El potencial en la entidad es de 661 hectáreas de muy alto potencial y 2,831 de alto potencial, para un total de 3,492 hectáreas. La superficie sembrada supera en 65 mil hectáreas a la superficie potencial, lo que plantea también en este estado un problema que puede ser resuelto mediante la conversión tecnológica y/o de cultivos.

Yucatán. La superficie sembrada en 2016 en Quintana Roo en el ciclo P-V bajo condiciones de temporal fue de 106 mil hectáreas. El potencial en la entidad es de 3,434 hectáreas de muy alto potencial y 12 mil de alto potencial, para un total de 3,492 hectáreas. La superficie sembrada supera en 91 mil hectáreas a la superficie potencial, lo que plantea también en este estado un problema que puede ser resuelto mediante la conversión tecnológica y/o de cultivos.



Figura 2. Superficie sembrada de Maíz en 2016 y zonas de alto y muy alto potencial por estado y total en la península de Yucatán.

CONCLUSIONES

Los suelos y la precipitación son dos de las variables más importantes para la determinación de las zonas de alto y muy alto potencial en la península de Yucatán.

Existen 89 mil hectáreas de alto potencial y 38 mil de muy alto potencial, que de aprovecharse eficientemente con un rendimiento conservador de 4.0 toneladas por hectárea pueden incluso superar hasta en un 100 % a las 222 mil toneladas que se produjeron en 2016.

El estado de Campeche es el que presenta de los tres estados de la Península de Yucatán, las mejores condiciones para producir la gramínea.

El estado de Quintana Roo es el que presenta las condiciones más desfavorables en la Península de Yucatán para producir maíz en la región.

LITERATURA CITADA

- Baradas, M. W. 1994. Crop requirements of tropical. In: handbook of agricultural meteorology. J. F. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press New York.
- Benacchio, S. S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nacional de Investigación Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela.
- González, M. 1984. Especies vegetales de importancia económica en México. Ed. Porrúa. México, D. F.
- Purseglove, J. W. 1985. Tropical crops: Monocotyledons. Longman Scientific and Technical. New York, USA.
- Ruiz, C. J. A. et al. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. Libro Técnico No. 3. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. INIFAP. SAGAR. Guadalajara, Jalisco. México.
- Warrington, I. J. and E. T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. Agron. J. 75: 749-754.

GERMINACIÓN DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ BAJO ESTRÉS HÍDRICO SIMULADO. GERMINATION OF EXPERIMENTAL MAIZE HYBRIDS UNDER SIMULATED WATER STRESS

Rangel Fajardo MA¹, Manriques Camaal L², Burgos Díaz JA¹, Tucuch Haas JI¹ Villalobos González A³,
Nava García JR.⁴

¹INIFAP. CIRSE. Campo Experimental Mocochoá. km 25 Antigua carretera Mérida-Motul. CP.97454.

²Instituto Tecnológico del Sur del Estado de Yucatán. Oxxutzcab, Yucatán.

³INIFAP. CIRSE. Campo Experimental Edzná.

⁴INIFAP. CIRSE. Campo Experimental Chetumal

Autor para correspondencia: rangel.alma@inifap.gob.mx

RESUMEN

La disponibilidad de agua para la producción agrícola es esencial. La producción de maíz, bajo sistema de temporal, en México supera el 70%, en las regiones agrícolas de la península de Yucatán se reportan con baja precipitación o muy errática provocando pérdidas totales. Una etapa crítica para el establecimiento de un cultivo es contar con la humedad necesaria que permita la germinación. Por lo anterior el objetivo de la investigación fue identificar materiales de maíz que respondan favorablemente a condiciones de estrés hídrico particularmente durante la fase de germinación y establecimiento. Se emplearon 9 híbridos experimentales bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Se realizó una prueba de germinación bajo condiciones de estrés simulado por medio de PEG 8000. Entre toallas de papel, previamente humedecidas, de acuerdo con el tratamiento de PEG 8000 (0, -0.75MPa, -1 MPa y -1.5MPa) se colocaron cuatro repeticiones de 25 semillas y fueron enrolladas en forma de "taco". Las semillas se expusieron por 24 horas al PEG 8000, posteriormente los riegos de los "tacos" fueron con agua destilada. Se realizaron los conteos al cuarto día y al séptimo de las semillas germinadas y fue reportado como porcentaje de germinación. En una muestra de 10 plántulas de cada repetición, resultado del último conteo de germinación, se midió longitud y peso por separado parte aérea y raíz. Se registraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas, resaltando los materiales H1 y H2, este último se mantuvo con buena germinación hasta -1MPa y mantuvo los valores más altos de las variables morfométricas. El H516 fue el más afectado entre más negativo fuera el potencial.

Palabras clave: PEG 8000, estrés, maíz, establecimiento.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua durante el establecimiento de los cultivos es esencial, de ella dependerá en gran parte el éxito del cultivo. La germinación de las semillas es el primer paso para el inicio de un ciclo de cultivo exitoso, esta etapa depende de la calidad de la semilla y de las condiciones de humedad presentes en el suelo durante la siembra (González et al., 2007).

Durante la germinación de las semillas, el agua es un elemento esencial, ya que de ella depende que se inicie la imbibición y consecuentemente la activación de procesos metabólicos, como rehidratación, mecanismos de reparación (membranas, proteínas y ADN), elongación celular y aparición de la radícula (Dubreucq et al. 2000). Existen diversos estudios referentes a la tolerancia a sequía, sin embargo, se enfocan a las etapas de desarrollo y reproductivas de los cultivos, sin tomar en cuenta el proceso inicial de todo ciclo de cultivo, la germinación.

La eficiencia de las semillas a germinar bajo condiciones estresantes de humedad puede ser usadas como indicador de tolerancia a sequía (Méndez *et al.* 2010). Rangel-Fajardo *et al.* (2014) reportan que la cantidad de agua necesaria para la germinación en maíz es cambiante hasta dentro de lotes de semilla homogéneos, sin embargo, se concluyó que es necesario aproximadamente 300 gH₂Okg⁻¹ de agua en la semilla o de 500 gH₂Okg⁻¹ en el embrión para que se dé la germinación en sentido estricto. Durante el establecimiento del cultivo se presenta la germinación, esta etapa es la primera exigencia de humedad ya que, si no se cuenta con la suficiente agua disponible en el suelo, el establecimiento del cultivo será heterogéneo y en consecuencia se contará con baja densidad y bajos rendimientos. La respuesta de las semillas a la sequía puede ser un indicador de la tolerancia a la sequía de las plantas (Méndez *et al.* 2010). Debido a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar híbridos experimentales de maíz bajo condiciones de estrés hídrico simulado por medio de soluciones osmóticas con la finalidad de identificar los híbridos con mejor respuesta bajo estas condiciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron ocho híbridos experimentales los cuales fueron denominados como H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7 y H8 y un híbrido comercial conocido como H516 propiedad de INIFAP. Toda la semilla empleada fue resultado de una cosecha reciente.

Se realizó una evaluación física de la semilla donde se determinó peso de 100 semillas por medio de metodología propuesta por Moreno (1996) donde se tomaron muestras de 100 semillas de cada uno de los híbridos evaluados, se pesaron individualmente cada una en una báscula Velab mod. VE-1000, los pesos fueron registrados y se obtuvo el promedio y la desviación estándar.

Previo a la evaluación de estrés se realizó una prueba de germinación, para conocer el porcentaje inicial de cada uno de los materiales. Cuatro muestras de 25 semillas cada una fueron colocadas entre toallas de papel de 24 x 23.5 cm (Marquis Georgia-Pacific) humedecidas con agua destilada. Éstas se enrollaron en forma de taco y se colocaron en una cámara de germinación a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. El primer conteo de semillas germinadas se realizó cuatro días después de la siembra y el segundo a los siete días, Al finalizar la prueba se contabilizó plantas normales, anormales y muertas y se obtuvo el porcentaje de germinación considerando únicamente las plantas normales germinadas (ISTA, 2005).

Estrés hídrico inducido.

Para generar las condiciones de estrés hídrico se empleó Polietilen glicol 8000 (PEG 8000). Se prepararon tres soluciones con diferente potencial osmótico -0.75, -1 y -1.5 MPa (Ojeda-Silvera *et al.*, 2013). Para conocer la cantidad de PEG 8000 necesario para obtener los potenciales hídricos deseados se utilizó la fórmula propuesta por Burlyn (1983).

$$[\text{PEG}] = \frac{[4 - (5.1 \varphi - 5 \varphi + 1)^{0.5}]}{2.5 T - 2}$$

donde:

[PEG]: kilogramos de PEG por litro de agua destilada

φ : Potencial osmótico requerido en bares (1 bar = 0.1 MPa)

T: Temperatura de preparación de la solución.

Se emplearon 100 semillas de cada material por potencial osmótico, repartidas en cuatro repeticiones de 25 semillas. Fueron colocadas entre toallas de papel de 24 x 23.5 cm (Marquis Georgia-Pacific) previamente humedecidas con la solución de PEG correspondiente. Las toallas de papel con las semillas fueron enrolladas en forma de taco y se colocaron en la cámara de germinación a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. La germinación fue evaluada a partir del día cuatro después de la siembra, se consideró como germinada toda semilla que presentara protrusión radical superior a 5mm.

Se evaluó germinación total que fue expresada en porcentaje, longitud del tallo tomada desde el nudo del eje coleóptilo hasta la punta de la primera hoja y raíz registrada en centímetros, peso fresco y peso seco de ambas estructuras expresada en gramos (variables morfométricas).

El experimento se desarrolló en un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos factores (híbridos evaluados y la intensidad del estrés simulado). Los resultados fueron analizados con ayuda de SAS 9.11. Los porcentajes de germinación fueron transformados a fin de que presentaran una distribución normal. La comparación de medias fue realizada con Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los híbridos evaluados presentaron porcentaje de germinación satisfactorio, aunque el híbrido H3 registro el porcentaje más bajo (93 %), la media de germinación se registró por arriba del 90 %. En cuanto al peso de 100 semillas la de menor peso fue el híbrido H6 el cual registro 31 gramos, mientras que el híbrido de mayor peso que fue H516 el cual registro un peso por arriba de 40 gramos.

Respuesta a estrés hídrico simulado.

Las variables respuestas en cada uno de los factores evaluados registraron diferencias ($p < 0.05$). En la variable germinación, el H1 reportó la más alta, por otro lado, la variable de longitud de tallo el H6 superó al resto, sin embargo, H2 arrojó los valores más altos en peso de fresco y seco de tallo. La longitud de raíz sobresalió el H2 al igual que en peso fresco y seco, los H1, H3 y H4 no registraron diferencias ($p > 0.50$) con respecto a H2 (Cuadro 1).

El factor de potencial osmótico registro diferencias ($p < 0.05$), los valores más altos se registraron en el potencial de -0.75 MPa en todas las variables evaluadas, superando a el testigo (0 MPa) y a -1 MPa. En el caso de -1.5 MPa no hubo germinación en ningún híbrido por lo que el resto de las variables quedaron en cero (Cuadro 1).

Los resultados observados coinciden con otros autores (Ojeda-Silvera *et al.*, 2013; Méndez *et al.*, 2010) quienes indican que entre más negativo sea el potencial provoca reducción en la germinación. De acuerdo con Bradford (1986) el uso del polietilén glicol retrasa el proceso de germinación ya que retiene el agua del entorno de la semilla evitando la hidratación de estructuras fundamentales para la activación de sistemas de restauración y movilización de reservar. Sin embargo, el uso de polietilén glicol se ha empleado como una técnica de osmocondicionamiento para mejorar la germinación en términos de uniformidad y velocidad, como lo indica Marín *et al.* (2007) al tratar semillas de cebolla con diferentes agentes osmóticos y aunque el PEG no supero al testigo, si fue mejor que el resto de tratamientos. En semillas de chile habanero se ha visto un efecto positivo en cuanto al tiempo de emergencia en semillas tratadas con PEG 8000 (Garraña-Hernández *et al.* 2014). En cuanto al desarrollo de las estructuras morfométricas Valle *et al.* (2017) encontraron efecto positivo en el uso de PEG en semillas de maíz palomero, las cuales registraron estructuras más largas y de mayor peso que el testigo.

Cuadro 1. Variables respuesta de híbridos de maíz y potenciales osmóticos empleados para la simulación de estrés hídrico.

Material	Germinación (%)	Tallo			Raíz		
		Longitud (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Longitud (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
H1	63.5 a	4.53 d	2.82 b	0.29 bc	8.69 ab	6.66 a	3.06 a
H2	50.75 c	6.27 ab	3.80 a	0.44 a	10.44 a	6.98 a	2.76 a
H3	50.25 c	5.18 cd	2.78 b	0.27 bcd	8.52 b	6.96 a	3.35 a
H4	49.75 cd	6.54 ab	3.55 a	0.36 ab	9.46 ab	6.86 a	2.94 a
H5	52.5 bc	6.64 ab	2.19 bc	0.21 cde	8.05 b	3.32 c	1.44 bc
H6	54.5 bc	7.08 a	1.91 c	0.18 de	8.32 b	2.32 d	1.19 c
H7	53.5 bc	5.96 bc	2.31 bc	0.23 cde	8.19 b	4.07 bc	1.61 bc
H8	59 ab	6.98 a	2.71 b	0.24 cde	8.88 ab	3.95 bc	1.69 bc
H516	42 d	4.27 d	1.67 c	0.16 e	5.64 c	4.28 b	1.95 b
dms	7.95	0.92	0.71	0.11	1.89	0.85	0.65
Potencial osmótico							
0 MPa	79.56 b	6.57 b	2.74 b	0.23 b	10.97 b	6.47 b	2.68 b
-0.75 MPa	93.78 a	11.89 a	6.33 a	0.77 a	14.88 a	9.68 a	4.03 a
-1 MPa	38.1 c	5.29 c	1.48 c	0.19 c	8.01 c	4.04 c	2.19 c
-1.5 MPa	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d
dms	4.37	0.5	0.39	0.3	1.04	0.47	0.35

Medias con la misma letra en cada variable y para cada factor no son estadísticamente diferentes. Tukey 0.05.
dms: diferencia mínima significativa.

Al revisar la respuesta de germinación de los nueve híbridos sometidos a estrés hídrico bajo diferente a la condición hídrica (Figura 1), se pudo observar un incremento en la germinación en H1, H2, H3, H4, H5 y H516 en el potencial de -0.75 MPa mientras que el resto se mantuvo por igual que el testigo, sin embargo, al subir el potencial a -1 y -1.5 MPa la germinación se redujo hasta cero.

La exposición de las semillas al polietilén glicol con bajo potencial (-0.75 MPa) ocasiono un efecto de revigorización que se vio reflejado en incremento el porcentaje de germinación hasta alcanzar 100 %, como en el caso del H1 y H2 los cuales superaron en 10 y 52 puntos, respectivamente, a la respuesta del testigo. Esto ha sido explicado por algunos autores, quienes indican que es una práctica útil para el establecimiento de cultivos heterogéneos o con bajo poder germinativo (Pernús y Sánchez, 2015).

El uso de los potenciales de -1 y 1.5 MPa hicieron decaer drásticamente la respuesta a germinación. Los híbridos con mayor pérdida de respuesta fueron para el H516 y H7 quienes perdieron 69 puntos con respecto al testigo en el primer potencial. Para el híbrido H2 no sufrió afectación ya que conservó el porcentaje de germinación con 10 puntos por arriba que el testigo. Los híbridos con menor reducción en la germinación fueron H1 y H3 con disminuciones respecto al testigo que fueron de 27 y 23 puntos respectivamente; mientras que para el resto las pérdidas fueron de 33, 45, 58 y 59 para los híbridos H4, H5, H6 y H8 respectivamente. Lo que nos indica que el agua retenida a -1 MPa es de difícil disposición para iniciar el proceso de germinación. Cuando los híbridos fueron sometidos a un potencial de -1.5 MPa

la respuesta de germinación en todos los casos fue de cero. Estos resultados son similares a lo encontrado por Ojeda-Silvera *et al.* (2013) en semillas de albahaca, las cuales presentaron reducciones de germinación en todos los materiales evaluados al superar -0.75 MPa. Por otro lado, Tsoukrianis *et al.* (2009) reportan germinación, en materiales de maíz tolerantes a sequía, en potenciales de -1.28 y -1.58 MPa, lo que abre la posibilidad de poder identificar materiales que respondan adecuadamente bajo condiciones de estrés hídrico.

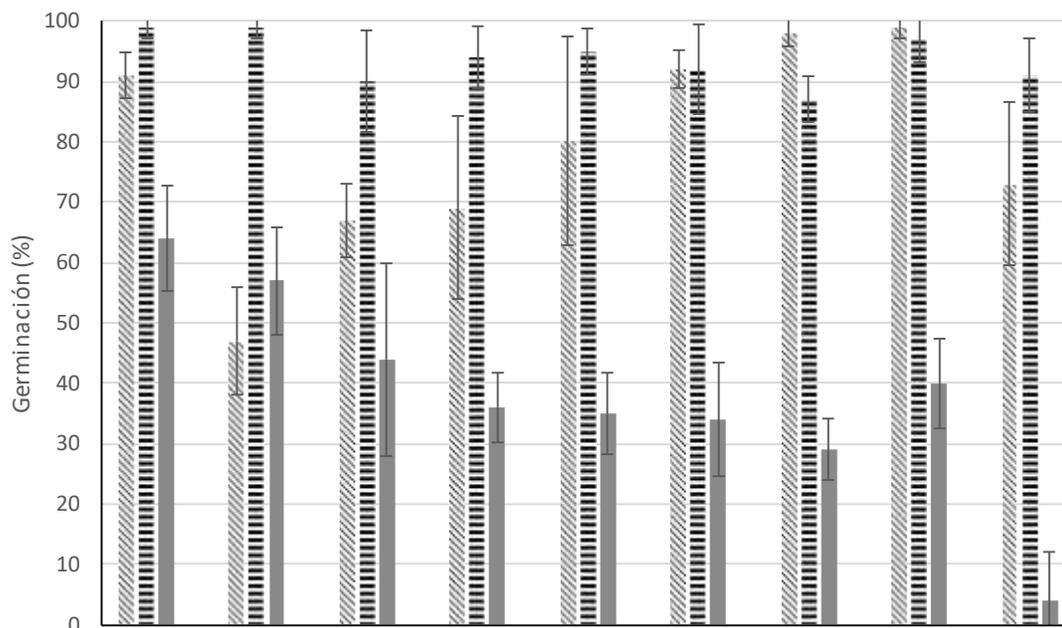


Figura 1. Germinación de híbridos de maíz sometidos a diferentes condiciones de estrés hídrico.

CONCLUSIONES

El empleo de sustancias osmocondicionadoras para la simulación de estrés hídrico es una alternativa para la identificación de materiales tolerantes. Es necesario realizar estudios más detallados, ya que la respuesta a estrés dependerá de cada material e incluso en lotes homogéneos. En este trabajo el H2 fue el material con mejor respuesta.

LITERATURA CITADA

- Bradford K J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. HortScience. 21-1105:1112.
- Burlyn E M. 1983. Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in absence and presence of other solutes. Plant Physiology. 72:66-70.
- Dubreucq B, N Berger, E Vincent, M Boisson, M Caboche & L Lepiniec (2000) The Arabidopsis AtEPR1 extensin-like gene is specifically expressed in endosperm during seed germination. Plant Journal 23: 643-652.
- Garruña-Hernández R., Latournerie-Moreno L., Ayala-Garay O., Santamaria M J. Pinzón López L. 2014. Acondicionamiento pre- siembra: una opción para incrementar la germinación de semillas de chile habanero (*Capsicum chinenses* Jacq.). Agrociencia. 48:413-423.
- González L M., Estrada A., Zaldivar N., Argente L. 2007. Tolerancia a la sequía en diferentes variedades de trigo sobre la base de algunas variables del régimen hídrico y la concentración de pigmentos en estadio de plántula. Revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias. 16: 45-49.
- International Seed Testing Association (ISTA) 2005. International Rules for Seed Testing. Switzerland.
- Marín S J., Mejía C J., Hernández L A., Carballo C A., Peña L A. 2007. Acondicionamiento osmótico de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.) Agricultura Técnica de México. 33: 63-71.
- Méndez N J., Ybarra P F., Merazo P J. 2010. Germinación y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz bajo soluciones osmóticas. V. Polietilenglicol. Revista Tecnológica ESPOL-RTE. 23:49-54.
- Moreno M E. 1996. Análisis físico y biológico de las semillas agrícolas. Universidad Autónoma de México. México. DF. 393p.
- Ojeda Silvera C M., Murillo Amador B., Reynaldo Escobar I M., Troyo Diéguez., Ruiz Espinoza F H., Nieto Garibay A. 2013. Estrés hídrico en la germinación y crecimiento de plántulas de genotipos de albahaca *Ocimum basilicum* L. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4:229-241.
- Pernús M y Sánchez J A. 2015. Salinidad en Cuba y tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de semillas. Pastos y Forrajes. 38:379-392.

- Rangel-Fajardo M A., Córdova-Téllez L., Cárdenas-Soriano E. 2014. Pérdida de tolerancia a la desecación durante la imbibición-germinación en semillas de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:833-845.
- Tsougkrianis N., Peña-Valdivia C B., Trejo L C., Molina G J D. 2009. El potencial de agua del sustrato en la germinación de maíces con tolerancia y sensibilidad a la sequía. *Agricultura Técnica en México*. 34: 363-369.
- Valle M R., Covarrubias P J., Ramírez P J G., Aguirre M C L., Iturriaga de la F. y Raya P J C. 2017. Efecto del osmoacondicionamiento sobre la germinación del maíz tipo palomero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8:307-319.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

PRODUCTIVE POTENTIAL OF TRILINEAL MAIZE HYBRIDS FOR THE HUMID TROPIC OF MEXICO

¹Barrón Freyre S, ²Sierra Macías M, ²Rodríguez Montalvo FA.

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

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Km 34 Carretera Veracruz-Córdova, Medellín de Bravo, Veracruz, México.

Autor para correspondencia: barron.sabel@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la región tropical del país se siembran 3.2 millones de hectáreas de maíz, de las cuales un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y donde es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas ya que estos expresan al máximo su potencial genético bajo condiciones favorables de clima suelo y manejo por parte de los agricultores (Sierra *et al.*, 2001). Sin embargo, los rendimientos promedio en esta región son bajos, debido entre otras razones al escaso uso de semilla mejorada, no obstante que existen híbridos y variedades mejoradas de maíz y la tecnología de producción con los cuales es factible incrementar la producción actual de este cultivo. Para conocer el rendimiento y características agronómicas de híbridos trilineales de maíz en el área tropical húmeda de México, en el ciclo P-V 2016 se estableció un ensayo de 36 tratamientos en la Ranchería Otra Banda 2ª Sección de Huimanguillo, Tabasco, (17° 48' 56'' N, 93° 22' 40.5' W y 23 msnm), en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones; la densidad fue de 62,500 plantas por hectárea y se fertilizó con la fórmula 160-60-60 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. De los resultados se concluyó que los híbridos trilineales con el mejor rendimiento y características agronómicas aceptables son (LT-164 X LT-165) X LT-172, (LT-171 X LT-172) X LT-164 y (LT-154 X LT-155) X LT-164 con 5918 kg ha⁻¹, 5664 kg ha⁻¹ y 5472 kg ha⁻¹ respectivamente; por los días a floración masculina y femenina el grupo de híbridos evaluados se clasifican como de ciclo intermedio o tardío; por su altura de planta y de mazorca al grupo de genotipos evaluados se les clasifica como de porte intermedio y existe un alto porcentaje de híbridos con mala cobertura de mazorca, característica determinante para que un productor de autoconsumo utilice o no semilla mejorada.

Palabras clave: *Evaluación, trilineales, maíz.*

INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada, valor de la producción y ocupar el 20% de la población económicamente activa. El uso principal es como consumo directo en sus diferentes formas en la alimentación humana. Se reporta un consumo *per cápita* aparente de 209.8 kg. (Morris y López, 2000).

La superficie nacional en los últimos años es de alrededor de 8.2 millones de hectáreas, con una producción de 22 millones de toneladas de grano, de las cuales se utilizan para el consumo directo 12.3 millones de toneladas; de estas, el 36 % es a través de la industria harinera y 64% a través de la industria de la masa y la tortilla en el proceso de nixtamalización; sin embargo, año con año se importan de 5 a 7 millones de toneladas de grano amarillo para la industria de alimentos balanceados. (Betanzos *et al.*, 2003; SAGARPA, 2012).

En la región tropical del país se siembran 3.2 millones de hectáreas de maíz, de las cuales un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y donde es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas ya que estos expresan al máximo su potencial genético bajo condiciones favorables de clima suelo y manejo por parte de los agricultores (Sierra *et al.*, 2001). Sin embargo, los rendimientos promedio en esta región son bajos, debido entre otras razones al escaso uso de semilla mejorada, no obstante que existen híbridos y variedades mejoradas de maíz y la tecnología de producción con los cuales es factible incrementar la producción actual de este cultivo.

Durante los últimos años se generaron híbridos y variedades con gran potencial de rendimiento, adaptados a las condiciones tropicales húmedas del estado de Veracruz y Sureste del país, entre los que destacan por su uso actual H-520, VS-536, H-519C, V-537C, V-556AC y de reciente liberación, el híbrido H-564C de alto rendimiento y alta calidad proteínica. (Sierra *et al.*, 1992; Sierra *et al.*, 2008; Sierra *et al.*, 2004; Sierra

et al., 2011). Así mismo, se ha formado material genético que es necesario evaluar, dentro de los cuales están híbridos trilineales, mismos que en la actualidad se destaca su utilización por la facilidad para producir semilla y menor costo de producción.

Por ello el objetivo del ensayo fue conocer el rendimiento y características agronómicas de híbridos trilineales de maíz en el área tropical húmeda de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Ranchería Otra Banda 2ª Sección de Huimanguillo, Tabasco, (17° 48' 56'' N, 93° 22' 40.5' W y 23 msnm), se estableció un experimento para evaluar 36 genotipos de maíz para grano de los cuales 33 de ellos son trilineales; dicha localidad, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García, (1981), pertenecen al grupo climático Am, cálido húmedo. El suelo del sitio experimental es de textura franca-limosa, pH de 6.2, 0.72 % de materia orgánica 0.07 % de nitrógeno total y contenido de fósforo y potasio de 39.11 mg kg⁻¹ y 0.34 Cmol(+)/kg respectivamente.

Los tratamientos se establecieron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, en parcelas experimentales y útiles de dos surcos 5 m de largo; la siembra fue manual depositando dos semillas cada 20 cm en surcos de 5 m de largo para luego realizar un aclareo a una planta y lograr establecer 62,500 plantas por hectárea.

La preparación del suelo se consistió en dos pasos de rastra-arado y la siembra del ensayo fue el 4 de julio; un día después se aplicó herbicida en forma pre emergente con glifosato mezclado con atrazina, a una dosis de 2 l/ha de los productos comerciales Durango y Gesaprim autosuspendible. Para lograr un manejo eficiente de la maleza a los 44 días de la siembra (dds), se aplicó en post emergencia el herbicida Laudis (Tembotriona, 44 g/L + Iloxadifen-etilo, 22 g/L) en dosis comercial de 250 ml/ha.

La primera fertilización se realizó con la fórmula 80-60-60 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, 8 dds; la incorporación del fertilizante al suelo fue manual y a espeque a 10 cm de la planta; la segunda fertilización ocurrió a los 29 dds con la fórmula 80-00-00.

El control de plagas como la diabrótica se inició a los 4 dds y el de Gusano Cogollero a 9 y 17 dds con aplicaciones de Lorsban 480E en la dosis mencionada; es importante señalar que a los 38 dds se requirió la aplicación de Abamectina (Aben 1.8 %, 1.5 ml/litro de agua) + Cipermetrina (Arribo 200 CE, 1.5 ml/litro de agua) para controlar Ácaros.

Para acelerar el secado y reducir el daño por aves la dobla se realizó el 28 de octubre y la cosecha el 21 de noviembre. Las variables de respuesta fueron: días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, aspecto y sanidad de planta, plantas acamadas, rendimiento de grano, porcentajes de mazorca con mala cobertura, mazorca podrida y dañada de aves, aspecto y sanidad de mazorca. Las variables se analizaron estadísticamente con el análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de prueba se tuvo una precipitación total de 1333 mm y 68 días con lluvia, lo que implica un exceso de humedad a partir de los 30 días de la siembra, ya que del total, 1136 mm se precipitaron después de los 31 días; así mismo durante el llenado de mazorca y la madurez los fuertes vientos asociados a la lluvia provocaron acame de raíz.

Al realizarse el análisis de varianza a las variables descritas en el Cuadro 1, se detectaron diferencias altamente significativas en todas ellas; en los días a floración masculina y femenina la media fue de 53.9 y 54.1 respectivamente, lo que demuestra que en general existió buena sincronía en la floración. La floración masculina se inició en el tratamiento 30 a los 49.7 días, le siguió el testigo H-520 a los 50.7 días, por su parte los tratamientos 11 y 23 presentaron la floración a los 57 días, lo descrito permite afirmar que en el grupo de híbridos evaluados los hay de ciclo intermedio o de ciclo tardío, hecho que se confirma al analizar los días a flor femenina.

La media en altura de planta es de 231 cm, con máximas de 277 cm, 261 cm y 256 cm que corresponden al H-567, a la VS-536 y al tratamiento 4 respectivamente, mientras que las alturas menores se observan en los tratamientos 5, 11 y 20 con 204 cm los dos primeros y 205 cm el tercero, de acuerdo a esos valores se puede afirmar que el grupo de híbridos es de porte intermedio. La media en altura de mazorca es de 112 cm, en cinco híbridos (T3, T5, T11, T20, T23), la mazorca se encontró a menos de un metro de altura lo que dificulta realizar la dobla y exponer la mazorca a pudrición de grano por cercanía al suelo.

Cuadro 1. Días a floración, altura de planta y mazorca, relación grano-olote y rendimiento de grano en la evaluación de híbridos trilineales de maíz. P-V 2016. INIFAP. CIRGOC. CEHUI.

Trat.	Días a floración		Altura (cm)		Rel. G/O	Rend (kg/ha)
	Masculina	Femenina	planta	mazorca		
1	51.0 ^{jk}	51.0 ^{ij}	236 ^{b-f}	112 ^{b-g}	0.83 ^{ab}	4935 ^{a-e}
2	53.7 ^{c-j}	53.7 ^{c-i}	220 ^{def}	101 ^{d-f}	0.78 ^{b-e}	2692 ^{e-h}
3	56.7 ^{ab}	56.7 ^{abc}	217 ^{def}	93 ^{fg}	0.76 ^{b-e}	2488 ^{e-h}
4	53.7 ^{c-j}	53.7 ^{c-i}	256 ^{abc}	121 ^{b-e}	0.83 ^{ab}	5664 ^{abc}
5	55.3 ^{a-e}	55.7 ^{a-e}	204 ^f	97 ^{d-g}	0.73 ^{cde}	2171 ^{fgh}
6	54.3 ^{a-h}	54.3 ^{a-h}	234 ^{b-f}	114 ^{b-g}	0.79 ^{a-e}	4440 ^{a-g}
7	52.7 ^{e-j}	52.7 ^{d-j}	242 ^{bcd}	121 ^{b-e}	0.79 ^{a-e}	4788 ^{a-f}
8	56.0 ^{abc}	56.3 ^{a-d}	239 ^{bcd}	111 ^{b-g}	0.75 ^{a-e}	4085 ^{a-g}
9	53.3 ^{c-j}	53.3 ^{d-j}	221 ^{def}	101 ^{d-g}	0.83 ^{ab}	1957 ^{gh}
10	55.3 ^{a-e}	55.3 ^{a-f}	234 ^{b-f}	115 ^{b-g}	0.72 ^{c-f}	2968 ^{d-h}
11	57.0 ^a	57.0 ^{ab}	204 ^f	96 ^{efg}	0.70 ^{ef}	2537 ^{e-h}
12	54.3 ^{a-h}	54.7 ^{a-h}	213 ^{def}	102 ^{d-g}	0.73 ^{cde}	3403 ^{a-g}
13	56.0 ^{abc}	56.3 ^{a-d}	241 ^{bcd}	117 ^{b-g}	0.73 ^{cde}	3199 ^{c-g}
14	55.0 ^{a-f}	56.0 ^{a-d}	233 ^{b-f}	108 ^{b-g}	0.75 ^{a-e}	3221 ^{b-g}
15	53.3 ^{c-j}	54.0 ^{b-i}	239 ^{bcd}	114 ^{b-g}	0.79 ^{a-e}	4007 ^{a-g}
16	54.3 ^{a-h}	55.0 ^{a-g}	220 ^{def}	102 ^{d-g}	0.78 ^{a-e}	2701 ^{e-h}
17	51.7 ^{h-k}	51.7 ^{hij}	238 ^{bcd}	120 ^{b-e}	0.78 ^{a-e}	5406 ^{a-d}
18	52.0 ^{g-k}	52.0 ^{g-j}	242 ^{bcd}	123 ^{a-d}	0.81 ^{abc}	5472 ^{a-d}
19	55.7 ^{a-d}	56.0 ^{a-d}	226 ^{c-f}	108 ^{b-g}	0.76 ^{a-e}	3272 ^{a-g}
20	56.7 ^{ab}	56.7 ^{abc}	205 ^{ef}	92 ^{fg}	0.63 ^f	470 ^h
21	51.0 ^{jk}	51.0 ^{ij}	230 ^{b-f}	111 ^{b-g}	0.84 ^a	4639 ^{a-f}
22	54.0 ^{b-i}	54.3 ^{a-h}	241 ^{bcd}	117 ^{b-g}	0.79 ^{a-e}	4443 ^{a-g}
23	57.0 ^a	57.3 ^a	211 ^{def}	91 ^g	0.71 ^{def}	2661 ^{e-h}
24	52.0 ^{g-k}	52.0 ^{g-j}	230 ^{b-f}	118 ^{b-f}	0.83 ^{ab}	4733 ^{a-f}
25	55.0 ^{a-f}	55.3 ^{a-f}	236 ^{b-f}	131 ^{ab}	0.73 ^{cde}	3074 ^{c-h}
26	54.7 ^{a-g}	55.3 ^{a-f}	233 ^{b-f}	113 ^{b-g}	0.74 ^{b-e}	2619 ^{e-h}
27	54.0 ^{b-i}	54.7 ^{a-h}	225 ^{c-f}	106 ^{b-g}	0.76 ^{a-e}	4876 ^{a-e}
28	55.0 ^{a-f}	55.7 ^{a-e}	221 ^{def}	104 ^{c-g}	0.73 ^{cde}	4241 ^{a-g}
29	52.3 ^{f-k}	52.3 ^{f-j}	241 ^{bcd}	120 ^{b-e}	0.80 ^{a-d}	5037 ^{a-e}
30	49.7 ^k	50.0 ^j	236 ^{b-f}	114 ^{b-g}	0.83 ^{ab}	5918 ^a
31	54.0 ^{b-i}	54.3 ^{a-h}	234 ^{b-f}	115 ^{b-g}	0.77 ^{a-e}	4618 ^{a-f}
32	50.7 ^k	51.0 ^{ij}	237 ^{b-e}	112 ^{b-g}	0.77 ^{a-e}	3186 ^{c-g}
33	53.0 ^{d-j}	53.3 ^{d-i}	277 ^a	149 ^a	0.80 ^{a-d}	4211 ^{a-g}
34	54.0 ^{b-i}	54.3 ^{a-h}	218 ^{def}	106 ^{b-g}	0.81 ^{abc}	3411 ^{a-g}
35	53.0 ^{d-j}	53.3 ^{d-i}	261 ^{ab}	129 ^{abc}	0.80 ^{a-d}	5868 ^{ab}
36	52.7 ^{e-j}	52.3 ^{f-j}	220 ^{def}	112 ^{b-g}	0.81 ^{abc}	4420 ^{a-g}
Media	53.9	54.1	231	112	0.77	3829

En la relación grano-olote se obtuvo una media de 0.77, asociándose los valores más altos a los tratamientos 21, 1, 4, 24, y 30, con índices de 0.84 para el primero y 0.83 para los cuatro restantes, el valor mínimo le corresponde al tratamiento 20 con 0.63.

El rendimiento medio del ensayo fue de 3829 kg ha⁻¹, destacan los tratamientos 30 con 5918 kg ha⁻¹; la VS-536, 5868 kg ha⁻¹; el tratamiento 4, 5664 kg ha⁻¹ y el 18, 5472 kg ha⁻¹, todos con diferencia estadística respecto al H-520 que obtuvo un rendimiento de 3186 kg ha⁻¹; por otra parte el rendimiento más bajo está ligado al tratamiento 20 con 470 kg ha⁻¹, como se puede observar existe un rango muy amplio en el rendimiento obtenido, por lo es conveniente repetir el ensayo con los materiales de mayor potencial.

El porcentaje de acame (cuadro 2) fue en promedio 5.7 %, encontrándose valores que superan el 20 % como es el caso del tratamiento 1 con 28.1 % y el H-567 con 22.6 %, sin embargo dentro del grupo evaluado existen 21 genotipos cuyo porcentaje de acame es menor al 5 %, en la prueba las condiciones que

provocaron el acame, principalmente de raíz, se presentaron en la etapa de madurez fisiológica, por lo que se considera que el efecto sobre el rendimiento y la sanidad de la mazorca no se afectó.

Cuadro 2. Porcentaje de acame, mazorca con mala cobertura, mazorca podrida y daño de pájaro en la evaluación de híbridos trilineales. P-V 2016. INIFAP. CIRGOC. CEHUI.

Trat.	Genealogía	Porcentaje			
		Acame	M. Cobertura	M. Podrida	D. Pájaro
1	(LT-164 X LT-165) X LT-156	28.1	7.7	1.0	1.6
2	(LT-164 X LT-165) X CML-247	0.9	11.6	0.8	3.4
3	(LT-171 X LT-172) X LT-165	3.3	9.6	7.4	8.9
4	(LT-171 X LT-172) X LT-164	11.4	6.4	1.5	4.3
5	(LT-171 X LT-172) X LT-156	3.7	1.3	3.4	4.0
6	(LT-164 X LT-165) X LT-164	7.7	8.6	4.2	8.7
7	(LT-171 X LT-172) X CML-247	16.6	6.1	1.7	3.4
8	(LT-154 X LT-155) X LT-165	1.2	9.3	4.5	3.9
9	(LT-171 X LT-172) X LT-170	4.5	7.9	5.3	7.7
10	(LT-164 X LT-165) X LT-155	4.1	10.6	4.3	5.7
11	(LT-164 X LT-165) X LT-170	2.9	6.7	7.2	3.8
12	(LT-171 X LT-172) X LT-172	5.8	5.5	2.6	2.7
13	(LT-171 X LT-172) X LT-168	9.9	12.5	7.2	8.8
14	(LT-164 X LT-165) X LT-165	0.0	5.6	7.0	8.2
15	(LT-168 X LT-199) X LT-169	1.5	6.5	5.3	5.7
16	(LT-158 X LT-159) X LT-170	1.9	11.3	9.6	16.2
17	(LT-154 X LT-155) X LT-170	7.4	1.9	2.9	3.7
18	(LT-154 X LT-155) X LT-164	7.4	5.0	5.6	8.5
19	(CLRCW-105 X CLWN-218) X LT-165	1.0	5.3	5.1	5.4
20	(LT-154 X LT-155) X LT-166	1.7	26.3	10.0	8.8
21	(LT-158 X LT-159) X LT-172	8.8	10.5	4.1	6.5
22	(LT-169 X LT-170) X LT-164	7.5	8.7	2.6	2.0
23	(CLRCW-105 X CLWN-218) X LT-156	1.1	8.2	5.0	3.8
24	(LT-154 X LT-155) X LT-172	3.2	9.0	5.0	5.7
25	(LT-171 X LT-172) X LT-171	6.3	4.9	3.6	5.7
26	(LT-154 X LT-155) X CML-247	0.8	10.0	10.0	10.5
27	(LT-164 X LT-165) X LT-169	1.8	8.6	6.7	7.4
28	(LT-158 X LT-159) X LT-164	2.3	4.0	3.7	4.1
29	(LT-158 X LT-159) X LT-171	1.4	8.9	10.8	13.7
30	(LT-164 X LT-165) X LT-172	1.3	7.1	5.3	5.7
31	(LT-158 X LT-159) X LT-166	11.3	7.6	5.3	6.5
32	H-520	3.9	6.2	7.7	8.4
33	H-567	22.6	6.3	4.8	4.8
34	VS-563	1.0	9.4	6.8	8.9
35	VS-536	0.5	15.4	8.4	10.8
36	HE1A17	10.8	6.5	1.0	2.3
Media		5.7	8.3	5.2	6.4

La mala cobertura de mazorca es un factor que predispone al productor al uso de semilla mejorada, pues en Tabasco el 70 % de ellos producen maíz para autoconsumo, por ello en esta prueba el hecho que la media sea de 8.3 % es un factor de riesgo, pues se considera que debe ser menor al 5 %; tratamientos como el 2, 10, 13, 20, 21 y 26 con porcentajes mayores al 10 % es un indicador que implica una mayor atención en los programas de mejoramiento genético.

En relación al porcentaje de mazorca podrida, la media fue de 5.2 %, índice menor al de mala cobertura, destacaron por sus porcentajes menores o iguales al 1% los tratamientos 1, 2 y el 36, aunque existe un grupo de 14 genotipos cuya pudrición de mazorca es mayor que 1 % pero menor o igual a 5 %, es de notar

que los tratamientos con los cuatro mayores rendimientos tengan unos porcentajes de mazorca podrida promedio de 5.2 %.

La media en la mazorca dañada por pájaro fue de 6.4 %; siete de los tratamientos presentaron porcentajes entre 8.9 % y 16.2 %, dicho daño por lo general se presenta en la mazorca con mala cobertura y en los genotipos más precoces.

En el Cuadro 3, se describen cinco variables de respuesta que se relacionan con la sanidad y el arquetipo de planta y de mazorca; para el caso de la incidencia de Tizones (*Helminthosporium maydis* y *Helminthosporium turcicum*) y de Roya (*Puccinia sorghi* y *Puccinia polysora*), en promedio fue de 1.8 y de 1.3 respectivamente, lo que implica una mayor incidencia de tizón que de roya, sin embargo la presencia de las enfermedades se suscitó después de la floración y cercano a la madurez fisiológica en las hojas más viejas, en el tratamiento 7 se presentó la mayor incidencia de Tizón y en los tratamientos 1, 12 y 32 la mayor de roya, en tres de los materiales no se detectó tizón y en 12 Roya.

Cuadro 3. Calificación de la sanidad y arquetipo de planta y mazorca en la evaluación de híbridos trilineales. P-V 2016. INIFAP. CIRGOC. CEHUI.

Trat.	Genealogía	Sanidad (Escala 1-5)			Calificación (Escala 1-5)	
		Planta		Mazorca	Planta	Mazorca
		Tizón	Roya			
1	(LT-164 X LT-165) X LT-156	2.0 a	2.0	1.3 b	3.7 a	2.7 cd
2	(LT-164 X LT-165) X CML-247	1.7 a	1.3	2.0 ab	2.7 ab	3.0 bcd
3	(LT-171 X LT-172) X LT-165	2.0 a	1.0	3.3 a	3.3 a	4.0 abc
4	(LT-171 X LT-172) X LT-164	1.0 a	1.0	1.3 b	2.7 ab	2.3 d
5	(LT-171 X LT-172) X LT-156	2.3 a	1.3	2.3 ab	3.3 a	3.7 a-d
6	(LT-164 X LT-165) X LT-164	1.3 a	1.7	1.7 ab	2.3 ab	3.0 bcd
7	(LT-171 X LT-172) X CML-247	2.7 a	1.3	1.3 b	3.0 ab	2.7 cd
8	(LT-154 X LT-155) X LT-165	2.0 a	1.3	2.7 ab	2.3 ab	3.7 a-d
9	(LT-171 X LT-172) X LT-170	2.0 a	1.3	2.3 ab	3.7 a	4.0 abc
10	(LT-164 X LT-165) X LT-155	2.3 a	1.3	3.0 ab	2.7 ab	4.0 abc
11	(LT-164 X LT-165) X LT-170	1.7 a	1.3	3.3 a	1.0 b	4.3 ab
12	(LT-171 X LT-172) X LT-172	2.0 a	2.0	1.7 ab	3.0 ab	3.7 a-d
13	(LT-171 X LT-172) X LT-168	1.3 a	1.0	3.3 a	2.3 ab	3.7 a-d
14	(LT-164 X LT-165) X LT-165	1.3 a	1.0	3.0 ab	2.7 ab	4.0 abc
15	(LT-168 X LT-199) X LT-169	2.3 a	1.3	2.3 ab	3.3 a	2.7 cd
16	(LT-158 X LT-159) X LT-170	2.0 a	1.0	2.7 ab	3.0 ab	3.7 a-d
17	(LT-154 X LT-155) X LT-170	1.3 a	1.3	1.7 ab	2.7 ab	2.7 cd
18	(LT-154 X LT-155) X LT-164	2.3 a	1.3	2.7 ab	2.7 ab	3.0 bcd
19	(CLRCW-105 X CLWN-218) X LT-165	1.0 a	1.3	2.7 ab	3.3 a	3.0 bcd
20	(LT-154 X LT-155) X LT-166	1.7 a	1.3	2.3 ab	4.0 a	5.0 a
21	(LT-158 X LT-159) X LT-172	1.7 a	1.3	2.0 ab	2.7 ab	3.0 bcd
22	(LT-169 X LT-170) X LT-164	1.7 a	1.3	2.3 ab	2.0 ab	3.0 bcd
23	(CLRCW-105 X CLWN-218) X LT-156	1.7 a	1.3	2.7 ab	3.3 a	4.0 abc
24	(LT-154 X LT-155) X LT-172	2.0 a	1.0	2.3 ab	3.3 a	3.0 bcd
25	(LT-171 X LT-172) X LT-171	2.0 a	1.0	2.0 ab	3.0 ab	3.3 bcd
26	(LT-154 X LT-155) X CML-247	2.0 a	1.0	3.3 a	3.7 a	4.3 ab
27	(LT-164 X LT-165) X LT-169	1.3 a	1.0	2.7 ab	2.3 ab	3.7 a-d
28	(LT-158 X LT-159) X LT-164	1.3 a	1.0	2.7 ab	2.3 ab	3.3 bcd
29	(LT-158 X LT-159) X LT-171	1.3 a	1.3	3.3 a	2.7 ab	3.0 bcd
30	(LT-164 X LT-165) X LT-172	2.0 a	1.0	1.7 b	3.0 ab	3.0 bcd
31	(LT-158 X LT-159) X LT-166	2.0 a	1.7	2.7 ab	3.3 a	3.3 bcd
32	H-520	2.3 a	2.0	2.7 ab	3.3 a	3.7 a-d
33	H-567	2.3 a	1.3	2.3 ab	3.0 ab	3.0 bcd
34	VS-563	1.7 a	1.0	2.3 ab	3.3 a	3.7 a-d
35	VS-536	1.0 a	1.0	2.3 ab	2.0 ab	2.7 cd
36	HE1A17	1.3 a	1.7	2.0 ab	3.0 ab	3.0 bcd
	Media	1.8	1.3	2.3	2.9	3.4

La presencia de hongos en la mazorca (*Diplodia Spp.*, *Gibberella Spp.* y *Fusarium Spp.*) fue máxima en los tratamientos 3, 11, 13, 26 y 29, pues se les asignó una calificación media de 3.3, que implica daño

en el 20 % del grano, en contraparte los tratamientos 1, 4, 7 y 30 con una calificación de 1.3 tuvieron el mejor comportamiento en esta variable, es decir la presencia de los hongos se detectó en menos del 5 % de las mazorcas; entre los tratamientos con la mayor y menor incidencia existe diferencia estadística según la prueba de medias.

Al calificar el arquetipo de planta se definió una media de 2.9, esto demuestra tratamientos con características de planta heterogéneas, sin embargo el tratamiento 11 con una calificación de 1.0 denota excelente arquetipo de planta, por su parte tratamientos como el 1, 9, 20 y 26 con calificación de 3.7 a 4 tienen un arquetipo deficiente.

En la mazorca la media es de 3.4, que comparada con la planta demuestra más variabilidad entre los tratamientos, pero existen tratamientos como el 4 con una calificación de 2.3 exhibe el mejor comportamiento contra el tratamiento 5 que fue el más deficiente con una valor asignado de 5.0 entre estos tratamientos existe diferencia estadística.

CONCLUSIONES

Los híbridos trilineales con el mejor rendimiento y características agronómicas aceptables son (LT-164 X LT-165) X LT-172, (LT-171 X LT-172) X LT-164 y (LT-154 X LT-155) X LT-164 con 5918 kg ha⁻¹, 5664 kg ha⁻¹ y 5472 kg ha⁻¹ respectivamente. Por los días a floración masculina y femenina el grupo de híbridos evaluados se clasifican como de ciclo intermedio o tardío. Por su altura de planta y de mazorca al grupo de genotipos evaluados se les clasifica como de porte intermedio. Existe un alto porcentaje de híbridos con mala cobertura de mazorca, característica determinante para que un productor utilice o no semilla mejorada.

LITERATURA CITADA

- Betanzos, M. E.; Gómez, M. N.; Ortega, C. A.; Peña, R. A.; Preciado, O. R.E.; Ramírez, D. J. L. y Velásquez, C. G. 2003. Propuesta de reorganización del programa nacional de mejoramiento genético de maíz del INIFAP. Documento de trabajo. INIFAP. 66 p.
- Morris, M. L. y López, P. M. A. 2000. Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina 1966-1997. México D.F. CIMMYT 45 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2012) Anuario estadístico de la producción agrícola de los estados unidos Mexicanos. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Cons. 11/2014).
- Sierra, M. M.; Palafox, C. A.; Rodríguez, M. F. A.; Espinosa, C. A.; Gómez, M. N.; Caballero, H. F.; Barrón, F. S.; Zambada, M. A. y Vásquez, C. G. 2008. H-520, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. Agricultura Técnica en México 34(1): 119-122.
- Sierra, M. M.; Palafox, C. A.; Cano, R. O.; Rodríguez, M. F. A.; Espinosa, C. A.; Turrent, F. A.; Gómez, M. N.; Córdova, O. H.; Vergara, A. N.; Avelaño, S. R.; Barrón, F. S.; Romero, M. J.; Caballero, H. F.; González, C. M. y Betanzos, M. E. 2001. Descripción varietal de H-519C, H-553C y V-537C, maíces con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. INIFAP CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Núm.30. Veracruz, Ver., México. 21 p.
- Sierra, M. M.; Palafox, C. A.; Rodríguez, M. F.; Espinosa, C. A.; Vásquez, C. G.; Gómez, M. N.; Barrón F. S. 2011. H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas Vol 2(1): 71-84.
- Sierra, M. M.; Márquez, S. F.; Valdivia, B. R.; Córdova, O. H.; Lezama, G. R.; Pescador, R. A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L). Agric. Téc. Méx. Vol 30 (2): 169-181
- Sierra, M.M.; Rodríguez, M. F.; Castillo, G. R.; Preciado, O. R. E. y Márquez, S. F. 1992. VS-536 variedad sintética de maíz para el trópico de Veracruz y regiones similares. Folleto Técnico Núm. 2 Campo Cotaxtla. SARH. INIFAP. CIRGOC. 11 p.

EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ *Zea mays* L. PARA GRANO EN LA CHONTALPA, TABASCO. EVALUATION OF CORN HYBRIDS *Zea mays* L. FOR GRAIN IN LA CHONTALPA, TABASCO.

¹Barrón Freyre S, ²Rodríguez Montalvo FA

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo Tabasco, México.

² INIFAP, Campo Experimental Cotaxtla, Km 34 Carretera Veracruz-Córdova, Medellín de Bravo, Veracruz, México.

Autor para correspondencia: barron.sabel@inifap.gob.mx

RESUMEN

La evaluación de genotipos a través de distintos ambientes, es una de las prácticas más usuales para la recomendación de nuevos híbridos a los productores de una región específica y el mismo ha sido uno de los principales objetivos en los programas de mejoramiento genético tanto de las empresas particulares que se dedican a la venta de germoplasma como de las instituciones oficiales, (Gordon y Deras, 2011). Por ello en el ciclo de primavera-verano 2016 en el Campo Experimental Huimanguillo, se condujo un ensayo bajo condiciones de temporal para evaluar las características agronómicas de los genotipos HS-23, HS-27, DK-410, DK-7508, H-566A, H-567 y el testigo H-520; los híbridos DK-7508 y H-566A son de grano amarillo. En la evaluación se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas experimentales de cuatro surcos de 5 m de largo separados a 80 cm. Las variables de respuesta fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, relación grano-olote, rendimiento de grano al 14 % de humedad, los porcentajes de acame, de mazorca con mala cobertura, daño de pájaro y podridas; sanidad de planta, sanidad de mazorca y calificación al arquetipo de planta y de mazorca. De los resultados y su análisis se encontró que los híbridos DK-7508 de grano amarillo y DK-410 de grano blanco, presentaron buen comportamiento agronómico con un rendimiento medio de 6956 kg ha⁻¹ y 6535 kg ha⁻¹ respectivamente e igual estadísticamente al rendimiento del testigo H-520; que el grupo de genotipos evaluado por sus días a floración masculina y femenina se consideran como de ciclo intermedio; que el grupo de genotipos evaluado por su altura de planta y de mazorca se clasifican como de porte intermedio.

Palabras clave: *maíz, grano, comportamiento.*

INTRODUCCIÓN

En el año agrícola 2014, en Tabasco se sembraron 82,386 hectáreas de maíz y se cosecharon 71,267 hectáreas con un rendimiento medio de 1,819 kg ha⁻¹ (INEGI, 2015); de la superficie sembrada el 39.5 % pertenece al otoño-invierno 2013/14 y el 60.5 % a primavera-verano 2014, entre los ciclos existe una diferencia de rendimiento a favor del P-V de 41 kg ha⁻¹. Los municipios de Tabasco donde se concentró el 71.7 % de la producción de maíz fueron: Balancán, Huimanguillo, Tacotalpa, Tenosique, Cárdenas y Centla, destacando Balancán con el 23.8 % del área total.

La evaluación de genotipos a través de distintos ambientes, es una de las prácticas más usuales para la recomendación de nuevos híbridos a los productores de una región específica y el mismo ha sido uno de los principales objetivos en los programas de mejoramiento genético tanto de las empresas particulares que se dedican a la venta de germoplasma como de las instituciones oficiales, (Gordon y Deras, 2011).

La evaluación de materiales permite identificar los genotipos de mejor rendimiento y los más estables, es decir, aquellos que mantienen su alto potencial productivo a través de un amplio rango de condiciones ambientales, Vázquez *et al.* (2012), así lo confirman al señalar que las condiciones de siembra influyen ampliamente sobre el rendimiento y las características físicas de los híbridos, especialmente sobre el tamaño del grano y su dureza.

Un ambiente representativo permite evaluar el comportamiento de los genotipos en condiciones agroecológicas particulares del cultivo en una región, mientras que un ambiente con representatividad genera información para una adaptación más amplia del genotipo en ambientes similares, (Hernández, 2015).

Medina *et al.* (2002) señalan que es tarea del fitomejorador recopilar información sobre el desempeño de los nuevos genotipos en diferentes localidades, con el objetivo de revisar su comportamiento, para seleccionar los más promisorios.

La siembra de maíz en Tabasco en el 70 % es de autoconsumo, por ello los productores utilizan poblaciones criollas, aun así, durante el 2014 se utilizó semilla mejorada en 43,216 hectáreas, de ahí la necesidad de recomendar genotipos que tengan características agronómicas adecuadas a las condiciones agroclimáticas de Tabasco para minimizar los riesgos en la producción por esta componente tecnológica. Por lo anterior el objetivo del trabajo fue determinar el rendimiento y características agronómicas de híbridos de maíz bajo condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano 2016/16, en Huimanguillo Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo de primavera-verano 2016 en el Campo Experimental Huimanguillo, se condujo un ensayo bajo condiciones de temporal para evaluar las características agronómicas de los genotipos HS-23, HS-27, DK-410, DK-7508, H-566A, H-567 y el testigo H-520; los híbridos DK-7508 y H-566A son de grano amarillo. En la evaluación se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas experimentales de cuatro surcos de 5 m de largo separados a 80 cm, como parcela útil se tomaron dos surcos centrales de 4.8 m de largo. El suelo del sitio es de textura franco arenosa, pH de 7.9, bajo contenido de materia orgánica (1.6%) y de nitrógeno aprovechable (17.6 ppm de $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$), el fósforo presente es de 14 ppm y el de potasio 0.30 me/100 g.

La preparación del suelo se inició el 19 de mayo con un chapeo mecánico y dos de rastra para incorporar los residuos orgánicos de la cosecha anterior, un tercer paso se efectuó el 8 de junio. La siembra se realizó el 23 de junio en forma manual y se depositaron dos semillas cada 20 cm; a los 8 días después de la siembra (dds) se efectuó el raleo a una planta por mata para lograr una densidad de 62,500 plantas por hectárea.

El maíz se fertilizó con la fórmula 130-60-30 de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente, incorporándose la mitad del nitrógeno, el total de fósforo y del potasio siete días después de la siembra, el resto de nitrógeno se aplicó 26 días después de la siembra.

Para reducir la presencia de maleza se aplicó en preemergencia la mezcla de glifosato y atrazina (1080 g.i.a./ha. + 960 g.i.a./ha respectivamente), complementándose con un cultivo aporque mecánico a los 19 dds. El control de plagas como la Diabrotica (*Diabrotica Balteata*) y el Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se llevó a cabo a los 8, y 31 dds con 50 g.i.a./ha de Cipermetrina y a los 14 y 19 dds con 360 g.i.a./ha de Clorpirifos etil. La dobla y cosecha se efectuaron en forma manual a los 88 y 117 dds respectivamente.

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

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

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el período de prueba se acumuló una precipitación de 1076.6 mm, producto de 53 eventos de lluvia, cantidad suficiente para asegurar que no existió stress hídrico, ya que decenalmente la acumulación mínima fue de 12.1 mm entre los 31 y 40 días, momento en el que el cultivo inicia su mayor desarrollo vegetativo.

En todo caso el stress se pudo presentar por exceso de agua, pues de los 41 a 50 días y de los 51 a 60 días se precipitaron 251.7 mm y 118 mm respectivamente, cantidades que están por arriba de 6 mm, máximo requerimiento diario del cultivo

Antes de la floración se acumularon 568.6 mm, de la floración a la madurez fisiológica (que coincide con el momento de la dobla) 231.7 mm y de la dobla a la cosecha 276.3 mm; ésta última cantidad ya no tiene un efecto positivo en el rendimiento, al contrario, este exceso de humedad es un ambiente propicio que puede contribuir a aumentar el porcentaje de mazorca podrida y disminuir la calidad del grano cosechado.

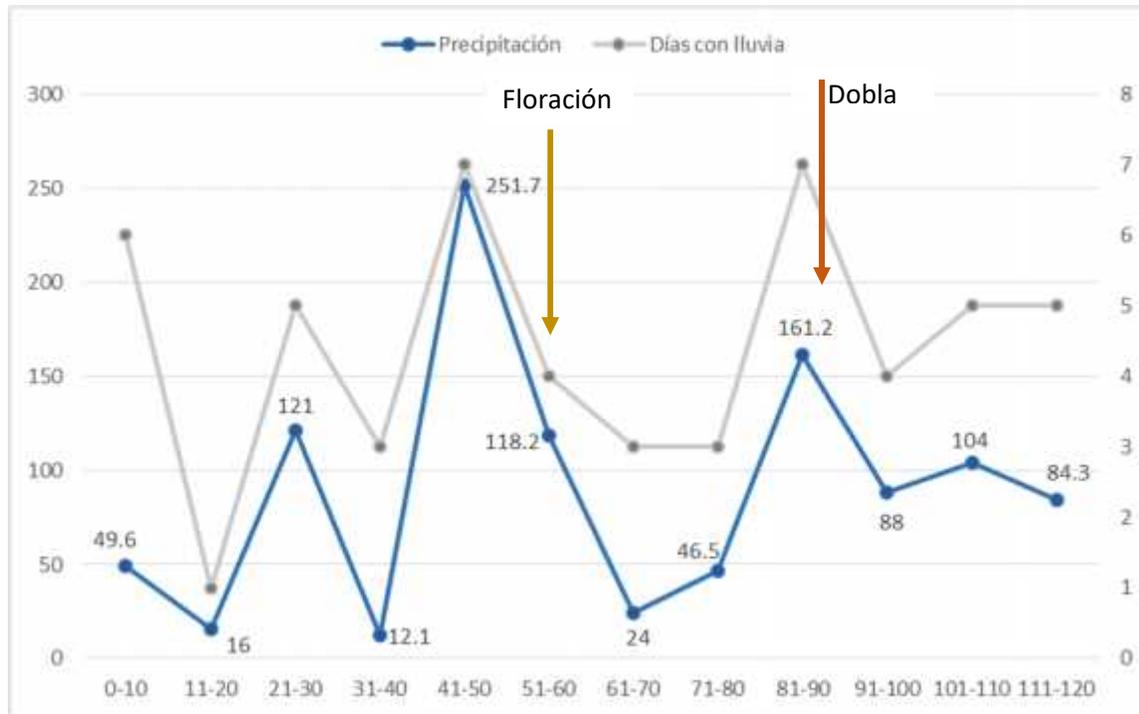


Figura 1: Precipitación y días con lluvia en períodos decenales. Ciclo primavera-verano 2016 en el Campo Experimental Huimanguillo, Huimanguillo, Tabasco. INIFAP. CIRGOC. CEHUI.

En el cuadro 1 se describen los resultados del análisis de varianza en seis variables de respuesta, en el caso de los días a floración masculina y femenina se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas; en altura de planta y de mazorca diferencias significativas y en la relación grano-olote y rendimiento de grano altamente significativas y significativas correspondientemente. Los resultados indican que entre los genotipos evaluados para las seis variables mencionadas existen diferencias estadísticas en al menos dos de ellos y se puede asegurar que las diferencias se deben al comportamiento del propio genotipo y no a errores experimentales, pues los coeficientes de variación así lo demuestran al presentar índices menores al 12 %, incluso cercanos a la unidad.

Cuadro 1. Resultados del análisis de varianza de seis variables en la evaluación de variedades de maíz en el ciclo primavera-verano 2016/16. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo.

VARIABLE	CME ¹	MEDIA	CV ² (%)	Pr > F
Días a flor masculina	0.5716	51.7	1.46	0.000
Días a flor femenina	0.2222	51.8	0.91	0.000
Altura de planta (cm)	105.0833	255.1	4.02	0.026
Altura de mazorca (cm)	63.0365	126.8	6.26	0.024
Relación grano/olote	0.0003	0.82	2.13	0.000
Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	487893.3438	5941	11.76	0.019

¹ CME: Cuadrado medio del error

² CV: Coeficiente de variación

En la variable días a floración masculina, la media fue de 51.7 días contra 51.8 días en la femenina, lo que implica que en general ambos tipos de floración fueron el mismo día, lo que trae consigo un excelente llenado de la mazorca, pues la sincronía en la floración es excelente, esto permite una buena formación del grano. En el cuadro 2, en cuanto a la floración masculina se aprecia como el genotipo más precoz fue el híbrido HS-27 con 49.8 días e igual al testigo H-520, mientras que el más tardío fue el H-556A con 54 días, sin embargo, sólo el HS-27 no difiere estadísticamente al testigo, el resto según la prueba de medias presentan diferencias estadísticas.

Las relaciones descritas se mantienen en la variable días a floración femenina y al comparar ambas floraciones difieren en promedio un día, presentándose en algunos casos primero la masculina y en otros la femenina; al considerar el momento de la floración masculina y femenina de los genotipos evaluados, se afirma que todos se pueden agrupar como de ciclo intermedio.

La altura de planta media fue de 255.1 cm, destacando con la máxima el genotipo DK-410 con 266.3 cm, seguido por DK-7508 con 262.8 cm; la menor altura le corresponde al genotipo H-566A con 243 cm, es importante señalar que aún y cuando la prueba de medias no detecta diferencias estadísticas entre los genotipos y el testigo H-520, no significa que no existan entre otros materiales, sería el caso del DK-410 y el mismo H-566A.

Cuadro 2. Características Agronómicas de Variedades de Maíz Evaluadas en el Ciclo Primavera-verano 2016/16. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo.

Híbrido	Días a floración		Altura (cm)		Relación Grano/olote	Rendto. (kg ha ⁻¹)
	Masculina	Femenina	Planta	Mazorca		
HS-23	53.0*	53.0*	262.5	135.0	0.82	6255
HS-27	49.8	50.3	248.8	124.8	0.83	5551
DK-410	51.5*	51.8*	266.3	133.0	0.84	6535
DK-7508	51.8*	51.0*	262.8	129.0	0.85	6956
H-566A	54.0*	54.3*	243.0	113.0	0.80	5194
H-567	52.3*	52.3*	256.0	127.0	0.78*	5435
H-520	49.8	50.0	246.3	126.0	0.83	5660
Dunette (P=0.95)	1.5	0.94	20.5	15.9	0.04	1398

* = Diferencia estadística respecto al testigo H-520

En altura de mazorca, la media fue de 126.8 cm, cuadro 1, con valor máximo en el híbrido HS-23 con 135 cm, le sigue el DK-410 con 133 cm, mientras que la altura menor se midió en el H-566A, con 113 cm; al igual que en altura de planta la prueba de medias no detecta diferencia entre el testigo y el resto de genotipos. De acuerdo al análisis y a los resultados mostrados en altura de planta y de mazorca, el grupo de genotipos evaluados se considera de porte intermedio y no de porte bajo o alto.

La relación grano-olote media fue de 0.82, valor que indica, tomando como referencia un kilogramo de mazorca, 820 g son de grano y 180 g son de olote, por lo general los valores mayores de esta relación se asocian a los mayores rendimientos; así en la prueba el híbrido DK-7508 con 0.85 obtuvo la mayor relación y el H-567 la menor con 0.78, ésta última difiere estadísticamente a la obtenida por el testigo, 0.83, el resto de genotipos no difirieron del testigo H-520.

El rendimiento medio fue de 5941 kg ha⁻¹, cantidad menor a la obtenida en ciclos homólogos anteriores donde las medias resultaron ser de 6085 y 6643 kg ha⁻¹ para los ciclos 2104 y 2015 respectivamente, sin embargo, este rendimiento medio supera en más del 200 % la media de producción de Tabasco para el año agrícola 2015; en esta prueba el genotipo con la mejor producción fue DK-7508 con 6956 kg ha⁻¹, le sigue el DK-410 con 6535 kg ha⁻¹, mismos que entre sí son iguales estadísticamente y respecto al testigo H-520 cuyo rendimiento fue de 5660 kg ha⁻¹.

Otras variables analizadas a nivel de medias, se describen en el cuadro 3, entre ellas el porcentaje de plantas acamadas cuya media fue de 5.6 %, los genotipos H-567 y H-520 con 13.5 % y 14.3 % respectivamente son los de peor comportamiento en esta variable; genotipos como DK-410, H-566A y HS-27 muestran porcentajes de acame de 0.5, 1.1 y 1.5 % considerados adecuados para las condiciones agroclimáticas de Tabasco.

El porcentaje de mala cobertura medio fue de 7.9 %, considerado alto e inadecuado para productores de autoconsumo, en la prueba los genotipos de mejor comportamiento fueron HS-23 y DK-410 con 5 % y 5.8 % respectivamente y los peores fueron el testigo H-520 y H-566A con 11.1 % y 9.4 % correspondientemente; los genotipos restantes con valores que oscilan entre 9.1 % y 7.3 % de mala cobertura se pueden considerar poco adecuados.

Cuadro 3. Características agronómicas de variedades de maíz evaluadas en el Ciclo primavera-verano 2016/16. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo.

Híbrido	Porcentaje				Sanidad			Calificación	
	Acame	Mala cobertura	Daño pájaro	Mazorca podrida	Planta		Mazorca	Planta	Mazorca
					Roya	Tizón			
HS-23	4.7	5.0	3.9	1.7	8.0	8.0	8.0	7.5	7.3
HS-27	1.5	9.1	5.7	2.3	8.0	7.8	8.0	7.8	7.0
DK-410	0.5	5.8	2.3	0.6	8.3	8.8	8.5	9.0	8.5
DK-7508	3.6	7.4	4.3	1.1	8.0	8.3	8.0	7.3	8.0
H-566A	1.1	9.4	8.2	4.7	8.3	8.3	7.0	7.5	6.8
H-567	13.5	7.3	5.6	1.7	8.0	7.8	7.8	6.8	6.5
H-520	14.3	11.1	9.4	3.5	8.0	7.5	7.3	6.5	6.8
MEDIA	5.6	7.9	5.6	2.2	8.1	8.0	7.8	7.5	7.3

En relación al daño de pájaros, que puede ser total o parcial, la media es de 5.6 %, observándose el mayor daño en el testigo con 9.4 %, le sigue el H-566A con 8.2 % y el HS-27 con 5.7 %, índices no adecuados, solo los genotipos HS-23, DK-410, DK-7508 se consideran con un comportamiento aceptable; el daño de pájaros trae como consecuencia en la mayoría de los casos la infestación de plagas de almacén y la pudrición de grano por hongos.

El daño en la pudrición total o parcial del grano en la mazorca, está asociado a la presencia de conjunta de enfermedades como *Diplodia Spp.*, *Gibberella Spp.* y el *Fusarium Spp.* El conteo de mazorca podrida en forma total tuvo una media de 2.2 %, considerada baja dadas las condiciones de precipitación presentes de la dobla, a la cosecha, figura 1; por lo general cuando se retrasa la práctica de la dobla se incrementa el porcentaje en esta variable. De los resultados se puede mencionar que solo el híbrido H-566A con 4.7 % de mazorca podrida es el menos competitivo.

Al evaluar la sanidad de planta a 80 días después de la siembra, los resultados muestran como la presencia de Roya (*Puccinia. polisor*) y de Tizón (*Helminthosporium maydis* y *Helminthosporium turcicum*) fue baja, pues las calificaciones asignadas en promedio fueron de 8.1 y 8.0 respectivamente lo que indica que el nivel de daño fue menor al 10 % del follaje y concentrado en las hojas ubicadas debajo de la mazorca consideradas no funcionales; los genotipos DK-410, DK-7508 y H-566A con valores de 8.8 y 8.3, tuvieron el mejor comportamiento.

La incidencia de enfermedades o sanidad de la mazorca se calificó a la cosecha, su media fue de 7.8, con un valor máximo de 8.5 que pertenece al híbrido DK-410 seguido de tres genotipos más, HS-23, HS-27 y DK-7508 con 8.0, lo anterior representa un nivel de daño menor o igual al 10 %, mientras que la menor calificación que fue de 7.0, se asignó al H-566A, en éste, su nivel de daño es menor o igual al 30 % lo cual trae como consecuencia reducción en el rendimiento y en la calidad del grano.

En cuanto al comportamiento del arquetipo de planta los híbridos DK-410 y HS-27 con 9.0 y 7.8 fueron los más uniformes en cuanto a grosor de tallo, altura de planta y de mazorca, mientras que el testigo H-520 con 6.5 fue el menos uniforme; por otra parte, al evaluar la uniformidad de mazorca, se evidencia la existencia de mayor variabilidad que en la planta, pues su media de 7.3 es menor a la de la planta, (7.5), los híbridos DK-410 y DK-758 presentaron el mejor arquetipo de mazorca al asignárseles una calificación de 8.5 y 8.0 respectivamente.

CONCLUSIONES

Los híbridos DK-7508 de grano amarillo y DK-410 de grano blanco, presentaron buen comportamiento agronómico con un rendimiento medio de 6956 kg ha⁻¹ y 6535 kg ha⁻¹ respectivamente e igual estadísticamente al rendimiento del testigo H-520.

El grupo de genotipos evaluado por sus días a floración masculina y femenina se consideran como de ciclo intermedio.

El grupo de genotipos evaluado por su altura de planta y de mazorca se clasifican como de porte intermedio.

LITERATURA CITADA

Gordon, M. R. y Deras, F. H. 2011. Evaluación de híbridos blancos y amarillos del PCCMCA. [Fecha de consulta: 7 marzo de 2017] Disponible en: <http://www.productoradesemillas.com/Artecnicos/granos%20basicos/Resultados%20del%20PCCMCA%20de%20maices%20de%20granos%202,011.pdf>

- Hernández, A. E. 2015. Selección de híbridos de maíz precomercial con base a comportamiento agronómico y estabilidad para el Sureste de México. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 68p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. Anuario Estadístico y Geográfico de Tabasco. Sección Agricultura. México, D. F. 266-281p.
- Medina, S.; Marín, R. C.; Segovia, V.; Bejarano, A.; Venero, Z.; Ascanio, R. y Meléndez, E. 2002. Evaluación de la estabilidad del rendimiento de variedades de maíz en siete localidades de Venezuela. *Agronomía Trop.* Vol. 52 (3). Maracay, Venezuela.
- Vázquez, C. M. G.; Santiago, R. D.; Salinas, M. Y.; Rojas, M. I.; Arellano, V. J. L.; Velázquez, C. G. A. y Espinosa, C. C. 2012. Interacción genotipo-ambiente del rendimiento y calidad de grano y tortilla de híbridos de maíz en valles altos de Tlaxcala, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 35 (3): 229-297.

NUEVO PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR RENDIMIENTOS POTENCIALES DE CULTIVOS A PARTIR DE LA TEMPERATURA DIURNA NEW PROCEDURE TO ESTIMATE CROP POTENTIAL YIELDS USING DIURNAL TEMPERATURE

¹Aceves Navarro LA, ²Rivera Hernández B, ¹Juárez López JF, ³Arrieta Rivera A.

¹Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N, C.P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

²Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Prolongación Ignacio Zaragoza S/N, Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco, México.

³ Universidad Popular de la Chontalpa. Ingeniería en Agronomía. Carr. Cárdenas-Huimanguillo, km 2.0, R/a Pazo y Playa, C.P.86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: laceves@colpos.mx

RESUMEN

En el presente estudio se propone un nuevo procedimiento para calcular el rendimiento potencial de cultivos en aquellas áreas que previamente han sido clasificadas por suelo y clima, como muy aptas para un cultivo en particular. El procedimiento se describe a detalle y se ejemplifica con el cultivo de café tipo arábica (*Coffea arabica* L.) en el área de influencia de Lomas Alegres, Tacotalpa, Tabasco. Los resultados se comparan con aquellos obtenidos por el método de Zonificación Agro Ecológica (ZAE) propuesto por la FAO. Los resultados muestran que ambos rendimientos son muy similares, con menos del 2% de diferencia.

Palabras clave: *Coffea arabica* L., *Temperatura diurna*, *Tasa fotosintética máxima*.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento potencial de un cultivo es aquel rendimiento máximo posible que no tiene ninguna restricción, salvo la impuesta por la genética del mismo cultivo y las condiciones climáticas, tal y como se ejemplifica en la Figura 1. Existe en la literatura científica varios reportes de las tasas fotosintéticas medias y máximas observadas de los cultivos bajo diferentes condiciones de temperatura. Esos datos se reportan en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2 o en $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ de materia seca. La FAO, (1981) propone un procedimiento para estimar el rendimiento potencial de los cultivos a partir de datos de temperatura, irradiación solar global, índice de área foliar e índice de cosecha. El uso de este procedimiento es limitado en localidades donde no se cuenta con datos de irradiación solar global. Recientemente la IIASA/FAO reporta datos de biomasa y parámetros de rendimiento, así como las tasas fotosintéticas máximas correspondientes de 49 diferentes cultivos (Fischer *et al.*, 2012), en función de la temperatura diurna. Estos datos reportados por Fischer *et al.* (2012), se pueden utilizar para desarrollar un nuevo procedimiento para estimar los rendimientos potenciales de un cultivo. Así, el objetivo del presente estudio fue desarrollar un procedimiento que permita estimar los rendimientos potenciales de un cultivo para una localidad específica, que previamente ha sido clasificada como muy apta para ese cultivo, a partir de solo datos de temperatura. Para ejemplificar el procedimiento se utilizó el cultivo de café tipo arábica, en una localidad del estado de Tabasco, mismo que se detalla en el presente estudio. De acuerdo con Aceves *et al.* (2011), los rendimientos potenciales del cultivo de café arábica (*Coffea arabica* L.) en una zona edafoclimáticamente muy apta va a depender principalmente de: el tipo y clon utilizado de café; del número de plantas por hectárea (densidad); del manejo del sombreado y del nivel de insumos aplicados (paquete tecnológico). En la Figura 1 se puede apreciar que los factores definitorios que determinan el potencial productivo de un cultivo son: las características del mismo cultivo y las condiciones climáticas. Este potencial se verá disminuido si se tienen restricciones dadas por los factores limitativos, como son los nutrientes del suelo y el abastecimiento de agua para el cultivo. Cuando además no se toman medidas para proteger el rendimiento, se incrementan las restricciones y se obtiene el rendimiento actual, que queda determinado por los factores reductores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Información climatológica

Datos diarios de temperatura máxima (T_{max}) y mínima (T_{min}) se extrajeron de los registros reportados en el programa ERIC III v2.0 desarrollado por el IMTA, (2009). En esa Base de Datos se reportan registros diarios de temperatura y precipitación, procedentes de 89 estaciones meteorológicas localizadas en el estado de

Tabasco. De ésta base, se seleccionó para ejemplificar el procedimiento la estación meteorológica de Lomas Alegres, Tacotalpa, con 46 años de registro.

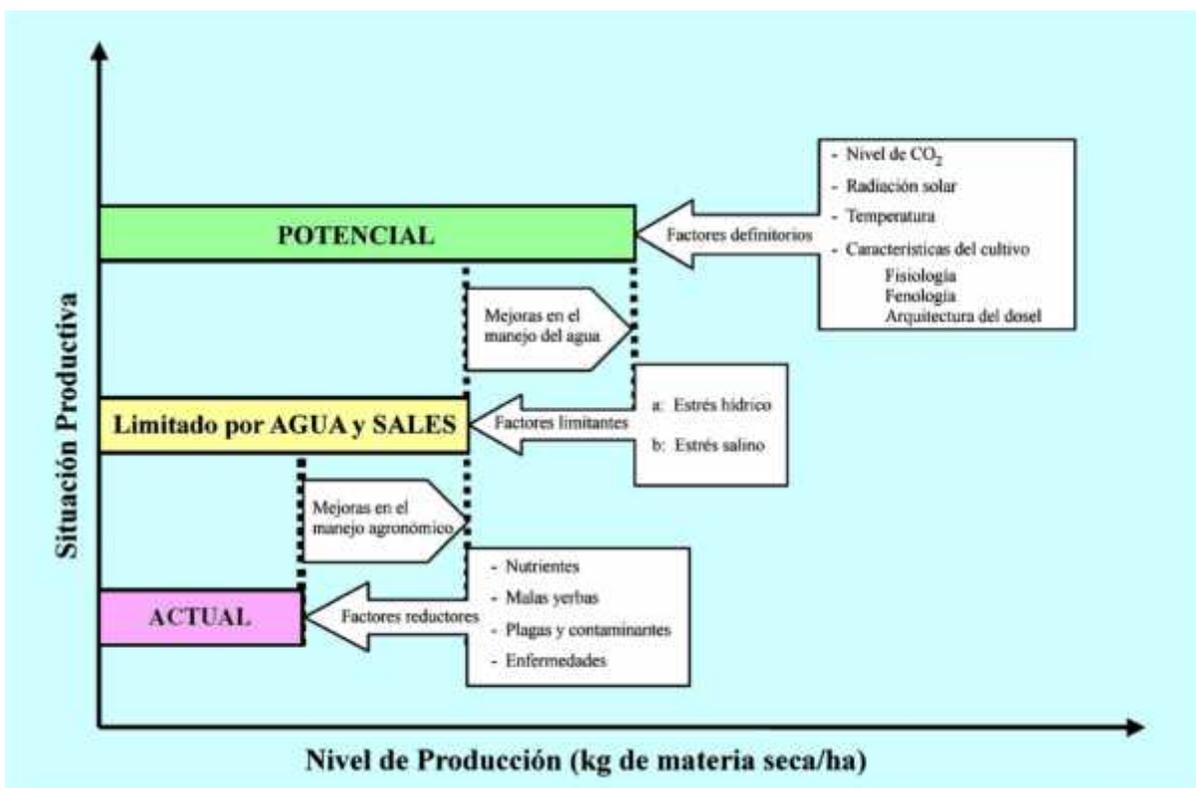


Figura 1. Situación productiva de los rendimientos y factores que lo determinan. (Adaptado de Lovenstein *et al.* (1995).

Manejo operativo de los datos climatológicos

Como los datos diarios reportados de T_{max} y T_{min} por el IMTA, (2009) están en formato de texto, se transcribieron a hojas de cálculo de Excel para su manejo operativo. A partir de esos datos diarios se obtuvo el promedio diario de cada mes y de cada año, para cada uno de los 46 años de registro (1951-1999). Acto seguido, se obtuvo el promedio diario de todos los años. Es decir, se obtuvo el promedio de 16,790 datos para solo obtener un solo dato de T_{max} y T_{min} respectivamente, para comparar si hay diferencias significativas entre el cálculo del rendimiento potencial con valores promedio diario mensual y el obtenido con el promedio diario anual.

Relación entre las temperaturas diurnas y la tasa de fotosíntesis máxima

Los datos correspondientes de las tasas fotosintéticas máximas para diferentes temperaturas diurnas se tomaron de lo reportado por (Fischer *et al.*, 2012), que se muestran en el Cuadro 1.

Modelo de la FAO para estimar el rendimiento potencial de cultivos

La FAO, (1981) propone un procedimiento para estimar el rendimiento potencial de un cultivo como parte de la metodología para realizar su Zonificación Agro Ecológica (ZAE). De acuerdo con el procedimiento propuesto por la FAO, (1981), para estimar los rendimientos potenciales de cualquier cultivo, para una localidad en particular, se requiere disponer de la siguiente información: Latitud, T_{max} , y T_{min} diaria, irradiación global promedio diaria, duración del ciclo del cultivo y/o periodo de crecimiento, índice de área foliar (IAF) del cultivo de interés a una determinada edad, e índice de cosecha del cultivo de interés. Para ver en mayor detalle el procedimiento de cálculo se recomienda consultar a Rivera-Hernández *et al.* (2012).

Nuevo procedimiento propuesto para estimar el rendimiento potencial de cultivos

El procedimiento propuesto se basa en la relación existente entre la temperatura diurna y la tasa de fotosíntesis máxima de un cultivo (TFM). La temperatura diurna (T_{diu}) se calcula a partir de los datos de T_{max} , y T_{min} diaria y para ello se utiliza la ecuación (1).

$$T_{diu} = T_{max} - 0.25 * (T_{max} - T_{min}) \quad (1)$$

Dónde: T_{diu} es la temperatura diaria (°C), T_{max} es la temperatura máxima (°C) y T_{min} es la temperatura mínima (°C).

Fischer *et al.* (2012), reportan la relación existente entre la T_{diu} y la tasa de fotosíntesis máxima (TFM) para varios cultivos. Esta relación se muestra en el Cuadro 1. De ese mismo cuadro, se seleccionó el cultivo de café tipo arábica, cuyos valores se muestran de forma gráfica en la Figura 2.

Cuadro 1. Valores de la tasa de fotosíntesis máxima ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$) para diferentes temperaturas diurnas y para diferentes cultivos tropicales. (Adaptado de Fischer *et al.* 2012).

Cultivos Tropicales	Temperaturas diurnas (°C)										
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Camote, Yuca, Frijol, Cacahuete, Palma de aceite, Jatropha, Jitomate, Plátano enano gigante, Plátano macho, Cítricos, Coco, Tabaco y Alfalfa tropical	0	0	0	0	15	30	35	35	30	5	0
Arroz Indica de temporal, Soya y Algodón	0	0	0	0	15	30	35	35	30	5	0
Arroz Japónica de inundación y Girasol	0	0	0	5	15	30	35	35	30	5	0
Maíz, Caña de azúcar y Sorgo	0	0	0	0	5	45	65	65	65	45	5
Café arábica, Té chino	0	0	0	10	20	25	25	10	5	0	0
Café robusta, Té híbrido	0	0	0	0	15	30	35	35	30	5	0
Leguminosas para forraje (C3)	0	0	0	2.5	15	35	35	35	30	5	0
Pastos para forraje (C4)	0	0	2.5	15	37.5	50	50	37.5	25	10	0
Cacao común	0	0	0	0	9	18	27	27	18	5	0
Cacao híbrido	0	0	0	0	15	30	35	35	30	5	0

Se puede observar en la Figura 2 que el valor máximo de la tasa de fotosíntesis máxima (TFM) ocurre en el intervalo de la temperatura diaria entre 20°C y 25°C. Para valores de T_{diu} 20°C o T_{diu} 25 °C la TFM decrece a menos de 25 $g\ m^{-2}\ d^{-1}$.

Procedimiento de cálculo de la TFM para el cultivo de café

De acuerdo con lo reportado por Fischer *et al.* (2012), bajo condiciones óptimas de temperatura diaria (temperaturas entre 20°C a 25 °C) para café tipo arábica, se esperarían tasas fotosintéticas máximas de 25 $g\ m^{-2}\ d^{-1}$ (Cuadro 1 y Figura 2). En el estado de Tabasco no ocurren temperaturas diurnas por debajo de 20°C. Así, que para obtener los valores de TFM para valores de T_{diu} entre 25°C a 40 °C se toman los valores reportados en el Cuadro 1 y se realiza un análisis de regresión para obtener los valores de la TFM correspondientes. Las ecuaciones de regresión resultantes para la TFM con muy elevados coeficientes de determinación fueron:

$$\text{Para temperaturas diurnas entre } 20.0^{\circ}\text{C y } 25.0^{\circ}\text{C; } TFM = 25\ g * m^{-2} * d^{-1} \quad (2)$$

Para temperaturas diurnas entre 25.1°C y 30°C la ecuación es:

$$TFM = 25 - [(T_{diu} - 25) * 3] \quad (3)$$

$$\text{Para temperaturas diurnas entre } 30.1 \text{ y } 40.0 \text{ la ecuación es: } TFM = -T_{diu} + 40 \quad (4)$$

Ambas con coeficientes de determinación (R^2) superiores a 0.997.

Al aplicar las ecuaciones (1) y (3) a los datos de temperatura de la estación meteorológica de Lomas Alegres, Tacotalpa se obtiene el patrón estacional de la tasa de fotosíntesis máxima del área de influencia de dicha estación, que se ilustra en la Figura 3. En esta figura, se observa como en los meses más cálidos del año, la tasa fotosintética máxima se reduce alrededor de un tercio en comparación con los meses de diciembre a febrero. Es decir, la producción de biomasa en el cultivo de café se reduce en dos tercios en los meses más calientes del año.

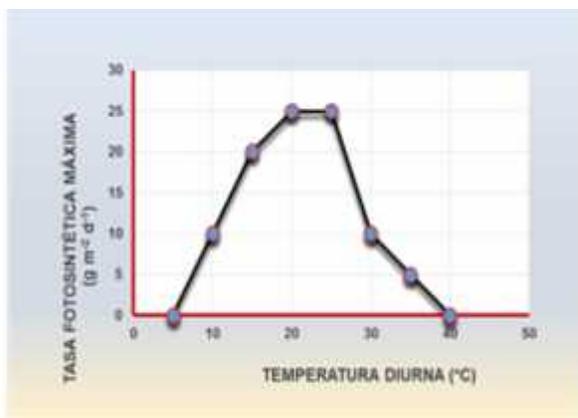


Figura 2. Relación entre la temperatura diaria y la tasa fotosintética máxima del café (*coffea arabica* L.).

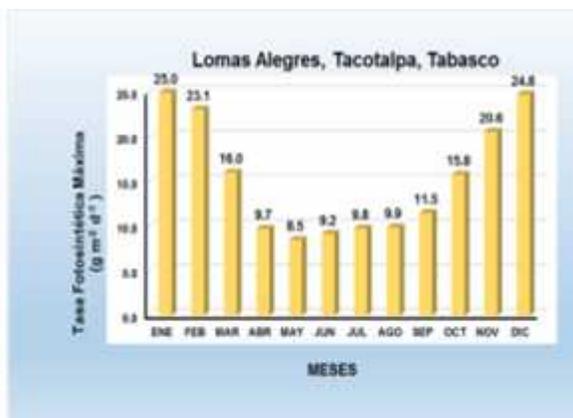


Figura 3. Distribución mensual de la tasa fotosintética máxima del cultivo de café tipo arábigo, en el área de influencia de la estación meteorológica de Lomas Alegres, Tacotalpa, Tabasco.

Procedimiento de cálculo de la biomasa neta total producida para el cultivo de café

Para ejemplificar el procedimiento de cálculo, se utilizaron los datos de la T_{max} , y T_{min} promedio anual de la estación meteorológica de Lomas Alegres, Tacotalpa para calcular la T_{diu} , con la ecuación (1). Para $T_{max} = 30.8^{\circ}\text{C}$ y $T_{min} = 20.5^{\circ}\text{C}$.

$$T_{diu} = T_{max} - 0.25 * (T_{max} - T_{min}) = 30.8 - 0.25 * (30.8 - 20.5) = 28.2^{\circ}\text{C}$$

La ecuación (3) se utiliza para calcular la tasa fotosintética máxima promedio diaria anual.

$$TFM = 25 - [(T_{diu} - 25) * 3] = 25 - [(28.2 - 25) * 3] = 15.4 \text{ g} * \text{m}^{-2} * \text{d}^{-1}$$

Para convertir los valores de TFM ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en biomasa bruta total (BBT) en kilogramos por hectárea, se utiliza la ecuación (5):

$$BBT = [(TFM * ND) * 10] = [(15.4 * 270) * 10] = 41,600 \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} \quad (5)$$

Donde: BBT es la biomasa bruta total (kg ha^{-1}); TFM es la tasa fotosintética máxima promedio diaria anual ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) y ND es el número de días del ciclo de crecimiento (270 días en el caso del café), (Fischer *et al.*, (2012). Para obtener el ajuste por eficiencia fotosintética se utiliza la ecuación (6):

$$AEF = \left(\frac{BBT}{67,500} \right) = \left(\frac{41,600}{67,500} \right) = 0.62 \quad (6)$$

Dónde: AEF es el factor de ajuste por eficiencia fotosintética (adimensional); 67,500 es la eficiencia fotosintética máxima posible (kg ha^{-1}).

La ecuación (7) se utiliza para obtener la biomasa bruta total ajustada por eficiencia fotosintética (BBT_a).

$$BBT_a = BBT * AEF = 41,600 * 0.62 = 25,613 \text{ kg} .\text{ha}^{-1} \quad (7)$$

Donde: BBT_a es la biomasa bruta total ajustada por eficiencia fotosintética (kg ha^{-1}).

Para calcular el consumo por respiración (T_R) se desarrolló una ecuación a partir del coeficiente de respiración (C_i) reportado por FAO, (1981). Este nuevo coeficiente ajusta su valor en función del valor de la temperatura diaria. Ya que la tasa de respiración aumenta potencialmente a medida que se incrementa la temperatura. La ecuación resultante con un elevado coeficiente de determinación ($R^2 = 0.99$) es:

$$T_R = -0.2411 + 0.0211 * T_{diu} = -0.2411 + 0.0211 * 28.2 = 0.354 \quad (8)$$

El consumo total por respiración (C_R) se obtiene multiplicando este nuevo coeficiente (T_R) por BBT_a ; de la siguiente manera:

$$C_R = BBT_a * T_R = 25,613 * 0.354 = 9,065 \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} \quad (9)$$

Dónde: C_R es el consumo por respiración (kg ha^{-1}). Para obtener la biomasa neta total (BNT) se utiliza la ecuación (10):

$$BNT = BBT_a - C_R = 25,613 - 9,065 = 16,548 \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} \quad (10)$$

Dónde: BNT es la biomasa neta total (kg ha^{-1})

Cálculo del rendimiento potencial para el cultivo de café

Para obtener el rendimiento potencial (en este caso de café pergamino), se multiplica la *BNT* por el índice de cosecha (*Ic*) del cultivo de café en función de su nivel de insumos. Para ello, se utiliza la ecuación (11).

$$Y_p = BNT * I_c \quad (11)$$

Donde: Y_p es el rendimiento potencial (café pergamino en kg ha^{-1}); I_c es el índice de cosecha (adimensional). Los valores del índice de cosecha (I_c) para el café tipo arábica y para diferentes niveles de insumo que reporta Fischer *et al.* (2012), se muestran en el Cuadro 2:

Así, para un nivel de insumos bajos, el rendimiento potencial es: $Y_p = 16,548 * 0.050 = 827.0 \text{ kg ha}^{-1}$ de café pergamino; que equivale aproximadamente a un rendimiento potencial de 3,556 kg ha^{-1} de café cereza. Esto es aproximadamente, 3.6 t ha^{-1} (Café, Campo y Ambiente, 2013).

Cuadro 2. Valores del índice de cosecha (I_c) para diferentes niveles de insumos para el cultivo de café tipo arábica, reportados por Fischer *et al.* (2012).

Índice de cosecha	Nivel de insumos		
	Bajo	Intermedio	Alto
I_c	0.050	0.075	0.100

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se encontró que trabajar con los promedios diarios mensuales de la tasa fotosintética máxima da el mismo resultado que trabajar con el promedio diario anual. El procedimiento es más expedito y error que se puede cometer es menor al 1%. En la Figura 3, se muestra la distribución temporal de las tasas fotosintéticas máximas (*TFM*) de la estación meteorológica de Lomas Alegres, Tacotalpa, Tabasco. En ésta figura, se observa que las *TFM* varían a lo largo del año entre 8.5 a 25.0 $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$. Siendo los meses de abril a junio los de menor valor. Es notorio como en el mes más cálido del año (mayo), la *TFM* es casi un tercio de la que ocurre en los meses de diciembre a febrero cuando las *TFM* alcanzan su óptimo. Al asociar las tasas fotosintéticas máximas con la temperatura diurna promedio diaria anual, y ésta última con los rendimientos de café cereza, se obtuvo una relación teórica entre ambas variables, misma que se muestra en la Figura 4. En esa Figura 4, se puede observar que si las temperaturas diurnas estuvieran entre 20°C y 25 °C la tasa fotosintética máxima sería de 25.0 $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ y los rendimientos potenciales de café serían de 10.4, 15.5 y 20.7 t ha^{-1} para un nivel de insumos bajo, intermedio y alto respectivamente. En el Cuadro 3 se muestran los índices de cosecha y los rendimientos potenciales resultantes de café arábica para diferentes niveles de insumos en el área de influencia de Lomas Alegres, Tacotalpa, Tabasco. Los rendimientos potenciales estimados por este procedimiento son muy similares a los obtenidos por Aceves *et al.* (2011), para café arábica utilizando el método FAO, (1981), para áreas muy aptas y con muy buen potencial productivo del área de influencia de Tacotalpa. La ventaja del nuevo procedimiento que se propone es que solo requiere de datos de temperatura, que son de muy fácil acceso en todas las estaciones meteorológicas existentes en el estado de Tabasco.

Los rendimientos que se muestran en el Cuadro 3, son similares a los obtenidos por el procedimiento de Zonificación AgroEcológica (ZAE) propuesto por la FAO con una diferencia menor al 2%. (Aceves *et al.*, 2011). Los anteriores rendimientos son válidos bajo las siguientes condiciones: Son para cultivo de café bajo sombra, con una edad de 4 a 7 años y para siembras (1m x 2 m) que da una densidad de población de 5,000 árboles por hectárea. Ésta última condición es muy importante, ya que la relación entre la topología y los rendimientos no es lineal; ya que los rendimientos se incrementan

Cuadro 3. Valores del índice de cosecha y rendimientos potenciales del café arábica *Coffea arabica* L. para diferentes niveles de insumos en el área de influencia de la estación meteorológica de Lomas Alegres, Tacotalpa, Tabasco.

Nivel de insumos	Índice de cosecha	Rendimiento potencial (t ha^{-1})	
		café pergamino	café cereza
Altos	0.100	1.70	7.3
Intermedios	0.075	1.20	5.2
Bajos	0.050	0.83	3.6

potencialmente a espaciamentos de siembra menores. Bajo condiciones de campo, se reporta que la tasa fotosintética promedio equivale entre 40% al 60% (50% promedio) de las tasas fotosintéticas máximas (Fischer *et al.*, 2012). Así, el rendimiento alcanzable en Lomas Alegres, Tacotalpa, sería alrededor del 50% menor a lo reportado en el Cuadro 3. En la Figura 4, solo se muestran los rendimientos potenciales para valores de temperaturas diurnas promedio diarias anuales mayores a 20°C, ya que en el estado de Tabasco no ocurren temperaturas diurnas por debajo de 20°C.

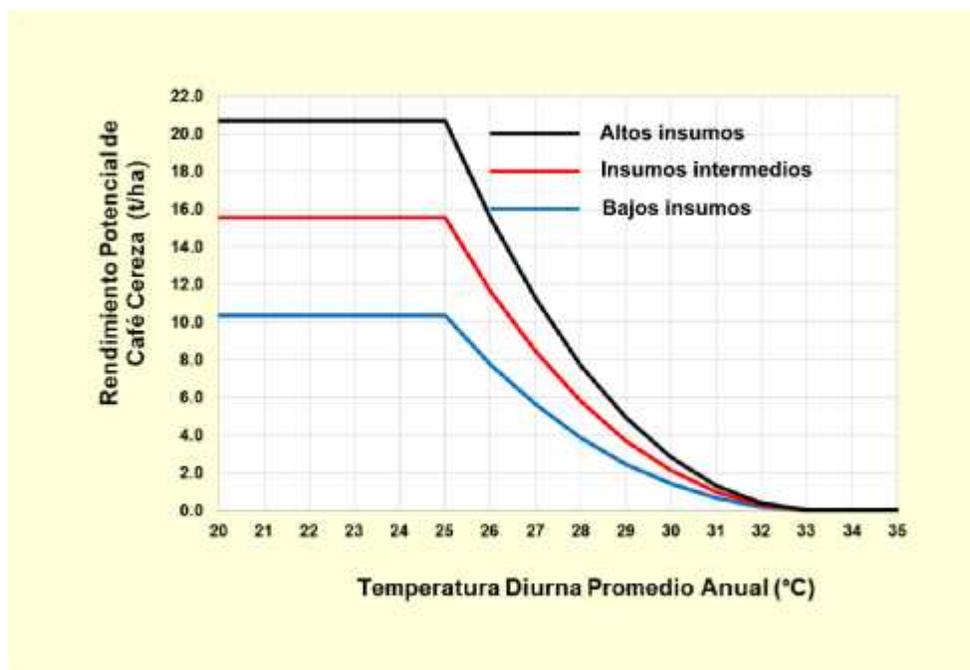


Figura 4. Relación entre la temperatura diurna promedio anual y el rendimiento potencial de café cereza (*Coffea arabica* L.) para diferente nivel de insumos.

Procedimiento simplificado para estimar los rendimientos potenciales de café cereza

En el caso particular del cultivo de café tipo arábica, al observar parte derecha de la Figura 4 (valores de $T_{diu} > 25$), se hace evidente que tienen un comportamiento exponencial y/o parabólico. Es decir, que se esperaría una relación estrecha con este tipo de comportamiento entre el valor de la tasa fotosintética máxima y los rendimientos de café cereza, para los diferentes niveles de insumos. Para verificarlo, se relacionó mediante un análisis de regresión, los valores la tasa de fotosíntesis máxima reportada en el Cuadro 1, con los rendimientos potenciales para diferentes niveles de insumos que se muestran en la Figura 4. Los resultados muestran que ambas variables efectivamente tienen una relación parabólica, con un elevado coeficiente de determinación ($R^2 = 0.999$). Las ecuaciones resultantes tienen la forma general siguiente:

$$Y_p = a + b * X + c * X^2 \quad (12)$$

Dónde: Y_p es el rendimiento potencial para un nivel de insumo en particular ($t \text{ ha}^{-1}$); X , es la tasa de fotosíntesis máxima promedio diaria anual del cultivo de café tipo arábica ($g \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); y (a , b y c) son los coeficientes de regresión específicos para un nivel de insumos en particular. Los coeficientes de regresión y determinación para los diferentes nivel de insumos se muestran en el cuadro 4.

Así, las ecuaciones resultantes para estimar el rendimiento potencial del café tipo arábica (*Coffea arabica* L.) son: Para bajos insumos (Y_{pb}):

$$Y_{pb} = 187.27 - 11.486 * X + 0.1763 * X^2 \quad (13)$$

Para insumos intermedios (Y_{pi}):

$$Y_{pi} = 280.91 - 17.230 * X + 0.2645 * X^2 \quad (14)$$

Para altos insumos (Y_{pa}):

$$Y_{pa} = 374.54 - 22.973 * X + 0.3526 * X^2 \quad (15)$$

Cuadro 4. Coeficientes de regresión y determinación resultantes de aplicar la ecuación (12), para los diferentes niveles de insumos del cultivo de café tipo arábica.

Nivel de Insumos	Coeficientes de regresión			Coeficiente de determinación R^2
	A	b	c	
Bajo	187.27	-11.486	0.1763	0.9999
Intermedio	280.91	-17.230	0.2645	0.9999
Alto	374.54	-22.973	0.3526	0.9999

Con lo anterior, el procedimiento originalmente descrito en las ecuaciones (1) a la (11) para estimar los rendimientos de café se simplificó a solo 3 pasos:

1. Con los valores de la T_{max} y T_{min} promedio diaria anual, se calcula la temperatura diurna promedio diaria anual (T_{diu}) con la ecuación (1)

2. Con el valor de T_{diu} , se calcula la tasa de fotosíntesis máxima promedio diaria anual (TFM) con la ecuación (2) si $TFM < 25^{\circ}\text{C}$. Cuando TFM es 30°C y 25°C , se utiliza la ecuación (3); y si $TFM > 30.0^{\circ}\text{C}$, se utiliza la ecuación (4).

3. Con el valor de TFM , se calcula el rendimiento potencial (Y_p) de café cereza para el nivel de insumos deseado, utilizando la ecuación (13), (14) o (15).

Este procedimiento simplificado es un caso particular y aplicable solo para café tipo arábica. Para otro cultivo diferente, se sugiere utilizar las ecuaciones de la (1) a la (11), descritas en detalle en este documento.

Es importante señalar que ambos procedimientos son válidos solo para aquellas áreas con suelo y clima óptimo para el crecimiento y desarrollo del cultivo seleccionado; es decir, áreas clasificadas como muy aptas por la FAO, (1981).

CONCLUSIÓN

Del presente trabajo se puede concluir que el procedimiento propuesto para determinar el rendimiento potencial de un cultivo para una localidad, a partir de datos reportados de las tasas fotosintéticas máximas, da resultados similares al procedimiento de Zonificación AgroEcológica (ZAE) propuesto por la FAO con una diferencia menor al 2%. Con la ventaja de que solo se requieren datos promedios anuales de temperatura, que son de muy fácil acceso.

LITERATURA CITADA

- Aceves, N.L.A., Juárez, L.J.F., Palma, L.D.J., Rivera, H.B. y Hernández, G.M. (2011). Donde Cultivar Café en Tabasco. Informe Técnico. Colegio de Postgraduados - Fundación Produce Tabasco, A.C. 41 pp.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1981). Report on the Agro-ecological Zones Project. Vol. 1: Methodology and Results for Africa. World Soils Report No. 8. Rome, Italia.
- Fischer, G., Nachtergaele, F. O., Prieler, S., Teixeira, G., van Velthuisen, h., Verelst, L., D. Wiberg. (2012). Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v3.0): Model Documentation. IIASA/FAO, Luxenburg, Austria. 179 pp.
- IMTA. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). ERIC III v. 2. (2009). Extractor Rápido de Información Climatológica.
- Lovenstein, H.M.; Lantinga, R.; Rabbinge, R.; Van Keulen, H. (1995). Principles of Production Ecology: Text of course F 300-001, pp 8. Fig. 8. Department of Theoretical Production Ecology, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands, pp 121 Open University, Heerlen. ISBN 90-358-1111-1, pp 247
- Rivera-Hernández, B., Aceves-Navarro, L.A., Juárez-López, J.F., Palma-López, D.J., González-Mancillas, R. y González-Jiménez, V. (2012). Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco, México. Avances en Investigación Agropecuaria, 16(1): 29 – 47.

Referencias informáticas

- Café, Campo y Ambiente. (2013). www.cafecampoambiente.blogspot.mx/2013/11/cuanto-es-un-quintal-de-cafe-y-que.html (consultado el 11 de octubre de 2016).

CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DE CULTIVARES DE YUCA *Manihot esculenta* CRANTZ DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL CAMPO EXPERIMENTAL HUIMANGUILLO TABASCO.
VEGETATIVE CHARACTERISTICS OF YUCA CULTIVARS *Manihot esculenta* CRANTZ OF THE GERMOPLASM BANK OF THE EXPERIMENTAL FIELD HUIMANGUILLO TABASCO

¹Rodríguez Cuevas M, ¹Sumano López D², López-López R, ²de Dios López MO, ²García Sánchez A.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Municipio de Huimanguillo, Tabasco, CP. 86400

²Universidad Popular de la Chontalpa. Carretera Huimanguillo-Cárdenas. RA. Paso y Playa., municipio de Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86460.

Autor por correspondencia: rodriguez.mario@inifap.gob.mx;

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Campo Experimental de Huimanguillo de Tabasco, convenio (INIFAP–UPCH). Objetivo caracterizar seis cultivares de yuca de la parte vegetativa del follaje fresco y su relación con el índice de cosecha de los cultivares. Se utilizó el diseño experimental completamente al azar, con seis tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron: las Colectas (col) Col. 1, Col. 2 y Col. 3, Criolla, Sabanera y Esmeralda, se evaluó las características vegetativas de la parte foliar y de las raíces. Las variables se analizaron con SAS 2009, y la comparación de medias de tratamientos (Duncan $\alpha=0.05\%$ p.). Los resultados en longitud de tallos el rango fue de 4.12 a 2.78 m de la Criolla y la Esmeralda respectivamente estadísticamente significativas. El número de tallos promedio encontrados fue de 3.60 a 1.40 de la Col. 1 y Col. 3, respetivamente, estadísticamente iguales. El peso fresco de tallos el rango fue de 7.07 a 4.35 kg. de la Col. 1 y la Sabanera respectivamente, sin diferencia estadística. El rendimiento promedio de raíz fresca por planta fue de 5.12 a 2.60 kg de la Col. 2 y la Col. 3, respectivamente estadísticamente diferentes. El índice de cosecha destacó la Col. 3 con un I.C. de 3.0 estadísticamente superior a las otras variedades, y la menor fue la Esmeralda con 0.63.

Palabras clave: *yuca, raíz, tallos, índice de cosecha*

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se cultiva en los climas tropicales de en el mundo en América, se consumía hace más de 4000 años en Perú y por los mayas, se dispersó por el mundo actualmente la yuca para África, Asia y América es un cultivo básico para la alimentación de 800 millones de personas. El cultivo de yuca se consideró durante largo tiempo poco idóneo para la intensificación; sin embargo, debido a la expansión de comercio mundial de productos de yuca y al fuerte aumento de producción por parte de África, se ha incrementado su importancia. La producción mundial se ha estimado en 270 millones de toneladas anuales, los países con mayor producción son Nigeria (54.8), Tailandia (30.02), Indonesia (23.4) y Brasil (23.2) millones de toneladas. La india destacó por sus altos rendimientos (35 ton ha⁻¹) FAOSTAT, (2014). La yuca es la tercera fuente más importante y barata de almidón, aproximadamente un 80% de la producción se usa para consumo humano (harina, almidón), constituyendo la fuente principal de carbohidratos, el otro 20% de la producción es usado para la alimentación animal y procesamiento industrial de 300 productos (Textil, papel, madera, adhesivos, lubricantes, dextrina, alcohol) FAO, (2000, 2004). En lo que se refiere a la postproducción, juega un papel clave en la seguridad alimentaria, debido a la capacidad de las raíces tuberosas para permanecer en la tierra durante 36 meses o más después de que se han formado Ballesteros-Patrón et al., (2011). En algunos países, la yuca también se cultiva por sus hojas, que contienen hasta un 25% de proteínas FAO, (2013). México produce 18,135 toneladas de yuca, con un rendimiento por hectárea de 13.3 t ha⁻¹ en 1,521.34 ha distribuidas en siete estados: Tabasco con una superficie plantada de 1,409 ha (82.83 %), Morelos con 112.0 ha (7.08 %), Michoacán 109.0 ha (6.40 %), Veracruz 30.0 ha (1.76 %), Yucatán 26.0 ha (1.52 %), Guerrero 4.0 ha (0.24 %) y el Estado de México 2.5 ha (0.15 %) Rivera-Hernández et al., (2012). La demanda de materias primas para la industria y la alimentación humana es cada vez más crítica debido al 112 millones de mexicanos incremento anual de la población, además de los cambios climáticos y las crisis energéticas de elevación de los precios, se hace necesario que se tengan nuevas opciones, de materias primas como la yuca. El objetivo fue caracterizar seis cultivares de yuca de la parte vegetativa del follaje fresco y su relación con el índice de cosecha (Peso de raíz/Peso follaje) de los cultivares.

MATERIALES Y MÉTODOS

El banco de germoplasma de yuca del Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP, ubicado en el Km 1 de la carretera Federal Huimanguillo-Cárdenas, (coordenadas L. N. 17° 51' 07" y L. O. 93° 23' 46"). Se estableció en febrero de 2013, el suelo es de origen aluvial, la preparación del terreno se hizo con las prácticas de barbecho y doble rastreo. La densidad de 10,000 plantas ha⁻¹ a una distancia de 1 X 1 m entre plantas. Se fertilizó con la fórmula 60 120 60 de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, se aplicó en forma manual a los 30 días del establecimiento del cultivo. El control de maleza se hizo en forma manual fue con machete y azadón. El control de plagas se aplicó para trips, siguiendo las prácticas de la guía Técnica (INIA 1985). Como tratamientos se emplearon, 1) Variedad "Sabanera", obtenida por selección (1979) por el INIA., 2) Genotipo CGM 1322-12 (Variedad "Esmeralda")., 3) Criolla, obtenida de la región y las colectas (Col.), 4) Col. 1., 5) Col. 2 y 6) Col. 3. Las plantas se cosecharon a los 13 meses de edad. Se empleó un diseño completamente al azar, se realizó un muestreo de cinco plantas por parcela, se tomaron como repeticiones. Se cosecharon las raíces, desenterrándolas con pala y machete. Las variables analizadas. Longitud de tallo (m). Se midió el tamaño promedio de largo de los tallos, de la superficie del suelo hasta la parte apical, con un estadal (cogollo).

Número de Tallos. Cuantifico el número de tallos por planta. Peso fresco de Tallo. Se cuantifico en kilogramos (kg) al momento de la cosecha en campo con una balanza (marca Kokino Mod. 12269, Class III). Peso fresco de raíces (Kg). Se midió con la misma balanza en la variable anterior. Índice de Cosecha. El índice de cosecha es la relación de peso fresco de raíz entre el peso fresco follaje. (Peso raíz/Peso de follaje). Las variables se evaluaron con el paquete estadístico (SAS, 2009), y la comparación de medias (Duncan = 0.05 % p.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longitud, número y peso de tallos.

Los resultados obtenidos de la longitud, número y peso de los tallos se presentan en el (Cuadro 1). Longitud de tallo en metros (m), se cuantifico el tamaño promedio de largo de los tallos, de la superficie del suelo hasta la parte apical (cogollo). La mayor longitud obtenida fue en la Criolla con un promedio de 4.12 m de altura y se caracterizó como una planta sin ramificación tiene con un rango de 2 a 3 tallos por planta y promedio de tallos 2.40, le siguió la Col. 3 con un promedio de 4.06 m de altura, se caracterizó como una planta ramificada, con un rango de 1 a 2 tallos por planta y un promedio de 1.40 de tallos, la Sabanera alcanzó un promedio de 3.79 m de altura, es una planta con ramificación, con un rango de 2 a 6 tallos, con promedio 3.40 por planta, seguido por la Col. 2 con un promedio de 4.43 m de altura, se caracterizó como una planta ramificada, tiene un rango de 1 a 4 tallos cuyo promedio fue de 2.40 de tallos, la Col. 1 con un promedio de 3.39 m de altura se caracterizó como una planta ramificada, tuvo un rango de 1 a 5 tallos con 3.60 promedio tallos por planta y la Esmeralda con un promedio de 2.78 m de altura, se caracterizó como una planta ramificada, con un rango de 2 a 4 tallos con promedio de 3.00 tallos por planta. En la longitud de tallo, en esta variable no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Así mismo ni en el número de tallos por planta (Duncan = 0.05 % p.). Al respecto estudios, reportados por el CIAT, (1981). Mencionan a la yuca como una planta monoica, de ramificación simpodial y porte arbustivo, cuya altura varía de 1 a 5 metros, según el cultivar y las condiciones ecológicas, aunque lo más común es encontrar plantas de 1 a 3 metros de altura. De acuerdo a los resultados obtenidos la longitud del tallo el rango obtenido (3 a 4 m) es superior a lo reportado por este autor, aunque lo anterior puede estar influenciado por la edad de la planta y la variedad. En la misma característica del tallo. Al respecto en estudios reportados por SAGARPA, (2013), menciona que la yuca es monoica, de ramificación simpodial y con variaciones en la altura de la planta que oscilan entre 1 y 5 m, aunque la altura máxima generalmente no excede los 3 m los cuales en esta evaluación superan todos los cultivares con excepción de la Esmeralda obtuvo 2.78 m de altura. En otros estudios reportados por Holguín et al., (1981) menciona la altura de la planta de la variedad Sabanera es de 1.80 metro a los diez meses después de la siembra. De acuerdo a los resultados obtenidos todas las accesiones superan las medidas que mencionan estos autores. Al respecto el CIAT, (1981). Menciona que una planta proveniente de material vegetativo, es decir de una estaca, puede producir tantos tallos primarios cuantas yemas viables tenga la estaca. En algunas variedades con fuerte dominancia apical sólo se desarrolla un tallo. Otros factores que determinan el número de tallos primarios, además de la variedad, son: el tamaño y las condiciones de la estaca y la posición en que esta se siembre. De acuerdo a la literatura las variedades presentan diferente número de tallo por planta, esto con cuerda con los resultados obtenidos, influyendo en los números de tallos por planta, de acuerdo a la variedad que se utilice, el tamaño de la estaca, y la posición que está en que sea sembrada; además de lo anterior hay que considerar en todas las variables analizadas de este trabajo a la

precipitación que se presentó durante el ciclo (13 meses) la lámina de agua acumulada fue de 1911 mm, de la estación climatológica del INIFAP 2012-2013, (Barrón, 2016). la cual estuvo por debajo del promedio histórico (1961 a 2003) de la precipitación de la región 2386 mm, (Díaz et al., 2006).

Peso fresco de tallos.

El peso de la parte foliar de las plantas es importante para determinar la selección de las variedades como lo menciona de acuerdo a Kawano, (1978), citado por Cock y Al-Sharau, (1991). Por ello se determinó el peso (kg) de esta variable se cuantificó al momento de la cosecha los resultados, observados de acuerdo a las tendencias de mayor a menor promedio: la Col. 1 con 7.07 kg, siguiendo el orden la Col. 3 con 5.31 kg, Criolla 4.78 kg, Col. 2, 4.70 kg, Esmeralda 4.44 kg, y con el menor promedio presentó la Sabanera con 4.35 kg. En esta variable no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, (Duncan = 0.05 % p.). Lo anterior hay que considerar que la evaluación se hizo a los 13 meses, la cual la mayoría de las variedades ya había caído las hojas de la planta.

Cuadro 1. Características del tallo de yuca de diferentes cultivares.

Variedad	Longitud de tallos (cm)	Número de tallos	Peso fresco de tallos (Kg)	Peso fresco de raíz (kg)
Criolla	4.12 a	2.40 a	4.78 a	4.88 ba
Sabanera	3.79 a	3.40 a	4.35 a	3.63 ba
Esmeralda	2.78 ab	3.00 a	4.44 a	3.94 ba
Colecta 1	3.39 ab	3.60 a	7.07 a	4.86 ba
Colecta 2	3.43 ab	2.40 a	4.70 a	5.12 a
Colecta 3	4.06 a	1.40 a	5.31 a	2.60 b

*Tratamientos con letras diferentes, indica diferencias significativas, (Duncan $\alpha=0.05\%$ p.).

Peso de Raíz fresca.

El mejor promedio significativo fue la Col. 2, con (5.12 Kg) aunque estadísticamente iguales a la Criolla (4.88 kg) y la Col. 1 (4.86 kg). La Esmeralda con 3.94, por arriba de la Sabanera con (3.63 kg). La Col. 3 resultó con el promedio más bajo con 2.60 kg/planta. Los análisis estadísticos muestran diferencias significativas entre tratamientos. Acosta (1992). Reporta un rendimiento de la Esmeralda con 22.5 Ton ha⁻¹ superó a la Sabanera en un 35% de raíces frescas en suelos ácidos de Sabana, con densidades de 12,500 plantas ha⁻¹. Reportes de las variedades Sabanera y Esmeralda en suelos ácidos; rendimientos de 32 y 22 de ton ha⁻¹ respectivamente, con densidades de 12,500 plantas por hectárea y la producción promedio de variedades criollas es de 12 ton /ha/año con densidades de 12,500 plantas ha⁻¹ (Holguin *et al.*, 1981) Comparado con estos rendimientos son superiores a los mencionados por estos autores. Sánchez *et al.*, (1999). Mencionan a las Variedades Sabanera y Esmeralda, superan en rendimientos de follaje y raíz a la variedad Criolla. Hay un gran potencial para nuevos aumentos de producción bajo condiciones óptimas, los rendimientos de yuca pueden llegar a 80 ton/ha, en comparación con el actual rendimiento promedio mundial de sólo 12,8 ton. (FAO 2013).

Índice de cosecha.

Para obtener el índice de cosecha (I.C.), se obtuvo por medio de la relación peso de raíz/peso de follaje en fresco respectivamente, en las variedades evaluadas, los resultados (Gráfica 1), obtenidos dentro de los cuales destacaron los índices de las colectas: Col. 3 con un I.C. de 3.0 que resultó estadísticamente significativamente diferente a las demás accesiones, seguido por la Col. 2 con un I.C. de 2.0, estadísticamente diferente a las Col.1 y la Criolla con I.C., 1.0, y 0.90, respetivamente; aunque estas últimas fueron estadísticamente iguales, pero a su vez estas resultaron estadísticamente diferentes a la Sabanera con 0.66, y la Esmeralda con 0.63 de I.C. (Duncan = 0.05 % p). De acuerdo a los resultados obtenidos el índice para seleccionar variedades Cock y El-Saharkawy, (1991). Señalan que esta entre 0.50 a 0.65, que hay que tener en cuenta otros factores, el cual estos tienden a ser a mayores los I.C., cuando las plantas están en condiciones de baja fertilidad, o de estrés de agua. Por lo tanto, un material seleccionado como óptimo en condiciones de estrés bajo, tenderá a presentarse un I.C. excesivamente alto y quizás un menor rendimiento cuando se cultive con bajo estrés. Por otra parte, las plantas con un I.C. alto sufrirán más con una presión alta de plagas. Como se obtuvo en los resultados sólo la "Esmeralda" y "Sabanera" están dentro del rango a lo mencionado por los autores antes mencionados. Las otras colectas obtuvieron índices mayores, alcanzando hasta un 461% de la accesión Colecta 3. La cual pudo haber influido el tipo de suelo,

aunque los altos índices obtenidos no coinciden a lo reportado a la literatura altos índices para suelos de baja fertilidad, ya que el Banco de Germoplasma está ubicado en un suelo fluvisol de buena fertilidad. Además, la precipitación en relación a esta última, la lámina de agua acumulada a los 13 meses fue de 1911 mm datos de la estación climatológica del INIFAP 2012-2013 (Barrón 2013) la cual está por debajo y/o de la media histórica (1961 a 2003) de la precipitación de la región 2386 mm, Díaz, *et. al.*, (2006). Al respecto el autor Holguín *et al.*, (1981), describe que La variedad sabanera se puede cosechar a partir de los nueve meses de la siembra, pero los rendimientos máximos se obtienen a partir de los doce meses, dependiendo de la fertilidad del suelo, será el periodo en que la yuca forme sus raíces para cosecharse, esta variedad forma a los 10 meses, raíces comerciales por planta. A esta misma edad del cultivo, el índice de cosecha es de 0.56. De acuerdo a los resultados obtenidos la variedad Sabanera está por arriba de 0.1 % al I. C. al promedio que menciona este autor, además el resultado que el menciona de esta variedad fue evaluada a los 10 meses de establecida, de acuerdo a los promedios obtenidos la accesión que está dentro del rango que el menciona es la Esmeralda; de las cuales resultaron en un rango mayor al promedio del I.C. fueron la: Criolla, Sabanera Col. 1, Col. 2 y Col. 3.

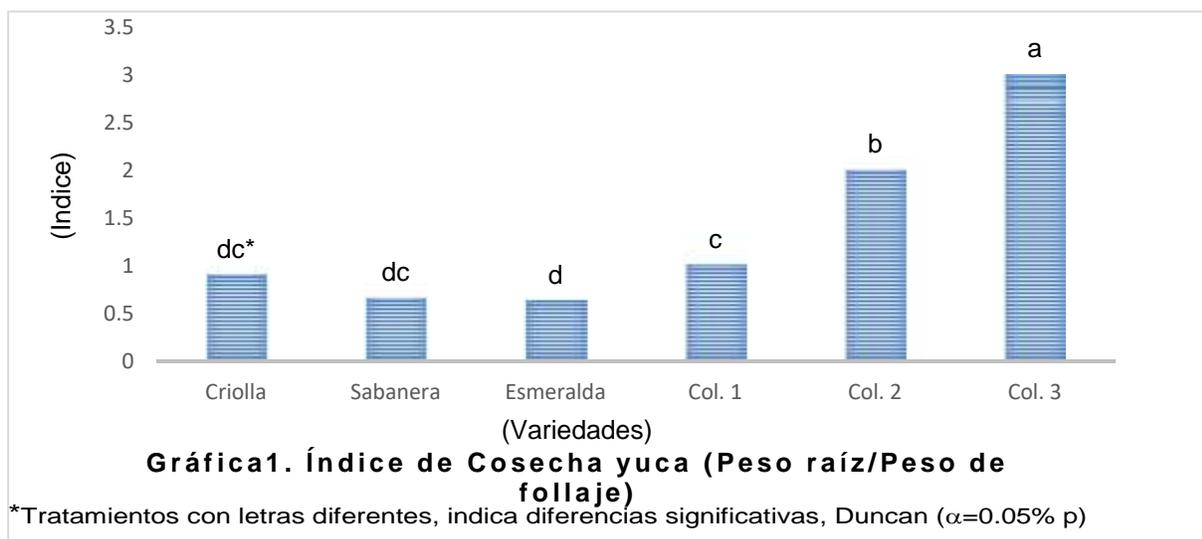


Figura 1. Índice de Cosecha Yuca (Peso raíz/ peso de follaje)

CONCLUSIONES

La longitud de tallos el rango fue de 4.12 a 2.78 m de la Criolla y la Esmeralda respectivamente estadísticamente significativas. El número de tallos promedio encontrados fue de 3.60 a 1.40 de la Col. 1 y Col. 3, respectivamente, estadísticamente iguales. El peso fresco de tallos el rango fue de 7.07 a 4.35 kg. de la Col. 1 y la Sabanera respectivamente, sin diferencia estadística. El rendimiento promedio de raíz fresca por planta fue de 5.12 a 2.60 de la Col. 2 y la Col. 3, respectivamente con diferencias estadísticas significativas. El índice de cosecha destacó la Col. 3 con un I.C. de 3.0 fue estadísticamente superior a las otras variedades, y la menor fue la Esmeralda con 0.63.

LITERATURA CITADA

- Acosta E.J. 1992. Esmeralda: Nueva variedad de yuca para suelos ácidos de Huimanguillo, Tabasco. En: Memoria Quinta Reunión Científica Forestal y Agropecuaria, Villahermosa, Tabasco. SARH-INIFAP-CEFAPHUI, P. 41
- Barrón F. S. 2016. Datos de la estación meteorológica del C. E. Huimanguillo del INIFAP.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. (1981). Morfología de la Planta de Yuca; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audio tutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Carlos E. Domínguez. Producción: Cilia L. Fuentes de Piedrahíta. Y Luis Fernando Cebados. Cali, Colombia. p. (Serie 04SC-02.03).
- Cock J. H., y El-Saharkawy M.A. 1991. Características fisiológicas para la selección de yuca. En: Hershey C.H., (Ed.) (1991). CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) Mejoramiento Genético en América Latina. Cali, Colombia. P. xvi, (256-265).
- Díaz P. G., Ruiz C. J.A., Medina G.G., Cano G. M.A., Y Serrano A.V. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Tabasco Periodo (1961-2003). SAGARPA, INIFAP, CIRCOC, C.E. Cotaxtla, Sitio Experimental Xalapa, Veracruz, México. p. 159.
- FAO. 2000. The world cassava economy, Facts, trends and outlook. Roma. 40 pp.
- FAO, 2004. Strategic environmental assessment, An assessment of the impact of cassava production and processing on the environment and biodiversity. Roma, 17 pp.
- FAO. 2013. Sabe and Grow Cassava, A guide to sustainable production intensification, Rome, p. 129.

- FAOSTAT. 2014. Base de datos de cultivos agrícolas. Roma, Italia. (fuente:<http://apps.fao.org/faostat>) (Consultado el 15 noviembre de 2016).
- Holguín M. F., Urías L. M.A., Acosta E. J., González L. V.W., Ibarra L. F.A., Méndez R. A., Ochoa C. F., Pastrana A. L., Ruíz B. P., y Villalobos P. J. 1983. Sabanera y Costeña dos nuevas variedades de yuca para el trópico húmedo de México (descripción varietal). SARH, INIA, CIAGOC, C. Agrícola Experimental Huimanguillo. Folleto Técnico No.1. Huimanguillo Tabasco. p. 16
- INIA. 1985. La Yuca: En Guía para la asistencia técnica Agrícola, Área de influencia del Campo Experimental Huimanguillo. SARH, INIA, CIAGOC, C. Agrícola Experimental Huimanguillo. p. 80-91.
- Rivera H. B., Aceves N., L.A., Juárez L. J.F., Palma L.J.D., González M. R., González J.V. 2012. Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco, México. Avances agropecuarios. ISSN 0188789-0. 16(1): 29-47.
- SAS. 2009. The SAS (Statistical Analysis System) system for window. SAS Institute Inc. Cary, NC27513, USA.
- Sánchez E. D., Acosta E. J., Rodríguez C. M., Olivera De los S. A. 1999. Manual para producir follaje de yuca *Manihot esculenta* Crantz, en Tabasco. INIFAP., CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Libro Técnico Núm. 3, Tabasco, México. P. 95
- SAGARPA. 2013. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Notas mensuales. Imagen Agropecuaria. Paga México factura por 5 mil 830 mdd en importación de granos. Disponible en: <http://imagenagropecuaria.com/2013/paga-mexico-factura-por-5-mil-830-mdd-en-importacion-de-granos> Consultado el 12 de marzo de 2016.

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAÍZ A LA APLICACIÓN DE POTASIO Y FÓSFORO EN UN
LUVISOL VÉRTICO DE LA MESETA COMITECA, CHIAPAS, MÉXICO**
RESPONSE OF MAIZE TO THE APPLICATION OF POTASSIUM AND PHOSPHORUS IN A VERTIC
LUVISOL FROM MESETA COMITECA, CHIAPAS, MEXICO

¹López Martínez J, ¹Villar Sánchez B, ¹Reynoso Santos R, ²Grajales Solís M, ²Hernández Gómez E,
¹Mendoza-Espinosa I.

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

²Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP. Tuxtla Chico, Chipas.
Autor para correspondencia: lopez.jaime@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Chiapas, como en otras regiones maiceras de México, no aplican tecnologías adecuadas a sus sistemas productivos. La brecha de producción que existe entre el rendimiento potencial que se puede obtener cuando se aplican técnicas adecuadas al cultivo y el que actualmente tiene el campesino, sigue siendo amplia. Muy pocas veces el productor tiene acceso a información que le proporcione un profesionista y al acompañamiento técnico. Y es raro que la aplicación de fertilizante se base, al menos, en los resultados de un análisis de laboratorio de su suelo. En la zona maicera de Comitán, resultados de laboratorio mostraron que el Potasio es deficiente y potencialmente afecta negativamente la producción de maíz. Con el objetivo de evaluar la respuesta del maíz a la aplicación de K y de P se estableció un experimento en un suelo Luvisol vértico de la región Meseta Comitana. El experimento se estableció bajo un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. La siembra de maíz se efectuó de forma manual, bajo condiciones de temporal, el 8 de junio de 2016. El tamaño de parcela experimental fue de 4 surcos de 8 m de largo, separados a 0.76 m; de parcela útil se consideraron los dos surcos centrales. El rendimiento de maíz se incrementó en 1,226 kg/ha al aplicar 80 unidades de Potasio, manteniendo una dosis alta de Fósforo. Estos resultados permitieron llegar a las siguientes conclusiones: se detectó respuesta del cultivo a la aplicación combinada de Potasio y de Fósforo; el efecto más determinante se obtuvo al aplicar 80 kg/ha de P₂O₅ mezclado con 80 kg/ha de K₂O. En términos de rendimiento y económicos, con el tratamiento 125-80-80 se obtuvieron los mayores valores de beneficios netos y de tasa marginal de retorno (TMR).

Palabras clave: *orden de suelo, deficiencias, macronutrientes, maíz.*

INTRODUCCIÓN

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

Es bien conocido que los productores de estas regiones, que se caracterizan por su alto grado de marginación, en su mayoría grupos étnicos indígenas, tienen un limitado acceso a las tecnologías adecuadas. Los proyectos productivos que aportan recursos a través de programas públicos son, por un lado, muy escasos, con baja cobertura territorial, y, por otro, cuando llegan a gestionarse, muchas veces no incluyen las tecnologías apropiadas, que sean acordes con los requerimientos específicos de los agroecosistemas que maneja el campesino. De esta manera, las tecnologías de producción sostenida que generan los centros de investigación deberán ir asistidas de un esquema de transferencia innovador que tenga como principio la participación efectiva del productor y el acompañamiento técnico.

Un aspecto importante sobre el cultivo de maíz en estas regiones rurales, es que los productores aplican fertilizantes sin conocer las necesidades nutrimentales de la planta. Muchas veces siguen recomendaciones de cantidades y tipos de fertilizantes que les indican las empresas vendedoras de

insumos agrícolas. Muy pocas veces el productor tiene acceso a información que le proporcione un profesionalista y al acompañamiento técnico. Y es raro que la aplicación de fertilizante se base, al menos, en los resultados de un análisis de laboratorio de su suelo. En 2015 se iniciaron trabajos del proyecto “Tecnologías para la producción sostenida de maíces amarillos, pigmentados, eloteros y de alto contenido de aceite para las regiones semicálida, templada y tropical de Chiapas”. En su primera etapa se efectuaron muestreos de suelos en parcelas de productores maiceros de la región Meseta Comiteca, ubicada en la Altiplanicie de Chiapas. Los resultados de laboratorio mostraron que el Potasio aprovechable se encuentra en cantidades menores de 95 ppm, lo cual clasifica al suelo como deficiente en este macronutriente. Asimismo, de Fósforo aprovechable (P) registró valores menores de 5 ppm, clasificando a este tipo de suelos como bajo. Con el objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta del maíz, en términos de rendimiento y económicos, a la aplicación de Potasio y de Fósforo en un suelo de tipo Luvisol vértico de región Meseta Comiteca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se ubicó en parcela de agricultor maicero del ejido Bello Paisaje, municipio de la Trinitaria, Chiapas. Las coordenadas son 16° 22' 7" de latitud Norte y 91° 57' 48" de longitud Oeste. En esta zona de la Meseta Comiteca, el clima predominante es el semicálido subhúmedo con lluvias en verano; precipitación anual de 1,200 mm y temperatura media de 18.9° C. EL suelo corresponde al suborden Luvisol vértico (INEGI, 2005); tiene una profundidad mayor de 1.0 m y la topografía es plana con pendiente menor de 2%. Las características físicas y químicas del suelo del sitio experimental, determinadas en laboratorio, se anotan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo del sitio experimental en Bello Paisaje, Las Margaritas, Chiapas. Ciclo P-V 2016.

Características	Resultado	Unidad de medida	interpretación
Clase textural	Franca		Media
Punto de saturación	38.0	%	Mediano
Capacidad de campo	20.2	%	Mediano
Densidad aparente	1.11	g/cm ³	Media
Materia orgánica	1.43	%	Bajo
PH (1:2 de agua)	6.55		Neutro
CIC	10.8	Meq/100g	Mod. Bajo
P-Bray	4.4	ppm	Bajo
K	91.6	ppm	Muy bajo
Ca	1791	ppm	Medio
Mg	191	ppm	Mod. Bajo
N-NO ₃	10.2	ppm	Mediano

El experimento se estableció con el propósito de evaluar la aplicación de Potasio y de Fósforo, dada la deficiencia en el suelo de estos dos elementos mayores que son determinantes en el rendimiento del cultivo. El análisis de muestra compuesta de suelo mostró deficiencias de Potasio, un nutriente esencial que absorbe en cultivo de maíz cantidades altas, al igual que Nitrógeno y Fósforo.

El experimento se estableció bajo un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. La siembra de maíz (variedad V-230AC) se efectuó bajo condiciones de temporal el 8 de junio de 2016, de forma manual, con “cubo” o barreta. El tamaño de parcela experimental fue de 4 surcos de 8 m de largo, separados a 0.76 m; de parcela útil se consideraron los dos surcos centrales.

Los niveles de los factores de fertilización se estimaron en función de los resultados del análisis de suelo y de la fórmula de N-P-K (125-46-00) que recomienda el Inifap para ese agrosistema (López-Báez. W *et al*, 2008; cuadro 2.). Se incluyó un nivel alto de K (80 unidades de K₂O) con el fin de tener mayor probabilidad de detectar respuesta a este nutriente. Se incrementó también el nivel alto de P dado que este nutriente se encontró en cantidades bajas en el suelo y porque al aumentar la absorción de K, la planta demanda mayor cantidad de Fósforo. Se utilizaron como fuentes de fertilizantes el Cloruro de Potasio (60 % de K₂O), Fosfato Diamónico (46 % de P₂O₅) y Urea (46% de N).

La cantidad total de P, de K y la mitad del N se aplicaron a la siembra del cultivo; el resto de N a los 50 días después de la siembra. El Nitrógeno se mantuvo constante en 125 kg/ha de N.

Se registraron datos de planta, de mazorca y rendimiento. Las variables fueron analizadas con el paquete estadístico SAS versión 9.1. Para comparación de medias se utilizó la prueba del rango estudentizado de Tukey, $\alpha=0.05$ (HSD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre tratamientos para rendimiento (Prob. F > 0.018), no así para las demás variables analizadas de planta y mazorca.

Los mayores valores tanto de altura (251 cm) como de rendimiento (4,735 kg/ha) se obtuvieron con el tratamiento que incluyó la fórmula de fertilización 125-80-80 (cuadro 3). El cultivo respondió estadísticamente a la aplicación de Potasio; siempre y cuando se incremente la dosis de Fósforo a 80 unidades de P₂O₅. Este resultado es congruente, pues en suelos con bajo contenido de K y P es de esperarse que la aplicación creciente de Potasio se induzca una mayor demanda de Fósforo.

El rendimiento de maíz se incrementó en 1,226 kg/ha al aplicar 80 unidades de Potasio,

manteniendo una dosis alta de Fósforo (80 kg/ha de P₂O₅). Ferraris y Mousegne, en 2010, en ensayos de aplicaciones crecientes a maíz de K, P y S, reportaron que la respuesta de Potasio dependió del nivel de rendimiento del cultivo; explican que ante una mayor demanda de K por el cultivo, es posible que el suelo no logre abastecerlo en ausencia de fertilización.

Por otra parte, la aplicación de Fósforo incrementó significativamente el rendimiento de maíz al nivel alto de aplicación de K. Este efecto resultó ser el más importante, pues el incremento de rendimiento fue de 2,482 kg/ha a un nivel alto de Potasio. (Figura 1)

El análisis económico para definir la mejor fertilización en términos del rendimiento obtenido, de los costos variables y los beneficios netos asociados a cada tratamiento. El procedimiento denominado tasa marginal de retorno (TMR) se define como el incremento en beneficios netos dividido entre el incremento de los costos variables conforme se pasa de tratamiento a siguiente más costoso. (CIMMYT, 1988; Harrington, 1982).

En la estimación de la TMR (cuadro 4), puede observarse que si bien el mayor rendimiento (4,735 kg/ha) se asoció con el tratamiento 125-80-80 y sus costos variables más altos (\$3,302 \$/ha). Así mismo, con este tratamiento que obtuvo mayor beneficio neto y con la mayor TRM estimada que fue de 1,191%, que resulta de dividir sus valores de incremento de beneficios netos entre el incremento de costos

variables. La TMR se interpreta como el porcentaje de retorno al capital que se invierte, esto es, por cada peso que se gasta con aplicar este tratamiento se recupera la inversión más 11.9 pesos de ganancia.

Cuadro 2. Tratamientos del experimento de fertilización.

Tratamiento	Fertilización		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	125	80	80
2	125	46	80
3	125	80	00
4	125	46	00
5	00	00	00

Cuadro 3. Altura de planta y rendimiento de grano de maíz en experimento de fertilización.

Trat.	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Rendimiento (kg/ha)
1	250.92	2.15	4,735 a*
2	232.83	2.20	2,253 b
3	246.17	2.25	3,509 ab
4	247.75	2.27	3,008 a
5	237.17	2.17	1,895 b

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

Cuadro 4. Análisis económico marginal de la respuesta a tratamientos de la fertilización de K y de P.

Trat.	Rend. (kg/ha)	Costos variables (CV, \$/ha)	Incremento		Beneficio	
			Rendimiento (kg/ha)	CV (\$/ha)	Bruto (\$/ha)	Neto (\$/ha)
1	4,735	3,302	2,482	769	9,928	9,159
2	2,253	2,533	dominado	724		
3	3,509	1,809	501	769	2,004	1,235
4	3,008	1,040	1,113			
5	1,895	0				

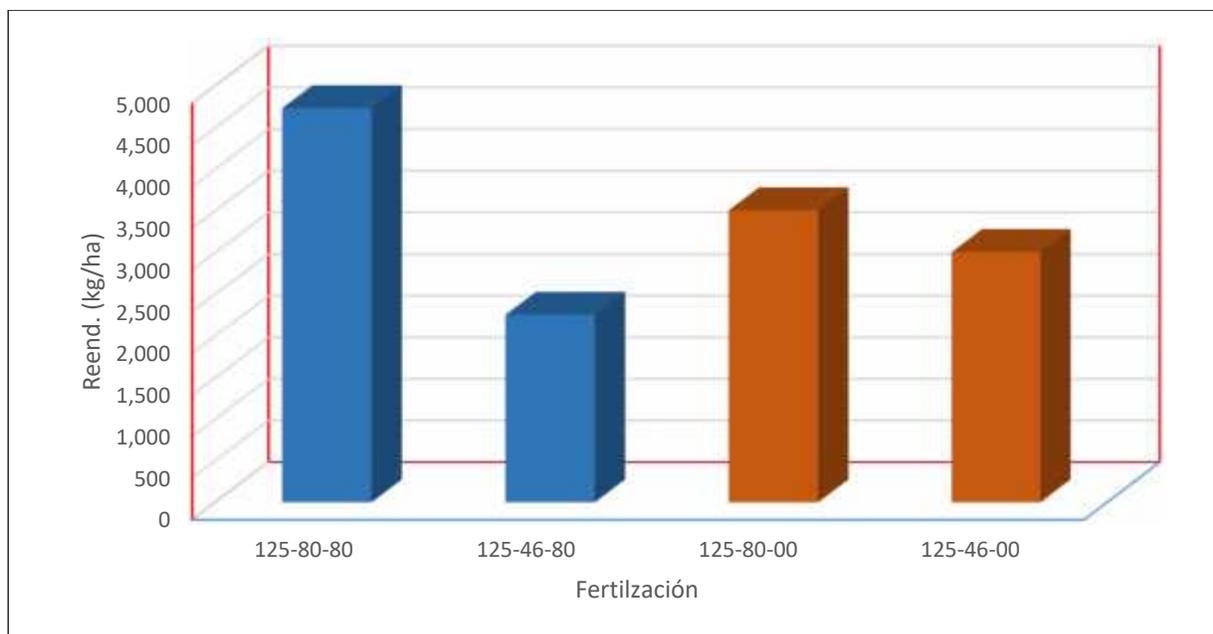


Figura 1. Respuesta de maíz a la aplicación de Potasio y de Fosforo en un Luvisol vértico. Bello Paisaje, Las Margaritas, Chiapas. 2016.

CONCLUSIONES

Se detectó respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de Potasio y de Fósforo. El efecto más determinante se obtuvo al aplicar los niveles altos de ambos nutrientes: 80 kg/ha de K_2O combinado con 80 kg/ha de P_2O_5 . En términos de rendimiento y económicos, con el tratamiento 125-80-80 se obtuvieron los mayores valores de beneficios netos y de tasa marginal de retorno (TMR).

LITERATURA CITADA

- Castellanos, J.Z., J. X. Uvalle-Bueno y A. Aguilar-Santelises. 2000. manual de interpretación de análisis de suelos. Colección INCAPA. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Segunda Edición. 129 pp.
- Ferraris N. G. y Mousegne F. 2010. Fertilización de maíz: deficiencias de azufre, potasio y zinc en el área núcleo. Est. Exp. Pergamino. INTA. 4 pp.
- INEGI. 2005 INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.
- López-Báez. W.; A. López-Luna; B. Coutiño-Estrada; R. Camas-Gómez; B. Villar-Sánchez; J. López-Martínez; V. Serrano-Altamirano; P. Cadena-Iñiguez; A. Zamarripa-Morán y C. Sandoval-Morado. 2008. Zonas potenciales y recomendaciones técnicas para la producción sustentable de Maíz en Chiapas. Libro Técnico No. 1. Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Ocozacoautla de Espinosa, Chiapas, México. 228 páginas.
- Harrington, L. 1982. Ejercicios Sobre Análisis Económico de Datos Agronómicos, Documento de Trabajo. México D.F., México: CIMMYT.
- Prystupa, P., Fernando Salvagiotti, Gustavo Ferraris, Flavio Gutiérrez Boem, Javier Elisei, Lucrecia Couretot. 2014. Efecto de la fertilización con fósforo, azufre y potasio en cultivos de maíz en la pampa ondulada. Informaciones Agronómicas, No. 23, 6 pp.

CARACTERIZACIÓN FENOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE LA CALABAZA CHIGUA *Cucurbita argyrosperma* HUBER VAR. *argyrosperma* EN QUINTANA ROO.
PHENOLOGICAL AND PRODUCTIVE CHARACTERIZATION OF CHIGUA SQUASH *Cucurbita argyrosperma* HUBER VAR. *argyrosperma* IN QUINTANA ROO.

García Sandoval JA, Dzul Uuh D.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Chetumal. Km 25 Carretera Chetumal-Bacalar, Xul-Ha, Othón P. Blanco, Quintana Roo.
Autor para correspondencia: garcia.angel@inifap.gob.mx

RESUMEN.

La calabaza no es desconocida como cultivo, ya que siempre ha estado asociada al maíz, chile y el frijol en la milpa maya. Sin embargo, ante el creciente mercado del aceite que produce la calabaza, la aparente rusticidad de su cultivo y el bajo costo de producción, se está convirtiendo en una excelente oportunidad productiva para el sector rural de Quintana Roo. La información se generó en una población de calabaza criolla llamada localmente chihua, la cual fue evaluada en diferentes densidades de plantas y dosis de fertilización durante el ciclo agrícola P-V 2016. La siembra fue directa el día 15 de julio de 2016 y se hizo en hileras de 3.0 m, dejando un metro de calle. Se depositaron 2 o 3 semillas por punto de siembra a una distancia entre plantas de 1, 1.5 y 2.0 m. Los resultados fueron analizados mediante porcentaje, correlación y regresión. La calabaza presentó un ciclo total de 82 días desde la siembra hasta cosecha. Resultados que coinciden con lo mencionado por los productores locales de que es un cultivo de tres meses; por lo tanto, muy factible aprovechar el ciclo lluvioso de la entidad, que es de mayo a noviembre, para programar dos fechas de siembra bajo condiciones de temporal. Esta población produjo mayormente frutos con la forma de pera y redondos y en menos porcentaje la forma aplanada y ovoide. En cuanto a peso promedio de frutos se observó poca diferencia entre las formas fluctuando de 1.72 kg/fruto en la forma aplanada y 1.84 kg/fruto en la forma redonda. Se estimó un rendimiento entre 0.8 a 1.9 t ha⁻¹ de semilla seca, valores que superan grandemente a la media estatal de 0.6 t ha⁻¹ y muestran el potencial productivo que existe en esta población.

INTRODUCCIÓN.

La familia Cucurbitaceae conforma un importante grupo de plantas, mayormente tropicales, con 90 a 130 géneros y 750 a 1300 especies, muchas de ellas muy comunes y ampliamente utilizadas en la alimentación. Cinco de estas especies: *Cucurbita argyrosperma* Huber, *C. ficifolia* Bouché, *C. moschata* (Duchesne ex Lam.) Duchesne ex Poiret, *C. maxima* Duchesne ex Poiret, and *C. pepo* L., se domesticaron en el Nuevo Mundo y por miles de años se cultivaron o utilizaron los aborígenes americanos (Lira y Montes, 1994). México es un importante centro de origen, domesticación y diversificación del cultivo de calabaza (*Cucurbita* spp), (Acevedo, 2009). El género consta de un total de 20 especies o subespecies, en el país se cultivan variedades de cuatro de las cinco especies domesticadas en Mesoamérica: *Cucúrbita pepo* L., *C. moschata* Duch Ex Lam, *C. argyrosperma* Huber y *C. ficifolia* Bouché (Lira, 1995).

En nuestro país uno de los mercados importantes de la calabaza es la producción de semilla o pepita, reportando una superficie de siembra arriba de las 43 mil hectáreas y un volumen de producción cercano a las 20 mil toneladas anuales. En este nicho de mercado el cultivo apenas supera los 500 kilogramos de semilla por hectárea y los estados líderes son Campeche (13, 197 ha), Guerrero (7,700 ha), Tabasco (5,826 ha), Zacatecas (5,465 ha) y Yucatán (2,614 ha), que en conjunto siembran el 78% de la superficie nacional (SIAP, 2014).

En Quintana Roo los reportes de calabaza chihua comienzan en el año 2013; es decir, lleva cuatro años de cultivo, donde la máxima superficie ha sido de 2,480 ha, con un volumen de producción de 1, 478 toneladas y rendimiento promedio de 600 kilogramos por hectárea (SIAP, 2014).

El interés por la siembra de este cultivo milenario es creciente entre los productores que constantemente buscan alternativas rentables para el sustento familiar. La calabaza no es desconocida como cultivo, ya que siempre ha estado asociada al maíz, chile y el frijol en la milpa maya. Sin embargo, ante el atractivo mercado del aceite que produce la calabaza, la aparente rusticidad de su cultivo y el bajo costo de producción, se está convirtiendo en una excelente oportunidad productiva para el sector rural de nuestra entidad. A pesar de la reciente introducción como monocultivo, ya se ha detectado una importante brecha

tecnológica y productiva que deriva en un rendimiento que oscila de 200 a 700 kg/ha; esto atribuido principalmente a que predomina la siembra dependiente del temporal y uso generalizado de semilla con amplia variabilidad genética. Se planteó determinar el ciclo de cultivo y explorar el potencial productivo de una población de amplia variabilidad genética de la calabaza denominada chihua en Quintana Roo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área experimental se ubicó en los terrenos del Campo Experimental Chetumal localizado en el Km 25 carretera Chetumal-Bacalar, donde predomina un clima Aw1(x') según la clasificación de Köpen, modificado por E. García, y definido como cálido subhúmedo, con precipitación media anual de 1,200 a 1,300 mm, periodos de lluvias muy diferenciados, temperatura mínima media anual de 26°C, temperatura media máxima de 34°C y humedad relativa de 85% (INEGI, 2005). La información se generó en una población de calabaza criolla llamada localmente chihua y adquirida en el mercado de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, la cual fue evaluada en diferentes densidades de plantas y dosis de fertilización durante el ciclo agrícola P-V 2016. El suelo utilizado fue un Luvisol crómico relacionado con los Yaax'hoom en terminología Maya. La siembra fue directa el día 15 de julio de 2016 y se hizo en hileras de 3.0 m, dejando un metro de calle. Se depositaron 2 o 3 semillas por punto de siembra a una distancia entre plantas de 1, 1.5 y 2.0 m. Bajo el arreglo establecido se tuvo una población que varió de 2,500 hasta 10,000 plantas por hectárea. La nutrición fue a través del suministro de 40, 60 y 80 gr/planta o cepa de la fórmula (50-69-00) en dos aplicaciones durante el ciclo de cultivo. Para el manejo del cultivo se aplicó el paquete tecnológico de la calabaza chihua que recomienda el INIFAP en la entidad. Las variables medidas fueron fenología, rendimiento y algunos descriptores del fruto y la semilla. Los resultados fueron analizados mediante porcentaje, correlación y regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la Figura 1 se muestran las diferentes etapas fenológicas registradas en la población criolla de calabaza chihua, donde los resultados señalan que este tipo de calabaza tiene un ciclo precoz, ya que de la siembra a la madurez fisiológica de su semilla tarda alrededor de tres meses. Cabe hacer hincapié que la germinación de algunas semillas comenzó en el tercer día y terminaron hasta el séptimo día de la siembra, aquí pudo influir la profundidad de siembra, ya que se realiza con un sembrador manual, así como la humedad disponible. La siguiente etapa considerada de la germinación hasta el inicio de la floración tuvo una duración de 31 días, precocidad muy similar a la reportada en Yucatán por Canul *et al.* (2005). Importante señalar que la floración en calabaza empezó con flores macho, las cuales abrieron en forma diaria a fin de que las flores hembra, que aparecieron posteriormente, pudieran polinizarse vía insectos. La etapa final fue del inicio de floración a la cosecha de fruto con semilla fisiológicamente madura y duró 44 días, siendo en esta etapa donde la planta define su carga de fruto para cosecha. Sumando todas las etapas descritas la población de la calabaza chihua en evaluación presentó un ciclo total de 82 días desde la siembra hasta cosecha. Resultados que coinciden con lo mencionado por los productores locales de que es un cultivo de tres meses; por lo tanto, muy factible aprovechar el ciclo lluvioso de la entidad, que es de mayo a noviembre, para programar dos fechas de siembra bajo condiciones de temporal.

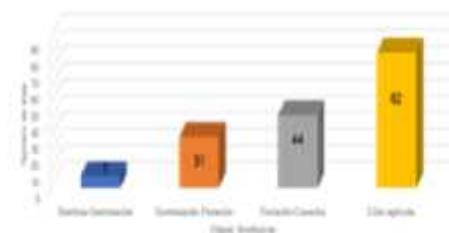


Figura 1. Etapas fenológicas de la calabaza chihua bajo condiciones de temporal en Quintana roo. Ciclo Agrícola Primavera-Verano 2016.

En la Figura 2 se muestra la variabilidad en forma, peso, tamaño y color de fruto que caracterizó al material de calabaza chihua en prueba. Esta población presentó mayormente frutos con la forma redonda, pera y aplanada y en menos porcentaje la forma ovoide y guaje. En cuanto a peso promedio de frutos se distingue poca diferencia entre las formas fluctuando de 1.72 kg/fruto en la forma aplanada y 1.84 kg/fruto en la forma redonda; es decir, una diferencia de sólo 112 gramos (Cuadro 1).

La cantidad de semilla también mostró variación con respecto a la forma, ya que los registros del Cuadro 1 ubican al fruto aplanado con los valores más altos y al fruto pera como el menos productor de semilla. Con relación al porcentaje de semilla la forma aplanada se constituyó como el mejor y la forma pera con el más bajo porcentaje. Mediante correlación se observó que el peso de fruto está altamente asociado ($r=0.9026$) con la cantidad de semilla seca producida (Figura 3). La regresión que mejor ajuste tuvo fue la no lineal de Schumacher con $R^2= 0.8213$; es decir, se puede predecir en forma confiable hasta un 82% de la variación mostrada en peso de la semilla seca ($Y=188.2284e^{-1787.33(1/x)}$).

Cuadro 1. Características del fruto y semilla de la calabaza chihua en el Ciclo Primavera-Verano 2016. Campo Experimental Chetumal.

Forma	Peso en gr		% de semilla
	Fruto	Semilla seca	
Aplanado	1,728.00	70.09	3.82
Guaje	1,761.16	-	-
Ovoide	1,832.58	67.57	3.59
Pera	1,837.50	61.79	3.48
Redondo	1,846.08	68.64	3.50
Media	1,807.69	66.22	3.56

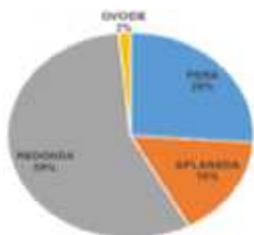


Figura 2. Distribución de frutos según la forma del fruto en una población de calabaza chihua en Quintana roo. Ciclo P-V 2016.



Figura 3. Producción de semilla seca y su relación con el peso total de fruto en calabaza chihua bajo temporal en Quintana Roo. Ciclo Primavera-Verano 2016. Campo Experimental Chetumal.

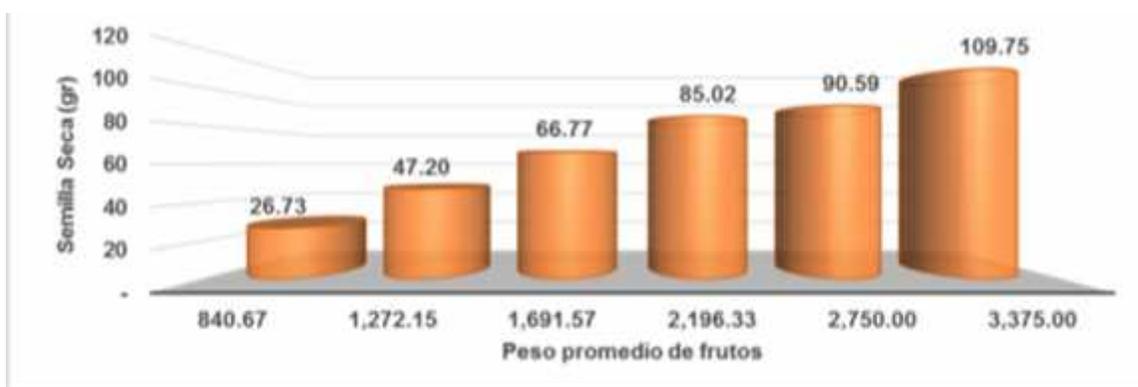


Figura 4. Rendimiento de Fruto en toneladas por hectáreas de calabaza chihua bajo temporal en Quintana Roo. Ciclo Primavera-verano 2016. Campo Experimental Chetumal

En lo que se refiere a rendimiento potencial de la calabaza chihua se observó influencia de los factores densidad de población y cantidad de fertilización por cepa, ya que el rendimiento de fruta varió de 19 (3,333 plantas) hasta 48 t ha⁻¹ (5,000 plantas), mismas que produjeron de 0.8 a 1.9 t ha⁻¹ de semilla seca, respectivamente (Figura 4 y 5). Estos valores superan grandemente la media estatal de 0.6 t ha⁻¹ y muestran el potencial productivo que existe en la población evaluada.

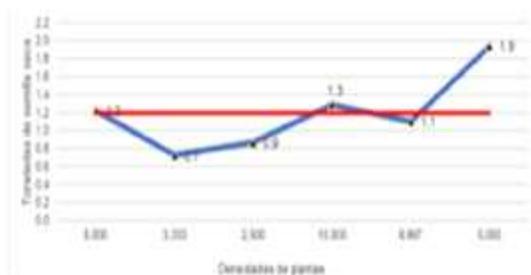


Figura 5. Producción Potencial de semilla de calabaza chihua bajo temporal en Quintana Roo. Ciclo Primavera-verano 2016. Campo Experimental Chetumal.

Cabe hacer referencia que el 55.6% de la producción que se obtuvo en esta población fue atribuida a frutos considerados grandes cuyo peso promedio fue 1.85 kg/fruto, seguido por la categoría fruto medio con el 39.3% y un peso de 1.25 kg/fruto. Finalmente, el resto de la producción se debió a frutos pequeños con un peso menor a 0.5 kg/ fruto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de calabaza chihua por tamaño de fruto en el Ciclo Primavera-Verano 2016.

Tamaño de fruto	% de la producción	Peso/fruto (kg)
Grande	55.63	1.85
Mediano	39.33	1.27
Chico	5.04	0.49

CONCLUSIONES

Cucurbita argyrosperma var. *argyrosperma* presentó un ciclo de cultivo alrededor de tres meses, lo cual permite realizar hasta dos siembras durante la estación lluviosa de Quintana Roo que empieza en mayo y termina en noviembre. La calabaza chihua para semilla o pepita se caracterizó por tener amplia variabilidad en forma, tamaño y color de fruto. La producción de semilla seca se puede predecir hasta en 82% a través del peso de fruto. La población de chihua evaluada presentó mayormente semilla color blanco, tamaño grande, forma aplanada y pronunciado margen color gris. Bajo condiciones de temporal y el manejo proporcionado se detectó que la calabaza tipo chihua puede potencialmente triplicar la producción media estatal de 0.6 t ha⁻¹. Existe alto potencial genético para elevar la calidad y el rendimiento comercial de la calabaza chihua en Quintana Roo.

LITERATURA CITADA

- Acevedo G. F. 2009. La bioseguridad en México y los organismos genéticamente modificados: cómo enfrentar un nuevo desafío, en capital natural de México. Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México. II:319-353.
- Canul K. J, Ramírez V. P, Castillo G. F. y Chávez S. J. L. (2005). Diversidad morfológica de calabaza cultivada en centro-oriente de Yucatán, México. Rev. Fitotec., Mex. Vol. 28 (4): 339-349.
- INEGI. 2005. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Carta de Climas escala 1:1'000,000. México 1980. (Versión digital 2005).
- Lira S. R. 1995. Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Económica. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools. 9. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. ISBN 92-9043-263-2.
- Lira R. and S. Montes. 1994. Neglected crops: 1492 from a different perspective. In: Plant Production and Protection. J E Hernando B, J León (eds). Series No. 26. FAO, Rome, Italy. pp: 63-77.
- SIAP. 2014. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con Información de las Delegaciones de la SAGARPA en los Estados. Avance de Siembras y Cosechas Perennes 2014. <http://www.sagarpa.gob.mx>.

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y EL USO DE MICORRIZA SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE *Zea mays* L. VARIEDAD SACBEH
EFFECT OF PLANTING DENSITY AND USE MYCORRHIZAL ON DEVELOPMENT AND PERFORMANCE L. SACBEH VARIETY *Zea mays*

¹Lozano Contreras MG, ²Ramírez Jaramillo G, ¹Tepal Chalé JA, ²Ramírez Silva J, ³Cauich Cauich RA.

¹ Instituto Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochoá Km 25.5 Antigua carretera Mérida-Motúl. 97454. Mocochoá, Yucatán, México.

²INIFAP-CIRSE. Calle 6 No. 398. Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz. Mérida, Yucatán México.

³Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n. 97345. Conkal, Yucatán, México.

Autor por correspondencia: lozano.monica@inifap.gob.mx

RESUMEN

El maíz es un cultivo de gran importancia en México tanto social como cultural, sin embargo, este cultivo presenta diversos problemas, uno de ellos es el incremento del costo de los fertilizantes, por lo que constantemente se requieren alternativas que mejoren la calidad del suelo, la producción del cultivo y la productividad. Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de dos densidades de siembra, así como el efecto de la micorriza *Rhizophagus intraradices* sobre el desarrollo y rendimiento de la variedad criolla mejorada conversa a calidad proteínica. Se utilizó una variedad generada por el Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Se utilizaron dos densidades de población 1) densidad de población de 33,000 plantas/ha y 40,000 plantas/ha, ambos tratamientos fueron inoculados Micorriza INIFAP^{MR} que tiene como ingrediente activo *Rhizophagus intraradices*. Los tratamientos fueron 1) Densidad de 40 mil plantas sin fertilizante químico, 2) Densidad de 40 mil plantas con fertilizante químico, 3) Densidad de 33 mil plantas sin fertilizante químico, 4) Densidad de 40 mil plantas con fertilizante químico. Los tratamientos con la densidad de 40 000 plantas, presentaron los mayores rendimientos con 8 t/ha y 7.6 t/ha. Los tratamientos 3, 4 y 2 presentaron la mayor altura de la mazorca. La fertilización química y su combinación con el biofertilizante proporcionaron una mejor respuesta en las variables vegetativas y de rendimiento del maíz, lo que demuestra el efecto benéfico del biofertilizante.

Palabras clave: Maíz QPM, micorriza, densidad de siembra.

INTRODUCCIÓN

En Yucatán como en el resto del país, el cultivo de maíz ocupa un lugar especial por el alto consumo que existe. En 2016 en el estado se sembraron bajo temporal 48,674 ha y se cosecharon 43 ha, mientras que bajo riego se sembraron 5,274 ha cosechándose 1,964 ha, es decir que bajo temporal el área siniestrada fue mucho mayor. Según datos calculados, del área sembrada del 2003 al 2010 el 10% de la superficie siniestrada fue debido a la sequía (SIAP 2011). A pesar de emplear variedades criollas mejoradas conversas a calidad proteínica para el sistema de producción de roza tumba-quema como la SacBeh que presenta un contenido de lisina y triptófano, superior en un 50% al de los maíces criollos y su rendimiento factible de obtener supera las 2.5 ton/ha en este sistema (Aguilar *et al.*, 2010), la sequía es un fuerte limitante para obtener altos rendimientos.

Los hongos micorrizicos se encuentran asociados a las raíces de maíz, proveen características estructurales, fisiológicas y bioquímicas que pueden mejorar los mecanismos de la planta para tolerar o escapar al estrés hídrico entre otros (Pérez-Luna *et al.*, 2012). A nivel comercial existen productos comerciales que contienen multicepas de endo o ecto micorrizas con un alto espectro de hospederos y zonas, pero se ha observado que la respuesta es muy variada. Lo anterior se debe principalmente a que se apuesta a una cepa de hongo que sea eficiente para la mayoría de los cultivos. En muchos casos la respuesta a la micorrización está determinada por factores intrínsecos entre un determinado hongo y su interacción con el genotipo de hospedante. Así, podemos encontrar diferentes grados de respuesta y dependencia a la actividad de los hongos micorrizicos arbusculares, entre cultivares de una misma especie (Declerck *et al.*, 1995). Por otra parte, también se debe tener en cuenta que la adaptación de las cepas micorrizicas a una zona mejora las posibilidades de obtener mayor especificidad con los cultivos sembrados en la misma. Se debe identificar una cepa efectiva de hongos micorrizicos para el cultivo de maíz al menos por zonas con características climáticas y suelo semejante con el fin de ayudar a la planta a una mejor adaptación a estas condiciones específicas (Molina *et al.*, 2005).

La importancia socio-cultural del cultivo de maíz y la difícil situación en la que se encuentra la agricultura debido al incremento del costo de los fertilizantes, entre otros factores, plantea la necesidad de encontrar alternativas agroecológicas que mejoren la calidad del suelo, la producción del cultivo y la productividad del trabajo (Pérez-Luna *et al.*, 2012). Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de dos densidades de siembra en suelo Luvisol (Kancab), así como el efecto de la micorriza *Rhizophagus intraradices* sobre el desarrollo y rendimiento de la variedad criolla mejorada conversada a calidad proteínica SacBeh.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento del experimento.

Se estableció el experimento en condiciones de campo, en el Sitio Experimental Uxmal, localizado en el municipio de Muna, Yucatán, México (20°29'08.1" de latitud norte y 89°24'39" de longitud oeste, a una altitud de 50 msnm), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El clima es de tipo Aw, el cual es el más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano, precipitación y temperatura promedio anual de 900 mm y 25°C, respectivamente (Uribe *et al.*, 2006). El suelo de la región es Luvisol (Kancab), se le realizó análisis físico-químico, que resultó con textura de franco-limosa, cuyos contenidos de arena fue 19.8%, 22.1% arcilla, y 58% de limo; pH de 7.8, 0.13% de nitrógeno, 43.4 mg kg⁻¹ de fósforo, 229 mg kg⁻¹ de potasio y 4.8% de materia orgánica. El pH fue determinado en una extracción de suelo-agua mediante potenciómetro; la materia orgánica se midió por oxidación con dicromato de potasio; el N se determinó mediante el método de Kjeldahl; el P se midió con el método de Olsen (extracción con bicarbonato de sodio); y el K (extraído con acetato de amonio) se determinó con el método de cobaltonitrito (Plenecassagne *et al.*, 1999).

Material genético.

Se utilizó una variedad generada por el Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Uxmal, Mérida, México. La variedad SacBeh es de polinización libre, de ciclo tardío con un rango de 130 a 140 días de la siembra a la cosecha. Es de grano blanco semidentado, con una proporción de granos morados menor al 20%, las plantas son relativamente altas (Aguilar *et al.*, 2010).

Tratamientos y diseño experimental. Se utilizaron dos densidades de población 1) densidad de población de 33,000 plantas/ha (60 cm distancia entre planta y planta), 2) densidad de población de 40,000 plantas/ha (50 cm distancia entre planta y planta), con tres semillas por golpe y aclareo a dos plantas. Posterior a la siembra, se aplicó un herbicida pre-emergente para controlar el ciclo vegetativo de las malezas. Mes y medio después de la siembra se aplicó un herbicida. Ambos tratamientos fueron inoculados Micorriza INIFAP^{MR} que tiene como ingrediente activo *Rhizophagus intraradices* en concentración de 1 espora mL⁻¹. Adicionalmente estos dos tratamientos fueron repetidos con la aplicación de fertilizantes químicos de fórmula comercial 18-46-00 a razón de 200 kg/ha más 46-00-00 a razón de 200 kg/ha, dando un total de 4 tratamientos. Tratamientos: 1) Densidad de 40 mil plantas sin fertilizante químico, 2) Densidad de 40 mil plantas con fertilizante químico, 3) Densidad de 33 mil plantas sin fertilizante químico, 4) Densidad de 40 mil plantas con fertilizante químico. A madurez comercial se estimó el rendimiento de grano a 14 % de humedad, las variables que se evaluaron fueron: Altura de la planta, Diámetro del tallo, Altura a la mazorca, Número de mazorcas por planta en plantas de Maíz y Rendimiento. Las muestras se tomaron seleccionando al azar 10 plantas dentro de cada parcela con dos repeticiones. Durante el desarrollo del cultivo se presentó gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y se aplicó Spinetoram: (Spinetoram J + Spinetoram L).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de crecimiento.

A partir de las mediciones directas se calculó la Tasa de Crecimiento Relativa (TCR) de acuerdo a la metodología propuesta por Jarma *et al.* (2006) con base en la altura de las plantas por unidad de tiempo. La tasa de crecimiento relativa en base a altura (TCRALT) desde los 11 hasta 44 días después del trasplante (ddt) se muestran en la figura 1 en cm⁻¹ cm⁻¹ día⁻¹, mostrando la mejor respuesta entre los 19 y 25 ddt el tratamiento cuatro, el cual muestra un ganancia de 2.05 y 2.12 cm en la altura en comparación con el tratamiento dos que solo influyó un crecimiento de 1.96 cm a los 19 ddt, sin embargo, para los 34 y 44 ddt la altura de las plantas en los tratamientos se uniformizó de tal forma que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p 0.05) entre los tratamientos (Figura 1). Al respecto, Hunt (2003) indica que el crecimiento, en el contexto de plantas individuales, puede definirse como un aumento irreversible en el tiempo y que estos cambios pueden ser en tamaño, forma y ocasionalmente en número.

Así mismo, indica que, por lo general, los análisis de crecimiento se hacen con materia seca y que plantas anuales y perennes que crecen bajo condiciones normales han mostrado, en sus primeros estados, la misma curva típica de crecimiento.

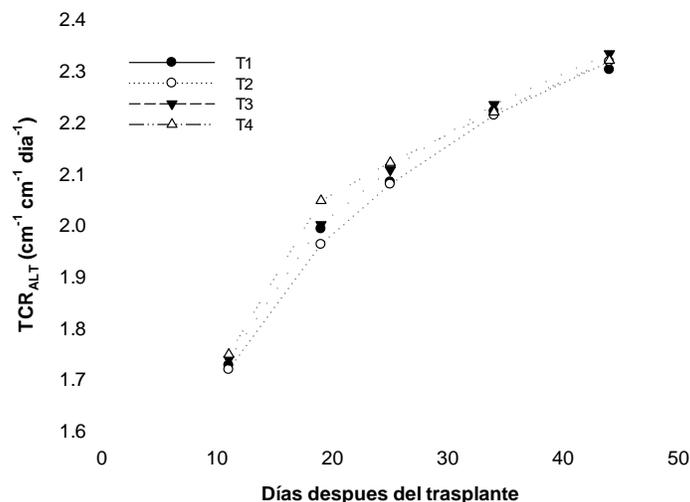


Figura 1. Tasa de crecimiento relativo en base a la altura (TCRALT) en plantas de Maíz (*Zea mays* L.) variedad “SACBEH” con diferentes densidades de siembra y micorriza considerando cinco muestreos.

Desarrollo del cultivo.

En la Figura 2 se observa que el tratamiento 3 (Densidad de 33 mil plantas sin fertilizante químico) presento una altura mayor, seguido de los tratamientos 2 (Densidad de 40 mil plantas con fertilizante químico) y 4 (Densidad de 33 mil plantas con fertilizante químico). Con relación al diámetro del tallo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, esto difiere a lo reportado por Matheus, 2004, quien reporto que el uso de biofertilizantes incrementan el diámetro del tallo en este cultivo. Los tratamientos que presentaron la mayor altura de la mazorca fueron los tratamientos 3, 4 y 2, las alturas registradas en estos tratamientos, son similares a los reportados por Palafox-Caballero *et al.*, 2006, en híbridos de alta calidad proteica; esta altura es deseable, ya que la mayoría de los materiales comerciales que se siembran comúnmente son más altos, lo cual es desfavorable debido a que se incrementan los riesgos de acame del cultivo por efecto de los vientos (Sierra, 2002). Con relación al número de mazorcas por planta, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, sin embargo el tratamiento 2 presenta una ligera ventaja.

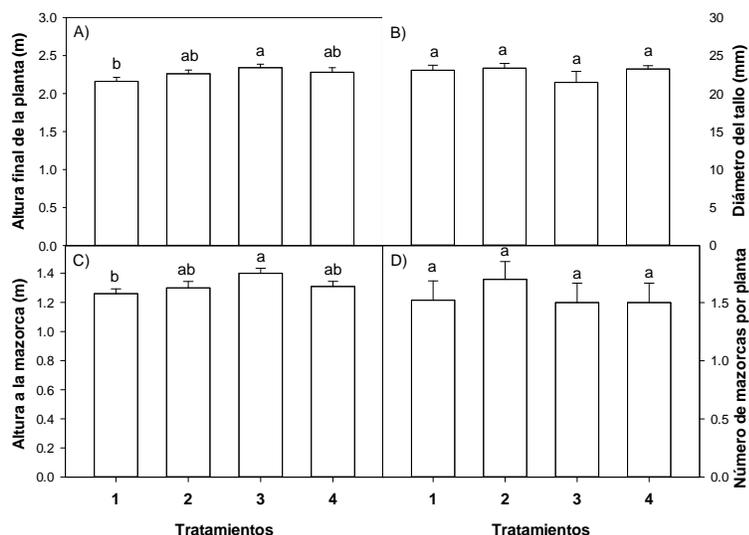


Figura 2. A) Altura final de la planta, B) Diámetro del tallo, C) Altura a la mazorca, D) Número de mazorcas por planta en plantas de Maíz (*Zea mays* L.) variedad “SACBEH” con diferentes densidades de siembra y micorriza (medias \pm error estándar) letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$).

Rendimiento.

Los mayores rendimientos de grano se presentaron en la densidad de 40 000 plantas ha⁻¹ con 8 t/ha y 7.6 t/ha, de los tratamientos 2 y 1 respectivamente. Los tratamientos con menores rendimientos fueron los tratamientos 3 y 4 de la densidad de 33 000 plantas ha⁻¹, que presentaron 6 t/ha y 4.6 t/ha respectivamente. Este rendimiento resultó significativamente diferente (Tukey; $p < 0.05$) a las variables altura de planta, altura de mazorca y números de mazorca no presentaron diferencias significativas entre densidades de población.

CONCLUSIONES

Los tratamientos con la densidad de 40 000 plantas, presentaron los mayores rendimientos con 8 t/ha y 7.6 t/ha. Los tratamientos 3, 4 y 2 presentaron la mayor altura de la mazorca. La fertilización química y su combinación con el biofertilizante proporcionaron una mejor respuesta en las variables vegetativas y de rendimiento del maíz, lo que demuestra el efecto benéfico del biofertilizante.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, C. G., Gómez, M. N., Torres, P. H., Vázquez, C. G. 2010. SAC-BEH y CHICHEN ITZA: Variedades de maíz de calidad proteínica para el Sistema de Roza – Tumba – Quema de la Península de Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochoá. Centro Regional del Sureste. 24 p.
- Declerck, S., C. Plenchette y D.G. Strullu. 1995. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivars. *Plant Soil* 176: 183-187.
- Hunt R. 2003. Plant growth analysis: individual plants. En: Thomas, B., D.J. Murphy y D. Murray (eds.). *Encyclopaedia of applied plant sciences*. Academic Press, London. pp. 579-588.
- Jarma, A., T. Rengifo, y H. Aramendiz-Tatis. 2006. Fisiología de estevia en función de la radiación en el Caribe colombiano. II Análisis de crecimiento. *Agronomía Colombiana*, 24(1): 38-47.
- Matheus L, J E., 2004. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro*, 16(1) 219-224.
- Molina L, Mauricio, Mahecha L, Liliana, & Medina S, Marisol. 2005. Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(2): 162-175.
- Palafox-Caballero, A., Tosquy-Valle, O H., Sierra-Macias, M., Zambada-Martínez, A., Córdova-Orellana, H. 2006. Híbridos trilineales de maíz comunes y de alta calidad de proteína para Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*, 17; 201-206.
- Pérez-Luna, Yolanda del Carmen, Álvarez-Solís, José David, Mendoza-Vega, Jorge, Pat-Fernández, Juan Manuel, Gómez-Álvarez, Regino, & Cuevas, Laura. 2012. Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana. Botánica*, 69(1): 46-56.
- Plenecassagne, A., E. Romero-Fierro y C. López-Borrego. 1999. *Manual de Laboratorio*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-ORSTOM. Gómez Palacio, Durango, México.
- Sierra, M. 2002. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Doctorado en Ciencias. Tecomán, Colima, México. 177 p.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
- Uribe Valle, G., Dzib Echeverría, R. 2006. Micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*) *Azospirillum brasilense* y *Brassinoesteroide* en la producción de maíz en suelo luvisol. *Agricultura Técnica en México*. 32: 67-76.

ATAQUE DE *Frankliniella williamsi* HOOD THYSANOPTERA: THRIPIDAE EN YUCA *Manihot esculenta* CRANTZ EN TABASCO, MÉXICO.

ATTACK OF *Frankliniella williamsi* HOOD (THYSANOPTERA: THRIPIDAE IN YUCA *Manihot esculenta* CRANTZ IN TABASCO, MEXICO.

¹Sumano López D, ²Arias López VH, ¹Rodríguez Cuevas M.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Municipio de Huimanguillo, Tabasco, CP. 86400

²Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 266 General Carlos Greene Ramírez. Prolongación Calle 3. Poblado C-29 General Vicente Guerrero, municipio de Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86460.

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

RESUMEN

Frankliniella williamsi Hood (Thysanoptera: Thripidae), una de las principales plagas del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Grantz) en zonas productoras de México. Es un insecto pequeño (1,5 mm de longitud), color amarillo dorado, ataca a brotes, hojas jóvenes y maduras. El objetivo del trabajo fue evaluar la severidad de daño causado de *F. williamsi* en tres variedades de Yuca (Sabanera, Criolla y Esmeralda) en el INIFAP Campo experimental Huimanguillo, Tabasco, México, localizado en las coordenadas decimales 17.851007 y -93.396118. La investigación se realizó de marzo-mayo de 2017, donde se presenta una etapa de altas temperaturas y mínimas precipitaciones. Lo cual favorece el desarrollo del insecto. Se realizaron muestreos semanales completamente al azar, con tres repeticiones cada uno. Se calculó la severidad de daños usando la escala modificada para daños de trips. Los resultados indican un porcentaje de daños elevados en la variedad Criolla 92%, Sabanera 67% y Esmeralda 0%. La variedad Esmeralda presenta una mayor cantidad de vellosidades en la hoja lo cual puede disminuir el ataque de trips, lo cual concuerda con algunos autores que cultivares pubescentes son tolerantes a trips. Las variedades evaluadas presentan rendimientos entre 21- 29 t/ha. Siendo de la más usada la Criolla y Sabanera, debido a su mayor vida de anaquel, aunque, la Esmeralda supera en rendimiento a las anteriores. Por lo cual se concluye que la variedad Esmeralda es menos susceptible a trips en la época de mayor incidencia en Tabasco, México.

Palabras clave: *daño, deficiencias, yuca.*

INTRODUCCIÓN

Manihot esculenta Crantz es una planta originaria de América tropical, utilizada hace más de 4000 años por diferentes culturas. Es un cultivo básico para la alimentación de 800 millones de personas, en diferentes continentes, lo que incrementa su importancia agrícola. Se estima una producción de 2700 millones de t anuales, los países con mayor producción son Nigeria (54.8), Tailandia (30.02), Indonesia (23.4) y Brasil (23.2) millones de toneladas (FAOSTAT, 2014).

En México, se cuenta con un inventario de 15 millones de suelos tropicales con potencial productivo para la yuca, localizados la mayor parte en los litorales de la República Mexicana; en la Región Sureste de México cuenta con al menos 450 mil hectáreas aptas para este cultivo, en estados como Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Tabasco, Veracruz y Guerrero, entre otros.

México produce 18,135 toneladas de yuca, con un rendimiento por hectárea de 13.3 t ha⁻¹ en 1,521.34 ha distribuidas en siete estados: Tabasco con una superficie plantada de 1,409 ha (82.83%), Morelos con 112.0 ha (7.08 %), Michoacán 109.0 ha (6.40 %), Veracruz 30.0 ha (1.76 %), Yucatán 26.0 ha (1.52 %), Guerrero 4.0 ha (0.24 %) y el Estado de México 2.5 ha (0.15 %) (Rivera-Hernández *et al.*, 2012; SIAP, 2014). Sin embargo, en el 2013 los rendimientos (14.64 t·ha⁻¹) fueron competitivos y superaron a los mundiales (10.5 t·ha⁻¹) (Ponce y Oña, 2009; SIAP, 2014, FAOSTAT, 2014).

Los trips, es una de las plagas fitófagas con mayor importancia económica en diferentes cultivos, debido a su agresividad, producto de su alimentación en periodos cortos de tiempo, además de la capacidad de posibles vectores de virus. Rodríguez (2011).

Poseen una capacidad elevada de reproducción, además de su fácil diseminación por diferentes medios como lo son agua o viento. Pérez y Rodríguez (2004).

En el cultivo de yuca causan daños a las yemas en las yemas terminales de las plantas, lo que impide el correcto desarrollo, deformando los folíolos, sobre todos brotes jóvenes.

Frankliniella Williamsi es de color amarillo-dorado, mide aproximadamente 1.1mm de longitud. Se desarrolla en el envés de los folíolos. Con la presencia de F. Williamsi, las hojas se desarrollan de manera anormal, presentando estrangulamiento, manchas amarillas-cloróticas, como pequeñas rasgaduras en los folíolos, causadas por el aparato bucal al momento de su alimentación. Belloti et al. (2002). Estos insectos se alimentan de tejido joven (brotes preferentemente) raspando la superficie de las hojas para que el contenido de las células de las hojas aflore. En este proceso los trips liberan sustancias que ayudan a pre digerir los tejidos. Causando rasgaduras en las primeras capas de la epidermis. Los espacios dañados son semejantes manchones o rayas de coloraciones plateadas, impidiendo así el proceso natural de fotosíntesis, disminuyendo el crecimiento y al final, el rendimiento, que se refleja en pérdidas económicas. Gamundi *et al.* (1997).

Considerando que en el banco de germoplasma de yuca del Campo Experimental Cotaxtla y Huimanguillo se tienen accesiones colectadas en el trópico húmedo de México, es factible que entre toda esa diversidad genética existan genotipos con alto potencial de rendimiento para la producción de raíces frescas y que sean tolerantes a plagas de importancia económica, como lo son los trips. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la severidad de daño causado de F. williamsi en tres variedades de Yuca (Sabanera, Criolla y Esmeralda) en el INIFAP Campo experimental Huimanguillo, Tabasco, México

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a en el municipio de Huimanguillo, durante los meses de marzo a mayo de 2017, específicamente en el banco de Germoplasma de yuca del Campo Experimental Huimanguillo, el cual se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 17°51'3.62" LN y 93°23'46.02"O LO. Figura 1.

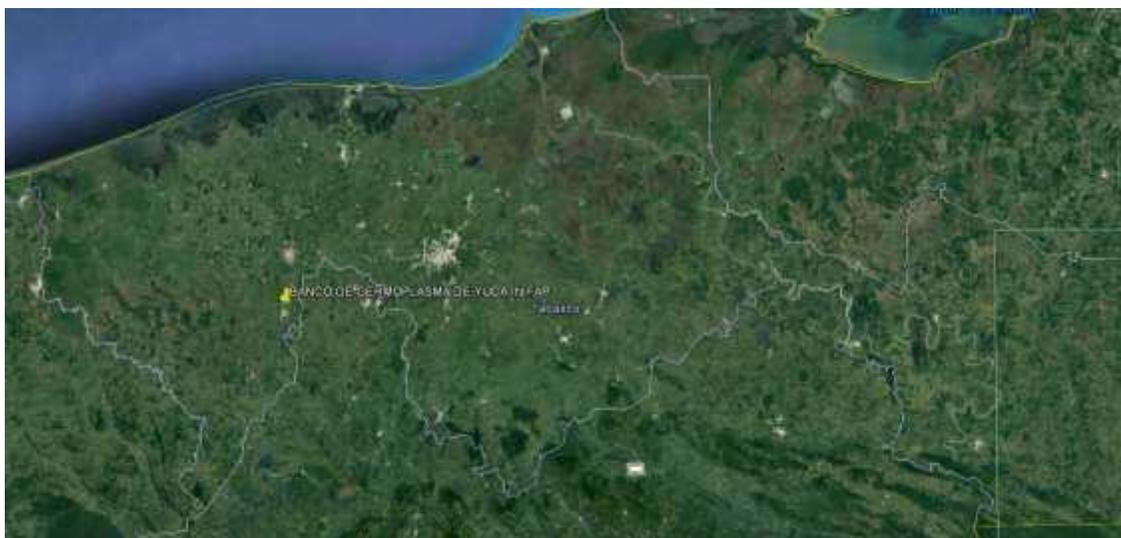


Figura 1. Ubicación de zona de estudio en el Municipio de Huimanguillo

En la zona predomina un clima cálido Húmedo (Af), con altitud promedio de 40 msnm, una precipitación anual de 2,290.3 mm (INAFED, 2010). El cultivo de yuca fue establecido en el mes de enero. Se seleccionaron tres variedades del banco de germoplasma tomando como referencia su uso en la región y potencial productivo, las cuales fueron Criolla, Sabanera y Esmeralda. Cada parcela cuenta con 24 plantas por variedad. Durante el periodo de muestreo no se realizó ninguna aplicación de plaguicidas.

Se realizaron muestreos semanales completamente al azar durante los meses de marzo a mayo de 2017, donde se colectaron cuatro hojas por cada planta (tres repeticiones de cada variedad), y se revisaron específicamente en el envés que es donde se aloja el insecto.

La severidad es el porcentaje de tejido visiblemente dañado o afectado de una planta con relación al total evaluado.

Para determinar el grado de severidad del daño del trips se utilizó la escala de severidad, propuesta por Jiménez-Martínez (2006).

Para obtener el grado porcentual de la severidad se utilizó la fórmula general planteada por Vanderplank (1963).

$$S (\%) = \frac{i}{N} \times 100 \text{ (VM)}$$

Donde:

S = Porcentaje de severidad (daño de trips)

i = Sumatoria de valores observados. N = Número de plantas muestreadas.

VM = Valor máximo de la escala.

Escala de severidad del daño del trips.

GRADO SEVERIDAD

- 0 No hay presencia de síntomas.
- 1 Débil corrugado en la lámina foliar de las hojas nuevas y brotes nuevos.
- 2 Coloración amarilla y opaca en la lámina foliar de las hojas nuevas.
- 3 Necrosis en las hojas afectadas.
- 4 Retraso en el desarrollo de la planta, caída de hojas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los muestreos indican una diferencia muy marcada entre las variedades. Para el caso de la variedad Criolla se obtuvo un 92% de severidad, para la variedad Sabanera un 67% y en la Esmeralda 0%. La variedad criolla es una de las más usadas en la zona de la sabana de Huimanguillo, con rendimientos aceptables que oscilan las 21 toneladas por hectárea. Para el caso de las otras variedades la producción es mayor, siendo la variedad esmeralda la de mayor producción.

La variedad esmeralda, presentó un 0% en la escala de severidad; lo que puede ser atribuido a una mayor cantidad de pubescencia en la hoja. Figura 2.



Figura 2. Variedades Evaluadas. Criolla, Sabanera y Esmeralda.

Calatayud y Muñera (2000) mencionan que la pilosidad de la hoja contribuye como método físico de defensa hacia los trips, impidiendo que estos se establezcan y puedan alimentarse.

Para el caso de las variedades criolla y sabanera. La presencia de trips fue mayor, debido a un menor número de vellosidades. Permitiendo que los insectos puedan alimentarse de la planta. Figura 3.

La variedad esmeralda es una de las que han presentado mayor rendimiento de raíz fresca.

Los ataques de trips son marcados específicamente durante las épocas con menores precipitaciones, es decir, secas. Ya que son directamente afectados por las gotas de agua, propiciando un lavado de los insectos. Gamundi *et al.*, 1997.

CONCLUSIONES

De las variedades evaluadas, se concluye que la variedad criolla es la más susceptible a ataque de trips, y la variedad esmeralda, es tolerante a estos ataques. Lo anterior se expresa como una diferencia en los costos de producción del cultivo.



Figura 3. Larva de Trips alimentándose de la Hoja.

LITERATURA CITADA

- Belloti Anthony, Arias Bernardo, Cavadiv Luis Fernando y Llano German. 2002. Guía práctica para el manejo de las enfermedades, las plagas y las deficiencias nutricionales de la yuca--Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2002.
- Catalayud, Paul-A, Munera D-F. 2000. Defensas naturales de la yuca a las plagas de Artropodos. En: simposio Avances en el manejo de plagas. Memorias XXVIII congreso SOCOLEN. Medellin, Colombia. Pag. 265-271.
- Gamundi, J.C.; molinari, a.m. Y lorenzatti, s. 1997. Presencia de trips en cultivos de maíz y sorgo. En: Para mejorar la producción: Maíz campaña 1996/97, EEA Oliveros INTA, N° 6, 2 pág.
- Jiménez-Martínez, E. 2006. Guía de manejo integrado de mosca blanca y virus en Nicaragua. Ph.d. Entomología- docente. Investigador UNA, coordinador proyecto UNA-CIAT-mosca blanca. Nicaragua 30 p
- Pérez, Isabel; Blanco, Eliazar; Rodríguez, Ángela M. Especies del género frankliniella Karny en Cuba. Resultados de la encuesta de detección de especies Peligrosas de trips en el período 1998-2000 Fitosanidad, vol. 8, núm. 3, septiembre, 2004, pp. 19-23 Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal La Habana, Cuba
- Ponce, T. y Oña, X. (2009). Perfil de yuca. Centro de información e inteligencia comercial-CICO de CORPEI. En: <http://www.pucesi.edu.ec/pdf/yuca.pdf> (consultado el 20 de junio de 2016)
- Rivera H. B., Aceves N., L.A., Juárez L. J.F., Palma L.J.D., González M. R., González J.V. 2012. Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco, México. Avances agropecuarios. ISSN 0188789-0. 16(1): 29-47.
- Rodríguez-Romero, A, Posos Ponce, P, Yoannia, Castillo Duvergel, & Suris Campos, Moraima. 2011. Especies de los géneros thrips y Frankliniella (Thysanoptera: thripidae) asociadas a cultivos en la provincia de Guantánamo. Revista de Protección Vegetal, 26(3), 144-148.
- Suárez, Lorenzo, & Mederos, Víctor. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. Cultivos Tropicales, 32(3), 27-35.
- FAO, 2014. FAOSTAT. Base de datos de cultivos agrícolas. Roma, Italia. (consultado en noviembre de 2016)
- Van der Plank, J.E. 1963. Plant Diseases: Epidemics and Control. Academic Press, NY. p. 346

Referencias informáticas

- SIAP, 2014. <http://www.siap.gob.mx/> (consultado el 18 de junio de 2016).

RENDIMIENTO DE MAÍZ CRIOLLO BAJO TEMPORAL EN YUCATÁN, MEXICO YIELDS OF NATIVE CORN UNDER RAINFED CONDITIONS IN YUCATÁN, MEXICO

Basulto Graniel JA, Gamboa JA, Reyes Chávez E.

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

RESUMEN

El cultivo de maíz en el Sureste de México, reviste especial importancia si consideramos que el destino de la producción es principalmente para autoconsumo, y donde el uso de maíces criollos es de alrededor del 90% y se siembran principalmente bajo temporal. El principal problema que enfrentan los productores en este sistema de producción denominado milpa, es la sequía; sobre todo un periodo seco que se presenta por lo general, durante la segunda quincena de julio y la primera de agosto. Esta causa un gran impacto en la agricultura porque coincide con la etapa de floración. Los maíces criollos de los productores han persistido ante la sequía por muchos años en sus nichos ecológicos, por lo que, sin duda, tienen genes de tolerancia al déficit hídrico. El objetivo del estudio fue estimar el rendimiento de 25 colectas de maíz bajo temporal en el estado de Yucatán. El experimento se estableció en el Sitio Experimental Uxmal, en un tipo de suelo Luvisol ródico. Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar, con cuatro repeticiones y los tratamientos fueron las 25 colectas de maíz. Los rendimientos de grano para las 25 colectas evaluadas estuvieron entre 1,462 y 2,573 kg ha^{-1} de grano al 14% de humedad. Las colectas que presentaron los más altos rendimientos fueron la 23 (x'nucnal de grano amarillo) y la 14 (x'mejenal de grano amarillo y rojo), con 2,573 y 2,549 kg ha^{-1} en el mismo orden, siendo estadísticamente diferente a las colectas 10, 21, 7, 22, 4, 18, 11, 5 y 1.

Palabras clave: *maíz, criollo, sequía, rendimiento, grano.*

INTRODUCCIÓN

En el Sureste de la República Mexicana, ocurren dos tipos de sequías; la primera se refiere a la ausencia de lluvias durante los meses de octubre a mayo, y la segunda, al periodo seco que se presenta por lo general, durante la segunda quincena de julio y la primera de agosto (Muñoz, 1986) y que Mosiño y García (1966) la llamaron sequía intraestival. Esta última, es la que causa mayor impacto en la agricultura porque coincide con la etapa de floración del maíz (Muñoz, 1986; Espinosa, 2005 y Márquez *et al.*, 2009). El estudio de Florescano (1980), muestra que se han presentado sequías en México, siendo extremadamente severas y severas con diferente distribución y magnitud. Estas sequías pueden causar reducciones en la producción de grano muy severas, hasta el grado, en algunos casos, de perderse completamente las cosechas (Márquez *et al.* 2009).

Los genotipos de maíz nativos han persistido ante la sequía por muchos años en sus nichos ecológicos, por lo que sin duda, tienen genes de tolerancia al déficit hídrico. Por lo tanto, explorar esta diversidad genética para identificar algunos genotipos que toleren el déficit hídrico en la etapa de floración, es importante y necesario.

En Yucatán el 95 % de la superficie sembrada con maíz es bajo temporal, y anualmente se pierde entre el 10 y 12 % de esta superficie por sequía. Por lo que es necesario identificar materiales de maíz que atenúen estas pérdidas de grano por falta de humedad. Una alternativa son los maíces criollos locales, que han sido desarrollados durante varias generaciones, y siguen siendo los más apropiados, por su adaptación y sus características de producción y consumo.

La diversidad de maíz que se conserva en las comunidades rurales donde se desarrolla la agricultura tradicional es fundamental para la conservación de los recursos genéticos, y donde los agricultores mantienen sus propias redes de intercambio de semilla a nivel familiar y entre ellos; este manejo y suministro de semilla juega un papel importante en el incremento de la diversidad genética del maíz y de otras especies de la "milpa" (Aguilar, 2008).

En la Península de Yucatán el cultivo de maíz depende principalmente del temporal y en alrededor del 80% se realiza en predios menores a las cinco hectáreas, se caracteriza por el poco uso de insumos agrícolas y el uso de variedades criollas en un 90%, presentando rendimientos inferiores a los 1000 kg ha^{-1} en este sistema (Aguilar, 2008).

En esta región, asiento de la cultura maya se practica la tradicional roza-tumba-quema, cuya característica distintiva de este sistema de producción, es cultivar un espacio de tierra por un año y continuar el año siguiente en otro lugar, de ahí que también se le conocía como agricultura migratoria, en esta rotación, el campesino busca principalmente selvas altas que por su periodo de “barbecho” proporciona mayor fertilidad del suelo y menor infestación de malezas. Se puede destacar que actualmente, hay productores que empiezan un proceso de sedentarización mediante el aprovechamiento de ciertos tipos de suelo conocidos como chac-lu'um y k'amkab, que se relacionan con rendzinas y luvisoles respectivamente. En base a lo anterior el objetivo del presente estudio fue estimar el rendimiento de 25 colectas de maíz bajo temporal en el estado de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Sitio Experimental Uxmal, ubicado en el sur del estado a 72 km de Mérida, en un tipo de suelo Luvisol ródico con clima AW₀. Ubicado en las coordenadas con Latitud Norte 20° 24' 04" y una Longitud Oeste 89° 45' 04"; con una altitud de 41 msnm, una temperatura media anual de 24.2 °C y una precipitación media anual de 1139 mm.

Se evaluaron como tratamientos 25 colectas de maíces criollos realizadas en el estado de Yucatán, en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental constó de 4 hileras de 5 m de longitud y la parcela útil fueron dos hileras de 3 m de longitud en competencia completa. Se empleó una distancia de siembra de 0.80 m entre hileras y 0.50 m entre plantas; se sembraron tres semillas por golpe, para posteriormente dejar solo dos plantas por cepa. La siembra del experimento se realizó bajo temporal el 26 de junio de 2015.

Se aplicó la fórmula de fertilización 40-100-00 a la siembra y se realizó una segunda aplicación de la fórmula 46-00-00 en la emergencia de la séptima hoja.

El control de maleza en el experimento se efectuó con la aplicación de herbicida sistémico antes de la siembra, y durante el desarrollo del cultivo, se realizaron dos aplicaciones de un herbicida desecante en las calles y otras dos de un herbicida selectivo en las parcelas experimentales.

Las variables que se evaluaron fueron altura de la planta (m), altura de la mazorca (m), longitud de la mazorca (cm), diámetro de la mazorca (cm), hileras por mazorca, número de granos por hilera y rendimiento de grano (kg ha⁻¹). La cosecha de las mazorcas en campo se realizó el 11 de noviembre de 2015.

Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias, mediante la prueba de rango múltiple Tukey 05 en el paquete estadístico SAS V-9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las medias de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras de mazorca, granos por hilera de mazorca y rendimiento de grano de 25 colectas de maíz en Yucatán. Los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas para longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras de mazorca y granos por hilera de mazorca; y diferencias significativas en rendimiento de grano.

La longitud de mazorca de las 25 colectas estuvo entre los 12.75 y 18.39 cm; presentando los valores más altos las colectas 23, 24, 22 y 9 las cuales son estadísticamente diferentes a las colectas 4 y 5 que presentaron los valores más bajos. En diámetro de mazorca se obtuvieron valores entre 35.25 y 44.25 mm; exhibiendo los mayores valores las colectas 15 y 2, siendo estadísticamente diferentes a la colecta 1 y 4.

Los valores de número de hileras por mazorca estuvieron entre las 9 y 14 hileras; los mayores valores de número de hileras por mazorca se obtuvieron con las colectas 5, 25 y 4 las cuales fueron estadísticamente diferentes a la 17, 20, 23, 22, 12, 21, 16, 13, 19, 24, 8, 7, 1 y 3. En granos por hilera de mazorca variaron entre 31 y 49 granos; presentando los valores más altos las colectas 24 y 19 las cuales fueron estadísticamente diferentes a las colectas 14, 2, 25, 5 y 4.

Los rendimientos de grano para las 25 colectas evaluadas estuvieron entre 1,462 y 2,573 kg ha⁻¹ de grano al 14% de humedad. Las colectas que presentaron los más altos rendimientos fueron la 23 (X'nucnal de grano amarillo) y la 14 (X'mejenal de grano amarillo y rojo), con 2,573 y 2,549 kg ha⁻¹ en el mismo orden, siendo estadísticamente diferente a las colectas 10, 21, 7, 22, 4, 18, 11, 5 y 1.

Cuadro 1. Características de 25 colectas de maíz en Yucatán en el ciclo P-V 2015.

Trat.	Longitud Mazorca (cm)	Trat.	Diámetro Mazorca (mm)	Trat.	Hileras por mazorca	Trat.	Granos por hilera	Trat.	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)
T23	18.39 a	T15	44.25 a	T5	13.63 a	T24	48.88 a	T23	2573.00 a
T24	17.63 a	T2	43.75 a	T25	13.25 ab	T19	47.25 ab	T14	2549.40 a
T22	17.50 a	T25	43.50 ab	T4	13.00 abc	T7	44.25 abc	T15	2505.00 ab
T9	17.38 a	T6	43.13 abc	T2	12.50 abcd	T17	44.13 abc	T16	2425.80 abc
T16	17.00 ab	T9	43.00 abc	T9	12.25 abcde	T23	44.00 abc	T20	2368.20 abcd
T19	16.88 ab	T23	42.50 abc	T15	11.75 abcdef	T20	44.00 abc	T3	2317.70 abcd
T20	16.88 ab	T11	41.88 abc	T14	11.50 abcdefg	T3	42.75 abcd	T6	2234.00 abcde
T25	16.75 ab	T20	41.25 abc	T18	11.25 bcdefg	T8	42.50 abcd	T24	2173.10 abcde
T2	16.75 ab	T22	41.25 abc	T11	10.75 cdefgh	T22	42.50 abcd	T25	2116.60 abcdef
T3	16.50 abc	T16	40.63 abc	T6	10.75 cdefgh	T1	41.75 abcd	T17	2115.40 abcdef
T21	16.38 abc	T13	40.63 abc	T10	10.75 cdefgh	T12	41.63 abcd	T9	2111.50 abcdef
T18	16.38 abc	T10	40.38 abc	T17	10.50 defgh	T16	41.63 abcd	T19	2083.50 abcdefg
T17	16.25 abc	T17	39.75 abc	T20	10.50 defgh	T21	40.25 abcd	T13	2063.10 abcdefg
T8	16.25 abc	T18	39.13 abc	T23	10.50 defgh	T13	40.25 abcd	T12	2060.00 abcdefg
T13	16.00 abc	T12	39.00 abc	T22	10.25 defgh	T11	40.13 abcd	T2	2029.90 abcdefg
T6	16.00 abc	T21	39.00 abc	T12	10.25 defgh	T18	40.00 abcd	T8	1983.50 abcdefg
T11	15.63 abc	T14	39.00 abc	T21	10.25 defgh	T15	39.50 abcd	T10	1891.60 bcdefg
T15	15.50 abc	T8	38.38 abc	T16	10.00 efgh	T10	39.13 abcd	T21	1845.20 cdefg
T7	15.50 abc	T24	37.88 abc	T13	9.88 fgh	T6	38.25 abcd	T7	1824.10 cdefg
T10	15.38 abc	T19	37.50 abc	T19	9.75 fgh	T9	36.38 bcd	T22	1802.60 cdefg
T12	15.38 abc	T3	37.00 abc	T24	9.75 fhg	T14	35.00 cd	T4	1762.30 defg
T1	15.13 abc	T7	37.00 abc	T8	9.63 fgh	T2	33.88 cd	T18	1746.50 defg
T14	14.88 abc	T5	36.63 abc	T7	9.50 fgh	T25	33.13 cd	T11	1649.80 efg
T4	13.38 bc	T1	35.50 bc	T1	9.25 gh	T5	31.25 d	T5	1485.10 fg
T5	12.75 c	T4	35.25 c	T3	8.50 h	T4	31.13 d	T1	1462.10 g

DMH (0.05) 3.934 8.1935 2.3203 11.654 654.4

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0,05).

CONCLUSIONES

La longitud de mazorca de las 25 colectas estuvo entre los 12.75 y 18.39 cm; en diámetro de mazorca se obtuvieron valores entre 35.25 y 44.25 mm; los valores de número de hileras por mazorca estuvieron entre las 9 y 14 hileras; en granos por hilera de mazorca variaron entre 31 y 49 granos.

Los rendimientos de grano para las 25 colectas evaluadas estuvieron entre 1,462 y 2,573 kg ha⁻¹ de grano al 14% de humedad. Las colectas que presentaron los más altos rendimientos fueron la 23 (X'nucnal de grano amarillo) y la 14 (X'mejenal de grano amarillo y rojo), con 2,573 y 2,549 kg ha⁻¹ en el mismo orden. El estudio fue sometido a estrés por sequía, debido a la escasa y mala distribución de la lluvia ocurrido en este ciclo P-V 2015, el peor en las dos últimas décadas.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, A.G. 2008. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres de México. Proyecto fz-016. Informe de actividades. 32 p.
- Espinosa, P.N. 2005. Comportamiento morfológico, anatómico y fisiológico de variedades de maíz cultivadas en tres agrosistemas bajo deficiencia hídrica en la Misteca Alta de Oaxaca. Tesis de D.C. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- Florescano, M.E. 1980. Análisis histórico de las sequías en México. Plan Nacional Hidráulico. Ed. Regina de los Ángeles. 1a Edición. México.

- Márquez S.F., Sahagun C.L., Barrera G.E 2009. Nuevo método de mejoramiento genético para resistencia a sequía en maíz. Universidad Autónoma Chapingo. Mimeógrafo.
- Mosiño, F.A. y García, E. 1966. Evaluación de la sequía intraestival en la República Mexicana. Conferencia Regional Latinoamericana de la Unión Geográfica Internacional.
- Muñoz O., A. 1986. Patrones etnofitogenéticos en la agricultura tradicional respecto al mejoramiento convencional. 11. Congreso Latinoamericano de sociología rural. Caracas, Venezuela.
- SIAP, 2013. Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. SAGARPA.

HÍBRIDOS DE MAÍZ CON POTENCIAL PARA PRODUCCIÓN DE ELOTE EN REGIONES TROPICALES DE MÉXICO

HYBRIDS OF MAIZE WITH POTENTIAL TO PRODUCTION SWEET CORN IN TROPICAL REGIONS OF MEXICO

¹Andrés-Meza P; ²Rodríguez-Montalvo FA, ²Sierra-Macías M, ¹Leyva-Ovalle OR, ²Palafox-Caballero A, ³Espinosa-Calderón A, ⁴Tadeo-Robledo M, ³Vázquez-Carillo MG, ⁵Gómez-Montiel NO, ⁶Herrera-Corredor A, ¹Cebada-Merino M, ¹Del Rosario-Arellano JL, ⁷López-Romero G, ¹Nájera-Contreras R,

¹Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Región Orizaba-Córdoba.

²Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. 92277. Medellín de Bravo, Estado de Veracruz.

³Campo Experimental Valle de México. INIFAP. 56250. Coatlínchán, Texcoco, Estado de México.

⁴Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 54714. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

⁵Campo Experimental Iguala-INIFAP. 40000. Iguala, Estado de Guerrero.

⁶Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba. Km. 348, Córdoba-Boca del Río, Rancho Trejo, 94500 Córdoba, Ver.

⁷Agroecosistemas Tropicales, Colegio de Postgraduados. 91690. Predio Tepetates entre Puente Jula y Paso San Juan, Veracruz.

Autor para correspondencia: pandres@uv.mx

RESUMEN

El Maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea anual, este cereal tiene una amplia diversidad de usos en grano y planta, tanto para la alimentación humana como animal, así como en la industria. Una de las formas de consumo más tradicional y popular en México, es en elote (estado inmaduro de la mazorca), y representa mayores ventajas respecto al aprovechamiento del grano. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la densidad de población y dosis de fertilización sobre el rendimiento y calidad de elote en nuevos híbridos tropicales de maíz. En 2015, se evaluaron tres nuevos híbridos experimentales de maíz (HE-1B, HE-3B y HE-4B) y un testigo comercial (A-7573) en el terreno experimental de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias en el municipio de Amatlán de los Reyes, Córdoba, Veracruz. Se utilizó un diseño factorial con arreglo en parcelas subdivididas, con dos repeticiones. La siembra se realizó de forma manual a tapa pie, se depositaron dos semillas por golpe, la unidad experimental constó de un surco de 5 m de longitud y una separación entre surcos de 0.8 m. Los factores bajo estudio fueron: a) híbridos (parcela grande); b) densidad de población (parcela media), y c) dosis de fertilización (parcela chica). Se midieron cinco variables de elote. Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) para el factor híbrido (H), en las variables rendimiento de elote (RENDELO), grados Brix ($^{\circ}$ BRIX) y cobertura de elote (COBELO). Para el factor densidad de planta (DP) se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en RENDEL. En el factor dosis de fertilización (DF) fueron significativos ($P < 0.01$) en diámetro de elote con hoja (DCHJA). Cuadrados medios para la interacción fue altamente significativo ($P < 0.01$) para H^*DF y DP^*DF en longitud de pedúnculo (LPED), respectivamente. Se observa una ventaja del híbrido HE-3B de 16,495 kg ha⁻¹ de elote fresco, ligeramente superior a la media general (15,072 kg ha⁻¹) y con un 2% superior al testigo comercial A-7572. Así mismo, la densidad de 41,667 plantas ha⁻¹ produjo el mayor rendimiento de elote fresco. El testigo comercial A-7573 superó numéricamente a los nuevos híbridos experimentales con 8.5 $^{\circ}$ Brix en tanto que el HE-1B presentó 7.2 $^{\circ}$ Brix valor ligeramente superior a la media (7.03 $^{\circ}$ Brix).

Palabras clave: *Zea mays* L., componentes tecnológicos, rendimiento de elote.

INTRODUCCIÓN

En el trópico y subtrópicos de México se cultivan un poco más de 4.0 millones de hectáreas con maíz (*Zea mays* L.), de las cuales 85% se siembran en temporal o secano (Gómez *et al.*, 2013). Este cereal tiene una amplia diversidad de usos en grano y planta, tanto para la alimentación humana como animal, así como en la industria (Andrés *et al.*, 2014). Una de las formas de consumo más tradicional y popular en México, es en elote (estado inmaduro de la mazorca) (Ortiz *et al.*, 2013), y representa mayores ventajas respecto al aprovechamiento del grano, debido a que su ciclo de cultivo es corto y propicia la posibilidad de establecer siembras escalonadas y obtener de dos a tres cosechas anuales; además, una vez cosechado el elote, permite aprovechar el forraje para ensilado o para uso directo en la alimentación del ganado (Fernández *et al.*, 2014). Gran parte del maíz producido en la región centro del estado de Veracruz se destina a las

industrias de la masa y la tortilla (IMT) y de harina nixtamalizada (IHN); no obstante, los estándares de calidad en el grano son cada vez más exigentes (MASECA, 2016) y los precios bajos (Vázquez *et al.*, 2012); por ello, cada vez es mayor la superficie que se destina a la producción de elote, principalmente en regiones irrigadas como Piedras Negras, Cardel, La Antigua, Fortín, Ver. En Veracruz la superficie sembrada para la producción de grano es de 570,978 hectáreas con una producción de 1.2 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 2.2 t ha⁻¹ (SIAP, 2015). Sin embargo, no se tienen cifras oficiales de la cantidad destinada para la producción de elote. En la región centro del estado de Veracruz, el cultivo de maíz para la producción de elote, se ha convertido en una opción para obtener mayor rentabilidad del cultivo. Bajo condiciones de riego, se cultivan diversas variedades de maíz para ser aprovechadas en elote, aun cuando no han sido seleccionadas o generadas para tal fin (Turrent *et al.*, 2004). A pesar de ello, algunos materiales logran buena aceptación por parte de los consumidores en la elaboración de diversos platillos regionales como: esquite, elote hervido, chilatole, pan de elote, tamales, entre otros (Andrés *et al.*, 2014). Algunos autores coinciden en algunos parámetros al momento de definir la calidad en el elote (Azanza *et al.*, 1994; Simonne *et al.*, 1999; Tracy, 2000; Coutiño *et al.*, 2010; Valdivia *et al.*, 2010; Ortizet *et al.*, 2013), sin embargo, intermediarios, comercializadores y consumidores han identificado características que se correlacionan con la vida de anaquel del elote, tales como: longitud del pedúnculo y número de brácteas en la mazorca. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue: medir el efecto de la dosis de fertilización y densidad de población sobre la calidad de elote en la región centro del estado de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó durante el ciclo primavera verano 2015, en los terrenos experimentales de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Peñuela, Amatlán de los Reyes, Ver., perteneciente al Distrito de Riego de Fortín de las Flores, Córdoba, México (18° 56' LN, 96° 11' LO y 840 msnm). Caracterizado por un clima AW2 (w) cálido húmedo, con lluvias en verano, con una precipitación media anual de 1500 mm (Díaz-Padilla *et al.*, 2006). Se evaluaron los híbridos de maíz de grano blanco en fase de experimentación: HE-1B, HE-3B, HE-4B y el testigo comercial A-7573 sembrado comúnmente en la región para la producción de elote. Se utilizó un diseño factorial con arreglo en parcelas subdivididas, con dos bloques. La siembra se realizó de forma manual a tapa pie, la unidad experimental constó de un surco de 5 m de longitud y separación entre surcos de 0.8 m. Se estudiaron tres factores: a) híbridos: HE-1B, HE-3B, HE-4B y A-7573; b) densidad de población con tres niveles: 41 666, 31 250 y 20 833 plantas ha⁻¹, y c) dosis de fertilización con dos niveles: 161N-46P-00K, 207N-69P-30K. La combinación de estos tres factores con diferentes niveles generó 24 tratamientos. De acuerdo a cada fórmula de fertilización utilizada para cada tratamiento, ésta se realizó en dos aplicaciones: en la primera oportunidad se aplicó la mitad del N y todo el P y K a los 15 días después de la siembra (dds), el resto del N se aplicó a los 35 dds. Las fuentes fueron urea para N, fosfato diamónico (DAP) para P y Cloruro de potasio (KCl) para potasio. Se evaluaron las siguientes variables: longitud de elote con hoja (LCHJA), diámetro de elote con hoja (DCHJA), longitud de pedúnculo (LPED), rendimiento de elote en kg ha⁻¹ (RENDEL), en una muestra de cinco elotes se evaluó: el contenido de sólidos solubles totales, con un refractómetro digital (Refractometer Pal- 1) expresado en °Brix. A partir de los datos generados en campo se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad. El paquete estadístico utilizado fue SAS/STAT® (SAS Institute Inc. 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados de análisis de varianza, se observa que el factor híbrido presentó efecto significativo (P 0.05) en las variables RENDEL, °BRIX y COBELO. La DP únicamente afectó significativamente el RENDEL, mientras que la DF afectó el DCHJA. En las interacciones se detectó diferencia significativa (P 0.05) para H*DF en la variable LPED, y diferencia altamente significativa (P 0.01) para DP*DF en la variable LPED. Los coeficientes de variación fueron de 4.16 hasta 69.88 %, este último fue muy alto por ser una variable registrada en porcentaje (Cuadro 1). El no haber observado diferencias en la mayoría de los factores principales y en sus interacciones, se debe principalmente a la estructura genética de cada uno de los materiales y al bajo número de repeticiones con el cual se estableció el experimento. Caso contrario se observa en trabajos con maíces nativos y variedades de polinización libre (VPL), en los que se ha reportado alta variación genética en los materiales evaluados para estas características (Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010; Arellano *et al.*, 2010; Valdivia-Bernal *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Cuadrados medios y coeficientes de variación para variables evaluadas para calidad y producción de elote en cuatro híbridos de maíz cultivados en terrenos experimentales de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias en Peñuela, Amatlán de los Reyes, Ver., durante el ciclo primavera verano 2015.

Fuente de Variación	G.L.	RENDEL (kg ha ⁻¹)	°BRIX	LCHJA (cm)	DCHJA (mm)	LPED (cm)	COBELO (%)
Bloques (Bloq)	1	7181174	0.053	0.403*	17.642	1.333	0.041**
Híbridos (H)	3	12124965*	15.608*	40.187	55.646	19.791	0.415*
H*Bloq (Error a)	3	1925488	7.339	0.412*	15.658	2.668	0.401*
Densidad de planta (DP)	2	3.861**	2.741	19.906	16.626	11.187	0.500
H*DP	6	4607139	5.709	3.599	11.919	4.145	0.866
DP*Bloq(H) (Error b)	8	2574839	8.075	5.168	3.933	1.432	2.081
Dosis de fertilización (DF)	1	1844752	1.763	2.803	0.025*	4.441	0.750
H*DF	3	1371390	6.591	3.372	2.670	0.299*	1.253
DP*DF	2	3204596	5.081	1.611	1.751	0.006**	2.994
H*DP*DF	6	2254287	3.123	6.78	8.486	1.714	0.351*
(Error)		2989667	3.933	6.255	9.843	0.095**	1.050
C.V. (%)		11.00	28.20	7.28	5.04	4.16	69.88
Promedio		15072	7.03	34.333	62.315	2.138	1.467

*, ** Diferente de cero a una probabilidad de 0.01 a 0.05 %; GL= grados libertad;
RENDEL= rendimiento de elote en kg ha⁻¹; °BRIX= porcentaje de grados Brix; LCHA= longitud con hoja;
DCHJA= diámetro con hoja; LPED= longitud de pedúnculo; COBELO= cobertura de elote.

Aunque el análisis de varianza arrojó diferencias significativas para la fuente de variación híbridos en la variable RENDEL, la prueba de medias Tukey no logró diferenciar grupos estadísticos; numéricamente se observa una ventaja del híbrido HE-3B con 16,495 kg ha⁻¹ de elote fresco, ligeramente superior a la media general (15,072 kg ha⁻¹) y con un 2% superior al testigo comercial A-7573. Asimismo, la densidad de 41,667 plantas ha⁻¹ (30 cm) produjo el mayor rendimiento de elote fresco. No necesariamente los híbridos más productivos fueron los que presentaron mayor longitud de elote. En este sentido, el híbrido HE-3B al combinar una dosis alta y una distancia de planta a 60 cm produjo elotes de mayor longitud (Figura 1c). A nivel nacional el mejor rendimiento es reportado para el estado de Aguascalientes, con 24 t ha⁻¹ y el menor para Quintana Roo con 3.2 t ha⁻¹ (SIAP, 2015).

Algo similar se observó para el factor dosis de fertilización, donde la menor dosis de fertilización produjo el mayor rendimiento de elote fresco (Cuadro 2). De forma particular se puede observar que el híbrido HE-1B responde mejor a una dosis baja en combinación con una distancia de planta corta (30 cm); no obstante, el híbrido HE-3B respondió mejor con una dosis alta y una distancia de planta corta (Figura 1a).

En cuanto a sólidos solubles no existió evidencia significativa en los factores principales estudiados; no obstante, en los híbridos abarcó un intervalo de 5.7 a 8.5 °Brix. El testigo comercial A-7573 superó numéricamente a los nuevos híbridos experimentales con 8.5 °Brix en tanto que el HE-1B presentó 7.2 °Brix valor ligeramente superior a la media (7.03 °Brix). El contenido de sólidos solubles alcanzado por el grupo de materiales evaluados resultó similar a lo encontrado por Coutiño *et al.* (2010) en un grupo de maíces de la raza Tuxpeño, pero inferior a lo reportado por Fernández-González *et al.* (2014) en un grupo de híbridos sembrados en el área tropical de Chiapas, Chis. El híbrido comercial A-7573 presentó el mayor valor para sólidos solubles (10.0 °Brix) sembrado a una distancia entre planta de 40 cm y una dosis de fertilización con 207-69-30 (Figura 1b).

En cuanto a la longitud y diámetro de elote con hoja, en promedio se observa que el HE-3B logró superar estadísticamente al testigo comercial A-7573 y a los demás híbridos experimentales (Cuadro 2); el HE-3B obtuvo los mejores valores para las variables de LCHJA y DCHJA cuando se sembró a una distancia entre planta de 60 cm y una dosis de fertilización de 207-69-30 (Figura 1c y Figura 1d)

Dentro de los objetivos para la generación de materiales eloteros, es determinar qué características se correlacionan con la vida de anaquel y calidad de elote para el consumidor final, entre los que destacan: longitud y diámetro de elote, número de hojas o brácteas y la longitud del pedúnculo (Coutiño *et al.*, 2010; Ortiz-Torres *et al.*, 2013). Ortiz-Torres *et al.* (2013) en maíces nativos recolectados en el Valle de Tehuacán, Puebla, encontraron elotes con una longitud promedio de 9.4 a 15.8 cm, y el diámetro de 3.6 a 5.6 cm.

Tracy (2000) menciona que los estándares para características de apariencia del elote, varían de mercado a mercado e incluso a lo largo del año.

Cuadro 2. Efecto del genotipo, tres densidades de planta y dos dosis de fertilización sobre algunas variables evaluadas en la calidad y producción de elote cultivado en terrenos experimentales de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias en Peñuela, Amatlán de los Reyes, Ver., durante el ciclo primavera verano 2015.

Factor	RENDEL (kg ha ⁻¹)	°BRIX	LCHJA (cm)	DCHJA (mm)	LPED (cm)	COBELO (%)
HE-1B	14137a*	7.2a	31.97c	62.09a	9.21a	3.13a
HE-3B	16495a	6.8a	36.43a	65.43a	11.80a	0.83a
HE-4B	14748a	5.7a	34.47b	60.97a	10.18a	2.13a
A-7573	14909a	8.5a	34.47b	60.78a	11.82a	2.78a
41667	20601a	7.1a	35.15a	62.71a	11.42a	2.09a
20833	11225c	6.6a	34.79a	63.08a	11.02a	3.13a
31250	13391b	7.4a	33.06b	61.16a	9.81a	1.44a
161-46-00	15269a	6.8a	34.09a	62.29a	11.05a	1.67a
207-69-30	14876a	7.2a	34.58a	62.34a	10.45a	2.77a

*Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); RENDEL= rendimiento de elote en kg ha⁻¹; °BRIX= porcentaje de grados Brix; LCHA= longitud con hoja; DCHJA= diámetro con hoja; LPED= longitud de pedúnculo; COBELO= cobertura de elote.

Para la variable LPED los híbridos HE-3B y HE-4B resultaron estadísticamente similar al testigo comercial. Esta característica es importante al momento de liberar materiales para ser aprovechados como elote, ya que se correlacionan con la vida de vida de anaquel del elote. Para la variable COBELO no se observaron diferencias significativas (P 0.05) en los factores principales y sus interacciones; el porcentaje de mala cobertura de elote en promedio varió en los híbridos de 0.8 a 3.1 %, lo cual no representa daños significativos. No obstante es un carácter al que se le debe prestar importancia y no afectar la calidad y aspecto del producto.

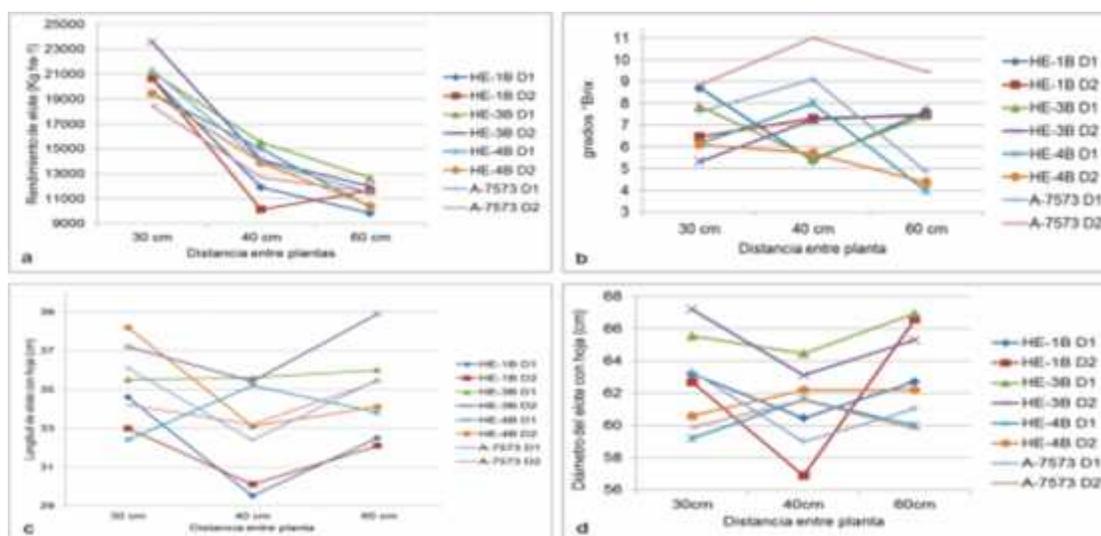


Figura 1. Rendimiento de elote, °Brix, longitud y diámetro de elote con hoja bajo tres distancias de plantación y dos dosis de fertilización.

CONCLUSIONES

Existe respuesta positiva para rendimiento y calidad de elote de los nuevos híbridos experimentales de maíz a la densidad de población y dosis de fertilización. En particular, el híbrido HE-3B presentó el mayor rendimiento de elote fresco con 23 586 kg ha⁻¹, con la combinación de 41 667 plantas y la dosis de fertilización 161-46-00. Este mismo híbrido a una densidad baja de 31 250 plantas ha⁻¹ y una dosis de

fertilización de 207-69-30 produjo elotes con un promedio de 38.9 cm; no obstante, al aumentar la densidad de planta el tamaño de elote disminuye. El comportamiento agronómico y fisiológico de los híbridos depende del potencial genético, pero también del grado de manejo tecnológico que se aplique al cultivo, así como los factores bióticos y abióticos en el que se establezca.

LITERATURA CITADA

- Andrés, M.P., Sierra, M.M., Mejía, C.J., Molina, G.J., Espinosa, C.A., Gómez, M.N., and Valdivia, B.R. 2014. Genotype-environment interaction in tropical maize varieties developed for the tropical region of Veracruz, Mexico. *Interciencia*, 39(3).
- Azanza, F., Juvik, J.A., Klein, B.P. 1994. Relationships between sensory quality attributes and kernel chemical composition of fresh-frozen sweet corn. *Journal of Food Quality* 17(2):159-172. doi: 10.1111/j.1745-4557.1994.tb00140.x
- Coutiño, E. B., V. Martínez, V. A., C. Gómez, B., C. Vázquez C. 2010. Aptitud combinatoria general y específica del contenido de azúcares en maíces criollos eloteros. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (4): 57-61.
- Díaz P. G., J. U. Ruíz C., M. Á. Cano G., V. Serrano A., G. Medina G. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Veracruz (Período 1961-2003). 1ra edición. INIFAP (ed), Medellín de Bravo, Veracruz. 13: 90- 92.
- Fernández, G.I., Jaramillo, V.J.L., Hernández, G.J.A., and Cadena, I.P. 2014. Evaluación agronómica y sensorial de ocho genotipos de maíz (*Zea mays* L.) para la producción de elote. *AGRO*, 249.
- Gómez, M.N.O., González. C.M., Cantú, A.M.A., Sierra, M.M., Coutiño, E.B., and Manjarrez S.M. 2013. 'H-563', híbrido de maíz tropical tolerante a la enfermedad "Mancha de asfalto". *Revista fitotecnia mexicana*, 36(1), 81-83.
- MASECA, 2016. Reportes anuales. <https://www.gruma.com/es/inversionistas/inversionistas-gruma/informacion-financiera/reportes-anuales.aspx>. (Consultado 10 junio 2017).
- Ortiz, T.E., López, P. A., Gil, MA., Guerrero, R. J. D., López, S.H., Taboada, G.O.R., and Valadez, R.M. 2013. Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(2), 225-238.
- Statistic Analysis System. 2009. SAS Institute Inc., Cary North Carolina, EE. UU.
- SIAP, 2015. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp. (Consultado 10 de octubre 2016).
- Simonne, E.; Boozer, R.; Simonne, A. 1999. Yield, ear characteristics, and consumer acceptance of selected white sweet corn varieties in the southeastern United States. *HortTechnology* 9(2):289-293. <http://horttech.ashspublications.org/content/9/2/289.short>
- Tracy, W.F. 2000. Sweet corn, pp. 147-187. In: *Specialty Corns*. Hallauer, A. R. (ed). CRC Press. Second Edition. Boca Raton, Florida. United States of America. <http://pustakapertanianub.staff.ub.ac.id/files/2012/12/Specialty-Corns.pdf>
- Turrent F. A.; R. Camas G.; A. López L.; M. Cantú A., J. Ramírez S., J. Medina M., A. Palafox C. 2004. Producción de maíz bajo riego en el Sur-Sureste de México. I. Análisis Agronómico. *Revista Agricultura Técnica en México* 30:153-167.
- Valdivia, B.R., Caro, V.F., Medina, T.R.; Ortiz, C.M.; Espinoza, C.A.; Vidal, M.V., Ortega, C.A. 2010. Contribución genética del criollo Jala en Variedades eloteras del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(Esp4):63-67. <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/33-3%20Especial%204/11r.pdf>
- Vázquez C.M.G., Santiago R.D., Salinas, M.Y, Rojas, M. I., Arellano, V. J. L., Velázquez, C G. A. and Espinoza C.A. 2012. Interacción genotipo-ambiente del rendimiento y calidad de grano y tortilla de híbridos de maíz en Valles Altos de Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:229-237.

Sección B:

Plantaciones

**ÁREAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES
COMERCIALES EN CHIAPAS, MÉXICO**
POTENTIAL AREAS FOR THE ESTABLISHMENT OF COMMERCIAL FOREST PLANTS IN CHIAPAS,
MEXICO

Jiménez Colchado JM.

Campo experimental Edzná del INIFAP. Km 15.5 Carretera Campeche-Pocuyaxum. Mpio. Campeche, C.P.
24520. San Francisco de Campeche, Campeche, México.

Autor para correspondencia: jimenez.juanmartin@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Chiapas existen áreas que presentan las condiciones óptimas para el establecimiento de *Cedrela odorata* L. (cedro rojo), *Gmelina arborea* (L.) Roxb. (melina), *Tectona grandis* L.(teca) y *Swietenia macrophylla* King. (caoba) en plantaciones forestales comerciales bajo condiciones de temporal. Se obtuvo información del medio físico y factores naturales del Estado, requerimientos agroecológicos de las especies, considerando las condiciones óptimas, subóptimas y no aptas. Para procesar y analizar la información se utilizó el Software ArcGIS™ 9.3 que genera mapas vectoriales. Posteriormente, se realizaron las intersecciones cartográficas para regionalizar y ubicar las zonas de alto y mediano potencial para el establecimiento de las cuatro especies. Se determinó que para cedro existen 81 mil ha con alto potencial y 428 mil ha con mediano potencial; para melina 457 mil ha de alto potencial y 498 mil ha de mediano potencial; para teca 168 mil ha de alto potencial y 112 mil de mediano potencial y para caoba 91 mil ha de alto potencial y 629 mil de mediano potencial. Una de las principales limitantes de desarrollo para todas las especies forestales evaluadas es la precipitación media anual y su distribución, ya que se tienen 6 meses secos (menos de 100 mm). Por su parte, melina y caoba tienen la ventaja de tolerar inundaciones a diferencia de teca y cedro que requieren de suelos con buen drenaje. El estado de Chiapas cuenta con la suficiente superficie para el cultivo de cedro, melina, caoba y teca bajo la modalidad de plantaciones comerciales bajo condiciones de temporal, donde melina tiene la mayor superficie de áreas con alto potencial y caoba con las de mediano potencial. Se recomienda que las plantaciones forestales comerciales con estas especies se establezcan en los municipios con las mejores condiciones de suelo y precipitación para su desarrollo.

Palabras clave: *Potencial productivo, Plantaciones forestales comerciales, Condiciones agroecológicas.*

INTRODUCCIÓN

En México existen 22 millones de hectáreas aptas para desarrollar plantaciones forestales comerciales, de las cuales se han definido 13.9 millones de ha con calidad de suelos y climas favorables para obtener un crecimiento adecuado, mano de obra disponible y un mercado interno que demanda más materias primas forestales cada día. Sin embargo, se observa que de acuerdo al comportamiento histórico del apoyo y cumplimiento del Programa de Plantaciones en México (PRODEPLAN), desde 1997 se asignaron recursos para 10,543 proyectos y para el establecimiento de 822 mil ha, y que para junio de 2012 solo se habían establecido y verificado 224.3 mil ha distribuidas en 4,994 proyectos y en las que sobresalen los géneros *Cedrela*, *Swietenia*, *Eucalyptus*, *Tectona* y *Gmelina* (CONAFOR, 2012).

Una de las causas de este bajo aprovechamiento de la superficie apta para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales es que no se hace una selección adecuada de especies, lo cual es fundamental, ya que es importante que a la especie a plantar se le proporcionen las condiciones agroecológicas adecuadas para su óptimo crecimiento y de ellas las principales que deben considerarse son tipo de suelo, clima, factores de riesgo ecológico y eventos extremos (precipitaciones excesivas, inundaciones, sequías, ciclones). Para que todo esto sea posible, es indispensable realizar un estudio previo de las condiciones naturales en las que se desarrollará la plantación, además de la planeación y distribución del área, a fin de asegurar el éxito y productividad de las mismas, bajo una adecuada selección de especies. Es por ello que en este trabajo se planteó estudiar la potencialidad silvícola del estado de Chiapas para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para procesar y analizar la información se utilizó el Software ArcGIS™ versión 9.3; con él se pueden representar datos georreferenciados, se analizan las características y patrones de distribución de esos datos y se generan informes con los resultados de dichos análisis (ESRI, 1996).

La información del proyecto se almacena en un fichero en formato ASCII y siempre tiene la extensión *.apr. En ArcGIS se generan principalmente mapas vectoriales, los mapas se van generando a través de intersecciones cartográficas entre polígonos, y las clases de potencialidad son descritas y mantenidas en cada proceso de intersección, de esta manera el mapa final contempla la información de todas las variables que se interceptaron, estos mapas son más representativos que los modelos raster, ya que son más exactos al generar estimaciones de superficie, por ser procesos cartográficos que utilizan mapas poligonales.

Para realizar el presente trabajo se emplearon cartografía y bases de datos provenientes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Comisión Nacional del Agua (CNA), los mapas utilizados fueron de clima, suelo y topografía.

En cuanto a clima se recopiló la información de las estaciones climatológicas distribuidas en el estado de Chiapas, considerando aquellas que contaban con un mínimo diez años de datos. Se recabo información de precipitación, temperatura máxima, mínima y media las cuales se interpolaron para obtener los mapas mensuales de clima.

Con relación al suelo, se tomó la base que contiene mapas semidetallados con una escala de 1:250 000 de las variables unidades de suelos, fases físicas, químicas y áreas no utilizables tales como cuerpos de agua, suelos litosoles y ciudades; las cuales se obtuvieron mediante digitalización de las cartas edáficas del INEGI, 2004.

En cuanto a la topografía, la variable altitud fue obtenida a partir del modelo de elevación digital del INEGI, con una resolución de 100 m x 100 m.

Los requerimientos agroecológicos de cada una de las especies establecidas en las PFC, se obtuvo de la revisión de información ya publicada (FAO, 1994). Seleccionándose aquellas características adecuadas al desarrollo de las especies vegetales por cada variable que se analiza en el estudio, y posteriormente se procedió a realizar las Intersecciones cartográficas para regionalizar y ubicar las zonas de alto y mediano potencial de cedro, melina, teca y caoba.

Finalmente, con los criterios de regionalización se clasificaron las zonas potenciales en Alto, Mediano y No Aptas (FAO, 1997). Las de Alto Potencial son aquellas en donde interaccionan todas las variables agroclimáticas en su condición óptima para que la plantación se desarrolle en condiciones competitivas; las de Mediano Potencial son aquellas en donde alguna de las variables agroclimáticas presenta alguna condición subóptima para que el cultivo se desarrolle en condiciones competitivas y las Zonas No Aptas se consideraron aquellas áreas donde una o varias de las variables agroclimáticas presentaba una condición limitante para su desarrollo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estado de Chiapas cuenta con una superficie total actual de 9,972 ha de plantaciones forestales comerciales con las cuatro especies, el estudio determinó que para cedro hay una superficie de 81 mil ha con alto potencial y 428 mil ha con mediano potencial; para melina 457 mil ha de alto potencial y 498 mil ha de mediano potencial; para teca 168 mil ha de alto potencial y 112 mil de mediano potencial; para caoba 91 mil ha de alto potencial y 629 mil de mediano potencial. (Figura 1).

Lo anterior muestra que en el estado de Chiapas son limitadas las zonas de alto potencial para las PFC, sin embargo, para melina hay mayor superficie de alto y mediano potencial, mientras que caoba tiene la mayor superficie de mediano potencial.

Además, se obtuvo un mapa del estado de Chiapas donde se ubican las superficies de alto y mediano potencial para cedro, melina, teca y caoba, especies más utilizadas en plantaciones forestales comerciales (Figura 2).

En el estado de Chiapas existen superficies potenciales de alto y mediano potencial para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de cedro rojo, melina, teca y caoba, sin embargo, teca tiene las menores áreas potenciales esto debido a las condiciones de exigencia de mayor precipitación y buen drenaje del suelo que presenta la especie.

El mejor desarrollo de las especies forestales estudiadas se manifestó en suelos profundos, lo que implica competir con áreas agropecuarias para su reconversión productiva.

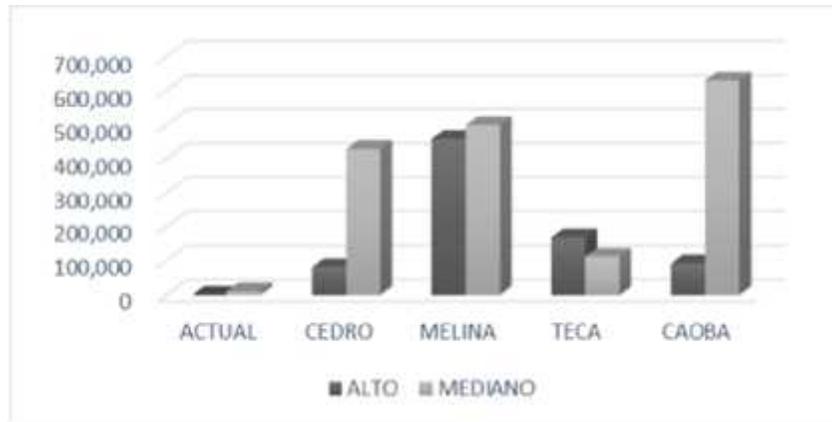


Figura 1 Superficie (ha) de alto y mediano potencial para cedro, melina, teca y caoba en Chiapas.

CONCLUSIONES

El estado presenta condiciones de altitud, temperaturas, precipitación y suelo óptimas en prácticamente toda su superficie para el establecimiento de las plantaciones forestales comerciales

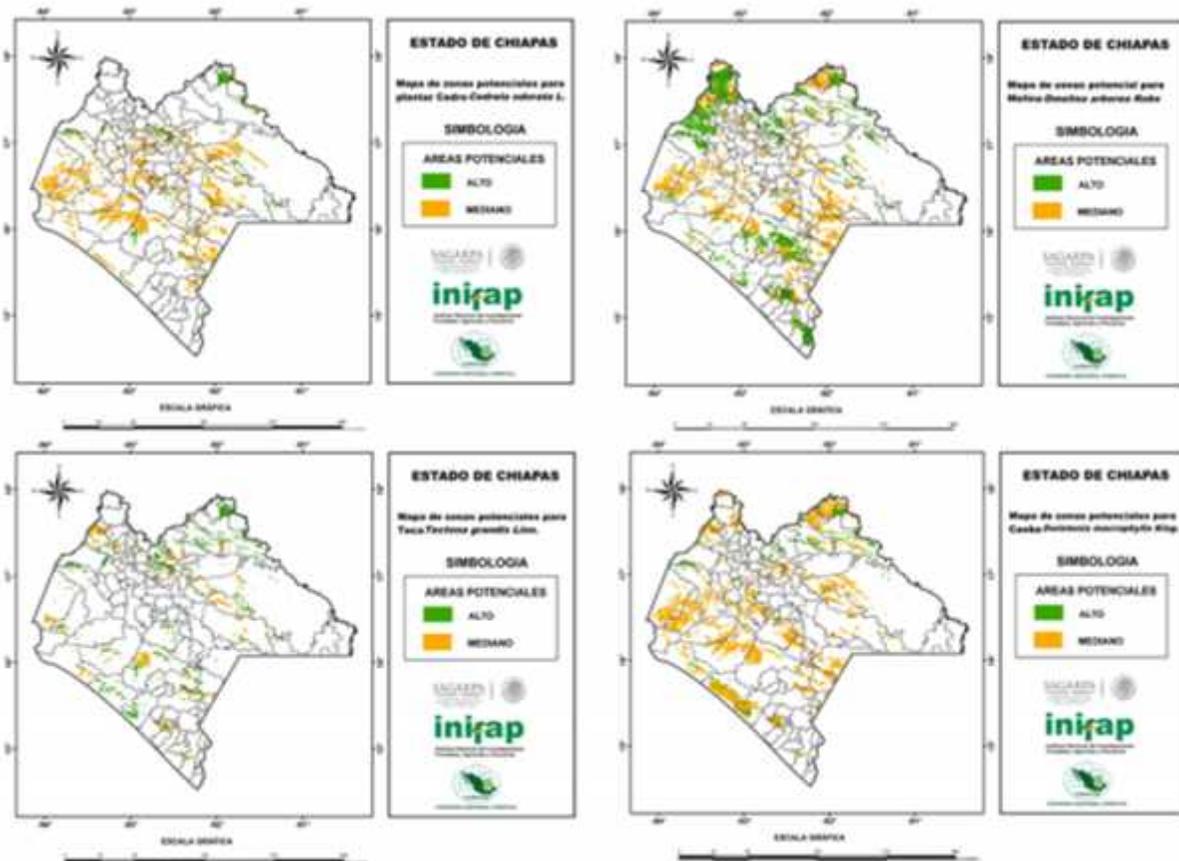


Figura 2. Distribución de las superficies de alto y mediano potencial para cedro, melina, teca y caoba.

LITERATURA CITADA

- CONAFOR. 2012. Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales, A 15 Años de su Creación. Aurelio M. Fierros González, Compilador y Editor Técnico. Colegio de Postgraduados. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 190 p.
- ESRI. 1996. Arc View GIS, The Geographic Information System for Everyone. Environmental Systems Research Institute, Inc. 380 New York Street, Redlands, CA 92373 USA.

FAO. 1994 ECOCROP 1. Requerimientos ecológicos de las especies vegetales, base de datos Versión 1.0. AGLS. Roma, Italia.
FAO. 1997. Zonificación agro-ecológica. Guía general. Boletín de Suelos. No. 73. FAO. Roma, Italia. 83 p.
INEGI. 2004. Mapa nacional edáfico. Unidades de suelo clasificadas por FAO/UNESCO. Escala 1:250,000. México.

ECUACIONES GENERALIZADAS DE ALTURA-DIÁMETRO PARA *Pinus patula* Schl. & Cham. EN IXHUACÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO
GENERALIZED HEIGHT-DIAMETER EQUATIONS FOR *Pinus patula* Schl. & Cham. IN IXHUACÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MEXICO

Avilés-Castillo A¹, Hernández-Ramos J², García-Magaña JJ³, García-Cuevas X², Hernández-Ramos A⁴ y Flores-López C⁵

¹Estudios y servicios profesionales forestales y agropecuarios "Los Pinos" A. C. (ESPFA). Calle Belisario Domínguez 17, Col. Centro, Perote, Veracruz, México. C.P. 91274.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Chetumal. Carretera Chetumal-Bacalar Km 25, Chetumal, Quintana Roo, México. C.P. 77930.

³Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo de la Revolución No. 1, Col. E. Zapata, Uruapan, Michoacán, C.P. 60180.

⁴ INIFAP-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 #9515 Hacienda de Buena Vista C.P. 25315 Saltillo, Coahuila.

⁵Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coah. C.P. 25315.

Autor de correspondencia. e-mail: forestjonathanhdez@gmail.com.

RESUMEN

La estimación confiable y precisa de la altura total de los árboles es imprescindible para el manejo forestal, pero debido al elevado costo y tiempo que se requiere en los inventarios forestales solo se mide una submuestra de altura por sitio. El objetivo fue ajustar una ecuación generalizada de altura-diámetro ($h-d$) para *Pinus patula* en rodales puros en el ejido Monte Grande Municipio de Ixhuacán de los Reyes, Veracruz, México. Se emplearon 1,826 pares de datos de inventario forestal para el ajuste estadístico de cuatro modelos generalizados de $h-d$ en SAS 9.2, mediante el procedimiento *Proc Model*. La evaluación del mejor modelo se hizo a través del coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}), la raíz del cuadrado medio del error (*RCEM*) y la significancia de sus parámetros, además de verificar la normalidad, homocedasticidad de la varianza y la autocorrelación de los errores. El modelo con mejor ajuste estadístico fue:

$$h = 1.3 + \left(H_m \cdot 1.3 \right) e^{-0.38188 \left(1 + \frac{d}{Dq} \right) 0.006893 \left(\frac{d}{Dq} + \frac{1}{d} \right)}$$
, el cual explica el 70 % de la variabilidad muestral, donde se incluye el diámetro normal (d), diámetro cuadrático (Dq) y la altura media dominante del sitio (H_m) como variables predictivas de la altura total, además de no observar violación de algún supuesto de regresión. El sesgo por estimación fue de 0.0314 m, mientras que la diferencia agregada fue de 0.139 %. El análisis gráfico de datos observados vs predichos mostró tendencias adecuadas a la variabilidad de la muestra. Los resultados contribuirán a la planeación y ejecución de programas de manejo forestal en la región. El uso de cada modelo dependerá de las variables disponibles en el inventario forestal.

Palabras clave: *Alométrica, inventarios forestales, manejo forestal, volumen.*

INTRODUCCIÓN

La producción forestal maderable en el estado de Veracruz en 2015 fue de 308,692 metros cúbicos rollo total árbol (m^3 rta) de los cuales 159,944 m^3 rta corresponden a especies del género *Pinus* (Semarnat, 2016). Las especies de coníferas más importantes para el aprovechamiento forestal en el estado son *Pinus patula*, *P. pseudostrobus*, *P. oaxacana*, *P. montezumae*, *P. ayacahuite*, *P. teocote* y *P. chiapensis* (Becerra-Zavaleta, 2015). En la región es fundamental para la elaboración de programas de manejo forestal el generar técnicas estadísticas que contribuyan a disminuir los tiempos requeridos en los inventarios forestales y determinen con exactitud cierto nivel de confiabilidad las existencias volumétricas para el manejo de bosques naturales.

El diámetro normal (d) y la altura total (h) son variables importantes en un inventario forestal (Calama y Montero, 2004; Ercanli, 2015), debido a que son variables empleadas como base para realizar estimaciones de volumen fustal (Ramos-Uvilla *et al.*, 2014) y volumen total (Moret *et al.*, 2007), describir el ahusamiento de los árboles (Corral-Rivas y Nívar-Cháidez, 2009) y cuantificar su volumen comercial (Riaño y Lizarazo, 2016), estimar la biomasa aérea o por componente estructural (Soriano-Luna *et al.*, 2015); además, se pueden hacer predicciones de crecimiento y rendimiento (Santiago-García *et al.*, 2015) o clasificar las áreas

de acuerdo a su productividad al combinarlas con la edad (Hernández-Ramos *et al.*, 2015), ya sea de bosque natural o de plantaciones forestales comerciales (Costa *et al.*, 2016).

En un inventario forestal, medir la altura de todos los árboles es impráctico por el tiempo requerido y el costo que esto general (Prodan *et al.*, 1997), por lo cual, dentro de un sitio de muestreo el registro de esta variable se realiza mediante una sub-muestra (Barrio *et al.*, 2004; Adame *et al.*, 2005). Sin embargo, el diámetro normal es una variable de fácil medición y que se mide en su totalidad en el levantamiento de información de campo (Van Laar y Akça, 1997). Por tal motivo, una forma de estimar la altura de todos los árboles de forma confiable es con el empleo de ecuaciones que representen la relación alométrica que tiene la h con el d (Prodan *et al.*, 1997; Delgado *et al.*, 2005).

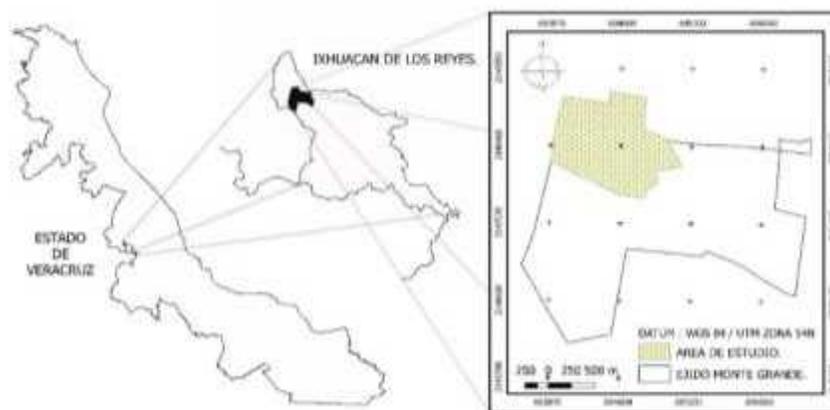
Las ecuaciones de altura-diámetro normal ($h-d$) pueden ser representativas de rodales, estratos o masas forestales específicas con un ámbito de aplicabilidad particular (Ecuaciones locales) (Juárez *et al.* 2006; Juárez *et al.* 2007) o bien, ser representativos de una región o masa forestal considerando las diferentes condiciones de crecimiento y desarrollo de las especies (Ecuaciones generalizadas) (Milena *et al.*, 2013; Hernández *et al.*, 2015; Ercanli, 2015).

Debido a la importancia económica de la especie en el aprovechamiento forestal de la región y a la falta de técnicas cuantitativas confiables para estimar la altura total de forma precisa con datos de un inventario forestal, se planteó el objetivo de ajustar una ecuación generalizada de altura-diámetro ($h-d$) para *Pinus patula* en rodales puros del ejido Monte Grande Municipio de Ixhuacán de los Reyes, Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Ejido Monte Grande ubicado en el municipio de Ixhuacán de los Reyes, Veracruz (Figura 1) entre los 1,750 y 1,850 msnm. El clima es de tipo templado (C(w1)(w)), con suelos predominantes de tipo Andosol y la vegetación es característica de un bosque de coníferas (INEGI, 2015).

Figura 1. Ubicación del área de estudio el ejido Monte Grande, en el municipio de Ixhuacán de los



Reyes, Veracruz.

El ejido cuenta con una superficie total 853 ha, y una superficie forestal bajo manejo de 388.2 ha. Se utilizaron 1,826 pares de datos de *P. patula* de $h-d$ obtenidos de 150 sitios de muestreo provenientes del inventario forestal con dimensiones de 500 m², distribuidos de forma sistemática a 100 metros entre líneas y sitios dentro de rodales puros de la especie, intervenidos con dos ciclos de corta completos. En cada unidad de muestreo se tomaron los siguientes datos: número de sitio, especie, exposición, diámetro normal (d) y altura total (h), posteriormente en gabinete se calcularon el diámetro cuadrático (Dq), altura promedio del sitio (H_m) altura dominante promedio de la unidad muestral (H_0), número de árboles por sitio (densidad) y el área basal proyectada por hectárea ($ABHA$). De la literatura nacional e internacional se seleccionaron cuatro modelos generalizados de $h-d$ para su ajuste (Trincado y Leal, 2006; García-Cuevas *et al.* 2013; Hernández *et al.*, 2015; Ercanli, 2015) (Cuadro 1).

El ajuste de los modelos y la estimación de sus parámetros se realizaron con el procedimiento *Proc Model* y el algoritmo Gauss del paquete estadístico SAS 9.2® (SAS, 2010), utilizando en el ajuste inicial los valores de los parámetros obtenidos en trabajos semejantes (Hernández *et al.*, 2015; Ercanli, 2015). La selección de las ecuaciones se realizó mediante los mayores valores en el Coeficiente de determinación ajustado por

el número de parámetros (R^2_{aj}) y el menor valor de la raíz del cuadrado medio del error ($RCME$) (Milena *et al.*, 2013), además de verificar los supuestos de regresión de normalidad de los datos, homocedasticidad de los residuos y autocorrelación de los errores, con los test de Shapiro-Wilk (SW), White (W) y Durbin-Watson (DW), respectivamente (SAS, 2010; Hernández *et al.*, 2015).

Cuadro 1. Modelos altura-diámetro generalizados ajustados para *Pinus patula*.

Autor	Modelo	Identificador
Lynch <i>et al.</i> (1999) Modificado por Budhathoki <i>et al.</i> , 2008	$h = 1.3 + \left(\frac{1}{H_0} \left(\frac{1}{1.3} \right)^1 \right) e^{-2d^3 + 4ABHA}$	[1]
Tang y Wang, 2002	$h = 1.3 + H_0 e^{-2/d}$	[2]
Gadow y Hui, 1999	$h = 1.3 + \left(\frac{H_m}{1.3} \right) e^{-0.1 \frac{d}{Dq} + 1 \frac{d}{Dq} \frac{1}{d}}$	[3]
Harrison <i>et al.</i> , 1986	$h = H_0 \left(1 + e^{-1/H_0} \right)^{2d}$	[4]

d : diámetro normal. h : altura total. Dq : diámetro cuadrático promedio. H_m : altura medio del sitio. H_0 : altura dominante media de la unidad muestral. ABHA: área basal proyectada por hectárea. s : Parámetros a estimar.

La capacidad predictiva de los modelos se evaluó a través del sesgo (E) (5), la diferencia agregada % ($DA\%$) (6) (Trincado y Leal, 2006) además de la prueba grafica de los valores estimados *versus* predichos (Hernández *et al.*, 2015).

$$Sesgo (E) = \frac{\sum_{i=1}^n (h_{obs} - h_{est})}{N} \quad (5) \text{ y } Diferencia \text{ Agregada } (DA\%) = \frac{E * 100}{\overline{h_{obs}}} \quad (6)$$

Donde h_{obs} =alturas observadas, h_{est} =alturas estimadas, $\overline{h_{obs}}$ = promedio de alturas observadas y N =número de observaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estadística descriptiva de la muestra indica que la aplicabilidad de los modelos está dentro de las categorías diamétricas de 10 y 65 cm y las alturas de 7 a 31 m, con del diámetro de 31 cm como media cuadrática (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estadística descriptiva de la muestra empleada para el ajuste de los modelos generalizados de $h-d$ en *Pinus patula*.

Estadístico/Variable	d	AB	h	Dq	H_m	H_0
Media	30.4871	0.07856	22.52	31.03	22.42	25.82
Error típico	0.1970	0.00100	0.09	0.12	0.07	0.07
Mediana	30	0.07069	23.00	30.96	22.64	26.50
Moda	32	0.08042	22.00	30.74	25.00	26.50
Desviación estándar	8.4157	0.04256	3.7181	5.2197	2.8294	2.9748
Varianza de la muestra	70.8245	0.00181	13.8244	27.2458	8.0057	8.8494
Curtosis	0.4032	2.74128	1.0264	1.6722	1.3426	2.7648
Coefficiente de asimetría	0.2520	1.21588	-0.8344	-0.1386	-0.6945	-0.4177
Rango	57	0.32680	24.00	34.57	16.53	22.50
Mínimo	8	0.00503	7.00	14.38	12.72	15.50
Máximo	65	0.33183	31	48.95	29.25	38.00

d : diámetro normal (cm). AB: Área basal (m^2). h : altura total (m). Dq : diámetro cuadrático promedio (cm). H_m : altura medio del sitio (m). H_0 : altura dominante media de la unidad muestral (m).

En el ajuste estadístico de los modelos todos los parámetros fueron significativos, los valores fueron bajos de la $RCME$ y las pruebas de supuestos de regresión mostraron que no existe violación en ninguna de ellas de acuerdo a lo descrito por Martínez *et al.* (2006) y es aplicado por Augusto *et al.* (2009). Los valores de R^2_{aj} indica que los modelos explican solo entre el 68 y 70 % de la muestra empleada, por lo cual la decisión

de cuál sería el mejor modelo se deberá de tomar de acuerdo a las pruebas de exactitud y el análisis gráfico de los valores estimados: Algo similar lo aplican Gómez-García *et al.* (2013) al emplear el índice de eficiencia en 29 modelos de *h-d* en combinación con el *RCME* al tener una descripción entre el 59 y 73 % de la muestra para *Quercus robur* en España.

Cuadro 3. Ajuste estadístico y valores de los parámetros estimados y test de prueba para modelos generalizados de *h-d* de *Pinus patula*.

Modelo	RCME	R ² _{aj}	Parámetro	Estimación	Eea	Valor de t	Probabilidad	SW	W	DW	Significancia
1	2.0827	0.686	B ₀	9.571398	0.6932	13.81	<0.0001	0.98	246.7	1.77	<0.0001
			B ₁	0.358329	0.0201	17.84	<0.0001				
			b ₂	12.88259	2.2404	5.75	<0.0001				
			B ₃	-1.05915	0.0779	-13.6	<0.0001				
			B ₄	0.000946	0.000351	2.69	0.0071				
2	2.0872	0.685	B ₀	8.879517	0.6243	14.22	<0.0001	0.98	201.6	1.77	<0.0001
			B ₁	0.390448	0.0207	18.88	<0.0001				
			B ₂	-11.3744	0.2245	-50.67	<0.0001				
3	2.0314	0.702	B ₀	-0.38188	0.011	-34.87	<0.0001	0.97	157.7	1.70	<0.0001
			B ₁	0.006893	0.0023	2.99	0.0028				
4	2.0512	0.696	B ₀	0.713034	0.1667	4.28	<0.0001	0.98	213.5	1.77	<0.0001
			B ₁	-0.08151	0.0109	-7.46	<0.0001				
			B ₂	1.45466	0.03	48.52	<0.0001				

R²_{aj}: Coeficiente de determinación ajustado. RCME: raíz del cuadrado medio del error. Eea: Error estándar aproximado. SW: tests de Shapiro-Wilk. W: test White. DW: test Durbin-Watson.

Al evaluar la precisión de las estimaciones hechas con los modelos se tiene que los modelos del 1 al 3 subestiman la variable altura, mientras que el modelo 4 la sobreestima, sin embargo, ninguno de ellos sobre pasa un sesgo de 3.2 cm por estimación y el 1% de la muestra (Cuadro 4). Estos valores concuerdan con lo encontrado por Trincado y Leal (2006) al emplear el modelo de Lynch *et al.* (1999) modificado y ocho expresiones generalizadas más en *P. radiata*. En las gráficas de valores observados versus predichos los cuatro modelos se ajustan a la tendencia de los datos, siendo el modelo 3 el que se distribuye con mayor fiabilidad a la muestra (Figura 2 (c)).

Cuadro 4. Sesgo de las estimaciones con los modelos generalizados de *h-d* para *Pinus patula*.

Estimador/Modelo	1	2	3	4
Sesgo	0.0041	0.0028	0.0314	-0.0101
Diferencia Agregada %	0.0180	0.0125	0.1393	-0.0449

Al evaluar en su conjunto los ajustes, los estimadores de precisión de las estimaciones y las gráficas entre las alturas observadas y las predichas, el modelo de Gadow y Hui (1999) (3) es el que mejores resultados arroja para los bosques mono-específicos de *P. patula*. El ajuste superior de esta ecuación concuerda con lo encontrado por Hernández *et al.* (2015) al ajustar este tipo de ecuaciones en rodales de *P. teocote* en Hidalgo, México. El uso de la variable *Dq* es un indicador confiable para ser incluido en este tipo de ecuaciones, ya que ha sido empleado con éxito por Adame *et al.* (2005 y 2013) al emplear este tipo de relaciones en bosques de Rebollares en España y por Milena *et al.* (2013) en plantaciones de eucaliptos en Colombia.

CONCLUSIÓN

El modelo de Gadow y Hui (1999) estima de forma confiable la altura a través de las variables de fácil medición como lo es el diámetro normal, además con el cálculo de variables como el diámetro cuadrático y la altura promedio de cada sitio que no generan un tiempo adicional en campo y ningún costo extra dentro

de los inventarios forestales en los bosques uni-específicos de *Pinus patula*, se podrán realizar estimaciones precisas de altura total dentro de un programa de manejo forestal para esta especie.

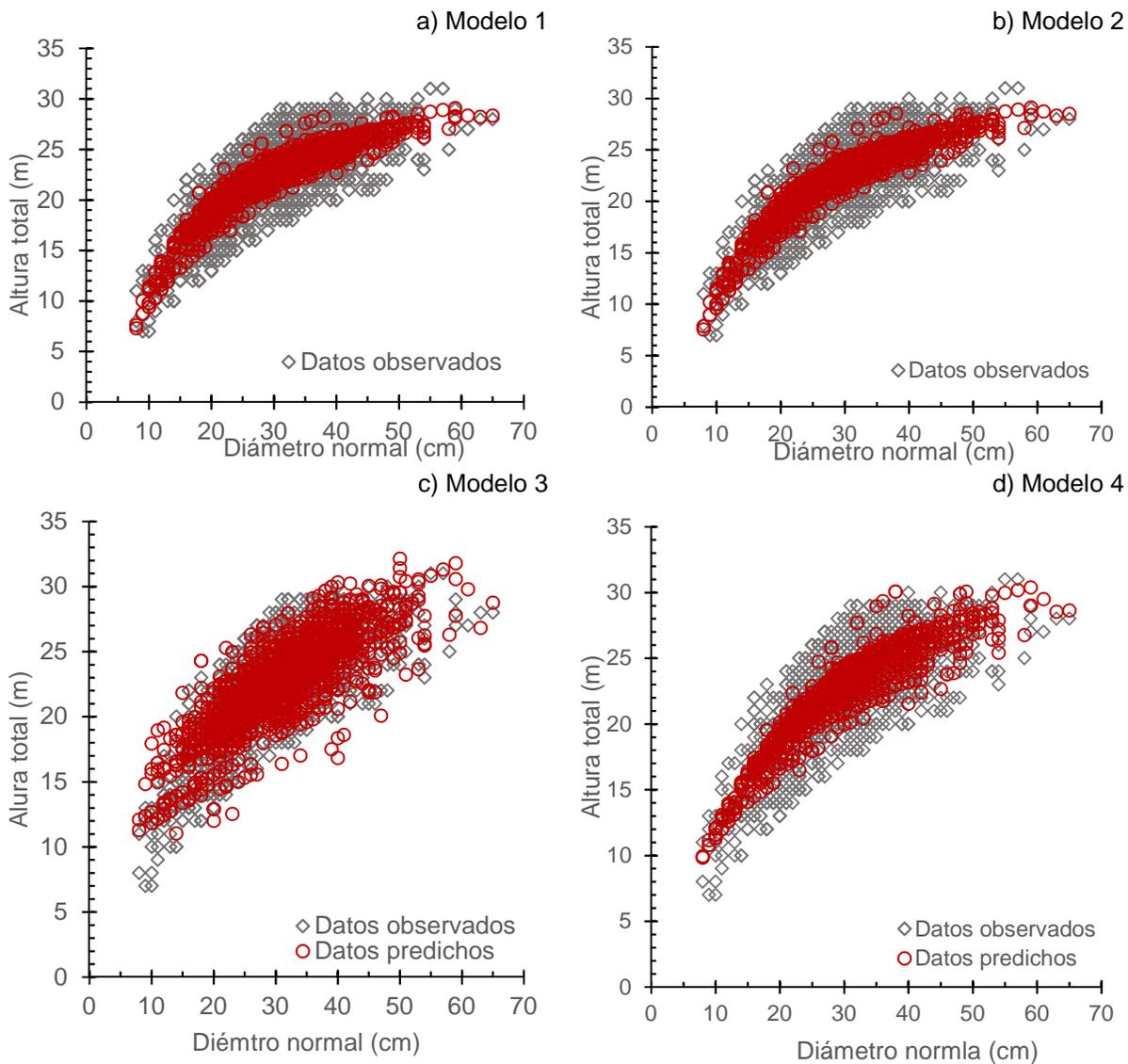


Figura 2. Datos observados versus estimados con los modelos generalizados de $h-d$ para *Pinus patula*.

LITERATURA CITADA

- Adame, H. P., I. Cañellas y M. Del Río. 2005. Modelo de la relación altura-diámetro para Rebollares en Castilla y León. In: Actas del IV Congreso Forestal Español. Zaragoza, España. 8 p.
- Adame, H. P., I. Cañellas y M. Del Río. 2013. Modelo de la relación altura-diámetro para Rebollares en Castilla y León. In: Actas del VI Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz, España. 8 p.
- Barrio, A. M., J. G. Álvarez G., I. J. Díaz M. y C. A. López S. 2004. Relación altura diámetro generalizada para *Quercus rubur* L. en Galicia. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 18:141-146.
- Becerra-Zavaleta, J. 2015. Pinos de Veracruz y sus tipos poco familiares. Revista Agroentorno 6: 31-32.
- Budhathoki, C. B., T. B. Lynch y J. M. Guldin. 2008. A mixed-effects model for dbh-height relationship of shortleaf pine (*Pinus echinata* Mill.). South Journal of Applied Forest 32: 5-11. Obtenido de <http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/31430>
- Calama, R., & Montero, G. 2004. Interregional nonlinear height-diameter model with random coefficients for stone pine in Spain. Canadian Journal of Forest Research 34: 154-163.
- Corral-Rivas S. y Nívar-Cháidez J. J. 2009. Comparación de técnicas de estimación de volumen fustal total para cinco especies de pino de Durango, México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 21(2): 185-202.

- Costa, E. A., T. Schroder y C. A. Guimarães F. 2016. Height-diameter relationships for *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in Southern Brazil. *CERNE* 22(4): 493-500.
- Delgado L. A., Acevedo M. F., Castellanos H., Ramírez H. y Serrano J. 2005. Relaciones alométricas y patrones de crecimiento para especies de árboles de la reserva forestal Imataca, Venezuela. *Interciencia* 30(5): 275-283.
- García-Cuevas, X., Hernández-Ramos J., García-Magaña J. J., Aguilar-Toral C. y Hernández-Ramos A. 2013. Ecuaciones generalizadas de altura-diámetro para rodales de *Pinus montezumae* en Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. In: Barrón-González M. P. y S. Moreno-Limón. (eds.). *Aporte científico ante el cambio climático y el desarrollo sostenible: Sociedad de cambio climático y desarrollo sostenible*. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Deutschland, Alemania. pp. 9-24.
- Gómez-García, E., Crecente-Campo F., Pérez-Rodríguez F. y Déguez-Aranda U. 2013. Relación altura-diámetro generalizada para rodales regulares de *Quercus robur* L. en Galicia. In: 6º Congreso Forestal Español. Victoria, Gasteiz, España. 10 p.
- Gadow, K. and G. Hui. 1999. Modeling forest development. Kluwer Academic Publishers. Groningen, Netherlands. 228 p.
- Harrison, W., T. Burk, D. Beck. 1986. Individual tree basal area increment and total height equations for Appalachian mixed hardwoods after thinning. *Southern Journal of Applied Forestry* 10: 99-104.
- Hernández-Ramos J., J. J. García-Magaña, X. García-Cuevas, A. Hernández-Ramos, H. J. Muñoz-Flores y M. Samperio-Jiménez. 2015. Índice de sitio para bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht & Cham. en el estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(27): 24-36: 72-89.
- Hernández R. J., X. García C., A. Hernández R., J. J. García M., H. J. Muñoz F., C. Flores L. y G. G. García E. 2015. Ecuaciones altura-diámetro generalizadas para *Pinus teocote* Schlecht. & Cham. en el estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(31): 8-21.
- Ercanli, İ. 2015. Nonlinear mixed effect models for predicting relationships between total height and diameter of Oriental beech trees in Kestel, Turkey. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 21(2):185-202.
- Juárez, de G., M., M. G. Pece, C. Gaillard de B., J. Sanguedolce V. Mariot y R. Mazzuco. 2006. Ecuaciones altura-diámetro para *Ziziphus mistol*, Griseb. en Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho* 13: 36-43.
- Juárez, de G. M., M.G. Pece, C. Gaillard de B., J. Sanguedolce, V. Mariot y R. Mazzuco. 2007. Ecuaciones altura-diámetro en *Prosopis nigra* (Griseb) Hieron (Algarrobo negro) en Santiago del Estero, Argentina. *Foresta Veracruzana* 9(1): 9-14.
- Lynch, T. B., K. L. Hitch, M. M. Huebschmann y P. A. Murphy. 1999. An individual tree growth and yield prediction system for even-aged natural shortleaf pine forests. *South Journal of Applied Forest*, 23: 203-211. Obtenido de <http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/1939>
- Milena, L. A., G. Trincado, A. Barrios y V. Nieto. 2013. Modelos regionales de altura-diámetro para plantaciones jóvenes de *Eucalyptus tereticornis* en la costa atlántica colombiana. *Bosque* 34(2):233-241.
- Moret, A. Y., Ortiz A., Pérez Y., Quijada M. y Jerez M. 2007. Ecuaciones de volumen para árboles de Samán (*Samanea saman* (Jacr.) Merr.), provenientes de potreros en el municipio Machiques de Perijá, estado Zulia, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 51(1): 87-96.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., y Real, P. 1997. *Mensura forestal. Serie investigación y educación en desarrollo sostenible*. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH-instituto Internacional de cooperación para la Agricultura GTZ-IICA). 586 p.
- Ramos-Uvilla, J. A., J. J. García-Magaña, J. Hernández-Ramos, X. García-Cuevas, J. C. Velarde-Ramírez, H. J. Muñoz-Flores y G. G. García Espinoza. 2014. Ecuaciones y tablas de volumen para dos especies de *Pinus* de la Sierra Purhépecha, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(23): 92-108.
- Riaño M. O. y Lizarazo I. 2016. Estimación del volumen de madera en árboles mediante polinomio único de ahusamiento. *Colombia Forestal* 20(1): 55-62.
- Santiago-García W., De los Santos-Posadas H. M., Ángeles-Pérez G., Valdéz-Lazalde J. R., Corral-Rivas J. J., Rodríguez-Ortiz G. y Santiago-García E. 2015. Modelos de crecimiento y rendimiento de totalidad del rodal para *Pinus patula*. *Madera y Bosques* 21(3): 95-110.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2016. Anuario estadístico de la producción forestal 2015. México, D.F. SEMARNAT. 228 p.
- SAS (Statistical Analysis System). 2010. Base SAS® 9.2 Procedures Guide: Statistical Procedures, SAS Institute Inc. 3rd. Edition. Cary, NC, USA, n/p.
- Soriano-Luna, M. A., Ángeles-Pérez G., Martínez-Trinidad T., Plascencia-Escalante F. O. y Razo-Zárate R. 2015. Estimación de biomasa aérea por componente estructural en Zacualtipán, Hidalgo, México. *Agrociencia* 49: 423-438.
- Tang S. y Y. Wang. 2002. A parameter estimation program for the error-in-variable model. *Ecological Modelling*, 156(2/3): 225-236.
- Trincado, G. y C. Leal D. 2006. Ecuaciones locales y generalizadas de altura-diámetro para pino radiata (*Pinus radiata*). *Bosque* 27(1):23-34.
- Van Laar, A. y A. Akça. 1997. *Forest mensuration*. Cuvillier Verlag .Göttingen, Germany. 383 p.

VIABILIDAD DE LA SEMILLA DEL HENEQUÉN *Agave fourcroydes* Lem VIABILITY OF THE HENEQUEN SEED *Agave fourcroydes* Lem

Guerrero Medina Rubén

Campo Experimental Mocochoá, Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Km 25
antigua Carretera Mérida - Motúl, Mocochoá, Yuc. México.

Autor para correspondencia: guerrero.ruben@inifap.gob.mx

RESUMEN

El henequén *Agave fourcroydes*, al igual que otras especies de agaves se caracteriza por poseer tres medios de propagación, dos asexuales (rizomas y bulbillos) y producción de semilla. Durante todo su ciclo de vida, el cual puede variar desde los seis u ocho años como planta ornamental en condición de jardín, hasta los 22 a 25 años en condición de explotación para la obtención de fibra, la reproducción a través de rizomas es casi continua, y al final de éste como planta monocárpica, emite una inflorescencia de unos siete metros de altura (Guerrero y Días 2013) en la cual se desarrollan cientos de flores, algunas de ellas producen frutos (capsulas) en los cuales se encuentran las semillas. Las flores aparecen en ramificaciones de unos cuatro metros de longitud y su aparición es progresiva de abajo hacia arriba; cuando la ramificación de la parte superior se encuentra en floración, en la parte inferior ya han caído las flores y van apareciendo las capsulas y brotes vegetativos que darán lugar a plántulas denominadas bulbillos. Sin embargo, flores, bulbillos y semilla no suelen lograrse de manera normal en las plantaciones de henequén ya que un hongo afecta la inflorescencia impidiendo su reproducción. Su potencial solo se manifiesta en áreas verdes públicas o privadas en la urbe meridana. Las inflorescencias del henequén inician su aparición por lo general en el mes de agosto y termina con cosecha de bulbillos y semilla en plantaciones comerciales, solo si las inflorescencias fueron tratados con fungicidas en su caso, en los meses de abril a mayo (esta no se requiere en áreas urbanas de Mérida), los frutos son capsulas ovaladas de unos 3.5 cm de largo por 2 cm de ancho, en su madures se separan en su parte apical en tres partes observándose en su interior seis compartimientos con cantidades variables de semilla con una proporción también variable de semilla vana en relación a la viable. Observaciones aisladas con fines didácticos para comprobar que ésta es fértil y es un medio real de propagación han permitido determinar una buena germinación de la semilla, pero aún se desconoce el periodo de viabilidad que tiene esta forma de reproducción, lo cual se convirtió en la razón de este estudio. De 54 capsulas obtenidas de tres inflorescencias, con la semilla obtenida en mayo de 2016, se realizó una prueba de germinación en el mes de junio y a partir del primero de octubre cada 15 días se repitieron las pruebas hasta mayo de 2017, fecha en que seguía germinando por lo que se determina que un año de viabilidad de la semilla es posible sin condiciones especiales de conservación. Determinar la viabilidad de la semilla del henequén puede proporcionar elementos que conlleven a definir prácticas de mejoramiento genético de la especie, e incrementar la variabilidad genética del agave ya que ésta puede incrementarse a través de la reproducción sexual.

Palabras clave: *henequén, reproducción, semillas.*

INTRODUCCIÓN

García, (2007) describe al fruto de los agaves como una cápsula seca, trilocular, con semillas dispuestas en dos hileras por lóculo, que son negras, aplanadas y rodeadas por un ala corta en su parte distal redondeada. La producción de frutos y semillas es grande en los agaves; algunas inflorescencias, como las de *Agave deserti*, producen hasta 65 000 semillas, y una vez maduras son dispersadas por el viento. Aunque producen abundantes flores y semillas, el establecimiento de las plántulas es un fenómeno raro debido a que ésta es la fase más vulnerable en el ciclo de vida de los agaves, pues tienen una cantidad limitada de reservas, baja capacidad para absorber agua y están expuestos a grandes variaciones de temperatura en la superficie del suelo.

En la zona de producción de henequén en Yucatán se presenta una condición sanitaria crítica que impide el desarrollo de inflorescencias sanas y por lo tanto, las plántulas y semilla que a través de ellas se esperan, las posibilidades de que esto se logre es muy baja. No obstante, lo anterior, ya se cuenta con recomendaciones técnicas para el control de patógenos (Díaz 1987) que atacan la inflorescencia, por lo que, la obtención de "bulbillos" y semilla, como medio de propagación, puede ser una realidad tanto para aspectos productivos como científicos y académicos.

Para realizar una prueba de germinación y desarrollo de agave, Vázquez y colaboradores (2011) emplearon semillas de las variantes 'Blanco', 'Chino' y 'Liso' del maguey (*A. salmiana*) provenientes de plantas de la zona Minera las Cuevas (a 1880 msnm, con temperatura y precipitación media anual 16 °C y 566 mm) de San Luis Potosí, México, en octubre del 2003. Las semillas con 7 % de humedad se almacenaron a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ y 20 % humedad relativa. La investigación fue llevada a cabo durante los años 2008 y 2009 con resultados de germinación promedio del 96%.

Bravo y colaboradores (2007) citando a Sánchez (2005) mencionan que la reproducción de la planta de maguey por semilla se da de manera natural y no se utiliza para plantaciones comerciales, también citando a Valenzuela (2003) indica que la semilla tiene bajo porcentaje de germinación, su crecimiento es lento y las plántulas resultantes son muy heterogéneas para ser utilizadas en el cultivo. Así mismo menciona a Espinosa et al (2005a) quien indica que, para la conservación de la variación genética, los viveristas multipliquen la planta vía sexual y con ello tener más posibilidades de tolerar contingencias fitosanitarias.

Rosales y colaboradores (2013) Aunque mencionan que realizaron pruebas de germinación y dan recomendaciones sobre el número de semillas a usar por charola en función de estas pruebas, no presentan resultados sobre el periodo de viabilidad de la semilla de agave estudiado.

Valenzuela (1997) citado por Escobar (2009), menciona que *A. tequilana* no se reproduce por vía sexual, debido a su bajo porcentaje de germinación, Información que obedece a observaciones hechas en campo, ya que no existen investigaciones formales sobre la reproducción sexual y la generación de plantas a partir de semillas. Por otro lado, las condiciones de germinación no son siempre adecuadas, así mismo indica que a la fecha no existen datos sobre la relación de frutos y semillas que producen.

En Mérida, Yuc., las condiciones ambientales, de aislamiento en relación a las plantaciones comerciales, permiten que, en algunas áreas públicas o privadas reforestadas con henequén (jardines), al término de su ciclo biológico genere impresionantes ramificaciones florales completamente sanas y en ellas se ha podido evaluar el potencial de reproducción que presenta éste agave, así como su caracterización. Bajo estas mismas condiciones se obtuvo semilla de henequén, de cuyo comportamiento se tiene pocas e incompletas referencias, avocándonos en esta ocasión a conocer la viabilidad de la misma a través de siembras cada dos semanas para aproximar el periodo viable que, aunque es un medio poco probable de uso de reproducción, se desconoce este potencial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como producto de la floración de tres plantas de henequén, cuyo ciclo inicia generalmente en el mes de Agosto y que para este caso fue en 2015, mismo que termina en los meses de abril-mayo de 2016, tuvieron como ubicación una en el centro oriente de la ciudad de Mérida en el patio de una casa, otra en el área de jardín del Instituto Tecnológico de Mérida y otra en el municipio de Umán próximo también a la ciudad en donde se localiza la salida hacia Campeche, de las citadas plantas se obtuvieron 54 capsulas florales. Para la obtención de la semilla se cosecharon las inflorescencias completas, los bulbillos se aprovecharon para establecimiento de semilleros, y las capsulas para la obtención de semilla. Doce de las capsulas fueron utilizadas para su medición y caracterización.

La semilla obtenida de las capsulas fue cosechada en el mes de mayo, realizando una prueba de germinación en el mes de junio y las pruebas de germinación subsecuentes con el objeto de determinar su periodo de viabilidad, con el mismo lote de semilla, se iniciaron en el mes de octubre, realizándose una prueba cada dos semanas. Como no se tenía un punto de referencia sobre su periodo aproximado de viabilidad, se realizó el periodo de prueba durante un año, considerando el siguiente periodo en el cual se podría contar con este material. Cada prueba de germinación consistió de tres cajas Petri, y en cada una de ellas se colocaron 15 semillas, a los diez días se contabilizo la germinación y a las dos semanas las germinaciones complementarias y su trasplante a charola germinadora de unicef. No se le dio un tratamiento especial a la semilla para su conservación o para la prueba de germinación. La semilla se conservó a temperatura ambiente, las cajas fueron lavadas con detergente y secadas con papel secante, este mismo material se empleó como cama húmeda y para humectar las cajas Petri se empleó agua purificada.

Durante los periodos de siembra en las cajas Petri, se fue descartando la semilla con indicios de daño, así como las pequeñas, procurando la uniformidad en la siembra y reducir factores de desventaja.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las capsulas y la semilla: las dimensiones promedio de las capsulas fueron de: 3.74 cm de largo y 2.11 cm de ancho; las capsulas inmaduras son de color verde y en su madurez se tornan negras. La forma es ovoide con el tercio basal ligeramente más reducido en relación al apical. El peso de las 54 capsulas fue de 115.67 gr, 98.0 gr correspondió al peso de las capsulas vacías, 10.27 gr para semilla vana y 6.6 gr correspondieron a semilla posiblemente viable.

Pruebas de germinación y viabilidad de semilla: los resultados de los ensayos de germinación y viabilidad de semilla, llevados a cabo a partir de octubre de 2016 a mayo del 2017, se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Porcentaje de germinación obtenido en el periodo de siembra de semilla de henequén. y pérdida gradual de su viabilidad.

Cajas	Oct.		Nov.		Dic.		Ene.		Feb.		Marzo		Abril		Mayo
	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a								
1	4	2	4	4	4	4	2	4	4	2	2	6	0	1	1
2	2	4	4	6	6	4	0	3	8	4	4	1	1	2	2
3	6	7	9	7	7	3	4	4	7	2	2	4	0	0	0
x	4	4.3	5.6	5.6	5.6	3.6	2	3.6	6.3	2.6	2.6	3.6	0.3	1.0	1.0
% de germinac.	26	28	37	37	37	24	13	24	42	17	17	24	2	6	6

La temperatura media de las pruebas de germinación fue de 24°C

Hay baja germinación en proporción a la prueba preliminar realizada en el mes de junio la cual fue del 70% y la posible razón es que al paso del tiempo la viabilidad se va reduciendo, sin embargo, es evidente que aunque el porcentaje de germinación tiene una reducción hacia el final del periodo de evaluación la semilla sigue germinando por lo que es importante hacer trabajos de fisiología de semillas y prácticas de conservación para el empleo de la semilla con fines de aumentar la diversidad genética.

También este dato concuerda con la premisa biológica de que las plantas que se reproducen por medios vegetativos mediante apomixis radicular o floral, presentan una reproducción sexual reducida. Se muestra tendencia de reducción de germinación a partir de las siembras de abril; por lo que será necesario repetir el ensayo y corroborar éste periodo de viabilidad.

Los resultados indican que es posible un año aproximadamente la vigencia de viabilidad sin condiciones especiales de manejo y conservación especial de la semilla de henequén.

Es muy probable que tratamientos para la obtención de capsulas y semillas más robustas puedan dar una mayor viabilidad y porcentaje de germinación a la semilla de henequén y permitir contar con un procedimiento potencial para su mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

La semilla de henequén conservada bajo condiciones ambientales, permite su viabilidad al menos por un año. De acuerdo con la referencia de Vázquez y colaboradores (2011) Se considera posible incrementar la viabilidad de la semilla mediante algunas prácticas de limpieza y almacenamiento.

LITERATURA CITADA

- Bravo M. E., Espinosa P. H. y López L. P. (2007) Tecnología para la producción de maguey mezcalero en Oaxaca. INIFAP. Libro técnico No. 7. 160 paginas.
- Díaz P.R. (1987). Guía para obtener bulbillos de varejón mediante el control de plagas y enfermedades. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Yucatán. Campo Agrícola Experimental de la Zona Henequenera. Mérida, Yucatán, México. Folleto para Productores Núm. 14.
- Escobar G. R. E. 2009. Estudio de la biología reproductiva y análisis molecular de la reproducción sexual y asexual de Agave tequilana Weber var. Azul. Tesis Doctoral, Irapuato, Guanajuato. Julio del 2009A.
- García M. A. (2007). Los agaves de México. Ciencias 87, julio-septiembre, 14-23.
- Guerrero M. R. y Díaz P. R. 2013. Henequén, establecimiento y cultivo en Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mochochá. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México 44p.
- Rosales M. S., Sigala R. J. A. y Bustamante G. V. 2013. Producción y trasplante de planta de Agave en vivero. Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. Mex. Diciembre de 2013. Folleto Técnico Núm. 70 ISBN: 978-607-37-0206-5.
- Vázquez D. E., García N. J. R., Peña V. C. V., Ramírez T. H. M. y Morales R. V. (2011) TAMAÑO DE LA SEMILLA, EMERGENCIA Y DESARROLLO DE LA PLÁNTULA DE MAGUEY (Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck). Rev. Fitotec. Mex. Vol. 34 (3): 167 – 173.

EFFECTO DE FERTILIZANTE, BIOESTIMULANTES Y HONGOS BENÉFICOS EN LA CALIDAD DE PLANTA DE *Cedrela odorata*
EFFECT OF FERTILIZER, BIOSIMULANTS AND BENEFICIAL FUNGI IN THE PLANT QUALITY OF *Cedrela odorata*

¹ Olivera Borja MG y ² Pablo Carrillo E

¹Tesista. Ingeniería Forestal. Universidad del Mar (UMAR), Campus Puerto Escondido, Carretera Oaxaca-Vía Sola de Vega Km 1.5, C.P. 71980 San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca, México.

²Instituto de Genética, Universidad del Mar.

Autor para correspondencia: epablo30@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de fertilizantes, bioestimulantes y hongos benéficos en la calidad de planta de *Cedrela odorata*. El experimento se estableció en el vivero forestal de la Universidad del Mar. La siembra se realizó en agosto de 2016 en charolas de plástico de 15 cavidades utilizando como sustrato peat moss, vermiculita y agrolita en la proporción 70%, 15% y 15% respectivamente. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial tres factores: fertilizantes, bioestimulantes y hongos benéficos, con dos niveles para cada factor, las combinaciones dieron como resultado ocho tratamientos. A las once semanas después de la siembra se eligieron al azar tres plantas por tratamiento en cada repetición. Las variables que se midieron para estimar los índices de calidad de planta fueron: longitud de la parte aérea y raíz, diámetro de cuello, peso fresco y seco de raíz y parte aérea. Los índices de calidad de planta estimados fueron: índice de robustez (IR), biomasa seca aérea entre biomasa seca radical (BSA/BSR), índice de calidad de Dickson (ICD) e índice de lignificación (IL). Se realizó un análisis de varianza cuando el valor de F fue significativo, las medias se separaron con la prueba de Tukey. Se encontraron diferencias significativas para fertilizante con ($\alpha=0.01$) en todos los índices de calidad de planta. Los mejores tratamientos fueron para el IR: fertilizante-bioestimulantes (F-B) con 10.149 y fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos (F-B-HB) con 9.296; para BSA/BSR: fertilizante-bioestimulantes (F-B) con 10.096 y fertilizante-hongos benéficos (F-HB) con 9.877. Para el ICD fueron: fertilizante (F) con 0.3524 y fertilizante-hongos benéficos (F-HB) con 0.3169. Asimismo, para el IL los mejores tratamientos fueron hongos benéficos (HB) con 29.61% y bioestimulantes (B) con 28.99%.

Palabras clave: bioestimulantes, calidad de planta, *Cedrela odorata*, hongos benéficos

INTRODUCCIÓN

El cedro es una especie forestal tropical que aporta grandes beneficios económicos para la industria maderable siendo muy apreciada debido a su color de madera, calidad y durabilidad (Pennington y Sarukhán, 2005). La producción de planta en vivero se realiza de forma tradicional empleando productos convencionales (fertilizantes, fungicidas e insecticidas), actualmente hay productos alternativos como hongos benéficos (micorrizas y *Trichoderma*) que fijan nitrógeno al suelo y contrarrestan el ataque de algunos hongos Oomicetos que causan daños en estado de plántula como *damping off* (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytium*, *Phytophthora*) (Cano, 2011); los bioestimulantes (extractos de yuca y de algas) muestran un efecto positivo. El uso apropiado de fertilizantes, hongos benéficos y bioestimulantes en los viveros forestales es vital para incrementar la calidad de planta. Una dosis balanceada o con los requerimientos apropiados de nutrimentos, mejora la morfología y fisiología de las plantas, lo que reduce el tiempo de producción y proporciona características de vigor y calidad a las plantas (Mateo et al., 2011). Dada la importancia de la producción de planta de cedro para plantaciones forestales en el país y tomando en cuenta que en la mayoría de los viveros no se consideran algunos aspectos técnicos importantes para la producción de planta de calidad, la presente investigación pretende dar a conocer algunos aspectos importantes dentro del manejo en vivero y su impacto en la calidad de la planta, por lo cual se planteó el objetivo de evaluar el efecto de fertilizantes, bioestimulantes y hongos benéficos en la calidad de planta de *Cedrela odorata*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas de Cedro se colectaron en los meses de abril y mayo del 2016 en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. Los frutos (capsulas) se recolectaron en madurez fisiológica de forma manual utilizando

pértiga en veinte árboles. Posteriormente la semilla fue beneficiada, se etiquetó y almacenó en botes de vidrio herméticos a $6\pm 2^{\circ}\text{C}$. El experimento se estableció en el vivero forestal de la Universidad del Mar ubicado en el Campo Experimental Bajos de Chila. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial, siendo tres factores: fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos, cada uno con dos niveles. Lo cual origina ocho tratamientos: testigo, hongos benéficos (HB), bioestimulantes (B), bioestimulantes más hongos benéficos (B-HB), fertilizante (F), fertilizante más hongos benéficos (F-HB), fertilizante más bioestimulantes (F-B), fertilizantes más bioestimulantes más hongos benéficos (F-B-HB). El fertilizante aplicado fue Multicote® 8M (18-6-12) dosis 20 kg m^{-3} ; los bioestimulantes (lidavital y algamix aplicados en la 3ª, 5ª y 8ª semana 1, 1.5 y 2 ml lt^{-1} de agua de c/u, respectivamente). Los hongos benéficos fueron micorrizas *Glomus fasciculatum* 0.09 g de c/u de los hongos benéficos por cavidad, *Trichoderma harzianum* 5 g ml^{-1} de agua asperjado en el sustrato. *Trichoderma* se aplicó posteriormente cada quince días durante dos meses posteriores a la siembra. Para evaluar calidad de planta se sembraron 480 plántulas de cedro en 32 charolas de plástico de 15 cavidades utilizando como sustrato peat moss, vermiculita y agrolita en la proporción 70% 15% y 15% respectivamente. La siembra se realizó el 12 de agosto del 2016. Se evaluaron ocho tratamientos, para lo cual se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones, en cada repetición se asignaron los ocho tratamientos, cada tratamiento consistió en una charola con 15 plantas. A los 77 días después de la siembra se midieron tres plántulas al azar por tratamiento. Las variables que se evaluaron para obtener los índices de calidad de planta fueron: longitud de la parte aérea, longitud de la raíz, diámetro de cuello que se midieron con vernier digital marca Stainles, peso fresco y seco de la raíz y de la parte aérea. Para estimar el peso fresco se pesaron por separado la raíz y la parte aérea en una balanza analítica por tratamiento dentro de cada repetición, posteriormente se introdujeron en una estufa de secado marca Lab-line 35L6M a una temperatura calibrada de 103°C durante 17 horas, cuantificando posteriormente el peso seco (Willan, 1991). Los índices de calidad de planta se estimaron de acuerdo a Prieto *et al.* (2009); Rodríguez (2008); Sáenz *et al.* (2010) de acuerdo a las siguientes formulas:

Índice de robustez

$$\text{IR} = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}}$$

Relación biomasa seca aérea entre biomasa seca radical

$$\text{BSA/BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}$$

Índice de calidad de Dickson

$$\text{ICD} = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la raíz (mm)}} + \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}}$$

Índice de lignificación

$$\text{IL} = \left[\frac{\text{Peso seco total (g)}}{\text{Peso húmedo total (g)}} \right] * 100$$

Posteriormente se realizó un análisis de varianza con base en un diseño completo al azar con cuatro repeticiones, posteriormente se hizo la comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) en las variables que resultaron significativas (SAS, 2003). Con las comparaciones de medias de Tukey obtenidas por tratamiento se realizaron gráficas para cada uno de los índices estimados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de los índices de calidad de planta al término de la evaluación mostró diferencias altamente significativas con $p = 0.01$ para el factor fertilizante en todos los índices. Mientras que para las interacciones bioestimulantes-hongos benéficos y fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos, sólo presentaron significancia en biomasa seca aérea/biomasa seca radical (Cuadro 1).

En las comparaciones de medias de Tukey para los índices de calidad de planta se encontró que con la aplicación de fertilizante hubo valores mayores en todos los índices evaluados. Mientras tanto para los

factores bioestimulantes y hongos benéficos no se presentaron diferencias significativas las comparaciones de medias de Tukey fueron iguales en todos los índices de calidad de planta evaluados (Cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis de varianza para índices de calidad de planta de *Cedrela odorata* a base de fertilizante (A), bioestimulantes (B) y hongos benéficos (C) a 77 días después de la siembra.

FV	GL	IR	BSA/BSR	ICD	IL
A	1	409.540 **	438.300 **	0.471 **	295.990 **
B	1	1.065	0.227	0.003	9.191
A*B	1	2.206	0.046	0.017	3.410
C	1	0.339	0.097	0.007	4.416
A*C	1	0.239	0.147	0.000005	7.226
B*C	1	0.443	9.032 **	0.00000001	30.458
A*B*C	1	0.456	7.529 **	0.000303	4.087
Error	24	1.450	0.582	0.004	10.138
C.V.		21.120	14.480	38.460	12.410

**Altamente significativo (= 0.01); *significativo (= 0.05).

El índice de robustez al término de la evaluación mostró valores altos en los tratamientos que se empleó fertilizante, este índice relaciona la altura de la planta y el diámetro del cuello de la raíz. El mejor tratamiento para este índice fue la combinación de fertilizante más bioestimulantes (Figura 1), lo cual se debe al efecto de los macronutrientes (18-6-12) contenidos en la fórmula del fertilizante de lenta liberación ya que al combinarlos con los bioestimulantes que contienen extractos de algas marinas las cuales son ricas en citocininas y auxinas incidieron en el crecimiento y desarrollo foliar. Díaz (2002) menciona que dichos fitorreguladores inducen elongación y división celular participando de manera activa en el crecimiento y desarrollo foliar y de raíz, lo cual se vio reflejado en el tratamiento F-B y F-B-HB.

La relación biomasa seca aérea/biomasa seca radical mostró para los tratamientos con fertilizante valores que oscilaron en un rango de 7.81 a 10.09, en contraste en los tratamientos que no se aplicó fertilizante los valores fueron de 1.44 a 1.78. Los mejores tratamientos para este índice fueron F-B seguido de F-HB (Figura 2). El fertilizante conjuntamente con los bioestimulantes, estimularon en crecimiento y aumento de la parte aérea y radical de la planta. Debido en gran medida a la concentración de nitrógeno presente, lo cual le confiere a la planta mejores características morfológicas, debido a que estimula el crecimiento vegetativo; además juega un papel importante en muchas reacciones metabólicas y es también un constituyente estructural de la clorofila. Por otra parte, Algamix® es un bioestimulantes del crecimiento y del desarrollo de las plantas elaborado a partir de extractos naturales de algas marinas (*Aschophyllum nodosum*) rico en citocininas que promueven el desarrollo foliar, debido a su contenido en betaínas y oligosacarinas, tiene un efecto fortificante mejorando la repuesta de defensa contra estrés hídrico, térmico o salino. (LIDA, 2014).

Cuadro 2. Comparaciones de medias por el método de Tukey del efecto de fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos en índices calidad de planta de *Cedrela odorata* a los 77 días después de la siembra.

Tratamientos	IR	BSA/BSR	ICD	IL
Fertilizante				
Con A	9.277 a	8.970 a	0.301 a	22.603 b
Sin A	2.123 b	1.568 b	0.058 b	28.686 a
Bioestimulantes				
Con B	5.882	5.354	0.169	25.100
Sin B	5.510	5.180	0.189	26.180
Hongos benéficos				
Con C	5.597	5.214	0.164	25.273
Sin C	5.803	5.325	0.195	26.016
DMS 0.05	0.878	0.556	0.050	2.323

Valores seguidos por distinta literal en la misma columna muestran diferencia significativa (Tukey, $p < 0.05$)

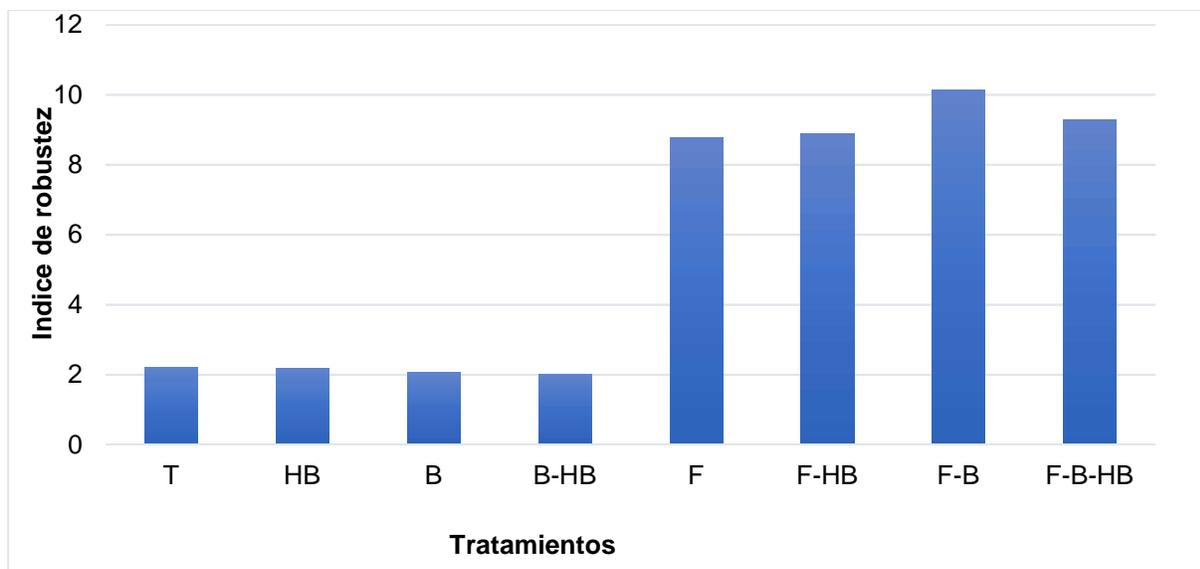


Figura 1.- Índice de robustez de *Cedrela odorata* evaluado a los 77 días después de la siembra.

El índice de calidad Dickson en los tratamientos con fertilizante mostró valores de 0.25 a 0.35 y para los que no se empleó fertilizante oscilaron en un rango de 0.03 a 0.1. El tratamiento F mostró un valor mayor de índice de calidad de Dickson (Figura 3). El fertilizante de liberación lenta utilizado contiene fósforo en combinación con nitrógeno, lo cual permitió un incremento en el peso seco de la planta además de influir en el crecimiento de la parte aérea. Napier (1985) encontró en un ensayo, que las plántulas de *Pinus oocarpa* crecieron 2.1 cm en presencia de fósforo y 0.6 cm en presencia de nitrógeno, pero en presencia de ambos nutrientes el crecimiento fue de 6.3 cm indicando que tienen una mejor respuesta en crecimiento cuando se le aplica fósforo y nitrógeno juntos, en relación a si se aplican de forma individual.

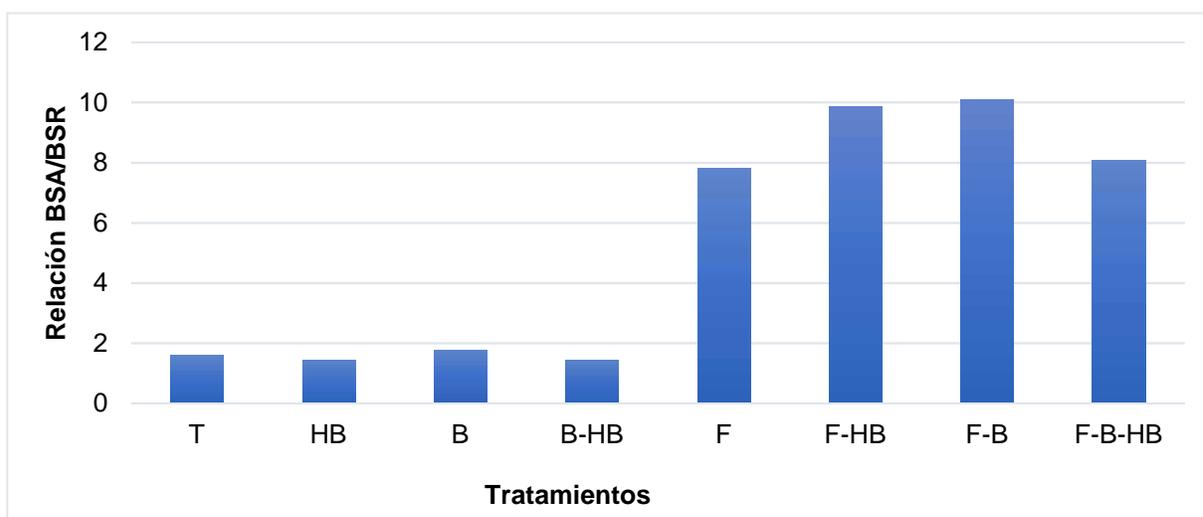


Figura 2.- Relación BSA/BSR de *Cedrela odorata* evaluado a los 77 días después de la siembra.

El índice de lignificación fue mayor en los tratamientos sin fertilizante, presentando valores de 27.96 a 29.61, en los tratamientos en los cuales se empleó fertilizante los valores fluctuaron de 19.56 a 23.95 (Figura 4). El índice de lignificación de las plantas no fertilizadas puede atribuirse a que presentaron un crecimiento menor y por ende un desarrollo foliar bajo, la fertilización estimuló el crecimiento y producción de follaje más succulento en las plantas fertilizadas. En los tratamientos sin fertilizante las plantas mostraron un tamaño proporcional de la parte aérea con la raíz, evidenciando valores mayores en el índice de

lignificación, sin embargo, no se muestran vigorosas; en contraste con las plantas fertilizadas las cuales muestran un mejor porte (Figura 5).

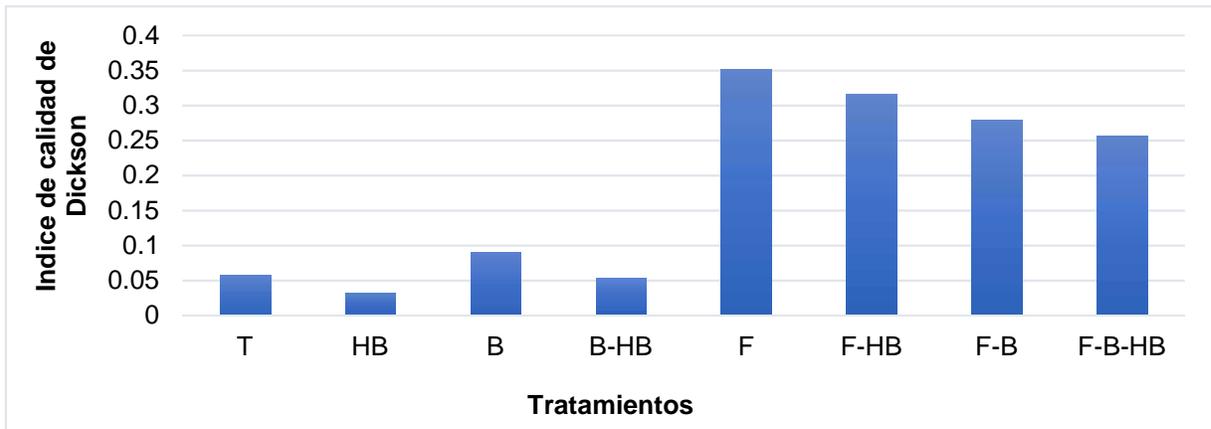


Figura 3.- Índice de calidad de Dickson de *Cedrela odorata* evaluado a los 77 días después de la siembra.

CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas para fertilizante con ($\alpha=0.01$) en todos los índices de calidad de planta. Los mejores tratamientos fueron para el índice de robustez (IR): fertilizante-bioestimulantes con 10.149 y fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos con 9.296; para biomasa seca aérea/biomasa seca radical (BSA/BSR): fertilizante-bioestimulantes con 10.096 y fertilizante-hongos benéficos con 9.877. Para el índice de calidad de Dickson (ICD) los mejores tratamientos fueron: fertilizante con 0.3524 y fertilizante-hongos benéficos con 0.3169. Mientras que para el índice de lignificación (IL) fueron hongos benéficos con 29.61% y bioestimulantes con 28.99%.

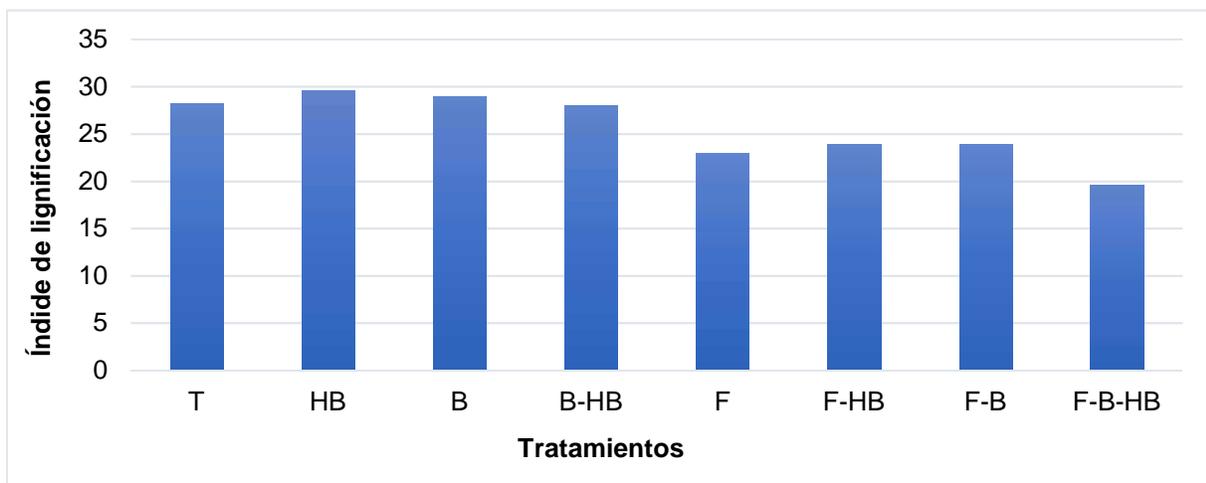


Figura 4.- Índice de lignificación de *Cedrela odorata* evaluado a los 77 días después de la siembra.

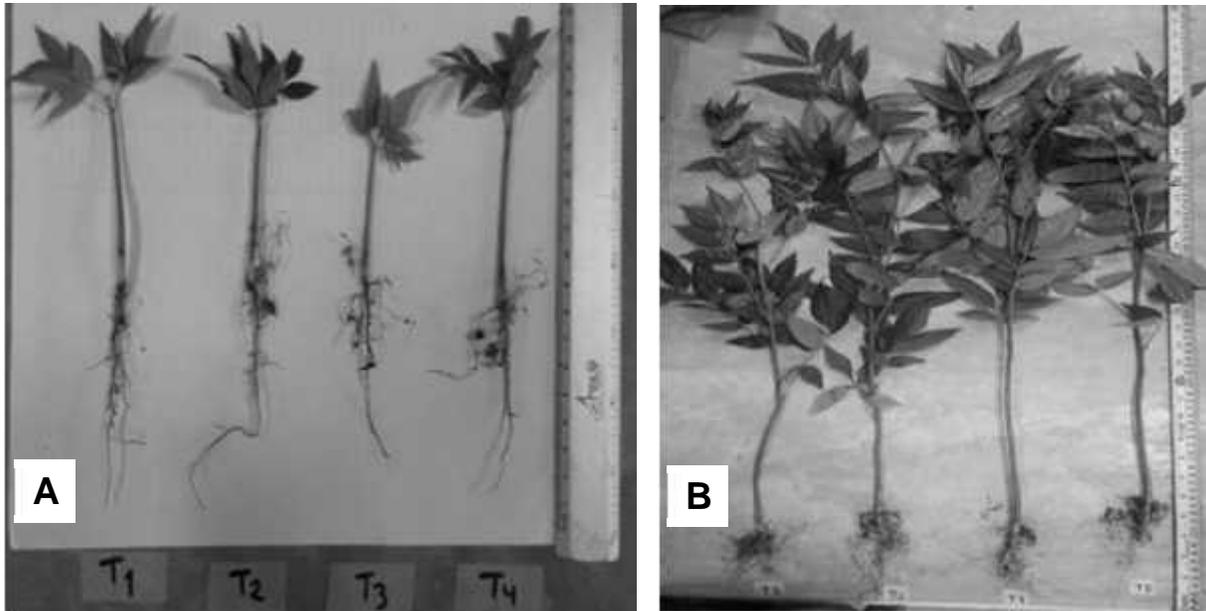


Figura 5. A. De izquierda a derecha plantas de cedro a las once semanas T₁: testigo; T₂: hongos benéficos; T₃: bioestimulantes; T₄: bioestimulantes-hongos benéficos. B. De izquierda a derecha plantas de cedro a las once semanas T₅: fertilizante; T₆: fertilizante-hongos benéficos; T₇: fertilizante-bioestimulantes; T₈: fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos.

LITERATURA CITADA

- Cano, M. A. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. una revisión, *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 14 (2): pp.15 – 31.
- Díaz, M. D. H. 2002. *Fisiología de árboles frutales*. AGT EDITOR S.A. México, D.F. 390 p.
- LIDA, 2014. <http://www.lidaplantresearch.com/es/productos/plant-bioestimulants/s1fp2i1> (Consultado el 27 de mayo de 2016).
- Mateo, S. J. J., Bonifacio, V.R., Pérez, R. S. R., Capulín, G. J. y Mohedano, C. L. 2011. Producción de (*Cedrela odorata* L.) en aserrín crudo con diferentes dosis de fertilización, en Tecpan de Galeana, Guerrero, Ra Ximhai 7: pp. 195-204.
- Napier, I. 1985. *Técnicas de viveros forestales con referencia especial a Centroamérica*. Siguatepeque, Honduras, Graficentro Editores, 274 p.
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. 2005. *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*, Universidad Nacional Autónoma de México, Tercera edición, Fondo de Cultura Económica, México, p. 523.
- Prieto, R. J. A., García, R. J. L., Mejía, B. J. M., Huchín, A. S. y Aguilar, V. J. L. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. *Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA*. Durango, Dgo. México. 48 p.
- Rodríguez, T. D. A. 2008. *Indicadores de calidad de planta forestal*. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156 p.
- Sáenz, J. T., Villaseñor, F. J., Muñoz, H. J., Rueda, A. y Prieto, J. A. 2010. *Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán*. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 p.
- Statistical Analysis System Institute. 2003. *SAS System for windows, Versión 9.0*. Cary, NC, USA.
- Willan, R. L. 1991. *Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos*, FAO, DANIDA, Estudio FAO Montes 20/2, Roma, Italia, p. 502.

VALIDACIÓN DE LA APLICABILIDAD DE ECUACIONES DE VOLUMEN FUSTAL PARA *Swietenia macrophylla* King USADOS EN QUINTANA ROO
VALIDATION OF THE APPLICABILITY OF FUSTAL VOLUME EQUATIONS FOR *Swietenia macrophylla* King USED IN QUINTANA ROO

¹Hernández RJ, ¹García CX, ²Hernández RA, ³Tamarit UJC, ⁴Martínez SM y ⁵De los Santos PHM

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Chetumal. Carretera Chetumal-Bacalar Km 25, Chetumal, Quintana Roo, México. C.P. 77930.

²INIFAP-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 #9515 Hacienda de Buena Vista C.P. 25315 Saltillo, Coahuila.

³INIFAP-Campo Experimental San Martinito. Km. 56.5 Carretera Federal México-Puebla, San Martinito, Tlhuapan Puebla, México. C.P. 74100.

⁴Universidad Autónoma de Chihuahua. Av. Universidad y Pascual Orozco s/n, Universidad, C.P. 31110 Chihuahua, Chih.

⁵Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco C.P. 56230, Estado de México.

Autor para correspondencia: forestjonathanhdez@gmail.com

RESUMEN

La validación cuantitativa de las ecuaciones que se usan en la elaboración de programas de manejo forestal es imprescindible para el aprovechamiento sostenible de los recursos en los bosques tropicales. Esta validación garantiza la estimación precisa y confiable de las existencias maderables considerando las condiciones actuales de crecimiento y de manejo técnico de las especies de interés, lo que contribuye a su conservación, manejo y aprovechamiento. El objetivo fue validar la aplicabilidad de las ecuaciones de volumen fustal (V_f) que se han generado para *Swietenia macrophylla* (caoba) en Quintana Roo. Se busca validar la precisión de las estimaciones de un grupo de modelos frecuentemente usados en los planes de manejo con una muestra independiente de 247 árboles medidos de forma directa e indirecta; y verificar las diferencias entre las estimaciones de cada modelo con datos de diámetro normal (dn) y altura total (H) de 990 individuos tomados de los inventarios forestales de 14 ejidos. Se realizó el proceso de validación estadística de nueve ecuaciones de V_f con base en el mayor índice de eficiencia (IE) y los menores valores tanto del sesgo absoluto como del error estándar de los estimados, además de la prueba de t para muestras pareadas y un análisis gráfico de las estimaciones contra datos de inventario. El modelo de volumen fustal de la forma; $V_f = 0.000071 dn^{1.940562} H^{0.831416}$ fue el más preciso explicando el 81% de la muestra independiente utilizada. Este modelo propuesto y dos ecuaciones de forma: $V_f = 0.000046 (dn^2 H)^{0.973468}$ y $V_f = 0.000083 dn^{2.0566} H^{0.6403}$ resultaron estadísticamente iguales, por no presentar diferencia significativa en la prueba de ANOVA para estimar el volumen fustal. El factor de forma de los modelos pasó de 0.80 en las ecuaciones propuestas en los años 1970's a 0.44 en los años recientes.

Palabras clave: bosque tropical, caoba, ecuación de volumen, manejo forestal.

INTRODUCCIÓN

El manejo forestal en los bosques tropicales es sumamente complejo (Orozco, 2004) debido a su gran número de especies y la diversidad estructural que los conforma (Chaverri, 1996; Koleff *et al.*, 2012), situación que ha dificultado desarrollar al ritmo de otras poblaciones vegetales modelos que representen el crecimiento de las especies, su rendimiento y su ecología en general (Kurmen, 2015).

En el manejo forestal de los bosques tropicales en Quintana Roo, una de las especies de mayor importancia comercial maderable es *S. macrophylla* (Semarnat-Conafor, 2014) por su alto valor económico (Semarnat, 2016) y por ser una de las especies guía en la planeación y ejecución de los programas de manejo forestal en la región (Synnott, 2007). Por ello, se han desarrollado algunas metodologías silvícolas cuantitativas básicas que contribuyan a su cuantificación, manejo y aprovechamiento, ya sea en bosques naturales (De los Santos, 1976; Patiño *et al.*, 1994; García *et al.* 2014; Hernández *et al.*, 2016a; Hernández *et al.*, 2016b) o plantaciones forestales comerciales (PFC) (García *et al.*, 1992; García *et al.*, 2013; García *et al.* 2016). Estimar con precisión las existencias volumétricas de las áreas bajo aprovechamiento es indispensable en la elaboración y ejecución de un programa de manejo forestal sustentable (Prodan *et al.* 1997; Magaña *et al.*, 2008). Sin embargo, actualmente para la elaboración de tales programas, se utilizan ecuaciones de

volumen maderable de las que no se tiene la certeza de su confiabilidad para las condiciones donde están siendo aplicadas, por lo cual su validación es de suma importancia.

La validación de una ecuación de acuerdo a Sangert (2003) y Kurmen (2015), se puede definir como la comprobación de que una ecuación dentro de su dominio de aplicabilidad, posee un rango satisfactorio de exactitud para ser aplicada con un mínimo de error. Para realizar tal validación disponiendo de una muestra independiente existen tres metodologías: *i)* A través de parámetros como el error medio de predicción (\bar{E}), el error absoluto (EA) o la raíz del error cuadrático medio (RECM), que en conjunto con un índice de eficiencia (IE) validan la aplicabilidad de las expresiones (Prodan *et al.* 1997); *ii)* Comparar las diferencias estadísticas a través de métodos paramétricos basados en la aplicación de pruebas de hipótesis como lo son la t pareada, prueba de ch^2 , la prueba de desigualdad de Theil, alguna de las pruebas de F (Barrales *et al.* 2004), o pruebas no paramétricas como las de Kolmogorov–Smirnov y el test Wilcoxon por mencionar algunas (Lara, 2011); y *iii)* validación visual o gráfica de los datos observados *versus* datos predichos tomando como referencia la línea recta (Vanclay y Skovsgaard, 1997).

Por la importancia de contar con herramientas silvícolas cuantitativas validadas a las condiciones de los bosques tropicales en la región para elaborar programas de manejo forestal, además de homologar el uso de las ecuaciones de predicción de rendimiento maderable, se planteó el objetivo de validar la aplicabilidad de ecuaciones de volumen fustal existentes para *S. macrophylla* King en Quintana Roo, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó información de volumen fustal de una muestra independiente de árboles de *S. macrophylla* tomada del proyecto “Sistema biométrico para la planeación del manejo forestal sustentable de los ecosistemas con potencial maderable en México” ejecutado por un consorcio de instituciones de investigación y docencia forestal que fue financiado por el fondo sectorial CONAFOR-CONACyT en 2014 a 2016 para el estado de Quintana Roo. Las mediciones fueron diámetros y alturas a distintas secciones del fuste (d y h), medidos de forma directa a 0.3, 0.6, 0.9 y 1.3 m de altura sobre el fuste iniciando en el diámetro y altura del tocón (dt y ht) y de manera indirecta con un Dendrómetro Electrónico Criterion RD1000 hasta llegar a la punta y $d=0$, además de mediciones del diámetro normal (dn) y altura total (H) de una muestra representativa de 247 árboles distribuidos en los ejidos de Bacalar, Botes, Caobas, Chacchoben, Laguna Om, Naranjal Poniente, Nohbec, Petcacab y 18 de marzo ubicados dentro de las UMAFORES 2301 y 2302 de los municipios de Bacalar, Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco del estado de Quintana Roo, México. Los datos se levantaron considerando la variabilidad de condiciones de crecimiento de la especie. El cálculo del volumen por troza (V_{troza}) se hizo con la fórmula de Smalian (1), para la punta (V_p) con la fórmula del cono (2) y el volumen fustal (V_f) por árbol se determinó mediante la suma de todas las secciones cubizadas más la punta (3).

$$V_{troza} = \frac{S_1 + S_2}{2} l \quad (1) \quad V_p = S_b \frac{l_p}{3} \quad (2) \quad V_f = \sum V_{troza} + V_p \quad (3)$$

Donde S_1 y S_2 son las áreas de las secciones transversales extremas de cada troza, l la longitud de troza, S_b es el área de la base de la punta y l_p es la longitud de la punta.

Los valores observados de volumen fustal obtenidos de cada árbol para la muestra independiente se compararon contra los estimados con las ecuaciones seleccionadas de la literatura que son aplicados en Quintana Roo (De los Santos, 1976; Patiño *et al.*, 1994; Hernández *et al.*, 2015a; Hernández *et al.*, 2016a; Hernández *et al.*, 2016b) (Cuadro 1).

Para validar las estimaciones de cada modelo se utilizó el índice de eficiencia (IE) (13), el cual es análogo al coeficiente de determinación, el valor absoluto del sesgo (EA) (14) y el error estándar de los valores estimados (Eeve) (15) (Prodan *et al.*, 1997; Jiang *et al.*, 2005; Brooks *et al.*, 2008; Lara, 2011).

$$IE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \right] \quad (13), \quad EA = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)}{n} \right] \quad (14) \quad \text{y} \quad Eeve = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k}} \quad (15)$$

Donde y_i es el valor observado, \hat{y}_i es el valor estimado, \bar{y}_i es el valor promedio estimado y n es el número de observaciones.

Cuadro 1. Ecuaciones de volumen fustal a validar para *S. macrophylla* en Quintana Roo.

Modelo	Expresión	Autor	Variable
4	$V_f = 0.000046 (dn^2 H)^{0.973468}$	Hernández <i>et al.</i> , 2016b	Vf
5	$V_f = 0.000071 dn^{1.940562} H^{0.831416}$	Hernández <i>et al.</i> , 2015a	Vf
6	$V_f = 0.000083 dn^{2.0566} H^{0.6403}$	García <i>et al.</i> , 2015	Vt
7	$V_f = e^{[-10.06001321 + 1.98160359 \times \ln(dn) + 1.03695598 \times \ln(H)]}$	Patiño <i>et al.</i> , 1994	Vf
8	$V_f = ((\frac{dn}{100})^2 0.7854H)0.5$	Coficiente mórfico	Vf
9	$V_f = 0.23266 + 0.000048213 dn^2 H$	De los Santos, 1976	Vf
10	$V_f = 0.17110 + 0.000041594 dn^2 H$	De los Santos, 1976	Vf
11	$V_f = 0.20363 + 0.000048128 dn^2 H$	De los Santos, 1976	Vf
12	$V_f = 0.13579 + 0.000042044 dn^2 H$	De los Santos, 1976	Vf

Vf: Volumen fustal. dn: Diámetro normal. H: Altura total.

También se hizo una comparación de medias entre los valores observados vs valores estimados como poblaciones independientes mediante una prueba de *t* a un nivel de significancia del 0.05 (Martínez *et al.*, 2006; Infante y Zarate, 2012). El par de hipótesis planteada fue:

Hipótesis nula (*H₀*). Las estimaciones con respecto a los datos observados son iguales entre sí.

Hipótesis alternativa (*H_a*). Las estimaciones con respecto a los datos observados son diferentes entre sí.

Se realizó el análisis comparativo del factor de forma (*ff*) entre la muestra independiente y las estimaciones de las ecuaciones de *V_f* evaluados, el cual se estimó mediante el cálculo de la pendiente (*p*) del volumen fustal con respecto a la variable combinada (*dn²H*), y después, la estimación del factor de forma con respecto a un cilindro teórico se realizó con la formula siguiente:

$$ff = p \times \frac{4}{f} \quad (19)$$

Con información de diámetro normal y altura total de 990 árboles de *S. macrophylla* provenientes de los inventarios maderables de 14 ejidos forestales en Quintana Roo se calculó el índice de esbeltez (*Ie = H / dn*), posteriormente se estimó el índice de esbeltez promedio por categoría diámetrica (*CD*) ($\bar{Ie} = \frac{\sum H}{\sum dn}$) y el volumen fustal de cada árbol, este último se determinó utilizando el valor de cada

categoría diámetrica y la altura teórica promedio calculada ($\bar{Ht} = Ie \times CD$) como variables explicativas en las ecuaciones de volumen fustal evaluadas del Cuadro 1. La aplicabilidad de las ecuaciones por categoría diámetrica se verificó y evaluó de forma gráfica con la tendencia de las estimaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estimación del volumen fustal con los modelos 4, 5 y 6 muestran un desempeño aceptable debido a que el valor del índice de eficiencia (*IE*) señala que estos explican entre el 78 y 81 % de la variabilidad de la muestra (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores del índice de eficiencia para las ecuaciones de volumen fustal evaluados.

Indicador	Modelo									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
IE	0.79	0.81	0.78	0.38	0.60	0.42	0.19	0.42	0.20	
EA	0.1543	0.1343	0.1608	0.6538	0.3348	0.6584	1.3587	0.6442	1.2926	
Eeve	0.3936	0.3672	0.4018	0.8102	0.5798	0.8131	1.168	0.8043	1.1392	

IE: índice de eficiencia. EA: sesgo absoluto. Eeve: error estándar de los valores estimados.

Aunque en la literatura existen muchos criterios para medir el margen de error de una ecuación al ser sometido a una validación (Sangert, 2003; Kurmen, 2015), se consideró como aceptable un error por debajo

del 20 % tal y como lo recomiendan Huang *et al.* (2003), además concuerda con el error reportado por Köhler *et al.* (2001) al validar un modelo de área basal en un bosque tropical en Malasia y con Moret *et al.* (1998) al validar una ecuación de volumen en plantaciones de *Tectona grandis* L. en Venezuela.

En los modelos restantes (7 al 12) el *IE* es inferior al 60 %, situación que revela que el uso de tales modelos no es recomendable para estimar el volumen fustal de *S. macrophylla* en Quintana Roo. El desempeño del sesgo absoluto (EA) y el error estándar de los valores estimados (Eeve, cuadro 2) como medidas de exactitud de acuerdo a lo que describen Prodan *et al.* (1997), tuvieron un comportamiento similar al descrito para el *IE*, lo que refuerza el argumento de que esas ecuaciones son obsoletas por lo que ya no deben seguir utilizándose.

Las diferencias en las estimaciones, el valor inferior del *IE* y los mayores valores en el EA y el Eeve en las ecuaciones, se atribuyen en parte, a que las ecuaciones fueron creadas en condiciones de crecimiento, manejo y aprovechamiento de bosque tropical diferentes a las actuales y que con el paso del tiempo han ido disminuyendo las dimensiones de *dn* y *H* de la especie, por consiguiente, se ha reducido el coeficiente mórfo de cada individuo, haciéndolos más esbeltos. Adicionalmente, los valores no deseables de los modelos 9 al 12, se deben a que estos modelos fueron creados para fuste limpio y no para volumen de fuste como las ecuaciones validadas en este trabajo, sin embargo, se consideró importante incluirlos por el uso indiscriminado que se les da en la elaboración de programas de manejo forestal para *S. macrophylla* en Quintana Roo.

Con base en Martínez *et al.* (2006), Infante y Zarate (2012) y Hernández *et al.* (2015), al comparar estadísticamente mediante la prueba de *t* para muestras pareadas y bajo la hipótesis de igualdad de medias el ANOVA indica que existen diferencias ($Pr > F$) (Cuadro 3) caso contrario a lo encontrado por Moret *et al.* (1998) al utilizar una muestra independiente pequeña para *T. grandis*.

Cuadro 3. Análisis de ANOVA para los datos observados y los valores predichos del volumen fustal para *S. macrophylla* en Quintana Roo.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio del error	Valor de F	Pr > F
Modelo	9	261.898635	29.099848	25.56	<.0001
Error	2460	2800.914262	1.138583		
Total corregido	2469	3062.812897			

Al contrastar los datos observados *versus* los estimados, se tiene que los modelos 4, 5 y 6 son estadísticamente no significativos por lo que se acepta la hipótesis nula (*H₀*) pudiéndose con ello aseverar que las estimaciones de tales modelos con respecto a los datos observados son estadísticamente iguales entre sí. Mientras que para el resto de los modelos se rechaza *H₀* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de *t* pareada entre datos observados y los valores predichos del volumen fustal por modelo para *S. macrophylla* en Quintana Roo.

Comparaciones	Diferencia entre medias	Límite superior	Límite inferior	Significancia
Observados vs 4	-0.22043	-0.52478	0.08392	
Observados vs 5	-0.17382	-0.47755	0.12992	
Observados vs 6	-0.20768	-0.51173	0.09636	
Observados vs 7	-0.61989	-0.92393	-0.31584	***
Observados vs 8	-0.40609	-0.71014	-0.10205	***
Observados vs 9	-0.67048	-0.97453	-0.36644	***
Observados vs 10	-0.9982	-1.30224	-0.69416	***
Observados vs 11	-0.65338	-0.95742	-0.34934	***
Observados vs 12	-0.96575	-1.2698	-0.66171	***

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.

El factor de forma (*ff*) para los datos de validación y cada uno de los modelos de volumen fustal utilizados ratifica que las dimensiones de los árboles de *S. macrophylla* en Quintana Roo se han reducido (Figura 1) y por consiguiente el rendimiento maderable y su distribución de productos debido a la forma de sus fustes ha cambiado. Los factores de forma de los modelos 4, 5 y 6 son semejantes a lo que reporta ESNACIFOR-OIMT (2003) para esta especie en bosques tropicales de Honduras.

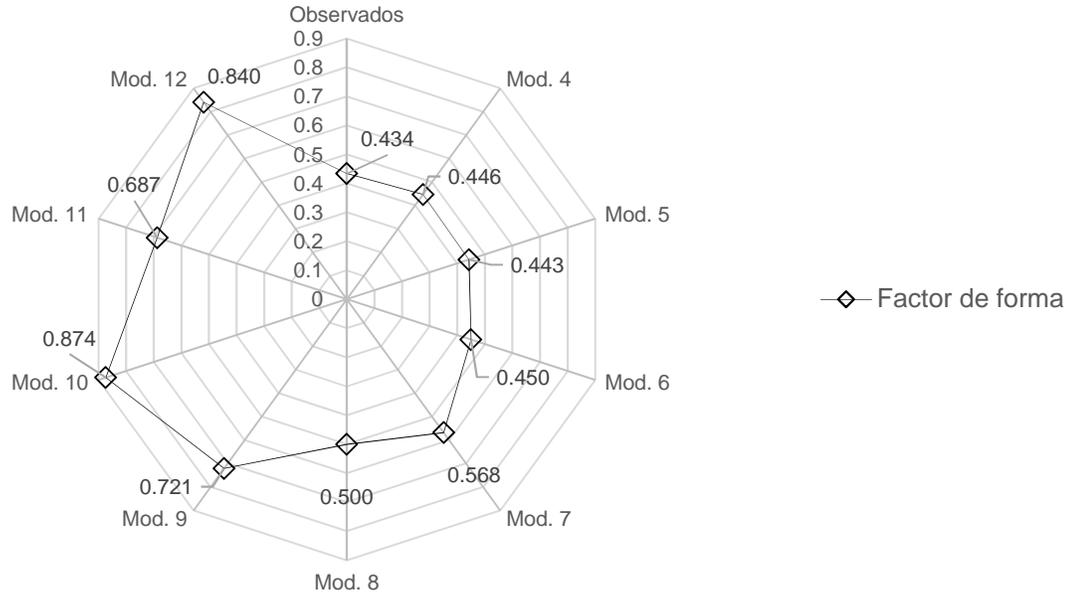


Figura 1. Factores de forma de ecuaciones para cubicar árboles de *S. macrophylla* en Quintana Roo.

Al validar las estimaciones de los modelos con datos de inventarios forestales, se tiene que el \bar{I}_e fue igual a 0.45, valor que señala que en promedio los árboles de esta especie incrementan 0.45 m de altura por cada centímetro de diámetro normal. Considerando esta relación y la distribución por categoría diámetrica de los datos, se tiene que los modelos 4 y 5 son los más conservadores, seguidos de los modelos 6 y 8 que consideran los valores de ff de 0.46 y 0.50, respectivamente; mientras que los modelos restantes sobreestiman el volumen fustal (Figura 2), situación que tiene serias implicaciones en el cálculo de las existencias maderables a través de inventarios forestales y en la elaboración y posterior ejecución de programas de manejo

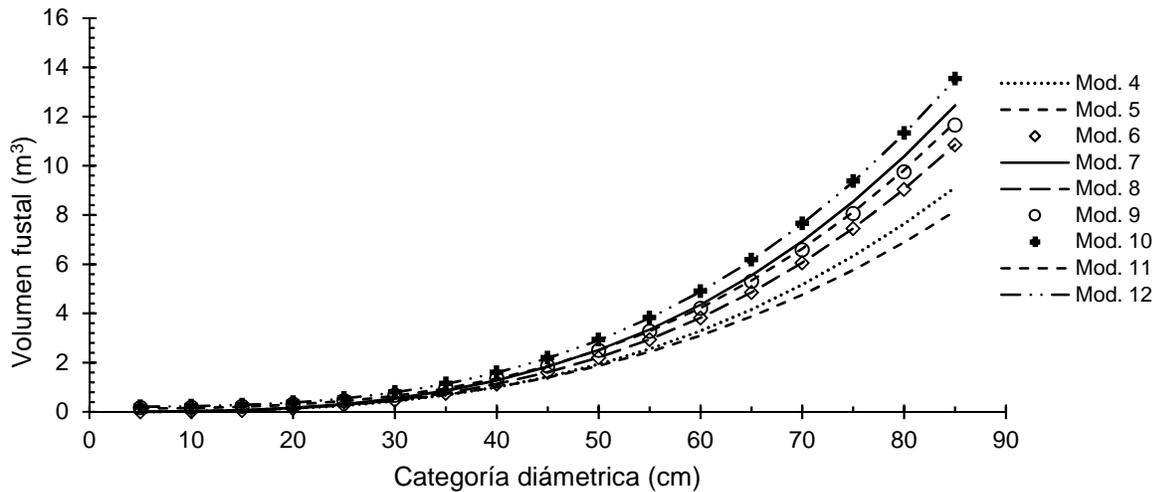


Figura 2. Comportamiento grafico de la estimación del volumen fustal con las ecuaciones evaluadas para *S. macrophylla* en Quintana Roo.

En la validación de los modelos, se verificó la capacidad, confiabilidad y exactitud que tienen esas funciones para representar los volúmenes reales, además con ello se aportó soluciones a la necesidad de disponer de expresiones matemáticas validadas para su aplicación eficiente (Kurmen, 2015) en la elaboración de programas de manejo forestal. Además, al combinar las diversas técnicas empleadas para conseguir este

fin (indicadores de precisión, hipótesis estadísticas o forma gráfica) se pueden detectar insuficiencias y debilidades de las diferentes ecuaciones, por lo cual se podría diseñar una estrategia para reducir el error en las estimaciones (Vanclay y Skovsgaard, 1997).

Ejemplo de ello, son los trabajos de Salas *et al.* (2005), los cuales al validar la aplicabilidad de una ecuación de volumen para *Pinus pinaster* en España en una región diferente a donde fue construida, concluyeron que previo a su uso indiscriminado, tendría que pasar por un proceso de validación; Herrero y Bravo-Oviedo (2007), validan y discuten las eficiencias y debilidades de cuatro ecuaciones para estimar el tamaño de copa en *Pinus silvestris* L. en un bosque de España donde no encontraron diferencias significativas entre las expresiones propuestas; Henry-Torriente *et al.* (2009) al ajustar, validar y dar certeza de su aplicación a los modelos de volumen maderable de cuatro especies latifoliadas en Ciénega de Zapara, Cuba; Lara (2011) al proponer y discutir su error porcentual de una ecuación de conicidad para *T. grandis* en Ecuador; y Tapia y Nívar (2011) al concluir que posterior a su validación las ecuaciones propuestas de volumen fustal y ahusamiento son aplicables de forma confiable en el manejo forestal de bosques de *P. pseudostrobus* Lindl. en México. Todo ello ratifica que el proceso de validación estadística que se realizó para los modelos de volumen fustal en árboles de caoba, garantiza su aplicación práctica y operativa de las mejores ecuaciones seleccionadas, proceso que se recomienda debe de realizarse para el resto de las especies maderables de importancia comercial en la entidad.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la validación, la ecuación 5 es la mejor para estimar el volumen fustal de árboles de *S. macrophylla* en Quintana Roo y que es la expresión más confiable para apoyar en la elaboración de programas de manejo forestal para esta especie. Adicionalmente a esta ecuación, las estimaciones con las expresiones 4 y 6 son estadísticamente iguales, por lo que el uso de estas ecuaciones también es confiable. Las dimensiones del arbolado con que se construyeron las ecuaciones de volumen existentes han venido disminuyendo con el paso de los años, además de que ha cambiado la forma del arbolado, como lo demostró el factor de forma, el cual paso de 0.80 en 1976 para árboles de muy grandes dimensiones a 0.44 en los años recientes para dimensiones menores, por lo que el uso de ecuaciones no actualizadas tiende a sobreestimar las existencias volumétricas de *S. macrophylla*. El uso de las ecuaciones de volumen validadas contribuirá significativamente a la planeación de las actividades silvícolas en los bosques tropicales de la región, debido a que *S. macrophylla* es una de las especies guía en los aprovechamientos forestales, además se podrán elaborar planes de manejo acorde a las condiciones actuales del arbolado y estimaciones considerando el factor de forma de cada individuo.

LITERATURA CITADA

- Barrales, V. L., Peña R. I. y Fernández de la Reguera B. P. 2004. Validación de modelos: un enfoque aplicado. Agricultura Técnica, 64, 66-73.
- Brooks, J. R., L. B. Jiang y R. Ozcelik. 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian pine, Cedar of Lebanon, and Cilicicafir in Turkey. Forest Ecology and Management 256:147-151.
- Chaverri, P. A. 1996. Bases ecológicas para el manejo forestal sostenible. UNICIENCIA 13: 73-79.
- De los Santos V. M. 1976. Tablas de volúmenes para montes de la Península de Yucatán. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. Chapingo, Estado de México, México. 82 p.
- ESNACIFOR-OIMT (2003). Guías silviculturales de 23 especies forestales del bosque húmedo de Honduras. Proyecto PD 022/99 Rev.2 (F) Estudio de Comportamiento de especies maderables nativas con importancia Comercial del Bosque Húmedo Tropical en Honduras. Siguatepeque, Comayagua, Honduras. 261 p.
- García, C. X., Lezama P. C. y Rodríguez S. B. 1992. Modelos de crecimiento para una plantación de caoba (*Swietenia macrophylla* King). Revista Ciencia Forestal en México 17(71): 87-102.
- García-Cuevas, X., Del Ángel-Santos D. y Hernández-Ramos J., 2013. Método alternativo para regular la estructura de selva tropical. In: II Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria y XXV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 418-423.
- García, C. X., Rodríguez S. B., Tadeo N. E. y Hernández R. J. 2014. Crecimiento e incremento a partir del tiempo de paso para caoba (*Swietenia macrophylla* King) en el ejido Noh Bec, Quintana Roo. In: XXVI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2014 y III Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 430-435.
- García-Cuevas X., Hernández-Ramos J., Tamarit-Urias J. C., García Magaña J. J. y Quiñonez-Barraza G. 2016. Modelos de efectos mixtos para determinar el índice de sitio de plantaciones de *Swietenia macrophylla* King. en Quintana Roo, México. Libro: Innovación tecnológica para la seguridad alimentaria. In: XXVIII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2016 y V Congreso Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 192-198.

- Henry-Torriente, P. P., García-Delgado J. M., Fosado-Téllez O. A.; Domínguez-Goizueta A. 2009. Obtención de modelos matemáticos para la elaboración de tablas de volumen de madera en bolo para cuatro especies de latifolias de la Ciénaga de Zapata. *Ra Ximhai* 5(3): 297-306
- Hernández R., J., A. Hernández R., J. J. García M., H. J. Muñoz F., G. G. García E. y H. E. Olvera D. 2015a. Sistema compatible de ahusamiento y volumen comercial para plantaciones comerciales de *Pinus greggii* Engelm. en el estado de Hidalgo, México. In: XXVII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2015 y IV Congreso Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 396-403.
- Hernández, R. J., X. García C., A. Hernández R., J. J. García M., H. J. Muñoz F., C. Flores L. y G. G. García E. 2015b. Ecuaciones altura-diámetro generalizadas para *Pinus teocote* Schlecht. & Cham. en el estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias forestales* 6(3): 8-21.
- Hernández-Ramos A, García-Cuevas X, Tamarit-Urias J. C., Martínez Ángel L., García-Magaña J. J. y Hernández-Ramos J. 2016a. Volumen comercial a través de modelos de razón para *Swietenia Macrophylla*. In: II Reunión Internacional Científica y Tecnológica y XIX Reunión Científica y Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2016. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Veracruz, Veracruz, México. 5 pág.
- Hernández-Ramos J., A. Hernández-Ramos, X. García-Cuevas, M. Martínez-Salvador y G. G. García-Espinoza. 2016b. Funciones de perfil para árboles de *Swietenia macrophylla* King en Quintana Roo, México. *Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México* 2(2): 151-157.
- Herrero, A. C. y Bravo-Oviedo F. 2007. Validación de un modelo de tamaño de copa de *Pinus silvestris* L. en bosques del sistema central. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 23: 193-198.
- Huang, S., Yang Y. y Wang Y. 2003. A critical look at procedures for validating growth and yield models. Amaro, A., Reed D. y Soares P. (Eds.). *In-Modelling Forest Systems*. Cambridge, USA: pp. 271-293.
- Infante G., S. y G. P. Zárate L. 2012. *Métodos estadísticos: Un enfoque interdisciplinario*. 3ª. ed. Ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. pp. 337-370.
- Jiang, L., J. R. Brooks y J. Wang. 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia. *Forest Ecology and Management* 213:399-409.
- Köhler, P., Ditzer, T., Ong, R.C. y Huth, A. (2001). Comparison of measured and modelled growth on permanent plots in Sabahs rain forests. *Forest Ecology and Management* 144: 101-111.
- Kurmen, C. J. M. 2015. Artículo I. Validación del modelo de dinámica forestal "GAVILAN": una herramienta para el manejo e investigación en bosques lluviosos tropicales de tierras bajas de Centroamérica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 39 p.
- Lara, V., C. E. 2011. Aplicación de ecuaciones de conicidad para teca (*Tectona grandis* L.F.) en la zona costera ecuatorial. *Ciencia y Tecnología* 4:19-27.
- Magaña, T. O. S., Torres, R. J. M., Rodríguez, F. C. A., Aguirre, D. H., y Fierros, G. A. M. 2008. Predicción de la producción y rendimiento de *Pinus rudis* Endl. en Aloapan, Oaxaca, Madera y Bosques, 14(1): 5-19.
- Martínez G., M. A., A. Sánchez V. y J. Faulin. 2006. *Bioestadística amigable*. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España. pp. 293-335.
- Moret, A. Y., Jerez M. y Mora A. 1998. Determinación de ecuaciones de volumen para plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.) en la unidad experimental de la reserva forestal Caparo, Estado Barinas, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 42(1): 41-50.
- Orozco, V. L. 2004. Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. Serie Técnica, Manual Técnico 56. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 315 p.
- Patiño, V. F., J. L. López T., y D. A. Gómez. 1994. Selva (Versión 4). Paquete de cómputo para procesar datos de inventarios forestales para especies de la Península de Yucatán. Folleto técnico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Mérida, Yucatán, México. 46 p.
- Prodan, M., Peters R., Cox F., y Real P. 1997. *Mensura forestal*. Serie investigación y educación en desarrollo sostenible. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH-Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura GTZ-IICA). 586 p.
- Salas, C., Nieto L. e Irisarri A. 2005. Modelos de volumen para *Pinus pinaster* Ait. en la Comarca del Baixo Miño, Galicia, España. *Quebracho Revista de Ciencias Forestales* (12): 11-22
- Sargent, R.G. 2003. Validation and verification of simulation models. In: Simulation Conference, 2004. Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference. IEEE Piscataway, New Jersey. USA, pp. 37-48.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2016). Anuario estadístico de la producción forestal 2015. SEMARNAT. México, D.F. 228 p.
- Semarnat-Conafor (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional Forestal) (2014). Inventario Estatal Forestal y de Suelos-Quintana Roo 2013. Colección de inventarios estatales forestales y de suelos 2013-2014. Semarnat-Conafor. Guadalajara, Jalisco, México. 125 p.
- Synnott, T. J. 2007. La caoba en la Península de Yucatán. Reporte Final: Diagnostico de los sistemas de silvicultura de caoba en los corredores de la Península de Yucatán (CBM-M/UTRP/2C/01/2006). CONABIO. Saltillo, Coahuila, México. 22 p.
- Tapia J. y Nívar J. 2011. Ajuste de modelos de volumen y funciones de ahusamiento para *Pinus pseudostrobus* Lindl. en bosques de pino de la sierra madre oriental de Nuevo León, México. *Foresta Veracruzana* 13(2): 19-28.
- Vanclay, J. K. y Skovsgaard, J. P. 1997. Evaluating forest growth models. *Ecological Modelling* 98: 1-12.

PRODUCCIÓN DE UN LÍPIDO ESTRUCTURADO A PARTIR DE ACEITE DE PALMA STRUCTURED LIPID PRODUCTION FROM PALM OIL

¹Ochoa Flores AA, ²Hernández Becerra JA, ³García-Galindo HS, ¹López Hernández E, ¹Miranda Cruz E.

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias. UJAT, 25 km carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco, México.

²División de Procesos Industriales, UTTab. 15 km carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco, México.

³UNIDA, Instituto Tecnológico de Veracruz, M.A. de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, Veracruz, Veracruz, México.

Autor para correspondencia: angelica.ochoa@ujat.mx

RESUMEN

El aceite de palma (AP) es un lípido de fácil digestión, fuente de energía y fitonutrientes, que se utiliza en la producción de lípidos estructurados (LE). Los LE son lípidos que han sido modificados en la composición y/o distribución de sus ácidos grasos, por reacciones químicas o enzimáticas, lo que permite la obtención de lípidos con nuevas propiedades. El objetivo del trabajo fue sintetizar un LE enriquecido con ácidos grasos de cadena media (AGCM), a partir de AP, utilizando las enzimas lipasas Lipozyme TL IM de *Thermomyces lanuginosa*, Lipozyme RM IM de *Rhizomucor miehei* y Novozym 435 de *Candida antarctica*. De las tres enzimas lipasas, Lipozyme RM IM de *Rhizomucor miehei* demostró ser la más efectiva para incorporar AGCM al AP, lográndose con esta enzima la obtención de un lípido estructurado constituido mayoritariamente por los ácidos caprílico, oleico, cáprico y palmítico.

Palabras clave: aceite de palma, ácidos grasos de cadena media, lípidos estructurados, lipasas.

INTRODUCCIÓN

El AP se obtiene del mesocarpio carnoso del fruto de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) mediante procesos mecánicos de extracción, presenta un color anaranjado característico y es semisólido a temperatura ambiente. Su composición en ácidos grasos varía ligeramente de una ubicación geográfica a otra, pero sus ácidos grasos mayoritarios son el ácido palmítico (37 – 44 %) y el ácido oleico (40 – 44 %). Se utiliza en muchos productos como margarinas, mantecas y aceites para freír de alta estabilidad oxidativa, lociones para manos y cuerpo, entre otros (Rincon y Martinez, 2009).

La producción de AP se ha duplicado cada diez años desde 1960, superando al aceite de soja en 2007, para convertirse en el aceite vegetal de mayor producción en el mundo. En 2015, su producción sobrepasó los 62 millones de toneladas, lo que representa más del 30 % de la producción mundial de grasas y aceites; esto se debe a su alta productividad, hasta 10 veces superior a la que proporcionan otros cultivos (Oil World Annual 2016). En México, el estado de Tabasco es el tercer productor a nivel nacional de palma de aceite, en sus municipios de Centro, Jalapa, Macuspana, Tacotalpa y Teapa, los que reúnen las mejores condiciones agro-climáticas para su cultivo (SAGARPA, 2010).

El AP presenta efectos similares a los de otros aceites vegetales insaturados, sobre los lípidos de la sangre, esto debido a la estructura de sus triglicéridos, que presentan un ácido graso insaturado en la posición 2 del glicerol. Además, el aceite de palma contiene fitonutrientes benéficos para la salud, como tocotrienoles, carotenoides y fitoesteroles (May y Nesaretnam, 2014). Por su parte, los AGCM disminuyen los niveles de colesterol y triglicéridos en sangre, favorecen la pérdida de peso y grasa corporal, reducen el daño intestinal y la hepatotoxicidad inducida por alcohol (Marten *et al.*, 2006).

Un proceso ampliamente utilizado para modificar las propiedades de los lípidos naturales es la acidólisis, reacción entre los ácidos grasos esterificados a la molécula de glicerol, con otros ácidos grasos libres. Se utilizan para ello lipasas sn-1,3-regioespecíficas, que modifican la composición en ácidos grasos de las posiciones 1 y 3 del glicerol, pero que, al mismo tiempo, permiten preservar los ácidos grasos ubicados en la posición sn-2, que en los aceites generalmente son ácidos grasos insaturados o poliinsaturados, algunos de ellos esenciales (Palla y Carrin, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

El AP fue donado por la empresa Agroipsa (Agroindustrias de Palenque S.A. de C.V.), en su planta localizada en el municipio de Jalapa, Tabasco, México. Los AGCM se obtuvieron por saponificación del aceite comercial (Original Thin Oil®), de la compañía Sound Nutrition, de acuerdo con el método descrito

por Kim *et al.* (2007). El peso molecular de los AGCM, así como del AP, se calculó en base a su composición en ácidos grasos (mol %), obtenida por cromatografía de gases (CG), previa metilación con HCl metanólico 1N, de acuerdo con la metodología descrita por Ochoa *et al.* (2013).

Síntesis del LE. La síntesis del LE se realizó en un sistema por lote, en matraces Erlenmeyer de 25 mL. En un agitador orbital operando a 200 rpm, por un periodo de 24 horas. Las condiciones de reacción fueron: temperatura de 50 °C, concentración de enzima de 10 % y relación molar de sustratos (AP: AGCM) 1:10. Las enzimas probadas: Lipozyme TL IM de *Thermomyces lanuginosa*, Lipozyme RM IM de *Rhizomucor miehei* y Novozym 435 de *Candida antarctica*, todas de NOVO®. Se tomaron muestras a las 0, 1, 2, 3, 6, 9, 12 y 24 horas de reacción para determinar la incorporación de AGCM al AP. Todos los experimentos se realizaron por triplicado. La incorporación de los AGCM al AP se determinó por CG, previa metilación alcalina con metóxido de sodio 0.5N, de acuerdo con la metodología descrita por Ochoa *et al.* (2013).

Diseño experimental y Análisis estadístico. Se utilizó un diseño factorial 3 x 8, considerando como factores la enzima lipasa utilizada para incorporar los AGCM al AP a través de la reacción de acidólisis y el tiempo de reacción. La variable de respuesta fue la incorporación de AGCM al AP en % molar. Los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza, con posterior análisis de comparación de medias. Se empleó para ello una prueba de Tukey a una $P < 0.05$. El paquete estadístico utilizado fue STATISTICA V. 6.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo la mezcla de AGCM y su composición en ácidos grasos, 0.04 % de ácido caproico (C6:0), 71.20 % de ácido caprílico (C8:0), 28.57 % de ácido caprílico (C10:0) y 0.19 % de ácido laurico (C12:0); así como la composición del AP, ácido mirístico (C14:0) 1.55 %, ácido palmítico (C16:0) 42.88 %, ácido palmitoleico (C16:1) 0.31 %, ácido estearico (C18:0) 3.56 %, ácido oleico (C18:1) 39.42%, ácido linoleico (C18:2) 11.69 %, ácido linolenico (C18:3) 0.36 % y ácido araquídico (C20:0) 0.23 %. Sus perfiles de ácidos grasos pueden verse en la **Figura 1**.

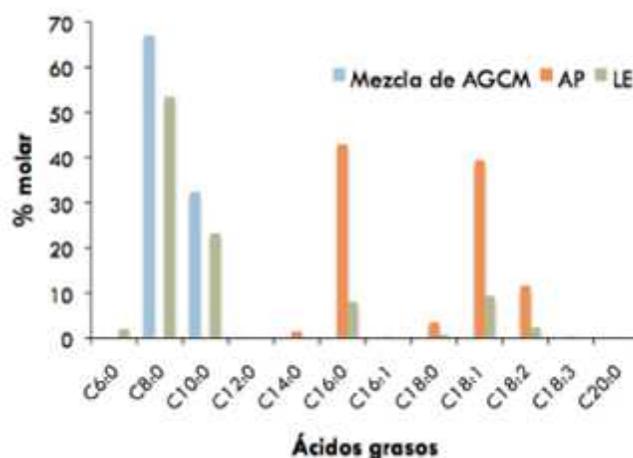


Figura 1. Composición en ácidos grasos de la mezcla de AGCM, el AP y el LE obtenido con la enzima lipasa inmovilizada Lipozyme RM IM.

Se llevó a cabo la síntesis del LE a través de la reacción enzimática de acidólisis y se evaluó la incorporación de AGCM al AP, para cada una de las enzimas lipasas probadas y para cada uno de los tiempos de reacción evaluados. Las cinéticas de incorporación de AGCM al AP se observan en la Figura 2. La incorporación alcanzada a las 24 horas de reacción para las enzimas inmovilizadas Lipozyme TL IM, Lipozyme RM IM y Novozym 435 fue de 37.20, 59.10 y 48.86 % molar, respectivamente.

Del análisis estadístico de estos resultados, en la Figura 3 se puede observar que existen diferencias significativas ($p < 0.5$) entre los valores obtenidos para la incorporación de AGCM al AP, para cada una de las tres enzimas lipasas probadas; obteniéndose que la mayor incorporación de AGCM al AP es alcanzada con la enzima lipasa inmovilizada Lipozyme RM IM de *Rhizomucor miehei*, seguida por la enzima Novozym 435 de *Candida antarctica*. Estos resultados son consistentes con los reportados por Herawan y Klaas (2014), quienes indican que, de 10 enzimas lipasas probadas, la enzima lipasa de Candida Antarctica, así

como Lipozyme RM IM, fueron las más efectivas para llevar a cabo la transesterificación del aceite de palmiste con dimetil carbonato y etanol, respectivamente.

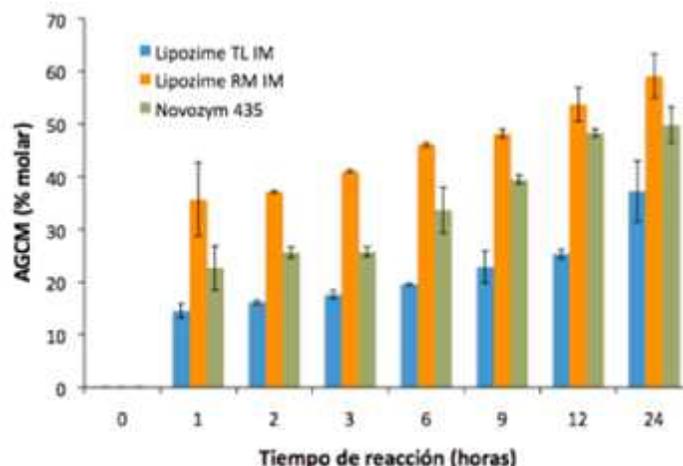


Figura 2. Cinéticas de incorporación de AGCM a AP obtenidas con las enzimas lipasas inmovilizadas Lipozyme TL IM, Lipozyme RM IM y Novozym 435.

Moreno-Safra y Perea-Villamil (2008) reportan también el uso de las enzimas lipasas Lipozyme RM IM y Lipozyme TL IM como catalizadores en una reacción de interesterificación entre los aceites de palma y de palmiste, encontrando que para todas las diferentes condiciones de reacción evaluadas, la enzima Lipozyme RM IM presentó los mejores resultados, estadísticamente significativos.

La transesterificación enzimática del AP con AGCM permitió la obtención de un LE constituido mayoritariamente por los ácidos caprílico (41.7 %), oleico (19.5 %), cáprico (16.7 %) y palmítico (13.5 %), que por su riqueza en AGCM (59.10 %) puede ser considerado como un lípido estructurado con potenciales beneficios nutracéuticos. Su composición en ácidos grasos puede verse en la Figura 1.

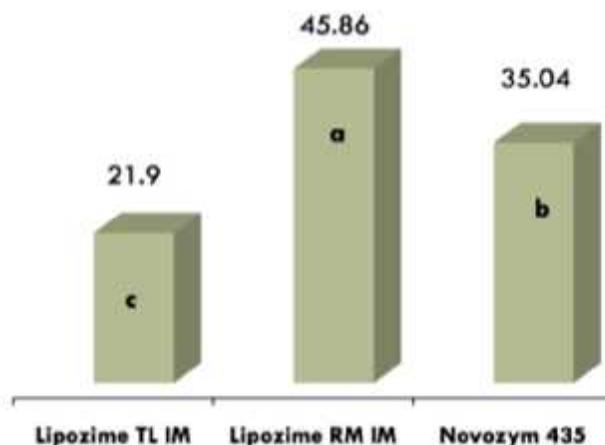


Figura 3. Resultados del análisis estadístico para la incorporación de AGCM al AP por las enzimas lipasas inmovilizadas Lipozyme TL IM, Lipozyme RM IM y Novozym 435.

CONCLUSIONES

De las tres enzimas lipasas evaluadas, Lipozyme RM IM de *Rhizomucor miehei* demostró ser la más efectiva para incorporar AGCM al AP, lográndose con ésta la obtención de un LE constituido mayoritariamente por los ácidos caprílico, oleico, cáprico y palmítico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con recursos del proyecto “Síntesis enzimática de un lípido estructurado con potenciales beneficios nutracéuticos a partir de aceite de palma y ácidos grasos de cadena media”, financiado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente.

LITERATURA CITADA

- Herawan, T., and Klaas, M.R.G. 2014. Lipase-Catalyzed Transesterification of Palm Kernel Oil with Dialkylcarbonates. *American Journal of Applied Sciences*, 11: 1212-1223.
- Kim, I.H., Garcia, H.S., and Hill, C.G. 2007. Phospholipase A1 catalyzed synthesis of phospholipids enriched in n-3 polyunsaturated fatty acid residues. *Enzyme and Microbial Technology*, 40: 1130-1135.
- Rincon, M.S.M., and Martinez, C.D.M. 2009. Analisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *Revista Palmas*, 30: 11-24.
- Marten, B., Pfeuffer, M., and Schrezenmeir, J. 2006. Review medium-chain triglycerides. *International Dairy Journal*, 16: 1374-1382.
- May, C.Y., and Nesaretnam, K. 2014. Research advancements in palm oil nutrition. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116: 1301-1315.
- Moreno-Safra, N., and Perea-Villamil, A. 2008. Produccion de lipidos estructurados por transesterificacion enzimatica del aceite de soja y aceite de palmiste en reactor de lecho empacado. *Grasas y aceites*, 59: 337-345.
- Ochoa, A.A., Hernández-Becerra, J.A., Cavazos-Garduño, A., García, H.S., and Vernon-Carter, E. 2013. Phosphatidylcholine Enrichment with Medium Chain Fatty Acids by Immobilized Phospholipase A1-Catalyzed Acidolysis. *Biotechnology Progress*, 29,230-236.
- Oil World Annual 2016. ISTA Mielke GmbH.
- Palla, C.A., and Carrín, M.E. 2014. 0% Trans: Interesterificacion y fraccionamiento como estrategias tecnologicas. *Ciencia e Invetigación*, 64: 21-34.
- SAGARPA (2010) Monografía de cultivos. Palma de aceite. Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion.

**ÁREA FOLIAR PROYECTADA PARA PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES DE
Eucalyptus urophylla S.T. BLAKE EN HUIMANGUILLO, TABASCO**
FOLIAR AREA PROJECTED FOR COMMERCIAL PLANTATIONS OF *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE
IN HUIMANGUILLO, TABASCO

¹ Hernández-Ramos A, ² Valdez-Lazalde JR, ² Ángeles-Pérez G, ² de los Santos-Posadas HM,
³ Hernández-Ramos J.

¹INIFAP-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 #9515
Hacienda de Buenavista, 25315, Saltillo, Coahuila.

²Colegio de Postgraduados, Postgrado en Ciencias Forestales. 56230. Carretera México-Texcoco Km.
36.5. Montecillo, Estado de México.

³INIFAP-Campo Experimental Chetumal. 77900. Km. 25, Carretera Chetumal-Bacalar, Chetumal,
Quintana Roo.

Autor de correspondencia: hernandez.adrián@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Eucalyptus urophylla S.T. Blake es una especie de rápido crecimiento, de importancia comercial en la industria maderera de México y con un alto potencial para el establecimiento de plantaciones comerciales. Conocer parámetros que describan su crecimiento es indispensable para la toma de decisiones sobre su manejo. Considerando que el área foliar es una variable clave en los procesos fisiológicos que regulan el crecimiento de las plantas y determina el rendimiento productivo de una plantación, se planteó el objetivo de ajustar un modelo para predecir el área foliar proyectada en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake con edades de uno a siete años en Huimanguillo, Tabasco, México. Los datos provienen de 93 árboles colectados mediante un muestreo destructivo total de follaje. De cada individuo se registró: peso verde del follaje (PVF), diámetro normal (Dn), diámetro del tocón (Dt) y altura total (At). Además, se calculó el área basal (Ab), volumen total (Vt), el área foliar específica (AFE, m² kg⁻¹) y el área foliar proyectada (AFP, m² Individuo⁻¹). El análisis estadístico se realizó en el programa SAS 9.4. La relación entre variables se obtuvo con una correlación de *Pearson* y el ajuste de los modelos mediante *Proc model*. El análisis de correlación indicó que la biomasa foliar seca (BFS_{Total}) explica en un 97% el AFP, seguida por el Ab (52%) y el Dn (50%). El modelo tipo potencia presentó el mejor ajuste para estimar el AFP con la variable BFS_{Total}, el cual presentó normalidad en los datos, homocedasticidad de residuales posterior a una ponderación con la variable $A / K \ln(B - z)$ y sin problemas de autocorrelación. El modelo ajustado presenta estimaciones congruentes y puede ser utilizado para estimar el AFP de *Eucalyptus urophylla* bajo condiciones de plantación.

Palabras clave: *alometría, área foliar específica, estructura del dosel, dinámica de producción.*

INTRODUCCIÓN

Las regiones tropicales de México son consideradas con un gran potencial para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) de rápido crecimiento (Martínez-Ruiz *et al.*, 2006). La superficie de PFC maderables reportadas en México para el 2014 son 177,216 ha, de las cuales el 32,452 ha corresponden al género *Eucalyptus* sp, establecidas principalmente en los estados de Tabasco y Veracruz (CONAFOR, 2014). Dentro de este género las especies más utilizadas para plantaciones de rápido crecimiento están *E. grandis* Hill ex Maiden y *E. urophylla* S.T. Blake (Juárez-Palacios *et al.*, 2013), esta última presenta un gran potencial de adaptación en regiones tropicales y altas tasas de crecimiento, así como resistencia a enfermedades y reproducción por rebrotes, lo que hace fácil su clonación para un mejoramiento genético de la especie con fines de producción maderable (Wright, 1997; Sánchez-Vargas *et al.*, 2004).

A pesar del aumento en las PFC con *E. urophylla* se desconoce de las características de crecimiento y manejo en México. Por ello, la necesidad de utilizar parámetros que describan la dinámica de crecimiento y respuesta a las prácticas silvícolas aplicadas. El área foliar es el parámetro más significativo en la evaluación del potencial fotosintético y del crecimiento de las plantas a lo largo de su desarrollo (Carmona *et al.*, 2009). El área foliar se define como la superficie de intercambio de energía y materia entre el follaje de la planta y la atmósfera, por lo tanto, se considera una variable clave en los procesos encargados del crecimiento de los árboles, captación de luz, eficiencia fotosintética, respiración y transpiración (Perry *et*

al., 1988; Eriksson *et al.*, 2005). Además, ayuda a la caracterización de la cubierta forestal, su desarrollo (Martínez *et al.*, 1996) y la respuesta a los factores ambientales que determinan la condición del sitio como lo es la radiación solar, la temperatura, el contenido de CO₂, la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo (Gadow *et al.*, 2007). Debido a su importancia se han desarrollado diversos índices para monitorear su dinámica (Lallana, 1999), dentro de los que destaca el índice de área foliar (IAF, m² m⁻²) definida como el total de área de un lado de la hoja por unidad de terreno (Chen y Black, 1991).

La estimación del área foliar se puede realizar mediante métodos directos e indirectos (Whitford *et al.*, 1995), para el primero se requiere de una inversión alta en tiempo y recursos, en cambio las técnicas indirectas basadas en relaciones alométricas son una herramienta para reducir las mediciones en campo y estimar el área foliar con mayor rapidez. En base a lo anterior el objetivo fue ajustar un modelo para predecir el área foliar proyectada en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake con edades de uno a siete años en Huimanguillo, Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en plantaciones forestales comerciales (PFC) de *E. urophylla* establecidas en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, entre las coordenadas 17° 55' N, 94° 06' O y una altitud promedio de 30 msnm (Figura 1). El clima predominante en las plantaciones es cálido húmedo (Am), con lluvias abundantes en verano, precipitación media anual de 2,500 mm y temperatura media anual de 26 °C. Los suelos en los que se desarrollan son de tipo Phaeozem (INEGI, 2005) y la vegetación circundante en la zona pertenece a relictos de selva alta perennifolia y vegetación secundaria (CONAFOR, 2012). Las plantaciones corresponden a clones mejorados de *E. urophylla* que presentaban edades de crecimiento entre uno y siete años, con una densidad promedio de 1,300 árboles ha¹.

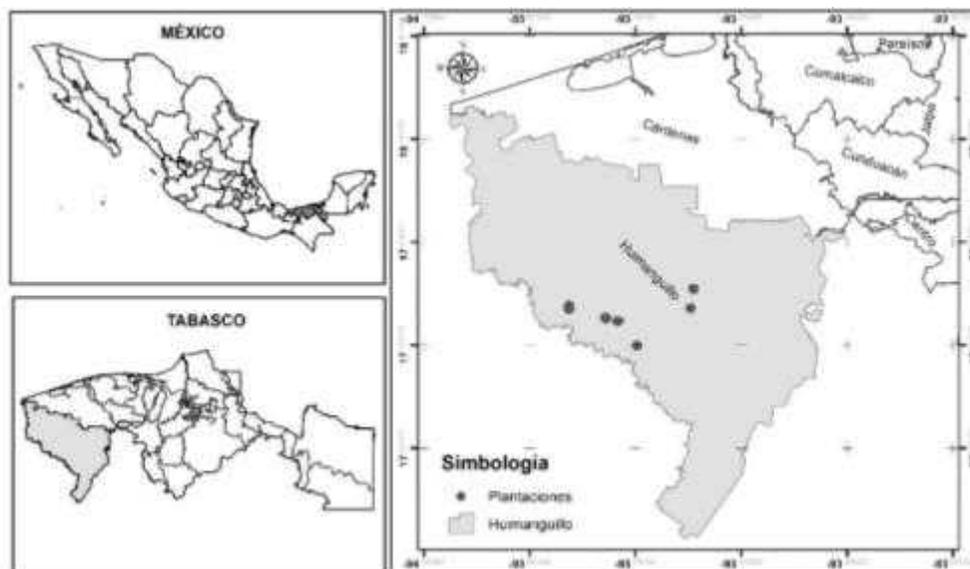


Figura 1. Ubicación geográfica de las plantaciones forestales comerciales de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, establecidas en Huimanguillo, Tabasco, México.

Levantamiento de información en campo

Se aplicó un muestreo destructivo (derribo) a 93 árboles, seleccionados en base a su edad de crecimiento en plantaciones de siete edades. Según Jonckheere *et al.* (2004) la muestra obtenida es representativa para estimar el área foliar específica (AFE, m² kg⁻¹) y el área foliar proyectada (AFP, m²) en rodales homogéneos. De cada árbol derribado se obtuvo el peso verde del follaje (PVF), el diámetro del tocón (Dt), el diámetro normal (Dn), la altura del fuste limpio (Afl) y la altura total (At); Además, se colectó una muestra (0.5 kg) de follaje por árbol, la cual se deshidrató en una estufa a 72 °C y se determinó su peso seco en una báscula de precisión (0.001 g).

Estimación del área foliar específica (AFE)

El AFE se estimó para el árbol completo y para cada tercio de la copa (AFE_{Individual}) mediante el cálculo aritmético empleado por Barrantes y Gracia (1989), Cano *et al.* (1996), Martínez *et al.* (1996) y Muñoz *et al.* (2008). Para ello, se utilizó una submuestra de 60 hojas de la muestra de follaje colectada de cada árbol derribado, debido a la baja variabilidad de las hojas. El área foliar adaxial (AF_{Hoja}) (m²) de cada hoja se midió con un integrador foliar (LI-COR 3000C), después se secaron y se registró el peso para obtener la biomasa seca por hoja (BS_{Hoja}) (kg). Con la razón de la AF_{Hoja} y BS_{Hoja} (Fórmula 1) se obtuvo el AFE_{Individual} de cada árbol:

$$AFE_{Individual} = \frac{\sum AF_{Muestra}}{\sum BFS_{Muestra}} \quad (1)$$

Estimación del área foliar proyectada (AFP)

El AFP por árbol se obtuvo del producto de su AFE_{Individual} por su biomasa foliar seca (BFS_{Total}) (kg) (Fórmula 2). La BFS_{Total} se estimó con la metodología reportada por Muñoz *et al.* (2008), resultado del producto del peso foliar verde (PFV_{Individual}) por la razón (R_{Muestra}) peso seco/peso verde de hojas de la muestra de follaje por árbol derribado (Fórmula 3).

$$AFP_{Individual} = AFE_{Individual} * BFS_{Total} \quad (2)$$

$$BFS_{Total} = PFV_{Individual} * R_{Muestra} \quad (3)$$

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de correlación de *Pearson* entre el AFP y las variables Dn, At, área basal (Ab), volumen total (Vt) y BFS_{Total}. Las variables correlacionadas en mayor grado con el AFP sirvieron de base para ajustar modelos específicos de regresión lineal simple, múltiple y mediante la técnica estadística *Stepwise*, misma que permite discriminar variables sin aporte dentro del modelo (Volke, 2008) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Modelos ajustados para estimar el área foliar proyectada (AFP) en plantaciones forestales comerciales de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en Huimanguillo, Tabasco, México.

No.	Tipo de modelo	Estructura
1	Stepwise	$X = S_0 + S_1 t_1^1 + \dots + S_n t_n^n$
2	Lineal con intercepto	$X = S_0 + S_1 t_1$
3	Lineal sin intercepto	$X = S_1 t_1$
4	Chapman-Richards	$X = S_0 (1 - e^{(-S_1 t_1)})^{S_2}$
5	Monserud y Sterba	$X = t_1 e^{(S_0 t_1^{S_1} t_2)}$
6	Potencia	$X = S_0 t_1^{S_1}$
7	Schumacher Cobb-Webb	$X = S_0 t_1^{S_1} t^{S_2}$
8	Schumacher exponencial	$X = S_0 e^{(-S_1 / t_1)}$

: variable dependiente (AFP); t_n : variable independiente; B_n : parámetros del modelo.

El modelo fue seleccionado con el valor mayor del estadístico R^2_{aj} , el valor menor de la raíz del error cuadrático medio (RECM) y la prueba de significancia en sus parámetros, además, al modelo elegido se le aplicó una corrección mediante una ponderación de residuales con la variable $A / R_{iz}(B_2)$ (Álvarez-González *et al.*, 2007) El ajuste de los modelos de regresión se realizó con el procedimiento *PROC MODEL* de SAS 9.4 Institute Inc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor promedio de $AFE_{Individual}$ y $AFP_{Individual}$ fue de $8.024 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ y 35.995 m^2 , respectivamente, para todos los árboles muestreados de uno a siete años de edad. Para el AFP el valor mayor lo presentó la plantación de siete años (52.23 m^2), el valor menor (14.18 m^2) se calculó para las plantaciones cuatro años.

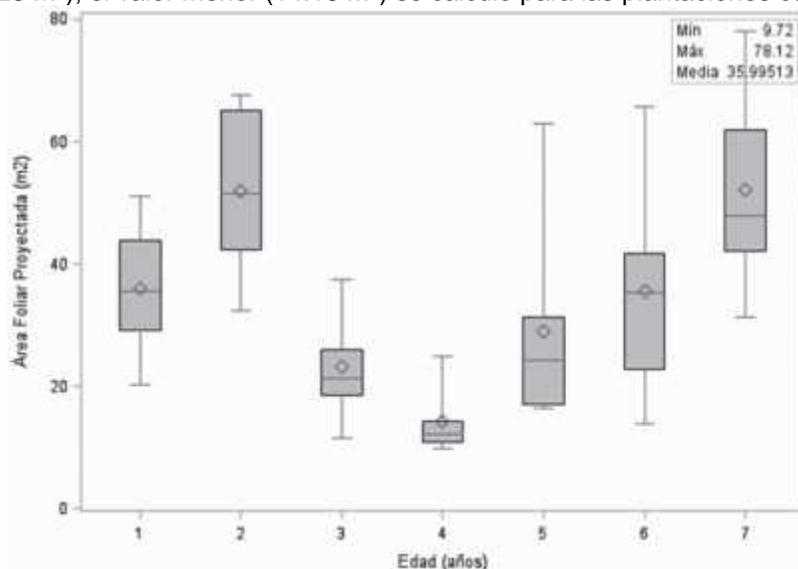


Figura 2. Promedios del área foliar proyectada (m^2) para las plantaciones forestales comerciales de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake de 1 a 7 años de edad.

El AFP aumenta en plantaciones con mayor edad (6 y 7 años), lo que se explica por las dimensiones mayores de los árboles y por consiguiente una mayor amplitud de copa (Figura 2). En general, las plantaciones de 4 y 5 años de edad presentaron los valores más bajos de AFP, atribuyéndolo a las diferencias clonales de los árboles y a la respuesta de estos a la suspensión de actividades de control de malezas y fertilización al tercer año después del establecimiento de la plantación.

La correlación del AFP fue mayor con la biomasa foliar seca total (BFS_{Total}) (0.97), seguido por el Ab (0.52), Dn (0.50) y At (0.25), además de una correlación positiva indicando la presencia de mayor follaje a medida que las dimensiones del árbol aumentan, sobre todo en amplitud del diámetro normal y en consecuencia el diámetro de copa, esto demuestra que las variables dasométricas del fuste tienen una influencia alta en la cantidad de follaje. Considerando las variables que mostraron mayor correlación (BFS_{Total} , Ab y Dn) se ajustaron modelos de regresión para estimar el AFP de los árboles (Cuadro 4).

Los modelos presentaron un excelente ajuste en la estimación del AFP, con valores altos de R^2_{aj} y bajos del RECM. Se encontró una relación alta entre el AFP y la biomasa foliar seca total obteniendo un mejor ajuste de los modelos con presencia de esta variable. El modelo de Chapman-Richards (4) resultó con el mejor ajuste, no obstante, el parámetro B_1 no es significativo, descalificándolo para la predicción. Por lo tanto, se recurrió al modelo potencia que explica en un 94.2% la variabilidad de los datos de AFP, además, presenta un valor bajo de RCME = 4.2394 y sus parámetros significativos. Al realizar los cálculos de los predichos se observa gráficamente un ajuste adecuado a la tendencia de los valores observados, siendo estimaciones lógicas para los sitios bajo estudio.

Para corroborar la existencia de normalidad al modelo seleccionado se le aplicó la prueba de Shapiro-Wilk con un valor 0.95, lo que confirmó la existencia de normalidad. La prueba de White indicó problemas de heterocedasticidad por lo que se realizó una corrección por ponderación de residuales del AFP para resolver el problema. Por último, la prueba de Durbin-Watson con un valor de 1.67 demostró la inexistencia de colinealidad del modelo, por lo que es estadísticamente estable y confiable al utilizarlo para la estimación del AFP en plantaciones comerciales de *E. urophylla*. El ajuste de la ecuación seleccionada (

$AFP_{Individual} = 7.952315 * BFS_{Total}^{1.006678}$) y la tendencia de los datos observados vs los estimados se presenta en la Figura 3.

Cuadro 2. Estadísticos de ajuste y valores de los parámetros estructurales de los ocho modelos analizados para estimar el área foliar proyectada.

Modelo	RECM	R ² _{aj}	Parámetro	Estimador	EE	Valor t	Pr > t
1	4.25940	0.942	B ₀	0.80199	1.11643	0.72	<.4748
			B ₁	7.84152	0.22399	35.01	<.0001
2	4.2636	0.941	B ₀	1.75815	1.5240	1.15	0.2524
			B ₁	7.97306	0.2657	30.01	<.0001
			B ₂	-0.08952	0.0970	-0.92	0.3591
3	4.2458	0.942	B ₁	7.98642	0.0971	82.27	<.0001
4	4.2141	0.943	B ₀	163.6677	78.6830	2.08	0.0410
			B ₁	0.072823	0.0512	1.42	0.1591
			B ₂	1.169669	0.1657	7.06	<.0001
5	8.1996	0.784	B ₀	3.972913	0.8064	4.93	<.0001
			B ₁	-1.14553	0.0731	-15.67	<.0001
6	4.2394	0.942	B ₀	8.508989	0.4954	17.18	<.0001
			B ₁	0.964571	0.0320	30.19	<.0001
7	4.2404	0.942	B ₀	9.244596	0.9333	9.91	<.0001
			B ₁	-0.03867	0.0389	-0.99	0.3238
			B ₂	0.982786	0.0367	26.76	<.0001
8	5.2332	0.912	B ₀	103.333	4.1930	24.64	<.0001
			B ₁	4.322394	0.2083	20.75	<.0001

RECM: raíz del error cuadrático medio; R²_{aj}: Coeficiente de determinación ajustado; EE: error estándar; B_i: parámetros del modelo.

El rango de AFP encontrada en este trabajo es igual a 14.18 m² y 52.23 m² en edades de uno a siete años, valor similar a lo encontrado en plantaciones de *E. nitens* establecidas en la Zona Central de Chile, con rangos de AFP iguales a 14.6 m² y 77.0 m² y un modelo lineal simple empleando el diámetro de la base de la copa viva (Muñoz *et al.*, 2008). Vega *et al.* (2010) reportan para dos especies de pinos valores de AFP que van de 73.83 m² a 123.45 m² con edades de 7 a 15 años y un modelo lineal simple con variable independiente el diámetro normal para predecir el AFP. Los valores altos de AFP son mayores a los encontrados en este trabajo, influidos por la edad de desarrollo. Pozo y Álvarez (2001) encontraron una relación del 0.95 entre el AFP y la biomasa foliar seca, con ella construyeron un modelo lineal simple para estimar el AFP, esta correlación es similar a lo encontrado para *E. urophylla*. En base a ello, demostramos que el AFP se puede estimar fácilmente empleando relaciones alométricas con las variables dasométricas de los árboles.

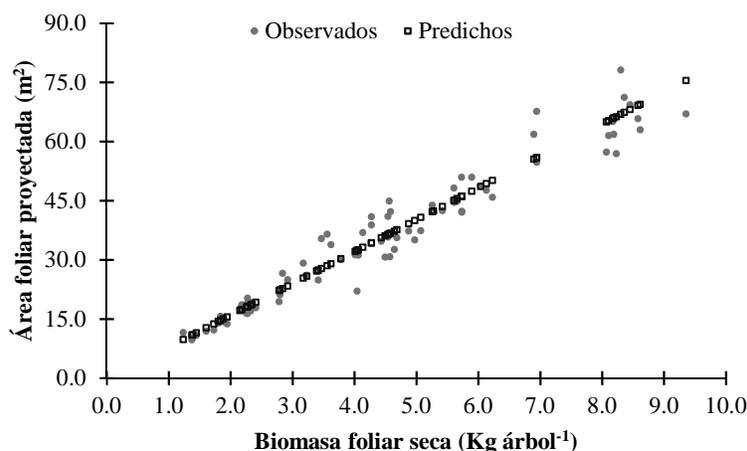


Figura 3. Valores observados y predichos del área foliar proyectada con el modelo 6.

CONCLUSIONES

El valor del área foliar proyectada estimada para las plantaciones forestales comerciales de *Eucalyptus urophylla* fue de 35.995 m² y el ajuste estadístico para estimarla en función de una variable altamente correlacionada como biomasa foliar seca resulto satisfactoria e indica que las dimensiones del árbol tienen influencia en la cantidad de área foliar. El modelo de regresión tipo potencia ajustado al conjunto de datos presenta buenos resultados en la predicción del área foliar proyectada y el empleo de modelos lineales simples tiene mejores resultados que modelos más elaborados.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-González, J. G., Rodríguez-Soalleiro, R., y Rojo-Alboreca, A. 2007. Resolución de problemas del ajuste simultáneo de sistemas de ecuaciones: heterocedasticidad y variables dependientes con distinto número de observaciones. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 23: 35-42.
- Barrantes, O., y Gracia, C. A. 1989. Estimación del área foliar a partir de la superficie de albura en *Pinus sylvestris*. Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, J. Bellot (ed) 3: 53-56.
- Cano M., E. E., A. Velázquez M., J. J. Vargas H., C. Rodríguez F., y A. M. Fierros G. 1996. Área foliar específica en *Pinus patula*: efecto del tamaño del árbol, edad del follaje y posición de la copa. Agrociencia 30: 117-122.
- Carmona A., C., Areméndiz T., H., y Barrera C., C. 2009. Estimación del área foliar de papaya (*Carica papaya* L.) basada en muestreo no destructivo. Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica 12(1): 131-139.
- Chen, J. M., and Black, T. A. 1991. Measuring leaf area index of plant canopies with branch architecture. Agricultural and forest meteorology 57: 1-12.
- CONAFOR. 2012. Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México. A. Velázquez M. (ed). 448 p.
- CONAFOR. 2014. Principales especies maderables establecidas en PFC por año en el periodo 2000-2014. <http://www.gob.mx/conafor/documentos/plantaciones-forestales-comerciales-27940> (Consulta 30 de mayo de 2017).
- Eriksson, H., Eklundh, L., Hall, K., and Lindroth, A. 2005. Estimating LAI in deciduous forest stands. Agricultural and forest meteorology 129: 27-37.
- Gadow V., K., Sánchez O., S., y Álvarez G., J. G. 2007. Estructura y crecimiento del bosque. IUFRO World Series 12: 242 p.
- INEGI. 2005. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/27/27008.pdf> (Consultado 05 de junio de 2016).
- Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M., and Baret, F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination, Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. Agricultural and Forest Meteorology 121: 19-35.
- Juárez-Palacios, J. C., Honorato-Salazar, J. A., Vázquez-Silva, L., y Parraguirre-Lezama, C. 2013. Patogenicidad de *Chrysoporthe cubensis* en clones de *Eucalyptus grandis* y *E. urophylla* en el sureste de México. Madera y Bosques 19(1): 17-36.
- Lallana, V. H. 1999. Medición del área foliar mediante escáner y software Idrisi. Revista FAVE 13: 27-33.
- Martínez F., J., Martínez F., J., Romero D., M. A., López B., F., y Belmonte S., F. 1996. Biomasa e índice de área foliar de *Rosmarinus officinalis* L. en matorral semiárido (Cuenca de Mula, Murcia). Análisis de Biología Ambiental 21: 83-92.
- Martínez-Ruiz, R., Azpíroz-Rivero, H. S., Rodríguez-De la O, J. L., Cetina-Alcalá, V. M., y Gutiérrez-Espinoza, M. A. 2006. Importancia de las plantaciones forestales de *Eucalyptus*. Ra Ximhai 2(3): 815-846.
- Muñoz, F., Espinosa, M., Cancino, J., Rubilar, R., y Herrera, M. 2008. Efecto de la poda y raleo en el área foliar de *Eucalyptus nitens*. Bosques 29: 44-51.
- Perry, S. G., Fraser, A. B., Thomson, D. W., and Norman, J. M. 1988. Indirect sensing of plant canopy structure with simple radiation measurements. Agricultural and forest meteorology 42: 255-278.
- Pozo P., P., and Álvarez, A. 2001. Estimation of *Leucaena leucocephala* leaf area based on its dry matter. Rev. Cultivos Tropicales 22: 23-25.
- Sánchez-Vargas, N. M., Vargas-Hernández, J. J., Ruiz-Posada, L. M., y López-Upton, J. 2004. Repetibilidad de parámetros genéticos en un ensayo clonal de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en el sureste de México. Agrociencia 38: 465-475.
- Vega, M., Pinazo, M., y Barth, S. 2010. Variación del área foliar específica en *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet. y su extrapolación al cálculo del área foliar proyectada. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Misiones, Argentina 8 p.
- Volke H., V. 2008. Estimación de funciones de respuesta para información de tipo no experimental, mediante regresión. Primera edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México 113 p.
- Whitford, K. R., Colquhoun, I. J., Lang, A. R. G., and Harper, B. M. 1995. Measuring leaf area index in a sparse eucalypt forest: a comparison of estimates from direct measurement, hemispherical photography, sunlight transmittance and allometric regression. Agricultural and forest meteorology 74: 237-249.656.
- Wright, J. A. 1997. A review of the worldwide activities in tree improvement for *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* and the hybrid *urograndis*. Write Forest Management Consultants Incorporated, 96-102.

**CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA EN UNA SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN LA
REGIÓN COSTA DEL ESTADO DE OAXACA**
CHARACTERIZATION OF THE ARBOREAL VEGETATION IN A LOW DECIDUOUS FOREST
IN THE COASTAL REGION OF THE STATE OF OAXACA

Luis Reyna MA., Ortega Baranda V., Ochoa Somuano J

Universidad del Mar campus Puerto Escondido. Carretera Oaxaca- Vía Sola de Vega Km 1.5,
Universidad, 71980 Puerto Escondido, Oaxaca. México.
Autor para correspondencia: mariangylr@gmail.com

RESUMEN

Se analizó la composición, estructura y diversidad de especies arbóreas de tres clases de tamaño (brinzal, latizal y fustal), para una selva baja caducifolia de la costa de Oaxaca. Se establecieron cuatro unidades de muestreo (UM) de 50 x 50 m (0.25 ha), las cuales se subdividieron en 25 cuadros de 10 x 10 m (fustales), 50 cuadros de 4 x 4 m (latizales) y 125 cuadros de 1 x 1 m (brinzales). En cada UM se analizó la composición botánica, estratificación vertical y horizontal, índice de Morisita, índices de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Valor Forestal (IVF), diversidad de especies Shannon Winner, el índice de semejanza de Sorensen y la equidad. Se encontraron 37 especies distribuidas en 34 géneros y 18 familias para las tres clases de tamaño; la familia con mayor porcentaje de especies fue Fabaceae. Las especies con altos IVI presentes en las cuatro UM de la clase brinzal fueron *Comocladia engleriana* y *Bursera simaruba*; para latizales fueron *Bunchosia* sp. y *Bursera simaruba*; mientras que *Ceiba parvifolia* y *Heliocarpus donnell-smithii* fueron para fustales; y para el IVF fueron *Comocladia engleriana* para brinzal, en latizales *Bunchosia* sp. y *Heliocarpus donnell-smithii* Rose y en fustales fue *Ceiba parvifolia*. Los fustales presentaron mayores valores de equidad, diversidad y semejanza florística.

Palabras clave: *composición, estructura, diversidad, selva baja caducifolia, arbórea*

INTRODUCCIÓN

La selva baja caducifolia es la vegetación más ampliamente distribuida en México, la cual se establece preferentemente en la vertiente pacífica, con importantes entrantes en las cuencas de los ríos Lerma-Santiago y Balsas, incluso es la más extensa en su tipo en Latinoamérica, (Trejo, 1996), cubriendo alrededor del 60 % del territorio nacional (García *et al.*, 2004), sin embargo, es considerada como la más amenazada por las actividades antropogénicas. De acuerdo con Rzedowski (1990) la superficie que ésta ocupaba en la vertiente pacífica de México era de 227 000 km² (85%), de las cuales solo quedan en pie cerca de 68 500 km², lo que corresponde a 30%, respectivamente, de las selvas originales. En Oaxaca, es la vegetación más afectada por la práctica de roza-tumba y quema lo que ha derivado en cambios de la estructura y composición de especies, principalmente para el cultivo del maíz.

En la actualidad la preservación de espacios para la conservación de estas selvas es fundamental, es por eso que el surgimiento de los jardines botánicos regionales ayudan a salvaguardar a este tipo de ecosistemas; es así que el Jardín Botánico, Puerto Escondido de la Universidad del Mar está representado por una selva baja caducifolia en fase de regeneración; donde hace aproximadamente veinticinco años se utilizó para la actividad agrícola por última vez; el presente estudio pretende caracterizar la composición, estructura y diversidad de la vegetación arbórea en estado de sucesión de una selva baja caducifolia del Jardín Botánico, Puerto Escondido. Se espera que la composición y estructura de las especies arbóreas en las unidades de muestreo serán similares y entre clases de tamaño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio.

El Jardín Botánico Puerto Escondido (JB), se encuentra ubicado en el municipio de San Pedro Mixtepec, distrito de Juquila, a la altura del kilómetro 240 de la carretera federal 131 Sola de Vega-Puerto Escondido, cuenta con una superficie de 17 hectáreas, ubicado en las coordenadas geográficas de los vértices extremos corresponden entre los paralelos 15° 54.1' 41.75" y 15° 55' 1.06" de latitud norte y los meridianos 97° 04' 29.21" y 97° 04' 52.93" de longitud oeste. El clima es cálido subhúmedo con temporada de lluvias en verano de mayo a octubre y sequía por el resto del año. La temperatura media anual es de 24.6 °C y la precipitación median anual varía entre 800 y 1000 mm (Trejo, 2004).

Ubicación de las Unidades de Muestreo (UM)

Se realizaron recorridos previos para determinar las áreas más conservadas del JB, con la finalidad de establecer cuatro unidades de muestreo (UM) de 50 x 50. Cada UM se dividió en 25 subunidades de 10 x 10 m (100 m²), señaladas con estacas de madera (Zarco *et al.*, 2010), en cada cuadro se ubicaron aleatoriamente dos cuadros de 4 x 4 m (16 m²) y cinco cuadros de 1 x 1 m (1 m²). En los cuadros de 100 m² se midieron los fustales (>2.5 cm; DN= diámetro normal, colocándoles placas metálicas, en los de 16 m², los latizales (1.5 m de altura y hasta 2.5 cm, DN); y en los de 1 m², los brinzales (<1.5 m de altura) (Valdez, 2002; Carreón *et al.*, 2013).

En cada subunidad de muestreo se censaron todos los individuos arbóreos vivos de la clase fustal, latizal y brinzal, además de registrarse su identidad taxonómica, variables dasométrica como el DN, altura total, altura de fuste limpio; para esto se usó el clinómetro SUUNTO y cinta diamétrica, así mismo se midió el diámetro máximo y mínimo de copa en cada individuo, mediante la visualización directa en los individuos utilizando un flexómetro.

Para la ubicación de los individuos fustales se marcó el centro de cada unidad de muestreo (50 x 50 m) con una estaca de madera, con la compensación correspondiente a la pendiente del terreno, con la finalidad de tener la ubicación con coordenadas cartesianas (x, y) para representar la distribución de los individuos en el espacio (Zarco *et al.*, 2010).

Composición arbórea

Se colectaron muestras botánicas por triplicado, procediendo a su identificación con materiales de apoyo para determinar su clasificación taxonómica. Se identificaron a nivel de familia, género y especie,

Estructura

Estructura vertical

Para describir la estructura vertical de la vegetación se elaboraron histogramas de frecuencia por categoría de altura; determinando el número de estratos presentes.

Estructura horizontal

Para describir la estructura horizontal se realizó un histograma de frecuencias y se agruparon los diámetros por categorías diamétrica de 2.5 cm para las tres clases.

Índice de Morisita

Para evaluar la distribución horizontal de los individuos (aleatoria, agrupados, uniforme) se aplicó el Índice de Morisita (Moreno, 2001):

$$I_i = q \sum_{i=1}^q n_i \frac{n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Índices estructurales

Se utilizaron dos índices de valoración estructural: el índice de valor de importancia (IVI) y forestal (IVF). Estos índices fueron determinados para cada UM (0.25 ha) de manera independiente, así como para las cuatro UM en conjunto (1 ha).

Índice de Valor de Importancia (IVI). Es un índice de importancia estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calculó de la siguiente manera (Zarco *et al.*, 2010).

IVI= Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa

Índice de Valor Forestal (IVF). Se estimó con la finalidad de considerar la altura de todos los individuos en el rodal, así como de la densidad de cobertura de dosel en el mismo (Corella *et al.*, 2001):

IVF= Diámetro relativo + Altura relativa + Cobertura relativa

Distribución en el espacio

Se utilizó el programa Weka 3.8.0 Setup Wizard para conocer la distribución de los individuos en el espacio.

Diversidad

Índice de Simpson, Semejanza y Equidad

La diversidad, la equidad y semejanza de las especies arbóreas se calculó con los siguientes índices de diversidad:

Índice de Shannon-Wiener (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

Donde:

H' = número de especies; p_i = proporción de individuos de la especie i .

Índice de Simpson (S)

$$S = \frac{1}{\sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}}$$

n_i =número de individuos en la i ésima especie; N = número total de individuos.

Equidad (E)

$$E = \frac{H^r}{\ln(S)}$$

Donde:

H^r = Índice de Shannon; S = número total de especies; \ln = logaritmo natural (base e)

Índice de Sorensen (IS)

$$I = \frac{2C}{A + B} \times 100$$

A=especies de la comunidad A; B=especies de la comunidad B; C=especies comunes A y B

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición Arbórea

Se contabilizaron un total de 3 792 individuos ubicados en 18 familias botánicas, 34 géneros y 37 especies arbóreas lo cual es inferior a lo reportado por Méndez *et al.* (2014) quienes encontraron 78 especies, 50 géneros y 24 familias en Tziritzicuaro, Michoacán. Para la clase brinzal se contabilizaron 752 individuos en 14 familias, 24 géneros y 26 especies; en latizales 13 familias, 24 géneros, 24 especies y 500 individuos; y para los fustales 18 familias, 30 géneros, 33 especies y 2 540 individuos.

Fabaceae fue la familia con mayor riqueza de especies para las tres clases de tamaño. Esto coincide con lo encontrado por Méndez *et al.* (2014) en el bosque tropical caducifolio de Tziritzicuaro, Michoacán, así como también Pérez *et al.* (2001) en el Istmo de Tehuantepec. En los brinzales Fabaceae representó el 38 % seguida de Anacardiaceae (12 %) y Burseraceae (8 %); en la clase latizal fueron Fabaceae (28 %) Anacardiaceae (12 %), Malvaceae (12 %), Annonacea (8 %) y Burseraceae (8%), y para los fustales Fabaceae (33 %), Anacardiaceae (9 %), Burseraceae (6 %), Malvaceae (6 %) y Rubiaceae (6 %).

Las especies con mayores densidades en la clase brinzal fueron *Comocladia engleriana* Loes (180), *Guapira macrocarpa* (Miranda) Miranda (131), *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (81) y *Bunchosia* sp. (78); para los latizales fueron *Bunchosia* sp. (100), *Tabebuia chrysantha* (82) y *Comocladia engleriana* Loes (82); en los fustales fueron *Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schltdl (399 ind.), *Dalbergia* sp. (381), *Ceiba parvifolia* Rose (344), *Heliocarpus donnell-smithii* Rose (179), *Comocladia engleriana* Loes (143), *Cochlospermum vitifolium* (Willd) Spreng (126) y *Tabebuia chrysantha* (124).

Estructura

Estructura vertical. La altura del componente arbóreo alcanzó los 15 m. En la figura 1 se muestra que el mayor número de individuos se concentró en la segunda categoría de 5.1 a 10 m con 1 590 individuos (63 %), las especies que tuvieron mayor proporción fueron *Dalbergia* sp. (286 ind.), *Amphipterygium adstringens* (234 ind.) y *Ceiba parvifolia* (227 ind.). Presentando dos estratos.

Estructura horizontal. La mayor cantidad de individuos se concentró en la segunda categoría diamétrica (2.6 a 7.5 cm) pertenecientes a la clase fustal con predominancia de las especies *Dalbergia* sp. (281 ind.), *Amphipterygium adstringens* (237 ind.) y *Ceiba parvifolia* (110 ind.) con un total de 1 521 individuos lo que representa el 40 % del total de individuos, y en el resto de las categorías el número de individuos disminuyó progresivamente los cuales representaron el 60 % de los individuos censados (Figura 2).

Índices Estructurales

Índice de Valor de Importancia.

Las especies con altos IVI presentes en las cuatro UM de la clase brinzal fueron *Comocladia engleriana* Loes y *Bursera simaruba* (L.) Sarg.; en latizales se encontraron *Bunchosia* sp. y *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Mientras que *Ceiba parvifolia* Rose y *Heliocarpus donnell-smithii* Rose fueron para fustales.

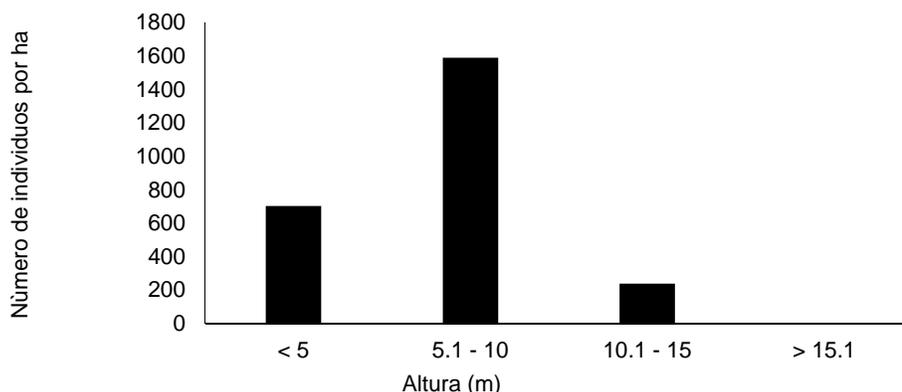


Figura 1. Estratificación vertical de la vegetación arbórea del Jardín Botánico Puerto Escondido

Índice de Valor Forestal.

La especie con mayor IVF presente en las cuatro UM fue *Comocladia engleriana* Loes, mientras que para latizales fueron *Bunchosia* sp. y *Heliocarpus donnell-smithii* Rose y para fustales *Ceiba parvifolia* Rose sobresalió en las cuatro UM.

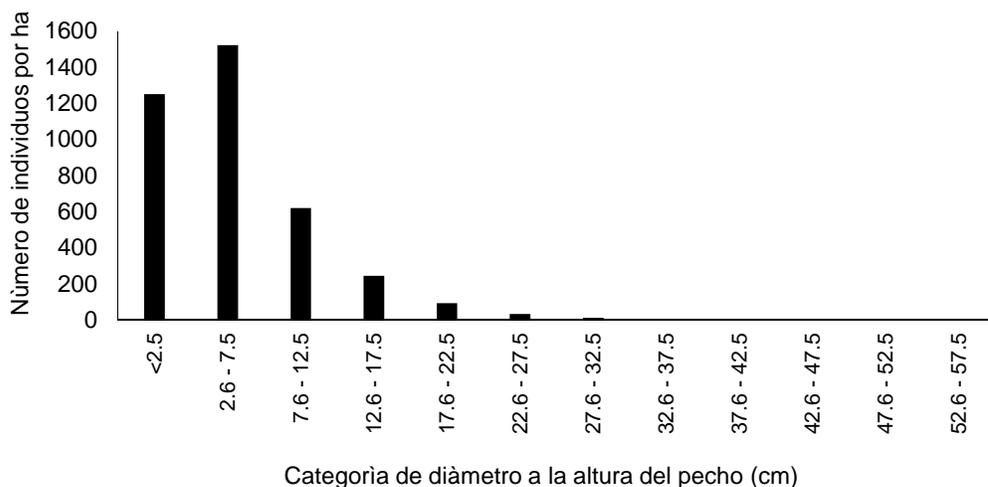


Figura 2. Distribución diamétrica de la vegetación arbórea del Jardín Botánico Puerto Escondido

Índices de diversidad. En el cuadro 1 se observa que de acuerdo con el Índice de Margalef (D_m) los fustales tuvieron mayor riqueza de especies, índice de diversidad, índice de Simpson, en comparación con los latizales y brinzales. Los valores de equidad son cercanos a la unidad para las tres clases de tamaño lo que representa condiciones hacia especies igualmente abundantes. Semejanza florística. Se observó una mayor semejanza florística entre la clase brinzales

Cuadro 1. Valores de riqueza y diversidad por clase de tamaño

Concepto	Brinzales	Latizales	Fustales
Número de individuos	752	500	2540
Número de especies	26	24	33
Riqueza	8.69	8.52	9.4
Índice de Shannon-Wiener	2.45	2.4	2.73
Índice de Simpson	0.87	0.88	0.91
Alfa de Fisher	5.22	5.26	5.35
Equidad	0.75	0.75	0.78

y fustales de 81% con 24 especies compartidas, a diferencia de los fustales y latizales con 77% representando menor similitud.

Cuadro 2. Coeficiente de semejanza entre clases de tamaño

Clases A	comparadas B	Especies en A	Especies en B	Especies compartidas	Coeficiente de semejanza Sorensen
Brinzales	Latizales	26	24	20	0.80
Brinzales	Fustales	26	33	24	0.81
Fustales	Latizales	33	24	22	0.77

CONCLUSIÓN

La familia Fabaceae representa la composición florística del Jardín Botánico Puerto Escondido.

La estructura vertical presentó un alto número de individuos en altura medias, lo que significa que el área está en proceso de regeneración y las especies conocidas como pioneras están llegando a la edad adulta para posteriormente culminar su función en el ecosistema.

Se rechaza la hipótesis ya que los individuos presentaron una distribución horizontal aleatoria y en forma agrupada entre las unidades de muestreo.

LITERATURA CITADA

- Carreón, R. J.; y Valdez, J. I. 2014. Estructura y diversidad de la vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20 (1), 119-130.
- García, A. J., Ordoñez M. J. y Briones-Salas, M. 2004. Biodiversidad de Oaxaca, (1ª ed.). México: Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF.
- Pérez, J. Meave y C. Gallardo. 2001. Vegetación y Florea de la Región Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botánica Mexicana* (56), 19-88.
- Rzedowski, J. 1990. Vegetación Potencial. Atlas Nacional de México, Sección Naturaleza. Hoja IV.8.2. Vol II. Mapa escala: 1:4 000 000. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Trejo, I. 1996. Características del medio físico de la selva baja caducifolia en México. *UNAM-Investigaciones Geográficas Boletín*, número especial (4), 95-110.
- Trejo, I. 2004. Clima. En: García, A.J., Ordoñez M.J. y Briones, M. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. (1ª ed.). México: Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF.
- Valdez, H. J. I. 2002. Aprovechamiento forestal de manglares en el estado de Nayarit, costa Pacífica de México. *Madera y Bosques*, número especial, 129-145.
- Zarco, V. M., Valdez-Hernández J. I., Ángeles-Pérez G., y Castillo-Acosta O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 26(1):1-17

COMPARACIÓN DE UNA PLANTACIÓN FORESTAL CON UN BOSQUE SECUNDARIO DE EDAD SIMILAR EN YUCATÁN, MÉXICO

COMPARISON OF FORESTRY PLANTATION WITH SECONDARY FOREST OF SIMILAR AGE IN YUCATAN, MEXICO

Centeno Erguera LR, Rivera Leyva RR, López Herrera MA

Centro de Investigaciones regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Corréa Rachó, Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130, Mérida, Yucatán, México.
Autor para correspondencia: centeno.roberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se presenta el resultado de la comparación entre una plantación forestal de cedro (*Cedrela odorata*) y un bosque secundario de edad similar en el sur de Yucatán. El bosque se estableció a consecuencia del “abandono” de la plantación al proceso de regeneración natural, por lo que ambos rodales comparten la misma superficie y las mismas características del sitio. La finalidad fue determinar las diferencias entre ambos rodales y sustentar la conveniencia del desarrollo de especies leñosas nativas (regeneración natural), en áreas de plantaciones forestales. Los árboles de cedro fueron censados y los del bosque secundario se registraron aquellos con DAP ≥ 7.5 cm. Parámetros registrados: especie, número de árboles, diámetro normal y altura total, y calculados: densidad, área basal y volumen. La composición florística de la plantación es una especie y el bosque secundario, 2 familias, 8 géneros y 9 especies. La fisonomía estructural es 7 categorías diamétricas en plantación y 3 en bosque secundario, y 3 estratos arbóreos para ambos rodales. Se registró 772 individuos, de los cuales 356 (46%) son plantación y 416 (54%) son bosque secundario. El jabín (*Piscida piscipula*), con 336 individuos (81%), caracteriza al bosque. Se concluye que los rodales, aun compartiendo la misma superficie y mismas condiciones ambientales, presentan características típicas de su condición silvícola: plantación forestal y bosque secundario tropical. El bosque agrega valor y es complementario a la plantación, ya que presenta especies valiosas, incrementa la biodiversidad y potencia las funciones ambientales del sitio.

Palabras clave: *Leguminosae, florística, regeneración, leñosas, rodal.*

INTRODUCCIÓN

Desde hace algunas décadas, las plantaciones forestales son una alternativa para la producción de madera; sin embargo, las plantaciones requieren de fuertes inversiones para su establecimiento, mantenimiento y manejo; además, enfrentan múltiples problemas por su naturaleza de monocultivo.

Lamentablemente, este sistema de producción comercial, particularmente en las regiones tropicales, casi siempre implica la destrucción de grandes superficies de bosques naturales, sean primarios y/o secundarios, siendo estos últimos, muchas veces de edad avanzada, en transición hacia bosques maduros. Los bosques secundarios constituyen actualmente el recurso forestal más abundante en todas las regiones tropicales del mundo (OIMT, 2012). Sin embargo, por falta de conocimiento sobre su ecología y su potencial de manejo, y a veces por impedimentos socio-culturales, los bosques secundarios no se han considerado como un recurso forestal productivo (Melgar, 2006).

Bajo el argumento de que estos bosques modificados no poseen especies valiosas o que las existencias volumétricas no son suficientes para hacer atractivo su aprovechamiento, nunca se han tomado en cuenta cuando se pretende obtener madera comercial (Finegan, 1992). En cierta medida, esta aseveración tiene fundamento ya que históricamente los aprovechamientos maderables se han enfocado hacia las especies de mayor valor comercial y hacia el arbolado con las mejores características maderables, dejando en el bosque las especies sin valor comercial y algunas valiosas, pero con características fenotípicas indeseables.

Sin embargo, el aporte de los bosques secundarios es fundamental y significativo para las comunidades rurales, ya que proporcionan una amplia variedad de productos y diversos servicios, los cuales contribuyen a mejorar las condiciones socioeconómicas en las zonas rurales. El manejo de los bosques secundarios, puede disminuir la presión sobre los bosques primarios remanentes y conservar la biodiversidad y los recursos genéticos, así como aprovechar el potencial de este recurso modificado para capturar carbono y disminuir el calentamiento global (Finegan, 1997; FAO, 2004; OIMT, 2002).

En estudios realizados en un bosque secundario en Costa Rica, se demostró la presencia de muchas especies nativas con crecimientos similares a los alcanzados por especies exóticas en plantaciones. El

bosque (edad no mayor de 40 años), respondió positivamente al manejo silvicultural y mostró una excelente capacidad para un manejo forestal sostenido (Hutchinson, 1993).

Los bosques secundarios representan cada vez mayor importancia tanto para la conservación de la biodiversidad como por constituir una fuente futura de productos forestales (Sánchez, 1997). Numerosas aves, especialmente especies endémicas, pueden sobrevivir tanto en bosques primarios como secundarios, dando pautas para poder ser conservadas a pesar de la desaparición de los bosques primarios. Además, la avifauna frugívora, que se mueve entre bosque primario y secundario, puede contribuir a dispersar semillas de especies arbóreas y colonizar áreas perturbadas (Cymerys, 1991; Ramos, s/f).

Sin embargo, a pesar de estas “cualidades” de los bosques secundarios, es hasta recientemente que surge el interés por estos bosques y su potencial de manejo; actualmente forestales y biólogos reconocen el valor ecológico y económico de estos ecosistemas forestales modificados (Chazdon, 1994; Finegan, 1992; Sips, 1993).

El objetivo del trabajo fue comparar parámetros de una plantación forestal con un bosque secundario de edad similar, ubicados al pie de la Sierrita Puuc, en Muna, al sur de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad del estudio. El trabajo de campo se llevó a cabo en el Sitio Experimental Uxmal del INIFAP, localizado al pie de la Sierrita Puuc en el municipio de Muna, al sur de Yucatán. El trabajo consistió en el registro de parámetros de árboles de cedro en una plantación de 18 años de edad y superficie de una hectárea y de individuos de un bosque secundario con edad de 15 años, originado por regeneración natural, el cual se desarrolló en la misma superficie de la plantación.

Características ambientales. Los suelos predominantes son los rojos, los cuales pueden ser sin piedras (kankab) y con presencia de piedras (chac luum), ambos son profundos (hasta un metro), y junto con los suelos negros, son los mejores para la agricultura y la silvicultura. La topografía, en términos generales es plana, aunque presenta ligeras ondulaciones y “elevaciones” no mayores de 10 m de altura y la altitud es de 70 metros snm. El clima es Aw₁ que corresponde al cálido subhúmedo con lluvias en verano; la temperatura media anual es de alrededor de 26°C y la precipitación anual es del orden de 1,100 mm. La vegetación está constituida por comunidades secundarias derivadas de Selva Baja y Mediana Subcaducifolias.

Establecimiento y registro de campo. La plantación fue establecida en el año 1,999, en un esquema de marco real, en líneas uni-específicas de cedro (*C. odorata*), con distanciamientos de siembra de 2.5 m entre plantas y 3.0 m entre líneas, resultando en una densidad inicial de 1,333 plantas por hectárea. Durante los primeros cuatro años, se sembraron cultivos agrícolas tradicionales, maíz y frijol; posteriormente la plantación fue “abandonada” en el año 2,002 al proceso de regeneración natural y plantas de diversas especies arbóreas se desarrollaron en la misma superficie de la plantación. Los árboles de cedro fueron registrados en su totalidad y los individuos de la regeneración natural, solamente se contabilizaron aquellos de 7.5 cm de dap en adelante; los parámetros considerados fueron: especie, número de árboles, diámetro normal y altura total. Posteriormente la información fue capturada, procesada y analizada para determinar los parámetros calculados, área basal, volumen y densidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición florística y densidad: plantación forestal vs bosque secundario. En el Cuadro 1 se muestra el listado de especies leñosas registradas en el bosque secundario estudiado. En toda la superficie muestreada (1 ha), se registraron 9 especies, pertenecientes a 8 géneros y 2 familias (Gráfica 1). La familia con mayor número de géneros (7) y especies (8) fue la Leguminosae. De las 9 especies registradas, solamente una (jabín), estuvo representada por una “alta” densidad (81%); otra (chacté), presentó una densidad “regular” (12%) y las demás especies, cuya densidad varió de 1 a 9 individuos, representaron el menor porcentaje (7%). La presencia del cantemó (*A. angustissima*), es un hecho poco común que llama la atención ya que no es una especie característica de vegetación secundaria de esta edad y está representada por un solo individuo.

Por ser la especie jabín, de la familia Leguminosae, la más abundante y conspicua, se puede asumir que esta especie caracteriza florísticamente a este bosque secundario. Esta especie es maderable y de uso local, principalmente por pequeños aserraderos y carpinterías, para la elaboración de diversos artículos (redilas y planes para camionetas, tarimas, varengas, muebles rústicos, etc.).

Cuadro 1. Listado de especies de un bosque secundario establecido en una plantación de cedro *Cedrela odorata* en Muna, Yucatán.

Familia/Género	Especie	Nombre Común	Ind/ha
Plantación Forestal			
Meliaceae			
<i>Cedrela</i>	<i>Odorata</i>	cedro (*)	356
Bosque Secundario			
Leguminosae			
<i>Piscidia</i>	<i>Piscípula</i>	jabín (*)	336
<i>Caesalpinia</i>	<i>Violácea</i>	chacté (*)	51
<i>Mimosa</i>	<i>Bahamensis</i>	catzín	9
<i>Acacia</i>	<i>Milleriana</i>	chimay	8
<i>Leucena</i>	<i>Leucocephala</i>	huaxim	4
<i>Habarnia</i>	<i>Albicans</i>	chucum	2
<i>Lysiloma</i>	<i>Latisiliquum</i>	tzalam (*)	2
<i>Acacia</i>	<i>angustissima</i>	cantemó	1
Bignoniaceae			
<i>Tecoma</i>	<i>Stand</i>	xkanlol	3

(*). Especies de valor comercial o importancia económica.

En Yucatán, esta abundancia/dominancia de leguminosas, generalmente es una característica particular de las selvas bajas caducifolias y espinosas; sin embargo, también suele darse en ciertos bosques secundarios (acahual), derivados de selva mediana subcaducifolia, al menos durante un periodo de tiempo, cuando el acahual es joven (Flores, 2015). El argumento de esta abundancia es que las semillas de muchas especies de leguminosas poseen cubierta dura (testa), lo cual les permite permanecer como banco de semillas en el suelo, en espera de condiciones propicias de luminosidad y humedad (generalmente creadas por alguna perturbación fuerte, sea natural o antropogénicas), para su germinación, establecimiento y desarrollo.

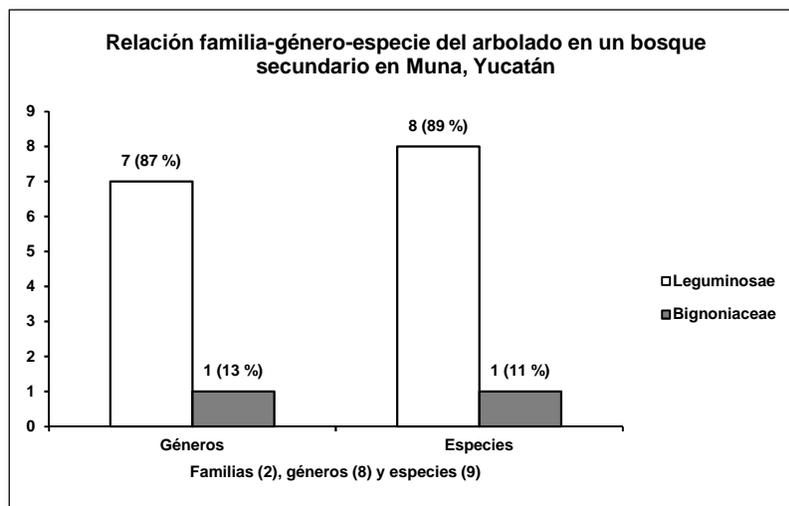
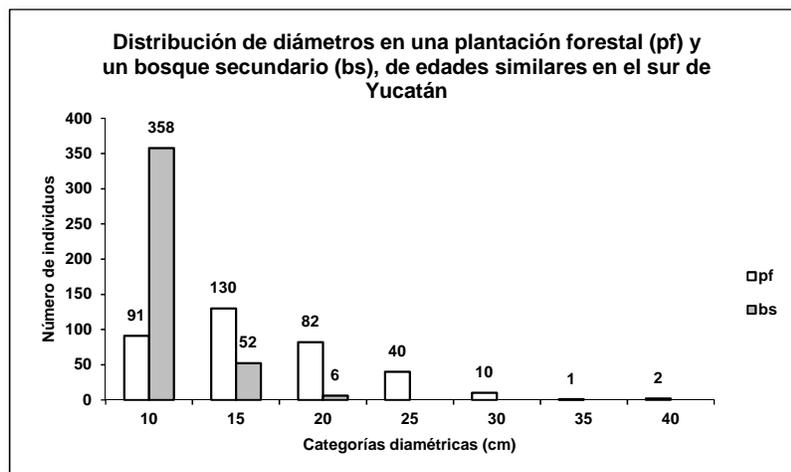


Figura 1. Composición florística de un bosque secundario establecido en una plantación de cedro *C. odorata*, en Muna, Yucatán

Distribución de diámetros, plantación forestal vs bosque secundario.

En la Gráfica 2, se presenta el comparativo de la distribución del arbolado en las categorías diamétricas, tanto de la plantación forestal como del bosque secundario. Para la plantación forestal se determinaron

siete categorías diamétricas (10 a 40 cm), en tanto para el bosque secundario fueron tres categorías (10 a 20 cm). La plantación forestal presenta una distribución diamétrica “normal” (forma de campana,



.Figura 2. Comparación de la distribución de diámetros: plantación forestal (pf) vs bosque secundario (bs), en Muna, Yucatán.

extendida hacia las categorías mayores), con la mayoría de los individuos en las tres primeras categorías (10 a 20 cm). Estas tres categorías concentran el 85% de todos los individuos registrados en la plantación; en la categoría de 15 cm se concentra el 36% y en las categorías de 10 y 20 cm se reporta el 26 y 23%, respectivamente. El bosque secundario, con solamente tres categorías diamétricas, presenta una distribución “normal” típica (J invertida) de los bosques secundarios tropicales. De las tres categorías, en la de 10 cm se concentra el 86% de todos los individuos registrados y en las otras dos categorías el restante 14%.

Nuevamente sobresale la especie jabín ya que de los individuos que se ubican en la categoría diamétrica de 10 cm, el jabín representa el 94% de los individuos registrados en esta categoría; el restante 6% corresponde a las otras especies poco abundantes. Ambos rodales parecen tener una distribución diamétrica “normal” de acuerdo a su condición silvícola, uno de plantación y el otro de bosque secundario. Distribución de alturas (Estratificación), plantación forestal vs bosque secundario.

En la Gráfica 3, se presenta la distribución del arbolado por estratos (alturas), los cuales fueron definidos con base en las alturas mínima y máxima. Se determinaron tres estratos o categorías de alturas, 1 (Estrato inferior, 5.0 a 7.5 m), 2 (Estrato medio, 8.0 a 10.5 m) y 3 (Estrato superior, 11.0 a 13.5 m). Ambos rodales presentan una distribución de alturas “normal”; es decir, la distribución se presenta en forma de campana. Se observa que en este parámetro, al comparar los valores, la presencia de individuos en los estratos inferior (1) y medio (2), es mayor en el bosque secundario (99%), en comparación con la plantación forestal (84%). La causa puede ser la edad de los rodales, ya que el bosque secundario tiene de 3 a 4 años menos que la plantación; obviamente el bosque creció como sotobosque de la plantación y las especies de este bosque al ser heliófitas crecieron principalmente en altura buscando la luz del sol; sin embargo, este crecimiento en altura fue a costa del crecimiento en diámetro, de allí que el bosque tenga solamente tres categorías diamétricas, menos de la mitad de las categorías de la plantación.

Esta tendencia se revierte en el estrato superior (3), en el cual se presenta mayor número de individuos en la plantación en comparación con el bosque secundario. En términos generales, la presencia de individuos en el estrato superior, corresponde a los diámetros mayores. El jabín, por su gran abundancia, contribuye con un buen porcentaje a la presencia de las especies en los estratos; en el estrato inferior contribuye con el 39% de los individuos, en el medio con 60% y finalmente en el superior contribuye con el total (100%), de los individuos presentes en este tercer estrato.

La distribución de esta leguminosa en los estratos sugiere la distribución normal de una especie de amplio espectro ecológico y es posible que permanezca por mucho tiempo en el ecosistema ya que presenta individuos en todos los estratos. Incluso, se observan plántulas y plantas jóvenes de la regeneración natural

en el sotobosque, lo cual indica que esta especie continúa regenerándose bajo las condiciones de ambos rodales.

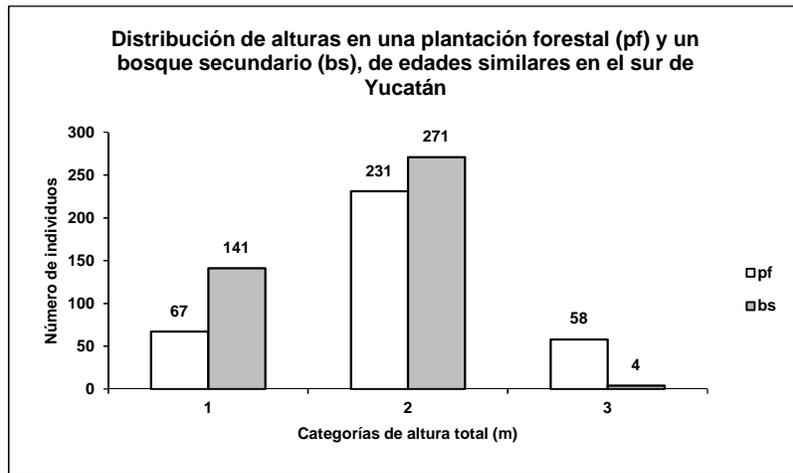


Figura 3. Comparación de la distribución de alturas: plantación forestal (pf) vs bosque secundario (bs), en Muna, Yucatán.

Distribución del Área Basal, plantación forestal vs bosque secundario.

En la Gráfica 4, se presenta la distribución del área basal de los dos rodales. Es notoria la diferencia entre el área basal de la plantación y la del bosque secundario; mientras en la plantación se registró 8.48 m², que corresponde al 71% del área basal total, en el bosque el registro fue de 3.45 m², que representa el 29% del total del sitio. Aunque el bosque tiene mayor número de individuos, en comparación con la plantación, ésta última registra la mayor área basal, lo cual se puede atribuir al aporte del arbolado de mayor diámetro. En la plantación se determinaron dap de hasta 40 cm, en tanto en el bosque los mayores diámetros fueron de 20 cm.; esta diferencia entre diámetros se refleja en la diferencia significativa entre áreas basales de ambos rodales.

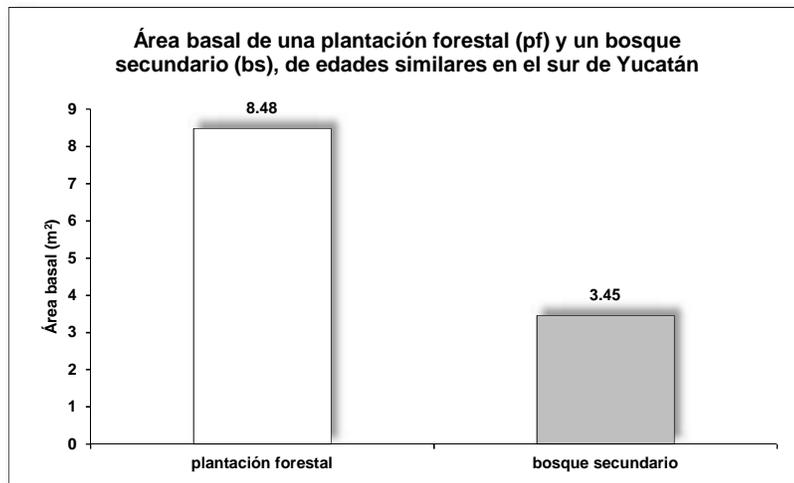


Figura 4. Comparación del área basal: plantación forestal (pf) vs bosque secundario (bs), en Muna, Yucatán.

Distribución del Volumen, plantación forestal vs bosque secundario.

En la Gráfica 5, se presenta la comparación del volumen total maderable entre la plantación de cedro y el bosque secundario. Siendo el volumen un parámetro calculado y una de los elementos para el cálculo es el área basal, es de esperar que la diferencia entre ambos volúmenes, de la plantación y del bosque, sea amplia. Efectivamente, el volumen maderable (rta), en la plantación representa el 74% del total, mientras que en el bosque el volumen reportado corresponde al 26% del total calculado para el sitio. De nueva cuenta y de igual manera que para el área basal, los diámetros mayores de la plantación contribuyeron para que el volumen de madera en la plantación sea casi tres veces mayor que el del bosque secundario. Sin embargo, la aportación de volumen del bosque es importante para el ecosistema plantación-bosque secundario.

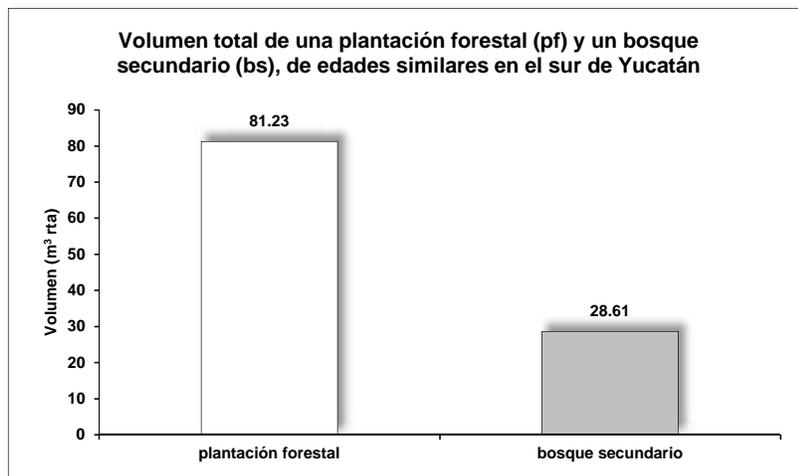


Figura 5. Comparación del volumen: plantación forestal (pf) vs bosque secundario (bs), en el sur de Yucatán.

La comparación fue para determinar las diferencias entre ambos rodales y sustentar la conveniencia de dejar desarrollar especies forestales nativas, diferentes a la especie de plantación, la cual puede ser nativa o exótica. Al respecto, en comparaciones entre plantaciones y bosques secundarios de edad similar, se observó que el sotobosque de las plantaciones más antiguas presentó una elevada riqueza de especies nativas. Luego de 17 años, diversas especies arbóreas invadieron el sotobosque de las plantaciones y después de 50 años, la abundancia de especies en el sotobosque de una plantación de caoba, fue similar a la del bosque secundario comparado. Los sotobosques de las plantaciones tienen un importante papel ecológico, principalmente una alta acumulación de nutrientes (Lugo, 1992; Brown, 1990)

La mayoría de las especies del bosque secundario tienen muy pocos individuos (de uno a nueve), por lo que silvícolamente, este grupo de especies contribuye básicamente a la diversidad florística del bosque evaluado. Si se eliminaran estas especies poco abundantes se refinaría el bosque y los lugares que deje su eliminación, podrían ser ocupados por individuos de especies deseables. Además, las especies de este grupo no se reportan de valor comercial o económico, a excepción del tzalam que sí se utiliza en la industria del aserrío, pero se requiere de grandes diámetros para su aprovechamiento.

La regeneración natural en plantaciones maderables, representa un valor agregado al ecosistema, ya que además de producir madera valiosa, la biodiversidad se incrementa, así como sus funciones ambientales. Otras ventajas suelen ser: el bosque secundario representa una "competencia" por luz para ambos rodales, por lo que los árboles crecen rápidamente hacia el dosel superior en busca de luminosidad; esta estrategia biológica tiende a formar fustes limpios, libres de ramas y generalmente de buena longitud. La regeneración natural al establecerse en plantaciones forestales, tiende a "llenar" los claros del dosel superior, con lo cual se obtiene sombra suficiente para mantener el sotobosque y el suelo libres de hierbas y arbustos indeseables.

La combinación de plantación forestal maderable con regeneración natural valiosa, ambas desarrollando al mismo tiempo y en la misma superficie, puede constituir un "sistema de producción forestal", en el cual ambos rodales proporcionan diversos productos. Durante la aplicación de tratamientos silviculturales intermedios (poda de ramas, aclareos, raleos, cortas de liberación), se puede obtener madera de cortas

dimensiones (postes, rollizos, leña, tutores, etc.), y al final del turno (corta final), se obtiene madera para aserrío. Este sistema es factible de implementar con productores que realizan plantaciones en superficies pequeñas (1 a 5 has), y utilizan especies comerciales valiosas como cedro y caoba.

CONCLUSIÓN

Los rodales evaluados presentan características típicas de su condición silvícola, uno de plantación forestal y otro de bosque secundario tropical. Ambos comparten la misma superficie y las mismas condiciones ambientales. La composición florística del sitio está representada, por una sola especie en la plantación y por 2 familias, 8 géneros y 9 especies en el bosque secundario. En el bosque secundario, la especie más abundante es el jabín (*Piscidia piscípula*), con el 81% del total de individuos registrados. Esta especie caracteriza al arbolado de este rodal. La fisonomía estructural se caracteriza por siete categorías diamétricas para la plantación y tres para el bosque secundario. Cada uno de los rodales presenta tres estratos arbóreos. Los parámetros área basal y volumen son alrededor de tres veces mayores en la plantación. Los diámetros mayores fueron determinantes para estos valores. El bosque secundario agrega valor y complementa al ecosistema de plantación, ya que presenta especies de valor comercial, incrementa la biodiversidad y mejora las funciones ambientales del sitio. Se recomienda refinar el ecosistema plantación-bosque, mediante la eliminación de las especies que no poseen valor comercial o de uso.

LITERATURA CITADA

- Brown, S. & Lugo, A. 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, 6(1): 1-32.
- Cymerys P. 1991. Secondary forest regenerates hope for the endangered bird fauna of Brazil's atlantic forest. *TRY NEWS*, Tropical Resources Institute. 10(1): 9-12.
- Chazdon, R. L. 1994. The Primary Importance of Secondary Forests in the Tropics. *Tropinet* 5 (2): 1.
- FAO. 2004. Towards Sustainable Management and Development of Tropical Secondary Forests in Anglophone Africa. The Nairobi Proposal for Action. FAO, Roma, Italia. 36 p.
- Finegan, B. 1992. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. *Forest Ecology and Mangement*, 47: 295-321.
- Finegan, B. 1997. Ecology and Management of Tropical Secondary Forests: Science, People and Policy. *CIFOR NEWS*, 17:1.
- Flores G., S. 2015. Comunicación personal. FMV, UADY.
- Hutchinson, I. 1993. Silvicultura y manejo en un bosque secundario tropical: caso Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*, 2(1/93): 13-18.
- Lugo, A. E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs* 62 (1): 1-41.
- Melgar C., M. 2006. Potencial para el desarrollo y manejo de bosques secundarios latifoliados dentro del programa MAG-PAES. Escuela de Planificación Orgánica Evolutiva, San Salvador, CA. 11 p.
- OIMT. 2002. Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. Serie de políticas forestales no. 13. 87 p.
- Ramos P., J. M. s/f. La Silvicultura de bosques secundarios tropicales. Manuscrito. Universidad de las Américas, Puebla, México. 24 p.
- Sánchez S., M. J. 1997. Estudio de crecimiento y rendimiento en un bosque secundario de Costa Rica. Memoria del Simposio Internacional Sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical. BOLFOR-CIFOR-IUFRO, Santa Cruz de la Sierra Bolivia, pp 241-254.
- Sips, P. 1993. Management of tropical secondary rain forests in Latin America. Stichting BOS, Wageningen. 71 p.

CLIMA E INFESTACIÓN DE LA MANCHA NEGRA DEL CACAO EN LA CHONTALPA, TABASCO CLIMATE AND COCOA BLACK POD DISEASE INFECTION, IN LA CHONTALPA, TABASCO

¹Aceves Navarro LA, ¹De la Cruz Ricardez D, ¹Juárez López JF, ²Arrieta Rivera A, ³Rivera Hernández B.

¹Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N, C.P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

²Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Prolongación Ignacio Zaragoza S/N, Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco, México.

³ Universidad Popular de la Chontalpa. Ingeniería en Agronomía. Carr. Cárdenas-Huimanguillo, km 2.0, R/a Pazo y Playa, C.P.86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.
Autor para correspondencia: laceves@colpos.mx

RESUMEN

El cacao es uno de los principales cultivos del estado de Tabasco, pero su producción se ve afectada por múltiples factores, entre ellos las enfermedades. La mancha negra, es una enfermedad, cuya infestación se ve favorecida cuando prevalecen condiciones de mucha humedad ambiental, bajas temperaturas y días nublados; situación típica de la época de "nortes". La probabilidad de infestación durante este periodo húmedo, es mayor cuando la temperatura mínima es igual o menor a 16°C durante varios días consecutivos. Así, el objetivo del presente estudio fue determinar el número de días al año con temperaturas mínimas iguales o menores a 16°C ($T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$) y el número de periodos al año con al menos 5 días consecutivos con esas temperaturas. El estudio se realizó en cuatro localidades de la subregión Chontalpa, principal zona productora de cacao en Tabasco. Los resultados muestran que en promedio se presentan 23 días al año con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$ en el Poblado C-32 y Cárdenas; mientras que se reduce a solo 18 y 16 días en Comalcalco y Samaria, respectivamente. Además, se encontró que uno de cada dos años ocurre un periodo de por lo menos 5 días consecutivos con esas bajas temperaturas favorables para la infestación, en todas las localidades estudiadas. También se encontró que el número total de días al año con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$ ha disminuido con el transcurso del tiempo, debido al incremento de la temperatura mínima promedio diario anual.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L., *Phytophthora* spp. Probabilidad, Temperatura límite.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) es el más representativo de Tabasco y económicamente importante para un gran número de familias, sin embargo, su producción en el estado se ve afectada por muchos factores diferentes, entre los principales están las enfermedades con efectos muy nocivos (Córdova-Ávalos *et al.*, 2001). La mancha o pudrición negra es una enfermedad que es producida por un complejo de hongos patógenos (*Phytophthora* spp.) que está asociado a siete especies (Kroon *et al.*, 2012). Se ha observado en parcelas de productores que esta enfermedad es más severa en la época de lluvias o nortes donde provoca mayores pérdidas de frutos, debido a que prevalecen condiciones de mucha humedad ambiental, bajas temperaturas y días nublados y las probabilidades de infestación se incrementan cuando la $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$. En el estado de Tabasco la temperatura media anual es de 27°C, con una temperatura máxima promedio de 36°C y una temperatura mínima promedio de 18.5°C. En Tabasco cuando la temperatura mínima $\leq 20^\circ\text{C}$ normalmente ocurre el rocío y la humedad relativa toma valores del 100%. Así que temperaturas mínimas $\leq 16^\circ\text{C}$ normalmente ocurren en Tabasco bajo condiciones de elevada humedad relativa; situación muy favorable para producir infección (*Phytophthora* spp.) en la mazorca de cacao. Bajo estas consideraciones, este trabajo se orientó a determinar el número de días al año con temperaturas iguales o menores a 16°C en los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Cunduacán y Comalcalco; para los meses de noviembre a marzo, así como establecer funciones probabilísticas que ajusten a periodos consecutivos de al menos 5 días con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estaciones meteorológicas selectas

Para este estudio se utilizaron datos diarios de temperatura mínima de 4 localidades representativas de la subregión Chontalpa, Tabasco, donde se cultiva cacao. Las estaciones selectas fueron: Poblado C-32, Cárdenas, Samaria y Comalcalco. La información climática se extrajo de la base de datos contenida en el programa Eric III V.3.2 que cuenta con la información del Servicio Meteorológico Nacional (IMTA, 2009).

Análisis de datos

Los datos se transcribieron a hojas de cálculo de Excel para su manejo operativo. Se contabilizó el total de días con temperaturas mínimas 16°C en el año y para los meses de noviembre a marzo para cada año de registro, ya que en el resto de los meses es muy poco probable que ocurran esas temperaturas.

Número promedio de días por mes y año con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$

Se obtuvo el promedio del número de días de cada mes (noviembre a marzo) y del total anual con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$ y se generaron los cuadros y gráficas.

Número de días consecutivos con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$

Para cada año de registro se contabilizó el número de periodos de 5 o más días consecutivos con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$. A los datos resultantes se les ajustó una función probabilística para determinar los periodos de retorno de la ocurrencia de 1, 2, 3 y 4 periodos al año con al menos 5 días consecutivos con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$.

Cuadro 1. Estaciones meteorológicas selectas en la subregión de la Chontalpa, Tabasco.

Estación		Municipio	Registro	
Clave	Nombre		Periodo	Años
27008	Cárdenas	Cárdenas	1955 - 2006	52
27009	Comalcalco	Comalcalco	1965 - 1988	19
27039	Samaria	Cunduacán	1949 - 2007	59
27080	Poblado C-32	Huimanguillo	1972 - 1998	23

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número promedio de días al mes y al año con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$

En la Figura 1 se muestra la distribución temporal del número de días en promedio con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$ para los meses de noviembre a marzo. En la misma Figura 1, se puede observar que el mayor número de días con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$ ocurre en los meses de enero y febrero en todas las localidades selectas, cuyo valor fluctúa entre 5 a 7 días en promedio. Es decir, que en los meses de enero y febrero existen con mayor frecuencia las condiciones adecuadas para que se presente una infestación. Estos meses coinciden cuando hay gran cantidad de mazorcas desarrolladas y la cosecha de cacao está en su culminación. Se observa que el mayor número de días con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$ ocurre en los meses de enero y febrero, en el área de influencia de la estación del Poblado C-32 (Huimanguillo) y el menor número de días en la estación Samaria (Cunduacán), presentando los valores intermedios las estaciones de Cárdenas y Comalcalco, con alrededor de 6 días en promedio. Respecto al número de días en promedio al año con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$ se observa (Figura 2), que en el área de influencia de las estaciones del Poblado C-32 y Cárdenas registran el mayor número de días con 23 y este valor disminuye en 18 y 16 días, para las estaciones de Comalcalco y Samaria respectivamente.

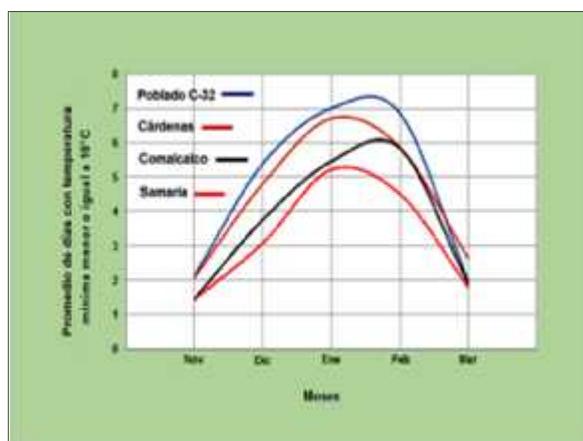


Figura 1. Número promedio de días en el mes con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$.

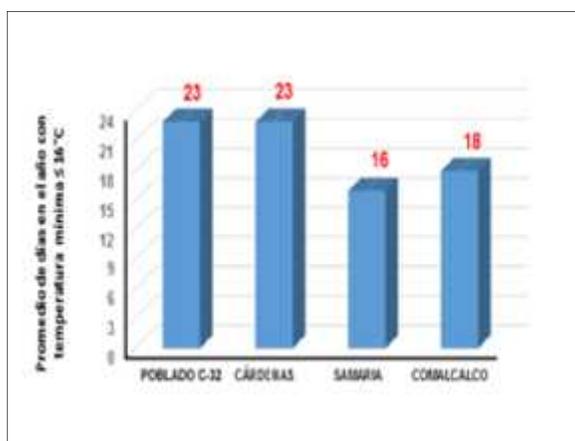


Figura 2. Número promedio de días al año con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$.

Tendencia de cambio en el número total de días al año con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$

En todas las estaciones meteorológicas estudiadas de la subregión Chontalpa, el número de días al año con $T_{\min} 16^{\circ}\text{C}$ disminuyó durante los periodos de tiempo estudiados. En el Cuadro 2 se muestra la tendencia y la disminución en el número de días en el año con esa temperatura. Asimismo, a manera de

ejemplo se muestra en la Figura 3, la tendencia negativa de cambio en el número de días al año en la estación Cárdenas, durante el periodo (1955-2006).

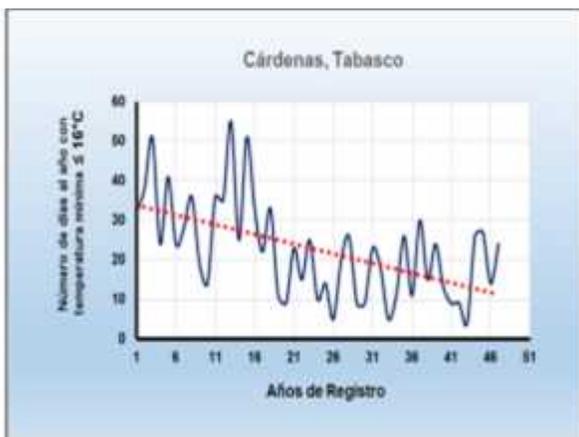


Figura 3. Distribución temporal del número de días al año con T_{\min} 16°C y su tendencia.

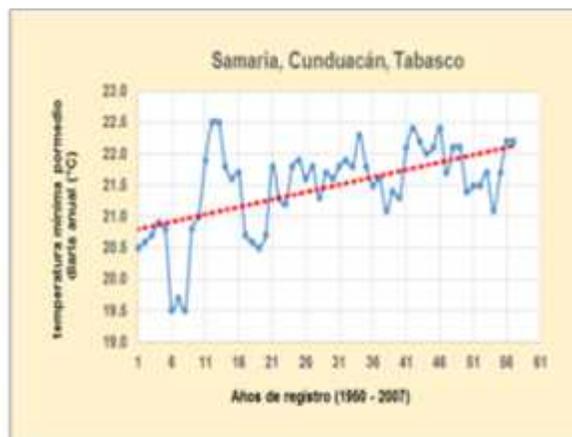


Figura 4. Distribución temporal de la temperatura mínima promedio diaria anual y su tendencia.

En la Figura 3, se observa una clara tendencia negativa que muestra que el número de días al año con T_{\min} 16°C disminuye con el paso del tiempo. Esa disminución va de 34 a 11 días para el periodo (1955-2006).

Cuadro 2. Tendencia en el comportamiento del número de días en el año con T_{\min} 16°C.

Estación Meteorológica	Tendencia	Disminución en días al año
Poblado C-32	Negativa	26
Cárdenas	Negativa	23
Samaria	Negativa	17
Comalcalco	Negativa	9

Se puede observar en el Cuadro 2, que todas las tendencias son negativas. Que en el área de influencia de la estación meteorológica del Poblado C-32 el número de días al año con T_{\min} 16°C ha disminuido durante el periodo de 35 años (1972-1998), en 26 días. Asimismo, en ese mismo cuadro se observa que la disminución en el número de días en Comalcalco es casi un tercio de lo ocurrido en el Poblado C-32; mientras que, en la estación Samaria disminuyó casi dos veces más que la estación Comalcalco.

Tendencia de cambio en la temperatura mínima promedio diario anual
La disminución en el número de días con T_{\min} 16°C observada en todas las localidades selectas se puede atribuir a que las temperaturas mínimas durante esos periodos estudiados se han incrementado, tal y como se muestra en el Cuadro 3. En el mismo Cuadro 3 se muestran los incrementos en la temperatura mínima promedio diario anual para las estaciones selectas en la subregión de la Chontalpa. En ese Cuadro 3, se observa que excepto la estación Samaria y Cunduacán, donde la temperatura mínima promedio diaria anual se incrementó 1.4°C; en el resto de las estaciones se incrementó en 0.9°C. Es decir, que en la subregión de la Chontalpa las noches se han venido calentando con el paso del tiempo, coincidiendo con lo reportado por Rivera *et al.* (2016).

Cuadro 3. Incremento en la temperatura mínima promedio diario anual en las localidades selectas de la subregión de la Chontalpa.

Estación	Incremento (°C)
Cárdenas	0.9
Comalcalco	0.9
Poblado C-32	0.9
Samaria	1.4

En la Figura 4 se ejemplifica la tendencia positiva en el incremento de la temperatura mínima promedio diario anual en el área de influencia de la estación meteorológica de Samaria, donde la temperatura mínima se incrementó de 20.8°C a 22.2 °C durante el periodo (1949-2006).

Probabilidad y periodo de retorno para los periodos de 5 o más días con T_{\min} 16°C

Al realizar el ajuste de una función probabilística a los datos de los periodos de 5 o más días consecutivos con T_{\min} 16°C que ocurren en el año, se encontró que en todas las estaciones meteorológicas selectas la mejor fue la Función Exponencial (que es una variante de la función Gamma Incompleta), cuya función acumulada es:

$$F(x) = Exp(-) * x_i \tag{1}$$

Dónde: $F(x)$ es la probabilidad de excedencia de que ocurra al menos un periodo de 5 o más días consecutivos con temperaturas $\leq 16^\circ\text{C}$ en el año, es el valor inverso de la media del número de periodos al año con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$ de al menos 5 días consecutivos, X_i es el número de periodos en el año con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$ en al menos 5 días consecutivos. Las Figuras 5 y 6 muestran la probabilidad de que ocurra uno o más periodos de al menos 5 días consecutivos con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$ en el año.

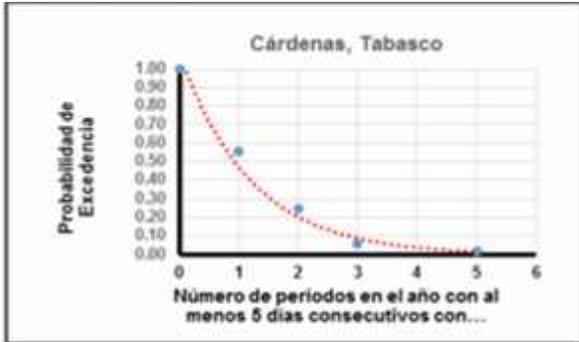


Figura 5. Distribución probabilística del número de periodos en el año con al menos 5 días consecutivos con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$.



Figura 6. Distribución probabilística del número de periodos en el año con al menos 5 días consecutivos con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$.

Se puede apreciar en las Figuras 5 y 6 que la probabilidad de que ocurra un periodo de al menos 5 días consecutivos con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$, es de 0.56 y 0.51 para el área de influencia de las estaciones meteorológicas de Cárdenas y Samaria respectivamente. Es decir, que ambas estaciones tienen un periodo de retorno de alrededor de 2 años. Eso implica que por lo menos uno de cada 2 años se presentará un periodo de esos. En cambio, la probabilidad de que ocurran 2 periodos en el año con al menos 5 días consecutivos con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$ es de 0.25 y 0.16, con periodos de retorno de 4 y 6 años respectivamente, para ambas localidades. El periodo de retorno (Tr) se define como el intervalo de recurrencia en años, entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada. Este periodo se considera como el inverso de la probabilidad y se expresa por la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{1}{P_o} \quad (2)$$

Dónde: Tr es el periodo de retorno (años) y P_o es la probabilidad de excedencia.

Así, el periodo de retorno en Samaria con una probabilidad de 0.51 es igual a $Tr = \frac{1}{0.51} = 2$ años.

En el Cuadro 4, se aprecia que en uno de cada dos años ocurrirá un periodo con al menos 5 días consecutivos, en el cual la temperatura mínima será igual a menor a 16°C en todas las estaciones selectas. Mientras que uno de cada 8 y 44 años ocurrirán 2 y 3 periodos al año en el área de influencia de la estación meteorológica de Comalcalco. Se observa también que solamente en uno de cada 29 a 100 años, se presentarán 4 periodos al año con al menos 5 días consecutivos con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$.

Cuadro 4. Periodos de retorno para periodos en el año con al menos 5 días consecutivos con la $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$.

Periodos al año	Periodo de retorno			
	Poblado C-32	Cárdenas	Samaria	Comalcalco
1	2	2	2	2
2	4	4	6	8
3	21	17	19	44
4	100	52	29	100

CONCLUSIONES

El número total de días al año con $T_{\min} \leq 16^\circ\text{C}$ ha disminuido en el tiempo, en el área de influencia de las estaciones meteorológicas estudiadas de la subregión Chontalpa, debido a que la temperatura mínima promedio diaria anual se ha incrementado durante ese periodo de tiempo. Eso significa que la posibilidad de infestación de la mancha negra del cacao, también ha disminuido. Además se encontró que un periodo de por lo menos 5 días consecutivos con esas bajas temperaturas favorables para la infestación, puede

ocurrir uno de cada 2 años en todas las localidades estudiadas. Los meses de enero y febrero son los que presentan la mayor probabilidad de infestación de la mancha negra del cacao.

LITERATURA CITADA

- Córdova-Ávalos, V., Sánchez-Hernández, M., Estrella-Chulim, N.G., E Sandoval-Castro, E., y Ortiz-García, C.F. 2001. Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el ejido Francisco I. Madero del Plan Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 17(34): 93 - 100.
- FAO and DWFI, (Food and Agriculture, Organization of the United Nations and Daugherty Water for Food Institute). 2015. Yield Gap Analysis of Field Crops – Methods and Case Studies. V. O., Cassman, V. O., Grassini, K. G. G., Hall, P., Bastiaanssen, A. J., Laborte, W. G. M., Milne, A. E., Sileshi, G., Steduto, P. FAO Water Reports No. 41, Rome, Italy. 63 p.
- IMTA, (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2009. ERIC III. Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0. CD. 28 p.
- Kroon, L.P.N.M., Brouwer, H., de Cock, A.W.A.M., Govers, F. 2012. The genus *Phytophthora*. *Phytopathology* 102(4): 348 - 364.
- Rivera, H.B., Aceves, N.L.A., Juárez, L.J.F., Adorno, J.M.M., & Álvarez, C.R. 2016. Evidencias del cambio climático en el estado de Tabasco durante el periodo 1961-2010. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2645-2656.

RECOLECCIÓN DE VEINTE GENOTIPOS FENOTÍPICAMENTE SUPERIORES PARA ESTABLECIMIENTO DE UN ENSAYO DE PROCEDENCIAS-PROGENIES DE CEDRO *Cedrela odorata* L. EN YUCATÁN, MÉXICO

COLLECTION OF TWENTY GENOTYPES PHENOTIPYCALLY SUPERIOR TO ESTABLISHMENT OF A TRIAL OF PROVENANCES-PROGENIES IN CEDAR *Cedrela odorata* L. IN YUCATAN, MEXICO

¹Rivera Leyva RR, ²León Palomo CA, ¹Cob Uicab JV

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

²Instituto Tecnológico Superior Del Estado De Yucatán². Tzucacab Yucatán, México.

Autor para correspondencia: rivera.refugio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El Cedro (*Cedrela odorata* L.), es una especie importante para la industria maderable. En México y particularmente en Yucatán, sus poblaciones naturales han decrecido considerablemente debido al aprovechamiento selectivo y a la falta de programas de reforestación. Por otra parte, los problemas técnicos de establecimiento y manejo de las plantaciones comerciales, pero sobre todo, la falta de germoplasma de calidad y disponibilidad para la producción de planta de calidad en vivero, dificultan el abasto de madera de calidad para la industria. El objetivo fue ubicar, seleccionar y la recolección de germoplasma de 20 genotipos de cedro fenotípicamente superiores para el establecimiento y evaluación temprana de un ensayo de procedencias-progenies en el estado de Yucatán contribuyendo al mejoramiento de la calidad genética de germoplasma forestal. La selección, ubicación y recolección de germoplasma se realizó en la zona de distribución natural de cedro en el estado de Yucatán. Para el registro de la información de campo, se utilizaron dos fichas técnicas, una para la ubicación y selección y otra, para la recolección del germoplasma utilizado para el establecimiento de ensayos de procedencias-progenies. Se seleccionaron 20 árboles, de los cuales se obtuvo datos promedios de diámetro normal de 49.60 cm, altura total 13.95 m, fuste limpio 7.71 m, sin problemas sanitarios y un promedio de 43 puntos que los clasifica como categoría 1. Se concluye que los 20 individuos fueron ubicados y seleccionados en el área de distribución natural, lo que indica que aún pueden encontrarse materiales genéticamente valiosos para su rescate y conservación con fines de mejoramiento genético.

Palabras clave: *germoplasma, procedencias, mejoramiento, conservación, recolección.*

INTRODUCCIÓN

El cedro (*Cedrela odorata* L.), es una especie característica de las regiones tropicales, en los lugares donde prospera ambientalmente se le conoce como cedro rojo o cedro y en la lengua maya es llamado *kuyché*, esta especie pertenece a la familia Meliácea, puede medir hasta 35 metros de altura y de 1.5 a 2.0 metros de diámetro normal, con un tronco derecho o poco ramificado y con pequeños contrafuertes en la base.

La copa es redondeada y densa, de ramas ascendentes y gruesas; las hojas se encuentran en espiral, paripinadas o imparipinadas; las flores son, masculinas y femeninas en la misma inflorescencia que es una panícula terminal de 15 a 30 centímetros de longitud son finamente pubescentes actinomorfas, ligeramente perfumadas y dependiendo de la región florecen de marzo a agosto; asimismo, elimina las hojas cuando han madurado totalmente los frutos de la temporada anterior, los cuales son cápsulas de 2.5 a 5 centímetros de longitud, cuatro a cinco valvas, elipsoides u oblongas, de color verde a café oscuro, glabras y con un aroma similar al ajo (Pennington y Saruknan, 1958; Rosero, 1976).

Es una especie heliófila, o sea que demanda gran cantidad de luz para su desarrollo, de rápido crecimiento relativo, ocupa sitios abiertos del bosque natural o terrenos abandonados de cultivos agrícolas. El desarrollo posterior de la regeneración depende considerablemente de la competencia de la vegetación secundaria (acahual) más agresiva la cual puede llegar a suprimirla, sobreviviendo aquellos individuos que pueden sostener un crecimiento vertical continuo y vigoroso (González, 1976, Rosero, 1976)

El cedro posee una madera liviana, pero fuerte de grano recto y durable y fácil de trabajar, adquiere un veteado y jaspeado atractivo cuando se pule, por lo cual se emplea para elaborar muebles finos, decoración de interiores, instrumentos musicales, cubiertas y forros de embarcaciones, lambrín, parquet, triplay chapa y ebanistería en general.

En México, el germoplasma utilizado para la producción de planta carece de buena calidad genética debido a una recolección inadecuada y a un desconocimiento en el origen geográfico y procedencia. Lo anterior, es debido a que los proveedores del germoplasma recolectan los frutos sin considerar la superioridad fenotípica del árbol y sin un control en el origen y procedencia. Además, la recolección la realizan de pocos árboles y cercanos entre sí, originando una baja diversidad genética, altos niveles de endogamia y una reducción en el vigor de los árboles plantados.

Evans en 1984 y White et al., 2007, mencionan que el éxito de los programas de reforestación, restauración y plantaciones forestales comerciales, dependen en gran medida de la adecuada selección de la especie y de la calidad del germoplasma. Es decir, el conocimiento de los registros del pedigrí desde la selección, recolección y el establecimiento, son aspectos fundamentales que determinan el éxito de los programas de reforestación, restauración y plantaciones forestales comerciales, por lo tanto, la determinación del origen y la procedencia geográfica de una especie, es de vital importancia por la adaptabilidad a las condiciones ambientales de crecimiento por "selección natural" (White et al., 2007).

Específicamente, los progenitores y clones seleccionados de diferentes procedencias con características deseables para un área determinada, no necesariamente generarán descendientes con características deseables para ambientes diferentes.

Lo anterior, justifica la selección de genotipos fenotípicamente superiores y el establecimiento de ensayos de procedencia/progenies en un área proyectada antes del establecimiento de un programa de reforestación, restauración y de plantación. Además, su establecimiento permitirá conocer con precisión las fuentes de germoplasma con altos rendimientos y eliminar las procedencias y progenitores (árboles productores de germoplasma) con bajos rendimientos, respaldando la calidad del germoplasma que será utilizado en los diversos programas de reforestación.

Los ensayos de pro genie permitirán evaluar la ganancia genética posterior a cada generación de selección y la interacción genotipo ambiente para determinar la proporción del fenotipo bajo control genético y por el factor ambiente.

La situación crítica en la que se encuentra la especie, motiva a realizar movimientos de rescate y concientizar a las poblaciones humanas para tener un cuidado y darle el valor que merece tener respetando el ciclo de madurez para poder talarlo y por consiguiente reforestar para tener su reemplazo, la mayoría de las personas no respetan eso si no que solo esperan que el árbol tenga un grosor significativo pero no de su mayor totalidad de la que puede llegar a desarrollarse, para talarlo y convertirlo en muebles.

Con la información generada se contribuirá a mejorar la calidad genética del germoplasma de cedro como estrategia clave para incrementar la productividad y competitividad de las plantaciones comerciales exitosas y con el establecimiento de ensayos con árboles seleccionados productores de germoplasma forestal de mejor calidad se fortalecerá el abastecimiento de germoplasma de calidad a los programas de plantaciones comerciales, de restauración y reforestación. Así mismo, se fortalecerá la capacitación a productores y técnicos sobre la metodología empleada en el proceso de selección de árboles padre, la recolección y manejo de los frutos y semilla.

Se pretende difundir la información generada tanto para instituciones o programas de reforestación, escuelas, y para toda persona o productor que desee establecer plantaciones de cedro, se dispondrá de información sobre como determinar un buen árbol con buenas características que servirá como madre del cual se obtendrán los frutos maduros, el método de como beneficiar los los frutos para tener semilla limpia y en buenas condiciones para poder producir en vivero plantas de buena calidad.

OBJETIVO

Ubicar, seleccionar y la recolección de germoplasma de 20 genotipos de cedro fenotípicamente superiores para el establecimiento y evaluación temprana de un ensayo de procedencias-progenies en el estado de Yucatán contribuyendo al mejoramiento de la calidad genética de germoplasma forestal.

Objetivos específicos

- Ubicación y selección de 20 genotipos fenotípicamente superiores en zonas naturales del estado de Yucatán.
- Recolectar germoplasma (semillas) de los genotipos seleccionados.
- Beneficiar los frutos para extracción de semilla para el establecimiento de los ensayos de procedencias-progenies.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Mochochá del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Ubicado en el Km.25 Carretera antigua Mérida-Motul,

C.P. 97454, Mocochoá, Yucatán, México, y corresponde al proyecto "Establecimiento de cuatro huertos semilleros asexuales regionales con el establecimiento y evaluación temprana de 12 ensayos de progenies (tres ensayos por cada huerto) de *Cedrela odorata* L." ("apoyado por el Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal")

Ubicación y selección de genotipos fenotípicamente superiores.

Se seleccionó la zona de distribución para la ubicación, selección y recolección en ocho municipios del estado de Yucatán (Mocochoá, Sucilá, Tizimín, Temozón, Valladolid, Cuncunul, Kaua y Tzucacab, tomando en cuenta las bases de datos de distribución natural y colectas de herbarios de Yucatán y consulta bibliográfica de la flora de la península de Yucatán y considerando solamente individuos que se reprodujeron por dispersión natural. Posteriormente con un GPS Garmin modelo MAP 60 CSx se georreferenció cada árbol, registrando los datos en las fichas técnicas de campo. Con esta información, se realizó la distribución de los individuos seleccionados en el estado de Yucatán.

En esta fase se realizó la evaluación de cada individuo considerando las características dasométricas, edáficas, sanitarias para determinar la categoría (clase), de acuerdo a la ficha de campo. Siguiendo la metodología se marcaron los árboles a 1.30 m con su respectiva clave de identificación y se colocó una placa de aluminio en la parte baja con azimut Este con la identificación del genotipo y se registró material fotográfico correspondiente de cada árbol. (Figura 1)



Figura 1. Genotipo Seleccionado.

Recolección de germoplasma (frutos).

Una vez ubicados y seleccionados los árboles se continuó con la recolección de frutos, que al igual que en la primera fase se llenaron fichas técnicas con datos de asociación con otras especies y características edáficas, además de dasométricas y fenológicas.

De acuerdo a su fenología esta especie en la región se encuentra en floración en los meses de mayo, junio y julio, la formación de los frutos inicia en junio y julio, desarrollan y llegan a su madurez hasta los primeros meses del siguiente año, Los frutos alcanzan su madurez fisiológica a finales del mes de enero, febrero, marzo y abril de individuos con frutos maduros listos para su recolección. En esta etapa los árboles de cedro al momento de que los frutos alcanzan la madurez se encuentran sin hojas, lo que facilitó la estimación productiva y su recolección.

La muestra de recolección de frutos fue de un promedio de 400 por árbol colectado en diferentes áreas de la copa y en la parte apical de las ramas cortadas con la tijera telescópica colocando una malla extendida bajo la copa del árbol para facilitar la recolección y envasado de los frutos cosechados. (Figura 2). El equipo de recolección utilizado se indica en el cuadro 1.



Figura 2. Manejo de la semilla recolectada

Envasado y transporte de frutos.

Los frutos se separaron de las ramas y se envasaron en bolsas de rafia con una etiqueta dentro y rotulados con el código de colecta en la parte exterior de las bolsas. (Figura 3)

Cuadro 1. Equipo y herramientas para recolección de frutos

Material / equipo	Uso / función
Equipo de escalamiento (arnés, puyas, cuerdas, poleas, casco, etc.)	Para subir a los árboles
Tijera corta ramas (o gancho de metal)	Cortar los racimos de frutos o para sujetar o sacudir las ramas
Mango telescópico	Sostén y extensión de la tijera corta ramas
Equipo para escalado de árboles: espuelas, sogas, cinturones de seguridad, casco, etc.	Para poder escalar árboles con mayor facilidad y seguridad
Escalera	Para alcanzar partes bajas del árbol sin tener que escalarlo
Lonas o mallas	Para poner debajo del área de colecta del árbol y capturar los frutos
Costales o bolsas de malla	Embolsar los frutos cosechados
Cubetas (opcional)	Facilitar la recolección de frutos dispersados bajo el árbol
Hilo de rafia	Amarre de las bolsas
Fichas de registro	Registro de datos de cada árbol
Tabla de campo	Soporte para fichas de campo
Lápiz, plumones o marcadores	Anotar y marcar bolsas
Etiquetas de aluminio	Registrar árboles seleccionados
GPS	Georreferenciar árboles
Clinómetro	Medir alturas de árboles
Cinta diamétrica	Medir diámetro de árboles
Clavos de 2.5 pulgadas	Fijar etiquetas de aluminio
Pintura fluorescente color naranja	Marcar árboles seleccionados
Cámara digital	Registro de imágenes
Vehículo 4x4	Traslado y movilidad en campo

RESULTADOS

Ubicación y selección de genotipos.

Se ubicaron y seleccionaron un total de 20 árboles (genotipos), con características fenotípicamente superiores (categoría 1), Cada genotipo fue georreferenciado utilizando un GPS marca Garmin modelo MAP60CSx. Con la información geográfica de cada árbol se ubicó en Google Earth la distribución de los genotipos seleccionados en el estado de Yucatán. (Cuadro 2), registrando en las fichas técnicas de campo los datos generales del sitio de colecta y dasométricos de cada árbol. Con esta información, se ubicó la distribución de los individuos seleccionados en el estado de Yucatán.

Cuadro 2. Genotipos seleccionados y ubicación en el estado de Yucatán, México.

Ident.	Localidad	Municipio	Categoría	Localización	
Gen 61	Yaxkaba	Yaxkaba	1	N 20°32'26.0"	w 088°50'42.8" w
Gen 62	Yaxkaba	Yaxkaba	1	N 20°32'02.0"	088°49'25.8" w
Gen 63	Sucila	Sucila	1	N 21°12'18.2"	088°21'32.8" w
Gen 64	Mocochá	Mocochá	1	N 21°06'44.6"	089°26'58.3" w
Gen 65	Tzucacab	Tzucacab	1	N 20°04'41.7"	089°03'17.1" w
Gen 66	Actuncoh	Temozon	1	N 20°54'15.2"	088°07'00.2" w
Gen 67	Actuncoh	Temozon	1	N 20°54'08.5"	088°07'03.2" w
Gen 68	Cakabchén	Yaxkaba	1	N 20°46'09.3"	088°50'32.0" w
Gen 69	Yaxkaba	Yaxkaba	1	N 20°30'05.3"	088°40'52.2" w
Gen 70	Yaxkaba	Yaxkaba	1	N 20°29'57.4"	088°45'50.0" w
Gen 71	Kantó	Temozon	1	N 20°54'17.2"	088°11'27.0" w
Gen 72	Tzucacab	Tzucacab	1	N 20°05'00.5"	089°03'08.9" w
Gen 73	Sucopo	Tizimin	1	N 21°05'54.8"	087°58'51.3" w
Gen 74	Col. Yucatán	Tizimin	1	N 21°13'01.1"	087°43'40.4" w
Gen 75	San Diego	Cuncunul	1	N 20°38'22.6"	088°18'56.3" w
Gen 76	San Diego	Cuncunul	1	N 20°38'21.8"	088°19'02.2" w
Gen 77	Col. Yucatán	Tizimin	1	N 21°20'33.4"	087°35'27.4" w
Gen 78	Pixoy	Valladolid	1	N 20°43'06.8"	088°15'42.5" w
Gen 79	San Francisco	Kaua	1	N 20°32'26.17"	088°50'42.25" w
Gen 80	Mocochá	Mocochá	1	N 21°06'56.7"	089°27'16.2" w

Recolección y manejo de frutos.

De acuerdo a la fenología de esta especie en la región, se registró que la floración se inició en el mes de mayo y la formación de los frutos inició en junio alcanzando su madurez fisiológica a finales del mes de febrero, marzo y hasta abril de individuos con frutos maduros listos para su recolección. En esta etapa los árboles de cedro al momento de que los frutos alcanzaron la madurez no presentaban hojas, lo que facilitó la estimación productiva y su recolección.



Figura 3. Envase de Frutos para transporte

La muestra de recolección de frutos fue de un promedio de 400 frutos por árbol colectados en diferentes áreas de la copa y en la parte apical de las ramas cortadas con la tijera telescópica. La colocación de la malla extendida bajo la copa del árbol facilitó la recolección y envasado de los frutos cosechados.

Tamaño de los frutos.

Se encontraron árboles con frutos grandes y pequeños aparentemente debido a la calidad del sitio donde se ubicaron los árboles,

Sanidad de los frutos.

Se registró en algunos frutos la presencia de plaga de barrenador (*H. grandela*), y que al momento del secado de los frutos se encontraron larvas de dicha plaga, los frutos con la plaga fueron separados de los lotes y colocados en contenedores de cristal donde la plaga completó su ciclo y pudo ser identificad.

Extracción de semillas.

Se colocaron los frutos en charolas de plástico y se asolearon a media sombra para favorecer la apertura de los frutos, una vez abiertos se prosiguió a la separación de las semillas de las capsulas abiertas, se eliminaron restos de las capsulas y se procedió al envasado de semillas en bolsas de papel (Fig. 4)



Figura 4. Empaquetado de semilla con código de colecta

CONCLUSIONES

La madurez de los frutos no fue homogénea y se le atribuye a las condiciones climáticas (sequía prolongada y alta temperatura), como factores que influyeron en la producción o abundancia de frutos al igual que la maduración (fenología). Es posible que la producción de frutos y tamaño de los mismos, estén relacionados con baja fertilidad del suelo, sin embargo, también puede atribuirse al factor genético. La presencia de árboles en condiciones naturales fue escasa, sin embargo, está relacionada con asentamientos humanos que actualmente ya no existen, donde se encontraron árboles con más de 50 años de edad. La presencia de *H. grandela*, puede ser permanente en las dos etapas fenológicas de *Cedrela odorata* ya sea en la etapa vegetativa como en la de fructificación ya que se encontró presencia de barrenador en los frutos. Considerando lo anterior es de gran importancia el rescate y la conservación del germoplasma de los individuos seleccionados con buenas características de *Cedrela odorata* en Yucatán dadas las condiciones de protección especial en la que se encuentra como especie prioritaria y de esta manera asegurar el abastecimiento de semilla para los programas de reforestación y plantaciones comerciales.

LITERATURA CITADA

- Duran, R. et al.. 2000. Listado florístico de la península de Yucatán. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán.
- Duran, R. et al. 2000. Manual de Propagación de Plantas Nativas de la Península de Yucatán. Volumen 2. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida Yucatán
- Flinta, M. C. 1960. Prácticas de plantación forestal en América Latina. FAO. Cuadernos de fomento forestal N. 15 Roma. 499p.
- González, G 1976. Propiedades de la madera de algunas maliáceas de la américa tropical. Miscelaneus vol. III, No. 101 IICA. Turrialba, Costa Rica. Pp.8-16.
- Morán, L., D. Trujillo-Bacallao, Y. Fernández-Parlá, M. Ponce-Castillo, J. A. Crespo y C.Ayra Pardo: Establecimiento de una cría de *Hypsipyla grandellaz*. (Lepidoptera: Pyralidae) y actividad insecticida de cuatro toxinas cryde *Bacillus thuringiensis*, En: Memorias de DEFORST, 2009.
- Niembro, A 1986. Árboles y arbustos útiles de México. LIMUSA. México. 2006 p.
- Pennington, I.J. Sarukhan. 1968. Manual para la identificación de los principales árboles tropicales de México. INIFFAO-SAG México. 363p.
- Rosero, P. 1976. Zonificación y silvicultura de meliáceas. Miscelaneus Vol III No. 101. IICA: Turrialba, Costa Rica. Pp. 2125.

DETERMINACIÓN DEL MEDIO NUTRITIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE *Tectona grandis* POR EL MÉTODO HIDROPÓNICO
DETERMINATION OF THE NUTRITIVE ENVIRONMENT FOR THE PRODUCTION OF *Tectona grandis* BY THE HYDROPONIC METHOD

Silva Isidro G, De la Cruz May J, Peña Padilla G

Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca (ITZO), Prol. Ignacio Zaragoza S/N, Villa Ocuilzapotlán, C.P. 86270. Centro, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: juancmmx@yahoo.com.mx

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto fue situado en el Instituto de la Zona Olmeca, en el área forestal donde se pudo evaluar la factibilidad del uso de una solución nutritiva como fuente de nutriente para *Tectona grandis* producida en medio hidropónico en vivero y la calidad de la planta obtenida. Se determinó el índice de esbeltez, relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, relación altura: longitud de la raíz e índice de lignificación, a los resultados obtenidos se les determinó la calidad de la planta mediante los Intervalos de calidad de la planta para los atributos morfológicos y fisiológicos determinados por CONAFOR, 2009 y Saenz *et al.*, 2010. La solución nutritiva fue a base de 1 % de urea, 17 % de nitrato de potasio y 40 % de superfosfato triple. Los resultados muestran en el índice de Esbeltez que las plantas producidas en este sistema de producción tienen una buena capacidad para almacenar los carbohidratos, la variable BSA/BSR, indica que la producción de biomasa entre la parte aérea y radical está en equilibrio, la relación entre la altura de la planta y la longitud de la raíz fue media, debido tal vez a la cantidad de nutrientes con la que la planta convivía que provocó sin duda una mayor elongación en tallo y la poda de las raíces de la planta debido a la capacidad del tubete. Las plantas producidas presentaron una alta lignificación, indicando un buen reacondicionamiento en esta. Con esto se demuestra que la solución nutritiva que se ocupó para supervivencia de las plantas proporciona los elementos importantes para obtener plantas de muy buena calidad en medio hidropónico.

Palabras clave: *Tectona grandis*, medio hidropónico, intervalos.

INTRODUCCIÓN

La producción de cultivos hortícolas en condiciones protegidas y el uso de sistemas hidropónicos han permitido incrementos en rendimientos y calidad de frutos, al propiciar un ambiente poco restrictivo facilitando el crecimiento y desarrollo de especies hortícolas. En estos sistemas de producción intensiva la fertilización se realiza por medio de una solución nutritiva que se elabora con fertilizantes de alta solubilidad, lo que incrementa significativamente los costos de producción (Muñoz, 2004).

Desde esta perspectiva estos problemas han impulsado la búsqueda de alternativas de fertilización sustentables que, además de suplir los requerimientos nutrimentales de los cultivos, no afecten significativamente el rendimiento y la calidad de la planta. Esta solución puede ser aplicada en sistemas hidropónico, lo cual las hace utilizables en sistemas de producción a gran escala, (Rippy *et al.*, 2004). Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de solución nutritiva sobre los intervalos de calidad de la planta y los parámetros de la calidad de las plantas de *Tectona grandis*.

El método usado fue el de cultivo hidropónico de especies forestales, el cual consiste en poder cultivar en zonas y lugares donde el clima y el tiempo no hacen posible que crezcan los cultivos, así como producir en un menor espacio, con ayuda de las nuevas tecnologías sin afectar el ambiente que nos rodea o alterar el ecosistema.

El presente proyecto tiene la finalidad de aprovechar nuevas formas de sustento para mejorar la producción de plantas y mantener una buena relación con la naturaleza, aplicando nuevos métodos tecnológicos más eficaces y nobles con el ambiente, de manera que creamos conciencia de que hay otras formas de obtener los recursos sin tener que acabar con todos los beneficios que la naturaleza nos brinda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se rehabilitó una parte del área del vivero del Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, en la cual se construyó la infraestructura hidropónica; para ello se ocuparon tubos de PVC de 6 pulgadas divididos en dos mediante un corte transversal, a los que se le hicieron perforaciones de tipo tres bolillos, con la finalidad que sirvieran como base para tubetes, también se le hicieron conexiones en sus extremidades, de un lado

se le colocó un codo de 6 pulgadas con la finalidad que se vertieran por este la solución nutritiva, misma que se expulsaría dos horas después para que el sustrato que se encuentre en los tubetes absorba la humedad. Al otro extremo se le adaptaron válvulas de paso usadas como desfogue y control de las sustancias vertidas al prototipo.

La especie utilizada fue Teca (*Tectona grandis*). La germinación de la semilla se realizó en una cama de germinación y posteriormente fue trasplantada en sustrato inerte que contenían los tubetes con capacidad de 210 ml. El sustrato inerte se hizo a base de peat moss, agrolita y vermiculita (mezcla base).

El agua de riego que se ocupó fue del pozo profundo que se encuentra en el sector productivo, a la cual se le realizaron los estudios pertinentes para determinar su pH y conductividad eléctrica, esto se determinó en los laboratorios del Instituto por medio de un medidor de bolsillo de pH/CE/TDS marca HANNA, posteriormente, dichas pruebas se realizaban semanalmente a la solución nutritiva. Para la elaboración de la solución nutritiva se utilizaron las siguientes sales: Nitrato Amónico, Nitrato de Potasio y Súper Fosfato Triple.

De las plantas producidas se seleccionó el 50% y se evaluaron las siguientes variables dendrométricas: Altura: con una regla graduada en centímetros se midió la altura de la planta, desde el cuello de la raíz hasta la yema apical de la planta. Diámetro: con un vernier graduado en milímetros, se midió el diámetro de la planta, esto se realizó a la altura del cuello del tallo, es decir a un centímetros de la base del tallo. A las plantas muestreadas se le aplicó el método destructivo, para ello se midió la altura, el diámetro y se separó el sustrato de la raíz, se pesó cada una de las partes de la planta en una balanza digital graduada en gramos (g), se cortó la biomasa parte área y radical con un bisturí y se pesó cada uno de sus órganos (hojas, tallo y raíz), de la raíz se midió la longitud, para lo cual se usó una regla graduada en centímetros (cm), se contabilizó el número de hojas que tenía cada planta; al terminar el proceso se colocaron cada uno de los órganos por separado en papel estraza para así introducirlos en un horno marca GEO-LAB, modelo aL-70 A, a una temperatura de 70°C, donde se mantuvieron durante 72 horas para su secado, al término de este tiempo se sacaron y se pesaron nuevamente para obtener su peso seco. Los datos obtenidos de este proceso se ocuparon para evaluar los intervalos de calidad de la planta (CONAFOR, 2009 y Sáenz *et al.*, 2010) y los parámetros de calidad de la planta (Santiago *et al.*, 2007).

Con las características evaluadas, se calificó la calidad de planta mediante comparaciones con los valores citados en diversos estudios de latifoliadas. De igual manera se utilizaron las variables de calidad, implementando las fórmulas de índice de esbeltez, relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, relación altura: longitud de la raíz e índice de lignificación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mezcla obtenida de solución nutritiva para la producción de plantas en medio hidropónico se realizó tomando en cuenta los requerimientos nutrimentales de la especie en estudio y la base principal determinada fue:

1 % de nitrato amónico

17 % de nitrato de potasio

40 % de súper fosfato triple

La mezcla se realizó para 500 L de agua. Los parámetros evaluados fueron los siguientes:

Altura. Los datos obtenidos semanalmente durante los tres primeros meses de vida de las plantas producidas en medio hidropónico determinaron homogeneidad en el crecimiento en altura de estas plantas, cabe hacer mención que el crecimiento promedio osciló en 48 cm, crecimiento aceptable de acuerdo a lo afirmado por FIPRODEFO (2004) y CONAFOR (2005), ya que los parámetros mínimos que manejan son de 30 cm, el vasto crecimiento en esta especie durante los primeros tres meses de vida fue tal vez a que el riego de las plantas fue diario y este contenía los elementos minerales que la planta necesitaba para su crecimiento y desarrollo.

Diámetro. Para la variable diámetro el promedio de crecimiento que se presentó fue de 9.3 mm, crecimiento aceptable por FIPRODEFO (2004) y CONAFOR (2005), puesto que ellos determinaron un crecimiento mínimo del cuello a 1 cm de altura de 6-8 mm.

VARIABLES DE CALIDAD

A pesar de los resultados el índice de Esbeltez muestra que las plantas producidas en este sistema de producción tienen una buena capacidad para almacenar los carbohidratos, de acuerdo a Prieto *et al.* (2009), las plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por fauna nociva y plantas con diámetros más pequeños no son capaces de sostener tallos elongados haciéndolos más vulnerables a sufrir daño (Cuadro 1).

.Para el caso de la variable BSA/BSR, los resultados muestran valores altos indican que la producción de biomasa entre la parte aérea y radical esta en equilibrio, por lo que de acuerdo a Rodríguez (2008), la producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero.

La relación encontrada en este trabajo entre la altura de la planta y la longitud de la raíz fue media, debido tal vez a la cantidad de nutrientes con la que la planta convivía que provocó sin duda una mayor elongación en tallo y la poda de las raíces de la planta debido a la capacidad del tubete.

Las plantas producidas presentaron una alta lignificación, indicando un buen preacondicionamiento en la planta.

Cuadro 1. Variables de calidad de plantas de *Tectona grandis*.

Variables	Valores
Altura (cm)	48 A
Diámetro (mm)	9.3 A
Índice de esbeltez	7.5 M
Biomasa seca aérea	1.9 A
Biomasa seca raíz	
Altura	>2.3:1 M
Longitud de raíz	
Índice de lignificación	11.7 A

Origen: calidad de parámetro;
A: alto; M: medio; B: bajo

CONCLUSIONES

Los logros obtenidos hasta este momento en el presente proyecto son un indicio de que podemos producir plantas de buena calidad en un medio hidropónico en la solución nutritiva a base de 1% de nitrato amónico, 17% de nitrato de potasio y 40% de superfosfato triple, y que el cuidado y la responsabilidad que tengamos de las plantas en éste método es indispensable en el desarrollo de estos individuos, siendo además un paso importante para ocupar este tipo de plantas como productoras de brotes (plantas madre) y generadora de nuevos individuos, pues no se aconseja producir plantas en este medio para plantaciones pues sería muy costosa su producción. Es importante continuar con la segunda etapa del presente proyecto (producción de brotes) que sin duda será un gran paso en la producción de plantas forestales para su establecimiento en campo. Con esto se demuestra que la solución nutritiva que se ocupó para la producción de estas plantas proporcionan todos los elementos importantes para obtener plantas (plantas madre) de buena calidad en medio hidropónico.

LITERATURA CITADA

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2005. Manual técnico para la producción de planta. Primera edición.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2009. Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto (rápido crecimiento), con fines de restauración Conafor. Guadalajara, Jal. México. 9 p.
- FIPRODEFO. 2004. Programa de fertilización en vivero para especies tropicales. CONAFOR. Guadalajara, Jalisco.
- Muñoz F. 2004. La producción de hortalizas bajo invernadero en México. In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero. J Z Castellanos, J J Muñoz R (eds). INTAGRI. México. pp:14-16.
- Prieto R., J.A., G. Vera C. y E. Merlin B. 2009. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico N° 12. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, México 23p.
- Rippy, J. F. M., M. M. Peet, F. J. Louws, P. V. Nelson, D. B. Orr, and K. A. Sorensen. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. HortScience 39: 223-229.
- Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi Prensa. México, D.F., México. 156 p.
- Sáenz R., J. T., F. J. Villaseñor R., H. J. Muñoz F., A. Rueda S. y J. A. Prieto R. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich., México. Técnico Núm. 17. 48 p.
- Santiago O., T., V. Sánchez M., R. Monroy C. y G. García S. 2007. Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. INFAPCIRGOC. Campo Experimental El Palmar. Tezonapa, Ver. México Folleto Técnico Núm. 44. 73 Pp.

DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES EN EL AGROECOSISTEMA CACAO *Theobroma cacao* L. EN TABASCO, MÉXICO

PLANT SPECIES DIVERSITY IN THE CACAO *Theobroma cacao* L. AGROECOSYSTEM IN TABASCO, MEXICO

De Los Santos-Ricardez BL¹, Ramírez-Guillermo MA², Hernández-Gómez E³

¹Laboratorio de Fitopatología, INIFAP-Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400.

³INIFAP Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18 Carretera Tapachula-Cacahoatan, Tuxtla Chico, Chiapas, México: 30870

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

RESUMEN

El estudio se realizó en plantíos de *T. cacao* en tres subregiones del Estado de Tabasco, Chontalpa, Centro y Sierra, y tres localidades de la zona Norte de Chiapas. Se analizó la diversidad y frecuencia de especies vegetales y su distribución en los diferentes agroecosistemas cacao. El estudio permitió corroborar que las plantas prosperan a altitudes de -16 a 323 m, las edades de las plantaciones variaron de 15 a 100 años. La composición florística fue de 84 especies, clasificada en 40 familias, las Fabáceas, Rutáceas y Moráceas fueron las más sobresalientes y las especies de mayor frecuencia fueron *Cedrela odorata* (L.) Gaert., *Citrus sinensis* (L.) Osb., *Gliricidia sepium* y *Diphysa robinoides* Benth. Las especies predominantes en plantaciones de 15 a 25 años fueron *Cedrela odorata* (L.) Gaert., y *Gliricidia sepium*. En plantaciones de 45 a 100 años predominaron *Cedrela odorata* (L.) Gaert., *Erythrina fusca*, *Castilla elastica* Cerv. y *Orchidaceae* sp. En la subregión Chontalpa se observó la mayor diversidad de especies arbóreas.

Palabras claves: Árboles de Sombra, subregiones, ecosistema, umbrófila.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie umbrófila originario de los bosques húmedos de América. Pertenece a la familia Malvaceae sensu lato (Alverson *et al.*, 1999). La planta se desarrolla desde los 20° N y 20° S, en altitudes de 0 hasta 1250 m con temperaturas de 20°C a 30°C y lluvias de 2000 hasta 8000 mm anuales. En el alto Amazonas se encuentra la mayor diversidad genética de la especie *Theobroma* (Motamayor *et al.*, 2008) y se ha distribuido a Centroamérica y México (Thomas *et al.*, 2012). Se conocen 22 especies del género, integrado en tres grupos morfológicos: criollo, forastero y trinitario (híbridos de criollo x forastero) (Cuatrecasas, 1964) y 10 grupos genéticos (Motamayor *et al.*, 2008). *T. cacao* es diploide (2n=2x=20) con un genoma de 411-494 Mb (Argout *et al.*, 2011; Motamayor *et al.*, 2013). Los primeros en domesticar y consumir el cacao fueron los Moyocas y Olmecas establecidos en la región sur de México, hace más de 3800 años (1800-1000 a. C.) (Powis *et al.*, 2011; Coe y Coe, 2013). Así mismo, existen evidencias de cultivares de cacao cerca de Apatzingán, los registros exponen “a las plantas les ponen otros árboles que crecen mucho, estos los cubren de sombra y no les toca el sol” esto explica que las plantas de cacao se encontraban cubiertas bajo un dosel arbóreo, los cuales eran conocidos como “ynances” (madres que crían aquellos cacaotales) (Macarro, 1580). Gallegos, (1676) apreció en la región Chool de Manché el cultivo de cacao asociado a plantas de achiote y vainilla. Durante la domesticación de la planta en lugares poco potenciales para su establecimiento se contemplaba un sistema de irrigación antiguo y la forma de establecimiento de la sombra, detallado en el código *Azoyú 1* del siglo XVI, se nota una compuerta que controla el caudal de un río o de una presa, junto a éste hay planta de cacao y dos de palmeras, indicando posiblemente que esta obra hidráulica se hizo con el objetivo de controlar el riego (Jiménez, 1995). Alzate (1831) indica que la plantación de *T. cacao* se establece en espacio de cinco varas (83.6 cm) y en hileras, entre dos plantas de cacao, se siembra uno o dos de plátano, así mismo se plantan árboles de *sumpantles* (aguacates), haciendo referencia al uso de sombra temporal y permanente. Fernández de Oviedo (1851) indica el uso de una especie de sombra conocida por los indios de Nicaragua como “yaguaguyt” o “madera negra” que Vilanova (1891) referenció a *Copaifera hymenaefolia* Moric.; otros relatos hacen mención de un árbol conocido como “madre del cacao” (Toribio de Benavente, 1903). Robelo (1904) explica de un árbol llamado “totopostle”, vulgarmente “cacahuananche”, que quiere decir “madrecita del cacao” (*Licania arborea* Seem.) puntualiza que “tales árboles sirven para preservarle del ardor del sol con su follaje”. El Conquistador anónimo (1941) y Torquemada (1943) resaltan que antes de sembrar las plantas de cacao

plantan otros dos árboles muy copados, para resguardar, defender y cubrir del viento y sol, llamado "cacahualtanti" (*madre del cacao*). Miranda (1960) en un recorrido por la selva lacandona, observó plantas de cacao silvestre tipo semitrepador con sombra densa, donde abundaban palmeras de los géneros *Chamaedorea* y *Geonoma*. Alonso (1986) recomienda establecer sombra permanente de preferencia plantas de leguminosas ya que ayudan a fijar nitrógeno en el suelo. Recorridos realizados en Tabasco en el año de 1887 por Roviroso (2006) encontró que el cacao se cultivaba junto a árboles de *Erythrina* spp. y *Robinia* spp., que le proporcionaban sombra, tales plantaciones se encontraban cerca de los ríos Tujilá, Michol, en San Diego. En Yucatán el cacao se plantaba cerca de fuentes de agua de rejollas o cenotes, para regar las plantas cuando fuera necesario, donde también plantaban árboles frutales (Gallareta, 2007). Actualmente los sistemas agroforestales, son formas de uso y manejo de los recursos naturales (Ferrera y Alarcón, 2001). De acuerdo con Elliot y Cole (1989) un agroecosistema puede entenderse como un ecosistema conformado por una comunidad biótica y un ambiente físico con el que esta comunidad interactúa. El cacao es un cultivo perenne que permite compartir el espacio físico con otras especies (Young, 1994; Rice y Greenberg, 2000; Ibarra y Estrada, 2001) en donde pueden ocupar diferentes estratos biológicos dentro del sistema agroforestal, este cultivo establecido bajo sombra permite el desarrollo de un sistema sostenible (Krishnamurthy y Ávila, 1999). La condición umbrófila del cacao permite la acumulación de materia orgánica en el suelo proporcionando nutrientes a la planta, así como el desarrollo de diversos hongos benéficos en el control biológico (Torres-De la Cruz *et al.*, 2015), además de la presencia de insectos que permite la polinización (Goitia *et al.*, 1992; Martínez *et al.*, 2000; Bravo *et al.*, 2011). De acuerdo con lo anterior, se planteó el siguiente objetivo, determinar la frecuencia y diversidad de especies vegetales asociadas en el agroecosistema cacao (*T. cacao* L.) del estado de Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

El Estado de Tabasco cuenta con una temperatura media anual de 27°C, la temperatura máxima promedio es de 36°C presentándose en el mes de mayo, la temperatura mínima promedio de 18.5°C durante el mes de enero. La precipitación media anual de 2,550 mm. El 95.5% de la superficie del estado presenta clima cálido húmedo, el restante 4.5% es clima cálido subhúmedo hacia la parte este del estado (INEGI, 2017).

Localidades de muestreo.

Se muestreo de forma aleatorizada plantaciones de cacao en tres subregiones del estado de Tabasco que cuentan con actividad cacaotera: Chontalpa (Huimanguillo, Cárdenas, Cunduacán, Comalcalco y Paraíso), Centro (Jalpa de Méndez, Centro y Nacajuca) y Sierra (Teapa y Tacotalpa), visitando un total de 55 plantaciones, así mismo se muestrearon tres puntos en la Zona Nortes de Chiapas. Los recorridos de campo se realizaron del periodo 2016 al 2017, con un total de 58 plantaciones visitadas (Figura 1).

Composición florística.

Se analizó la diversidad arbórea encontrada, a través de su frecuencia absoluta, para lo cual se tomó registro de los diversos árboles en cada uno de los sitios, la edad de las plantaciones, usos frecuentes de las especies, para lo cual se georeferenció cada sitio (coordenadas y altitud) (Figura 1), las plantas se identificaron taxonómicamente en especies y familias a través de la comparación con la literatura especializada en flora del Estado (Magaña, 1995; Centurión *et al.*, 2000; Maldonado *et al.*, 2000; Centurión *et al.*, 2004; Ochoa *et al.*, 2008; Ochoa-Ganoa *et al.*, 2008; Magaña, 2010; López *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estudio se encontró que las plantaciones de *T. cacao* en el estado de Tabasco (Figura 1) se localizan a altitudes de -16 m en la Subregión Centro hasta los 133 m en la Subregión Sierra y 189 a 323 m en la Zona Nortes de Chiapas, rangos que difieren a lo reportado por López *et al.* (2011) ya que estos recomiendan cultivar a una altitud máxima de 1,200 m, donde la óptima es de 300 a 400 y de 600 a 800 m. En el estudio se notó que la diversificación y expansión del cultivo es heterogénea con respecto a su altitud.

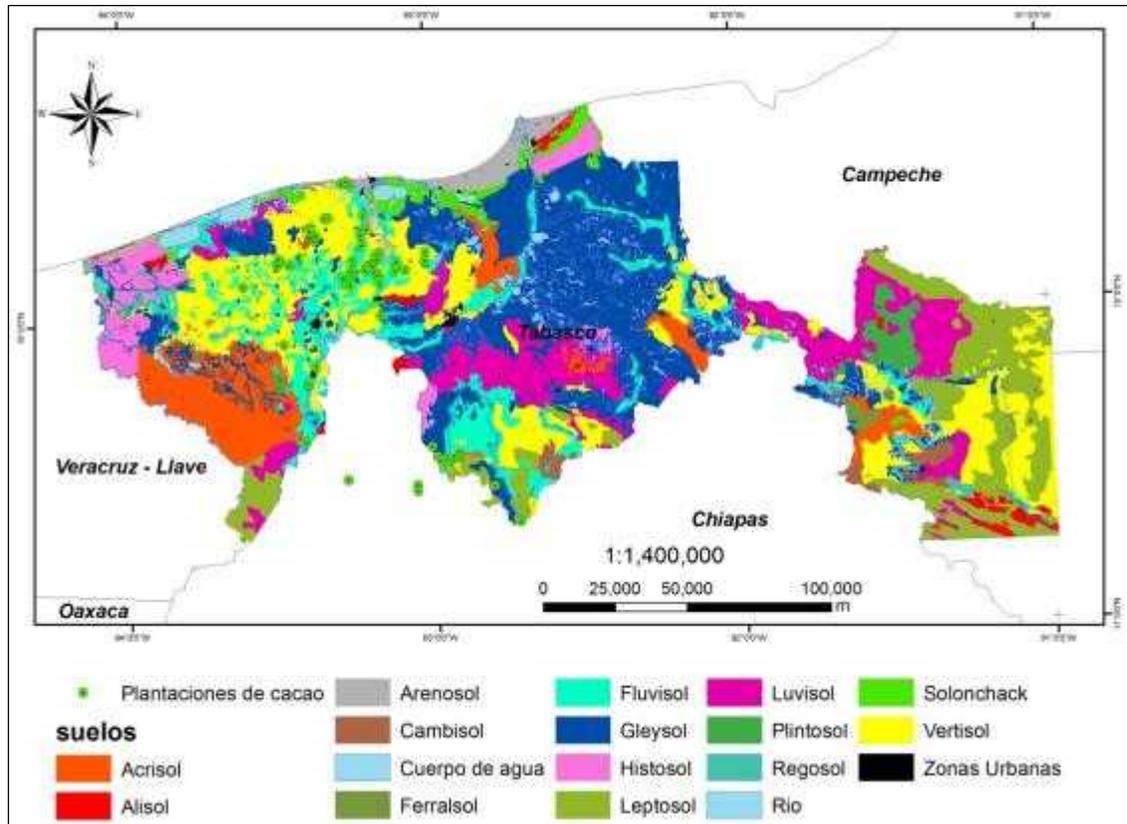


Figura 1. Distribución de los puntos de muestreo en el estado de Tabasco y Norte de Chiapas, México.

La riqueza de la diversidad arbórea, fue de un total de 84 especies, en las tres Subregiones, las cuales pertenecen a vegetaciones nativas e introducidas que se clasificaron en 40 familias, siendo las Fabaceae las más frecuentes registrando un total de ocho especies diversas, las Moraceae y Rutaceae con seis diferentes especies (Cuadro 1). Las Fabaceae enriquecen e incrementan la fertilidad de los suelos, por medio del mecanismo de fijación de nitrógeno ambiental por quimiosíntesis a moléculas orgánicas, a través de un proceso simbiótico con bacterias fijadoras de nitrógeno (Parrish *et al.*, 1999). Las Moraceae se usan en la región para consumo humano y algunas para industrializar el producto extraído, mientras que la Rutaceae identificadas son frutales que potencialmente pueden incrementar la economía del cacaocultor. Roa-Romero *et al.* (2009) en un análisis florístico realizado en la región del Soconusco, Chiapas identifico 46 especies agrupadas en 21 familias, sobresaliendo la Fabaceae, Palmaceae y Rutaceae, encontrando similitud en el estudio con el realizado. Así mismo López *et al.* (1996) y Ramírez (1997) recomiendan plantas de la familia Fabaceae como arboles asociados al cacao, adema que proporcionan leña, madera, frutas o un ingreso semipermanente al productor.

Las especies de mayor frecuencia en los plantíos evaluados fueron *Cedrela odorata* (L.) Gaert., *Citrus sinensis* (L.) Osb., *Gliricidia sepium* y *Diphysa robinoides* Benth, en un segundo grupo encontramos a las especies *Mangifera* spp., *Musa paradisiaca* L. y *Colubrina* spp. (Cuadro 1), dentro de estas especies destacan los frutales y las maderables, Limón (1945) menciona el empleo de leguminosas como *Gliricidia sepium*, *Diphysa robinoides* Benth. y *Erythrina* spp. útiles en el sistema cacaotero de Tabasco; por otro lado, el estudio de García (1983) indica el uso de especies de *Gliricidia sepium*, *Diphysa robinoides*, *Erythrina* spp., *Colubrina* spp., *Cedrella odorata* y *Tabebuia rosea*, en plantaciones de cacao en el municipio de Comalcalco, Tabasco. En el estado de Chiapas en el municipio de Tuzantan el sistema agroforestal cacao esta asociados a las especies de *Cedrela odorata* y *Tectona grandis* (CONAFOR, 2013), por lo que FEDECACAO (2013) recomienda *Cedrela odorata* (L.) Gaert., ya que no exige medidas silviculturales o de manejo agronómico para su correcto desarrollo pudiendo aprovechar su madera posteriormente. Ramírez-Meneses *et al.* (2013) y Sánchez *et al.* (2016), en estudios realizado en el sistema agroforestal cacao en el municipio de Cárdenas, encontraron que están asociado *Diphysa robinoides*, *Colubrina arborescens*,

Erythrina spp. *Samanea saman* y *Cedrela odorata*, *Musa* spp., y *Persea americana*. Domínguez y Sánchez (1989) y Gonzales y Villarreal (1989) notaron que en el cultivo de café y cacao se establece una extensa gama de plantas para sombra entre las que destacan *Erythrina* spp., *Pithecellobium sanan*, *Gilrlandia sepium*, *Brosiaun alicastrum*, *Inga* spp., *Grevillia robusta*, *Cordia alliodora*, *Hiaenaea courbaril*, además enfatizan que al aumentar la sombra, se incrementa el contenido del nitrógeno, potasio y calcio en el suelo; por otra parte Córdova-Ávalos *et al.* (2001), indican que el productor cultiva plantas del tipo maderables, frutales, medicinales y condimentales dentro del agroecosistema cacao para obtener un ingreso complementario a su economía familiar.

Cuadro 1. Diversidad de especies vegetales asociadas al sistema agroforestal cacao *T. cacao* L.

Familia	Especies	Nombre Común	Frec. abs.
Anacardiaceae	<i>Mangifera</i> spp.	Mango	18
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo	2
Annonaceae	<i>Annona reticulata</i> L.	Anona roja	4
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	6
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L.	Coco	17
Arecaceae	<i>Astrocaryum mexicanum</i> Liebm.	Palma mixte	1
Arecaceae	<i>Bactris baculifera</i> Karw. ex Mart. Wess. Baer.	Jahuacte	1
Arecaceae	<i>Roystonea regia</i>	Palma real	4
Arecaceae	<i>Attalea butyracea</i> [Mutis ex L.F.] Wess. Baer	Corozo	8
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Maculis	13
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Achiote	3
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	3
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavón) Cham.	Bojón	1
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Rose.	Palo Mulato	5
Cactaceae	<i>Hylocereus undatus</i> (Haworth) Britt & Rose.	Pitahaya	3
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	2
Caricaceae	<i>Carica mexicana</i> (A. DC.) L.O. Williams.	Papayita	4
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Icaco	2
Chrysobalanaceae	<i>Couepia polyandra</i> (Kunth) Rose.	Uspí	1
Clusiaceae	<i>Mammea americana</i> L.	Mamey	6
Commelinaceae	<i>Tradescantia spathacea</i> Sw.	Maguey morado	4
Commelinaceae	<i>Zebrina pendula</i> Schmitzl.	Matalí	2
Cucurbitaceae	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Swartz.	Chayote	2
Elaeocarpaceae	<i>Muntingia calabura</i> L.	Capulin	1
Fabaceae	<i>Inga spuria</i> H. B. K. ex Willd.	Chelele	1
Fabaceae	<i>Inga jinicuil</i> Schlecht.	Cujinicuil	5
Fabaceae	<i>Tamarindus indicus</i>	Tamarindo	2
Fabaceae	<i>Erythrina fusca</i>	Eritrina	14
Fabaceae	<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	Chipilcoite	24
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoíte	27
Fabaceae	<i>Erythrina americana</i> Mill.	Moté	13
Fabaceae	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	Palo gusano	1
Heliconiaceae	<i>Heliconia collinsiana</i>	Heliconia colgante	1
Heliconiaceae	<i>Heliconia latisphata</i> Benth.	Tanay	3
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	13
Lauraceae	<i>Persea schiedeana</i> Ness.	Chinín	4
Lauraceae	<i>Cinnamomum verum</i>	Canela	1
Leguminosae	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Samán	1
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.	Nance	1
Malvaceae	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Majagua	4
Malvaceae	<i>Theobroma bicolor</i> H. & B.	Pataste	5
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácimo	12
Marantaceae	<i>Calathea lutea</i> (Aubl.) G.F.W. Meyer.	Hoja de tó	14

Familia	Especies	Nombre Común	Frec. abs.
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Caoba	7
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> (L.) Gaert.	Cedro	30
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Nim	1
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Park.) Fosb.	Castaña	15
Moraceae	<i>Arthocarpus humilis</i> Becc.	Pan de sopa	1
Moraceae	<i>Ficus glaucescens</i> (Lieb.) Miq.	Amate	1
Moraceae	<i>Hevea brasiliensis</i>	Hule	2
Moraceae	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	Palo de hule	8
Moraceae	<i>Ficus padifolia</i> Kunth.	Matapalo	1
Musaceae	<i>Musa sapientum</i> L.	Guineo ratúan	3
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Plátano macho	18
Myrtaceae	<i>Eugenia jambos</i> L.	Pomarrosa	2
Myrtaceae	<i>Syzygium aromaticum</i> Merr. & L.M. Perry.	Clavo	1
Myrtaceae	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	Pimienta	15
Orchidaceae	<i>Vanilla planifolia</i> Andrews.	Vainilla	4
Orchidaceae	Orchidaceae spp.	Orquídea	5
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	2
Passifloraceae	<i>Passiflora quadrangularis</i> L.	Jujo	2
Piperaceae	<i>Piper auritum</i> H.B.K.	Momo	4
Poaceae	<i>Phyllostachys bambusoides</i>	Bambú	2
Rhamnaceae	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Jacq.	Tatuán	18
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	3
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Jagüe	1
Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swing.	Limón Criollo	6
Rutaceae	<i>Citrus limettioides</i> Tanaka.	Limón dulce/ lima	2
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Mandarina cajera	3
Rutaceae	<i>Citrus nobilis</i> Andr.	Mandarina criolla	4
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osb.	Naranja dulce	29
Rutaceae	<i>Citrus grandis</i> L. Osbeck.	Naranja grey	2
Sapindaceae	<i>Phyllanthus acidus</i> (L.) Skell.	Grosella amarilla	1
Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i> (Kunth) Radlk.	Guaya	1
Sapindaceae	<i>Litchi chinensis</i>	Lichi	1
Sapindaceae	<i>Nephelium lappaceum</i>	Rambután	1
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito	1
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) Royen.	Chicozapote	3
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq) H.E. More and Stearn.	Zapote	5
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> (Dun.) Heisser y Pickers.	Chile amashito	17
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>Conoides</i> Irish.	Chile picopaloma	1
Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Guarumo	9
Verbenaceae	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Melina	1
Zingiberaceae	<i>Alpinia purpurata</i> K.Schum.	Eliconia/Hawayana	1

En la subregión Chontalpa se encontró una diversidad de 65 especies, destacando *Cedrela odorata* (L.) Gaert., *Gliricidia sepium* y *Citrus sinensis* (L.) Osb., 37 familias siendo las Fabaceae, Rutaceae y Arecaceae las de mayor frecuencia. La subregión Centro con 48 especies *Diphysa robinoides* Benth., *Mangifera* spp. y *Cedrela odorata* (L.) Gaert., sobresaliendo 26 familias con más diversidad las Fabaceae, Moraceae y Rutaceae. La subregión de la Sierra presentó 24 especies las más notorias *Cecropia obtusifolia* Bertol., *Musa paradisiaca* L., *Citrus sinensis* (L.) y *Gliricidia sepium* y 18 familias con mayor especie las Fabaceae, mientras que la Zona Norte de Chiapas la diversidad fue de 27 especies destacando *Citrus sinensis* (L.) Osb., distribuidas en 19 familias donde las Fabaceae y Moraceae fueron las más diversas. Se identificó en los municipios de Cunduacán y Comalcalco las plantaciones de mayor diversidad arbórea, la primera con

33 especies y la segunda con 25 especies, para Zona Norte de Chiapas se encontró la tercera plantación con mayor diversidad con 23 especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Diversidad en número de especies vegetales presentes en agroecosistemas cacao.

Subregión	Municipio	msnm	Especies	Subregión	Municipio	msnm	Especies
Chontalpa	Cunduacán	21	33	Centro	Jalpa de Méndez	15	7
Chontalpa	Comalcalco	23	25	Chontalpa	Cárdenas	9	7
Zona Norte	Ixtacomitán	190	23	Chontalpa	Comalcalco	15	7
Centro	Jalpa de M.	13	19	Chontalpa	Comalcalco	3	7
Centro	Jalpa de M.	2	18	Chontalpa	Huimanguillo	32	7
Chontalpa	Comalcalco	3	16	Chontalpa	Paraíso	-1	7
Chontalpa	Cunduacán	19	15	Chontalpa	Cárdenas	18	6
Chontalpa	Huimanguillo	49	15	Chontalpa	Cunduacán	-9	6
Centro	Jalpa de Méndez	19	12	Chontalpa	Cunduacán	27	6
Centro	Nacajuca	-6	12	Centro	Centro	42	5
Zona Norte	Ixtacomitán	323	12	Centro	Jalpa de M.	32	5
Centro	Jalpa de M.	7	10	Centro	Jalpa de M.	37	5
Centro	Jalpa de M.	25	10	Chontalpa	Cárdenas	8	5
Chontalpa	Cárdenas	7	10	Chontalpa	Cunduacán	14	5
Chontalpa	Comalcalco	37	10	Centro	Jalpa de M.	8	4
Chontalpa	Comalcalco	-1	10	Chontalpa	Cárdenas	24	4
Chontalpa	Comalcalco	2	10	Chontalpa	Comalcalco	5	4
Chontalpa	Comalcalco	18	10	Chontalpa	Comalcalco	12	4
Chontalpa	Huimanguillo	39	10	Sierra	Tacotalpa	89	4
Chontalpa	Comalcalco	5	9	Sierra	Tacotalpa	88	4
Chontalpa	Cunduacán	-2	9	Chontalpa	Cunduacán	26	3
Chontalpa	Huimanguillo	35	9	Chontalpa	Cunduacán	21	3
Sierra	Tacotalpa	123	9	Chontalpa	Huimanguillo	49	3
Sierra	Teapa	98	9	Centro	Nacajuca	-16	2
Sierra	Teapa	44	9	Chontalpa	Paraíso	13	2
Chontalpa	Comalcalco	6	8	Chontalpa	Paraíso	-24	2
Chontalpa	Cunduacán	13	8	Zona Norte	Ixtacomitán	189	2
Chontalpa	Huimanguillo	36	8	Centro	Nacajuca	-6	1
Chontalpa	Paraíso	-3	8	Sierra	Teapa	133	1

En lo que respecta al aprovechamiento (cuadros 3a y 3b), destacan las especies “comestibles” como *Citrus sinensis* (L.) Osb., *Musa paradisiaca* L., *Mangifera spp.*, *Cocos nucifera* L. y *Artocarpus altilis* (Park.) Fosb. Otro grupo destacado fue el de “varios usos” indicando que estas especies presentan más de una utilidad, entre ellos *Gliricidia sepium*, *Diphysa robinoides* Benth., *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Dun.) Heisser y Pickers., *Calathea lutea* (Aubl.) G.F.W. Meyer. y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. Especies de otros usos fueron: construcción, cerca viva, especias, forestal, ornamental, industrial, maderable, medicinal y uso desconocido, Moreno-Calles *et al.* (2013), en una revisión encontró que se emplea una diversidad de especies de árboles cultivados en los cacaotales, destacando las especies maderables y frutales, entre otras.

Cuadro 3a. Principales usos comunes de la diversidad florística.

Familia	Especies	Nombre Común	Frec. abs.
Comestible			
Anacardiaceae	<i>Mangifera spp.</i>	Mango	18
Annonaceae	<i>Annona reticulata</i> L.	Anona roja	4
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	6
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L.	Coco	17
Arecaceae	<i>Astrocaryum mexicanum</i> Liebm.	Palma mixte	1
Cactaceae	<i>Hylocereus undatus</i> (Haworth) Britt & Rose.	Pitahaya	3

Familia	Especies	Nombre Común	Frec. abs.
Caricaceae	<i>Cariaca papaya</i> L.	Papaya	2
Caricaceae	<i>Carica mexicana</i> (A. DC.) L.O. Williams.	Papayita	4
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Icaco	2
Chrysobalanaceae	<i>Couepia polyandra</i> (Kunth) Rose.	Uspí	1
Clusiaceae	<i>Mammea americana</i> L.	Mamey	6
Cucurbitaceae	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Swartz.	Chayote	2
Elaeocarpaceae	<i>Muntingia calabura</i> L.	Capulín	1
Fabaceae	<i>Inga spuria</i> H. B. K. ex Willd.	Chelele	1
Fabaceae	<i>Inga jinicuil</i> Schlecht.	Cujinicuil	5
Fabaceae	<i>Tamarindus indicus</i>	Tamarindo	2
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	13
Lauraceae	<i>Persea schiedeana</i> Ness.	Chinín	4
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.	Nance	1
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Park.) Fosb.	Castaña	15
Moraceae	<i>Arthocarpus humilis</i> Becc.	Pan de Sopa	1
Musaceae	<i>Musa sapientum</i> L.	Guineo ratúan	3
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Plátano macho	18
Myrtaceae	<i>Eugenia jambos</i> L.	Pomarrosa	2
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	2
Passifloraceae	<i>Passiflora quadrangularis</i> L.	Jujo	2
Piperaceae	<i>Piper auritum</i> H.B.K.	Momo	4
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	3
Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swing.	Limón Criollo	6
Rutaceae	<i>Citrus limettioides</i> Tanaka.	Limón dulce (lima)	2
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Mandarina cajera	3
Rutaceae	<i>Citrus nobilis</i> Andr.	Mandarina criolla	4
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osb.	Naranja dulce	29
Rutaceae	<i>Citrus grandis</i> L. Osbeck.	Naranja grey	2
Sapindaceae	<i>Phyllanthus acidus</i> (L.) Skell.	Grosella amarilla	1
Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i> (Kunth) Radlk.	Guaya	1
Sapindaceae	<i>Litchi chinensis</i>	Lichi	1
Sapindaceae	<i>Nephelium lappaceum</i>	Rambután	1
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito	1
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) Royen.	Chicozapote	3
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq) H.E. More and Stearn.	Zapote	5
Construcción			
Arecaceae	<i>Bactris baculifera</i> Karw. ex Mart. Wess. Baer.	Jahuacte	1
Arecaceae	<i>Roystonea regia</i>	Palma real	4
Poaceae	<i>Phyllostachys bambusoides</i>	Bambú	2
Cerco Vivo			
Moraceae	<i>Ficus glaucescens</i> (Lieb.) Miq.	Amate	1
Especies			
Myrtaceae	<i>Syzygium aromaticum</i> Merr. & L.M. Perry.	Clavo	1
Myrtaceae	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	Pimienta	15
Orchidaceae	<i>Vanilla planifolia</i> Andrews.	Vainilla	4
Forestal			
Verbenaceae	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Melina	1
Ornamental			
Heliconiaceae	<i>Heliconia collinsiana</i>	Heliconia colgante	1
Heliconiaceae	<i>Heliconia latisphata</i> Benth.	Tanay	3
Orchidaceae	<i>Orchidaceae</i> spp.	Orquídea	5
Zingiberaceae	<i>Alpinia purpurata</i> K.Schum.	Eliconia/Hawayana	1

Familia	Especies	Nombre Común	Frec. abs.
Industrial			
Moraceae	<i>Hevea brasiliensis</i>	Hule	2
Moraceae	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	Palo de Hule	8
Maderable			
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	3
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavón) Cham.	Bojón	1
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Caoba	7
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> (L.) Gaert.	Cedro	30
Medicinal			
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Nim	1
Sombra			
Fabaceae	<i>Erythrina fusca</i>	Eritrina	14
Leguminosae	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Samán	1
Uso Desconocido			
Malvaceae	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Majagua	4
Moraceae	<i>Ficus padifolia</i> Kunth.	Matapalo	1

El estudio indica que las plantaciones de cacao en el estado de Tabasco oscilan entre 15 y 100 años. Mientras que Ramírez-Meneses *et al.* (2013) y Sánchez *et al.* (2016), encontraron plantaciones de hasta 50 años de edad y Córdova-Ávalos *et al.* (2001) identificó plantaciones de 70 años. Considerando la diversidad de especies por edad de plantación, se encontró que la frecuencia de especies predominantes en plantaciones de 15 a 25 años fueron *Cedrela odorata* (L.) Gaert., *Gliricidia sepium*, *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Dun.) Heisser y Pickers., así como 10 especies más de árboles. En las de 45 a 100 años, la frecuencia de árboles presentes fueron *Cedrela odorata* (L.) Gaert., *Erythrina fusca*, *Castilla elastica* Cerv. y *Orchidaceae* spp., donde la mayor diversidad de árboles se encontró en una plantación de 50 años con 23 especies diferentes.

Cuadro 3b. Diversos usos comunes de la diversidad florística.

Familia	Especies	Nombre Común	Usos	Frec. abs.
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo	Comestible, Cercos vivos	2
Arecaceae	<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L.F.) Wess. Baer.	Corozo	Construcción, Artesanal (jabón)	8
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Maculis	Medicinal, Ornamental, Maderable	13
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Achiote	Comestible, Medicinal	3
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Rose.	Palo Mulato	Medicinal, Cercos vivos	5
Commelinaceae	<i>Tradescantia spathacea</i> Sw.	Maguey morado	Medicinal, Ornamental	4
Commelinaceae	<i>Zebrina pendula</i> Schmitzl.	Matalí	Medicinal, Ornamental	2
Fabaceae	<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	Chipilcoite	Sombra, Cercos vivos, Leña	24
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocoíte	Sombra, Cercos vivos, Medicinal	27

Familia	Especies	Nombre Común	Usos	Frec. abs.
Fabaceae	<i>Erythrina americana</i> Mill.	Moté	Sombra, Comestible	13
Fabaceae	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	Palo gusano	Maderable, Cercos vivos	1
Lauraceae	<i>Cinnamomum verum</i>	Canela	Comestible, Medicinal, Especia	1
Malvaceae	<i>Theobroma bicolor</i> H. & B.	Pataste	Comestible, Industrial, Medicinal, Sombra	5
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácimo	Cercos vivos, Leña, Medicinal	12
Marantaceae	<i>Calathea lutea</i> (Aubl.) G.F.W. Meyer.	Hoja de tó	Comestible, Medicinal, Embalaje	14
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Jagüe	Comestible, Maderable	1
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> (Dun.) Heisser & Pickers.	Chile amashito	Comestible, Medicinal	17
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>conooides</i> Irish.	Chile picopaloma	Comestible, Medicinal	1
Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Guarumo	Maderable, Medicinal	9

CONCLUSIONES

Al realizar el estudio se observó que el agroecosistema cacao cuenta con una diversidad vegetal extensa, donde está integrado por especies forestales, frutales, ornamentales y especias, entre otras, donde la mayor diversidad se presentó en la Subregión de la Chontalpa.

Agradecimiento

Se agrade al INIFAP por el financiamiento del proyecto con número SIGI 12303033827 a través de Proyectos Fiscales.

LITERATURA CITADA

- Alonso, V. R. 1986. Manual de producción del cultivo del cacao en el Estado de Tabasco. INIFAP-CIAGOC. Folleto para productores Núm.1. 12p.
- Alverson, W. S., B. A. Whitlock, R. Nyfeller, C. Bayer and D. A. Baum. 1999. Phylogeny of the core Malvales: Evidence from ndhF sequence data. *Amer. J. Bot.* 86: 1474-1486.
- Alzate, D. J. A. 1831. Gaceta de literatura de México. Tomo Cuarto. Puebla. 496 p.
- Argout, X., J. Salse, J. M. Aury, M. J. Guiltinan, G. Droc, J. Gouzy, M. Allegre, C. Chaparro, T. Legavre, S. Maximova N., M. Abrouk, F. Murat, O. Fouet, J. Poulain, M. Ruiz, Y. Roguet, M. Rodier-Goud, J. F. Barbosa-Neto, F. Sabot, D. Kudrna, J. S. S. Ammiraju, C. Schuster S., J. E. Carlson, E. Sallet, T. Schiex, A. Dievert, M. Kramer, L. Gelle, Z. Shi, A. Berard, C. Viot, M. Boccara, A. M. Risterucci, V. Guignon, X. Sabau, M. J. Axtell, Z. Ma, Y. Zhang, S. Brown, M. Bourge, W. Golser, X. Song, D. Clement, R. Rivallan, M. Tah, J. M. Akaza, B. Pitollat, K. Gramacho, A. D'Hont, D. Brunel, D. Infante, I. Kebe, P. Costet, R. Wing, W. R. McCombie, E. Guiderdoni, F. Quetier, O. Panaud, P. Wincker, S. Bocs, and C. Lanaud. 2011. The genome of *Theobroma cacao*. *Nat. Genet.* 43: 101-108.
- Benavente T. 1903. Historia de los indios de Nueva España, México, Editorial Chávez Hayhoe. 216 p.
- Bravo, M. J. C., Somarriba, E. y Arteaga, G. 2011. Factores que afectan la abundancia de insectos polinizadores del cacao en sistemas agroforestales. *Revista de Ciencias Agrícolas XXVIII* (1): 119-131.
- Centurion, H. D., Espinosa, M. J. y Cázares, C. J.G. 2000. Catálogo de plantas de uso alimentario tradicional en la Región Sierra del Estado de Tabasco. UJAT. 50 p.
- Centurión, H.D., Cázares, C. J.G. y Espinosa, M. J. 2004. Inventario de recursos filogenéticos alimentarios de Tabasco. UJAT. 195 p.
- Coe, M. y Coe, S. 2013. La verdadera historia del chocolate. Trad. Marco Antonio Pulido Rull. Fondo de Cultura Económica, México. 396 p.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2013. Sistemas agroforestales maderables en México. UACH. 146 p.
- Conquistador Anónimo. 1941. México, Editorial América. 30 p.

- Córdova-Ávalos, V., Sánchez-Hernández, M., Estrella-Chulím, N.G., Macías-Layalle, A., Sandoval-Castro, E., Martínez-Saldaña, T. y Ortiz-García, C. Fredy. 2001. Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Ejido Francisco I Madero del Plan Chontalpa Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 34(17):93-100.
- Cuatrecasas, J. 1964. Cacao and its allies: A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contributions to the U.S. Natural Herbarium* 35(6): 379-614.
- Domínguez, A. F.A. y Sánchez, V. A. 1989. Los sistemas agroforestales en México: Un ensayo de integración de cuatro técnicas empleadas. In: Simposio Agroforestal en México: sistemas y métodos de uso múltiple del suelo. *Memorias Tomo I. UANL. Linares, Nuevo León. México.* pp. 22-36.
- Elliot, E.T. y Cole, C.V. 1989. A perspective on agroecosystem science. *Ecology* 70 (6): 1597-1602.
- Faustino, M. 1960. Cacao silvestre en la selva lacandona, Chiapas, México. IB-UN. 10 p.
- FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros). 2013. Guía ambiental para el cultivo del cacao. Segunda edición. Fondo Nacional del Cacao. Bogotá, Colombia. 126 p.
- Fernández de Oviedo, V. G. 1851. Historia general y natural de las indias, islas y tierra firme del mar océano. Madrid, España. 632 p.
- Ferrera, C.R. y Alarcón, A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum* 8(2):175-183.
- Gallareta N., T. 2007. Cenotes y asentamientos humanos en Yucatán, Cenotes en el área maya. *Arqueología mexicana* 14(83):36-43.
- Gallegos, F. 1676. Memorial que contiene las materias y progresos del Ch'ol y Manche, presentado a su señoría don Francisco de Escobedo [...]. Editorial José de Pineda Ibarra, Guatemala.
- Goitia, W., Bosque, C. y Jaffe, K. 1992. Interacción hormiga-polinizador en cacao. *Turrialba* 42(2):178-186.
- González, V.C.E. y Villarreal, C. R. 1989. Agrosilvicultura. Perspectivas en el tiempo y en el espacio. In: Simposio Agroforestal en México: sistemas y métodos de uso múltiple del suelo. *Memorias Tomo I. UANL. Linares, Nuevo León. México.* pp.66.
- Ibarra, M. A. y Estrada, M. 2001. Avifauna asociada a dos cacaotales tradicionales en la región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 17(34):101-112.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2017. Información por identidad. Consultado: 10 de junio 2017. <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tab/territorio/default.aspx?tema=me&e=27>
- Jiménez, G. E. 1995. Imágenes rituales en el código Azoyú 1. *ECN*. 20:307-318.
- Krishnamurthy, L. y Ávila, M. 1999. Agrofiteria básica. PNUMA-FAO. Red de Información Ambiental. México.
- Limón, B. B. 1945. Algunas enfermedades fungosas del cacaotero en Tabasco. México, D.F. 59 p.
- López, A. P., Ramírez, G. M., Alexander, M. L. 2011. Programa estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sureste de México: Trópico Húmedo 2011. Paquete tecnológico cacao (*Theobroma cacao* L.) establecimiento y mantenimiento. INIFAP-CIRGOC. 9 p.
- López, A. P.A., Delgado, N. V. H., Azpeitia, M. A. y López, A. J. I. 1996. Manual de producción del cultivo de cacao en Tabasco. INIFAP-CIRGOC. Folleto técnico. 26 p.
- López, M. R., Díaz, P.G., Salazar, G. J.G., García, M. L.E. y Guajaro, P. R. A. 2013. Árboles nativos en el sombreado de cafetales: Caso de la zona Centro del estado de Veracruz. INIFAP-CIRGOC. 184 p.
- Macarro, S.1580. Relación de Tancitaro, 1580. In: Ochoa, Á. y Sánchez, D. G. Relaciones y memoria. pp 160-161.
- Magaña, A. M. A. 1995. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas de Tabasco. *UJAT*. 205 p.
- Maldonado, M. F., Vargas, S.G., Molina, M. R.F. y Sol, S.A. 2000. Frutales tropicales de Tabasco. *UJAT*. 137 p.
- Martínez, A., Narváez, Z. y Spinelli, G. R. 2000. Mosquitas polinizadoras (Diptera: Ceratopogonidae) del cacao colectadas en comunidades Piara en Amazonas, Venezuela. *Bol. Entomol. Venez.* 15: 249-253.
- Moreno-Calles A.I., M. Toledo, V. y Casas, A. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Sciences* 91(4): 375-398.
- Motamayor, J. C., K. Mockaitis, J. Schmutz, N. Haiminen, D. Livingstone, O. Cornejo, S. D. Findley, P. Zheng, F. Utro, S. Royaert, C. Sasaki, J. Jenkins, R. Podicheti, M. Zhao, B. E. Scheffler, J. C. Stack, F. A. Feltus, G. M. Mustiga, F. Amores, W. Phillips, J. P. Marelli, G. D. May, H. Shapiro, J. Ma, C. D. Bustamante, R. J. Schnell, D. Main, D. Gilbert, L. Parida, and D. N. Kuhn. 2013. The genome sequence of the most widely cultivated cacao type and its use to identify candidate genes regulating pod color. *Genome Biol.* 14:53.
- Motamayor, J.C., P. Lachenaud, J. Wallace, G. Loor, D. N. Kuhn, J. S. Brown, and R. J. Schnell. 2008. Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree. *PLoS One* 3: e3311. doi:10.1007/s12042-008-9011-4.
- Ochoa, G.S., Villanueva, L.G., Hernández, M. I. y Pérez, H. I. 2008. Manual de semillas de especies forestales de las montañas de Tenosique, Tabasco. *ECOSUR*. 98 p.
- Ochoa-Gaona, S., Pérez, H. I. y Jimenez, P.N.C. 2008. Descripción de las especies de árboles más comunes de la Sierra de Tenosique, Tabasco, México. 13 p.
- Parrish, J., Reitsma, R., Greenberg, R., McLarney, W., Mack, R. y Lynch, J. 1999. Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. *Agroforestería en las Américas* 6(22):16-19.
- Powis, T. G., Cypher, A., Gaikwad, N. W., Grivetti, L. y Cheong, K. 2011. Cacao use and the San Lorenzo Olmec. *PNAS* 108(21): 8595-8600.
- Ramírez, D. F. J. 1997. Sistema agroindustrial cacao en México y su comportamiento en el mercado. *UACH-CIESTAAM*. 161 p.
- Ramírez-Meneses, A.; García-López, E.; Obrador-Olán J.J.; Ruiz- Rosado, O. y Camacho-Chiu, W. 2013. Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 29(3):215-230.
- Rice, R., Greenberg, R. 2000. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio*. 29(3):167-173.
- Roa-Romero, H. A., Salgado-Mora, M. G. y Álvarez-Herrera, J. 2009. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en El Soconusco, Chiapas, México. *Acta biol. Colomb.*14(3):97-110.
- Robelo, C. A. 1904. Diccionario de aztequismos o sea catálogo de las palabras del idioma Nahuatl, Azteca ó Mexicano. pp. 243-247.
- Rovirosa, A.J.N. 2006. Estudios científicos. Gobierno del Estado de Tabasco. 144 p.
- Sánchez, G. F., Pérez-Flores, J., Obrador, O. J.J., Sol, S. Á. y Ruiz-Rosado, O. 2016. Árboles maderables en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Publicación Especial* 14:2711-2723.

- Thomas E., M. van Zonneveld, J. Loo, T. Hodgkin, G. Galluzzi, and J. van Etten. 2012. Present spatial diversity patterns of *Theobroma cacao* L. in the Neotropics reflect genetic differentiation in pleistocene refugia followed by human-influenced dispersal. *PLoS ONE* 7(10): e47676. doi:10.1371/journal.pone.0047676.
- Torquemada, J. 1943. *Monarquía Indiana*, México. Edi. Salvador Chávez Hayhoe. Vol. 11. 620 p.
- Torres-De la Cruz, M., Ortiz-García, C. F., Bautista-Muñoz, C. Ramírez-Pool, J. A., Ávalos-Contreras, N., Cappello-García, S. y De la Cruz-Pérez, A. 2015. Diversidad de *Trichoderma* en el agroecosistema cacao del estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:947–961.
- Vilanova, P.J. 1891. *Protohistoria Americana*. Madrid, España.
- Young, M.A. 1994. El Retorno del cacao al bosque tropical húmedo. *Agrofor Am.* 6(22):28.

EXPLORACIONES ETNOBOTANICA EN MARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ PARA LA IDENTIFICACIÓN DE *Theobroma cacao* L.
ETHNOBOTANICAL EXPLORATION IN MARTINEZ DE LA TORRE, VERACRUZ TO *Theobroma cacao* L. IDENTIFICATION

¹Ramírez-Guillermo MA, ²Rodríguez-Quibrera CG, ³Solís-Bonilla JL

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Huimanguillo. km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400.

²INIFAP-Campo Experimental Ixtacuaco, km. 4.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Col. Rojo Gómez CP. 93600.

³INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa, carretera Tapachula-Cacahoatán km 18. Tuxtla Chico, Chiapas, México.

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

RESUMEN

El cacao *kakawa*, *Theobroma cacao* L. fue domesticado por los olmecas del sur de Veracruz, actualmente es de importancia social y económica a nivel mundial. Datos de historia antigua de México indican la presencia de la planta en diversas localidades ajenas a las actuales zonas potenciales de cultivo. En el presente estudio se planteó realizar exploraciones etnobotánicas para identificar genotipos de *T. cacao*. Para ello se visitaron localidades del municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, en donde se identificaron plantas de importancia agronómica, los frutos se caracterizaron morfológicamente y se clasificaron en híbrido (00053), forastero (00054) y criollo (00056). El consumo de cacao en la zona de estudio es en forma de chocolate y la bebida denominada champurrado. Se concluye que en México existen zonas en donde se conservan genotipos de importancia, como el morfotipo 00056 que puede ser parte de la riqueza genética del cacao Mexicano.

Palabras clave: cacao, criollo, forastero, híbrido, kakawa.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta perenne propio de los bosques tropicales, perteneciente a la familia Malvaceae (Alverson *et al.*, 1999). Es un cultivo de gran importancia social y económica a nivel mundial, en donde África aporta el 73.4% de la producción, América el 16.6%, Asia y Oceanía el 10% (ICCO, 2017). Tradicionalmente se reconocen tres morfotipos: criollo, forastero e híbridos (cruza entre criollo x forastero). Estudios recientes indican que la mayor diversidad genética de la especie se encuentra en el Alto Amazonas, el cual se dispersó hacia Centroamérica y el sur de México, actualmente se conocen 10 grupos genéticos (Motamayor *et al.*, 2008). La colección y conservación de árboles de cacao permite mantener un banco vivo de genes, sin embargo, es necesario conocer su variación y estructura genética, para eficientar el uso de los mejores genotipos en los programas de mejoramiento, tomando en cuenta caracteres como resistencia a enfermedades, rendimiento, sabor, contenido de grasa (porcentaje de lípidos en la semilla) y calidad (ácidos oleico, esteárico y palmítico), tolerancia al estrés abiótico y diversos rasgos como precocidad. Así las colectas realizadas en las exploraciones del Alto Amazonas durante los años 1930-1940 son empleadas actualmente en los programas de mejoramiento genético (Motamayor *et al.*, 2003).

En México, se cultivan 58,165 ha de cacao, en donde se producen 18,715 t (SIAP, 2017). Martínez (1894) y Standley (1926) indican que la planta de cacao prospera de manera silvestre en los bosques de Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas en el Pacífico y Veracruz, Tabasco y Campeche en el Golfo, sin embargo, su domesticación ocurrió hace 3,800 años (1800-1000 a. C.) por los Olmecas y Mokayas (Powis *et al.*, 2011; Coe y Coe, 2013). Bergmann (1969) y Díaz (2006) indican que la Región de la Chontalpa, Tabasco y el Soconusco, Chiapas fueron y actualmente son áreas de importancia en el cultivo de cacao, pero también hay otras áreas secundarias como el valle del río Ameca entre Jalisco-Nayarit, Michoacán, el valle de Colima y Zacatula-Atoyac (Cihuatlán) en Guerrero, la zona de Huatusco hasta Cuetlaxtlán y Tochtepec en Oaxaca, Tuxpan y Papantla cercanas al sitio arqueológico de El Tajín en Veracruz. De acuerdo a Gómez-Pompa *et al.* (1990) se sabe que las antiguas plantaciones de cacao se establecieron bajo un sofisticado agroecosistema, con una diversidad de plantas asociadas, así lo indican las exploraciones realizadas en Yucatán, en tanto que, en la Región de la Chontalpa, Tabasco el grupo étnico de los *Chontales* cultivaron el cacao bajo el esquema artificial de un bosque tropical. Mora (1958); Soria

(1961); Soria (1966); León (1989) indican la presencia de cacao criollo (nativo) y el tipo denominado "Lagarto" o "Pentágona" en plantaciones comerciales de Chiapas y Tabasco. Esto ha motivado a realizar exploraciones de importancia, para la identificación de plantas nativas, tal es el caso, que Miranda (1962) se adentró a la selva Lacandona en Chiapas, donde observó y describió una planta de cacao silvestre semitrepador, que posteriormente fue clasificada como *Theobroma cacao* subespecie *cacao* forma *lacandonense* Cuatr., ancestro común del cacao criollo (Cuatrecasas, 1964), planta similar fue identificada por Gómez-Pompa *et al.* (1990) en rejollas de Yucatán, México. Así mismo, Avendaño-Arrazate *et al.* (2013) observó la presencia de plantas de cacao criollo en el estado de Oaxaca.

Ramírez-Guillermo (2015a) y Ramírez-Guillermo *et al.* (2015b) indican que en plantaciones de cacao del estado de Tabasco existe una diversidad morfológica de frutos, que deben rescatarse, sin embargo, actividades como la renovación de plantaciones, incrementan la pérdida de genes de la especie y plantas de importancia agronómica. Por ello, se planteó realizar exploraciones etnobotánicas para identificar genotipos de *T. cacao* en Martínez de la Torre, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación exploratoria etnobotánica se llevó a cabo en septiembre del 2016, visitándose localidades del municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, localizada entre los paralelos 19° 58' y 20° 17' de latitud norte; los meridianos 96° 56' y 97° 10' de longitud oeste; altitud de 83 msnm, el clima predominante es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am) (79%), cálido húmedo con lluvias todo el año (Af) (20%) y semicálido húmedo con lluvias todo el año (ACf) (1%), con un rango promedio de 1,082.0 a 2,874.9 mm, temperatura promedio de 22 a 26°C, máximo 29.2°C, el suelo es de tipo Gleysol y Phaeozem (INEGI, 2016). Para identificar plantas de importancia, selección de plantas nativas (criollo) se tomó como criterio, el color blanco del cotiledón; para otras plantas se empleó su nivel de productividad, formas atípicas de los frutos y tolerancia a enfermedades. La caracterización morfológica de los frutos y semillas se realizó de acuerdo a Ramírez (2014) y Ramírez *et al.* (2015a). Ramírez, (2014) empleando técnicas moleculares identificó genotipos criollos resguardados en el banco de germoplasma del Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP en Tabasco: Criollo (Yaxcaba y Porcelana 3T1), Pentágona (RIM 68 y TF 45), Criollos moderno (T3C y C-1), así como genotipos forastero presente en plantaciones de la Región de la Chontalpa, Tabasco: Forastero (amelonado y calabacillo) (Cuadro 1 y Figura 1) los cuales se emplearon como testigos. Las plantas identificadas en Martínez de la Torre fueron de manera aleatoria. Cada planta representa la parcela y los frutos las unidades de muestreo. El análisis estadístico de las variables cuantitativas del fruto y la semilla se realizó con el software del SAS (2017) para las pruebas de medias de Tukey ($\alpha=0.5$). Así mismo, se realizó un análisis de componentes principales a partir de la matriz de correlaciones para identificar las variables de mayor peso que permitan diferenciar la característica entre cada genotipo, graficando la distribución de las muestras. Para el estudio del conocimiento tradicional de la planta de cacao en la zona de estudio, se realizaron entrevistas semiestructuradas, además los recorridos de campo permitieron conocer *in situ* el hábitat, las prácticas y técnicas de aprovechamiento de la planta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización morfológica de los frutos de cacao permitió identificar tres morfotipos presentes en las localidades de Martínez de la Torre, Veracruz los cuales se clasificaron como: Híbrido (00053), Forastero (00054) y Criollo (00056) (Cuadros 1 y 2, Figura 1) y se encontraron ubicados entre 78 y 114 msnm.

Híbrido (00053)

los frutos son de forma amelonado, de coloración amarillo en su estado maduro, rugosidad intermedia y cotiledones de color púrpura (Cuadro 1 y Figura 1). La planta se notó totalmente expuesta a los rayos solares ya que no existían árboles de sombra a su alrededor, por lo que se considera que la planta cuenta con buena adaptación al lugar, no se notó presencia de daños por efecto del suelo o el medioambiente el cual le permite tener una buena cantidad de frutos, observándose hasta 127 frutos. Solo se observaron pulgones (*Toxoptera* spp.) en los cojinetes florales. El propietario de la planta desconoce el origen de la planta, ya que colectó la plántula en un lugar cercano a su hogar y la trasplanto en su patio, la planta cuenta con una edad de 40 años, no se presencié algún manejo agronómico aplicado a la planta, ya que carece de formación adecuada.

Forastero (00054)

Fruto de forma amelonado color amarillo al madurar y de cascara lisa, cotiledón color púrpura (Cuadros 1 y 2, Figura 1). Planta totalmente expuesta a los rayos del sol y adaptada a las condiciones edafoclimáticas del lugar, no se apreció presencia de enfermedades que estén afectando a la planta y frutos, por lo que se

observó una buena cantidad de frutos contabilizándose en el momento 252 frutos. Solo se notó efecto de pulgones (*Toxoptera* spp.) en los cojinetes florales. La planta cuenta con más de 40 años y se desconoce su origen. La planta carece de manejo agronómico.

Cuadro 1. Variables cuantitativas para la descripción morfológica de *T. cacao* L.

Var	<i>T. cacao</i>			<i>T. cacao</i> subsp <i>cacao</i>		<i>T. cacao</i> subsp <i>pentagonum</i>		<i>T. cacao</i> subsp <i>cacao</i>		<i>T. cacao</i> subsp <i>sphaerocarpum</i>	
	Híbrido	Forastero	Criollo	Yaxcaba	Porcelana 3T1	RIM68	TF45	T3C	C1	FCX2	RGR3
	00053	00054	00056	29431	29397	29433	29441	29430	29432	29725	29625
Fruto											
N	7	12	3	5	9	21	16	21	15	7	17
P	391.6	193.4	120.5	207.4	477.5	443.0	287.7	259.3	501.6	384.7	292.0
L	15.1	11.0	10.3	12.2	18.7	21.8	16.1	15.3	16.7	12.9	10.3
D	8.4	7.0	5.7	6.2	7.9	7.2	6.8	6.8	8.3	8.4	7.9
EC	12.9	7.8	7.9	6.2	13.9	11.8	11.4	10.8	14.4	10.5	12.3
PS	9.0	6.3	3.9	3.2	7.4	7.1	8.1	5.8	10.4	7.3	9.1
RLD	1.8	1.6	1.8	2.0	2.3	3.0	2.4	2.2	2.0	1.5	1.9
NS	35.7	25.3	21.3	26.8	40.9	29.6	30.0	36.2	33.8	29.9	26.1
PTS	76.3	49.6	34.0	71.3	135.9	110.6	55.9	69.4	133.8	86.2	63.7
PM	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8
SV	4.9	4.8	0.7	0.4	0.1	0.1	1.0	0.7	0.4	1.3	1.7
Semilla											
N	35	55	15	28	41	107	83	92	70	37	71
PH	1.6	1.0	1.3	1.4	1.4	2.2	1.4	1.1	2.0	1.4	1.4
PSS	0.8	0.5	0.8	0.8	0.8	1.2	0.7	0.5	1.2	0.6	0.7
D	13.4	12.5	12.1	12.5	10.6	12.6	11.6	9.6	14.1	11.6	12.1
L	22.4	17.1	20.9	20.4	18.3	23.6	19.4	18.7	24.1	22.5	23.1
G	8.0	7.3	8.1	7.5	9.8	9.9	7.2	6.0	8.3	6.6	6.8
RLD	1.7	1.4	1.7	1.6	1.7	1.9	1.7	1.9	1.7	2.0	1.9
H/S	2.0	1.9	1.7	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	1.6	3.3	2.5
H-S	0.8	0.5	0.5	0.6	0.7	1.0	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7

Var: Variable, N: número de muestras, P: peso (g), L: largo (cm), D: diámetro (cm), EC: espesor del caballete (mm), PS: profundidad del surco (mm), RLD: relación largo/diámetro, NS: número de semilla, PTS: peso total de semillas (g), PM: proporción del mesocarpo, SV: semillas vanas, PH: peso húmedo de semilla (g), PSS: peso seco de semilla, G: grosor de la semilla, H/S: relación peso húmedo/peso seco, H-S: diferencia peso húmedo-peso seco,

Criollo (00056)

La forma del fruto es elíptico/angoleta, al madurar la mazorca adquiere una tonalidad amarilla y rugosidad perceptible, notándose los 10 surcos en la mazorca, el cotiledón de color crema a moteado. El árbol bajo las condiciones edafoclimáticas del lugar, muestra buena apariencia sin efectos por radiación solar o por el suelo. Se observó árbol de *Mangifera* spp y *Cocos nucifera* que le proveían de sombra parcial. Se notó baja productividad de la planta, que es una característica de los morfotipos criollo. La planta cuenta con una edad aproximada de 30 años, el propietario indica que la planta es un rebrote de la una planta madre y que carece de manejo agronómico. El morfotipo puede considerarse como parte de la diversidad genética del antiguo cacao mexicano, es necesario su rescate para su conservación y caracterización molecular.

De acuerdo a Melgarejo (1943) en la Región Totonacapan prosperan plantas de cacao, según al mapa propuesto por Bergmann (1969) donde se aprecian las áreas potenciales y secundarias del cultivo de cacao, el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz pertenece a un área secundaria de producción, por lo tanto, es posible que el genotipo 00056 identificado sea un descendiente de las antiguas plantas silvestres de la región. Estudios recientes indican que el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz posee potencial para el establecimiento de plantaciones de cacao (Espinoza-García *et al.*, 2015). El morfotipo clasificado como Híbrido (00053) es similar con una de las formas identificadas por Ramírez, (2014) clasificado como amelonado, sin embargo, los híbridos presentes en las plantaciones de Tabasco son variables en forma y coloración al madurar ya que son productos del cruce natural entre los antiguos criollos y el forastero introducido, así mismo se pueden observar formas atípicas, aunque muy escasos (Ramírez, 2015a).

Cuadro 2. Variables cualitativas para la descripción morfológica de *T. cacao* L.

Var	<i>T. cacao</i>			<i>T. cacao</i> subsp <i>cacao</i>		<i>T. cacao</i> subsp <i>pentagonum</i>		<i>T. cacao</i> subsp <i>cacao</i>		<i>T. cacao</i> subsp <i>sphaerocarpum</i>	
	Híbrido 00053	Forastero 00054	Criollo 00056	Yaxcaba 29431	Porcelana 3T1 29397	RIM68 29433	TF45 29441	T3C 29430	C1 29432	FCX2 29725	RGR3 29625
Fruto											
CF	1	1	1	11	1	2	1	1	1	1	1
FF	2	2	10	5	3	6	13	10	1	2	4
FA	2	2	2	7	7	7	5	7	8	3	4
CB	2	3	0	0	1	3	3	3	0	3	0
RM	3	0	1	7	7	7	7	1	1	0	0
DM	5	5	3	7	5	5	5	5	7	7	7
CCH	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1
CFV	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1
CM	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2
Semilla											
F	3	3	4	4	4	1	4	3	4	3	3
CC	7	7	9	2	9	2	2	2	2	7	7
FSTS	2	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1

Var: Variable, CF = color del fruto (1 amarillo, 2 rojo, 11 rojo-amarillo), FF = forma del fruto (1 angoleta, 2 amelonado, 3 cundeamor, 4 calabacillo, 5 criollo, 6 pentágono, 10 elíptico, 13 tipo pentágono), FA = forma del ápice (2 agudo, 3 obtuso, 4 redondeado, 5 pezón, 7 atenuado, 8 caudado), CB = constricción basal (0 ausente, 1 escaso, 2 intermedio, 3 bien marcado), RM = rugosidad de la mazorca (0 liso, 1 leve, 3 intermedio, 7 áspero), DM = dureza de la mazorca (3 suave, 5 intermedio, 7 duro), CCH = color del chilillo (1 verde, rojo-verde), CFV = color del fruto verde (1 verde, 3 rojo-verde), CM = color del mucílago (1 blanco, 2 crema), F = forma de la semilla (1 oblongo, 3 ovalada, 4 irregular), CC = color del cotiledón (2 crema, 7 purpura, 9 moteado), FSTS = forma en sección transversal (1 aplanada, 2 intermedia, 3 redondeada).

La primera clasificación morfológica del cacao fue realizada por Morris (1882) indicando que el tipo Forastero se divide en cuatro morfotipos, de los cuales Ramírez (2014) a través de estudios moleculares identificó los genotipos amelonado (29725) y calabacillo (29625) (Cuadro 1 y Figura 1) en plantaciones de Tabasco, en el estudio el morfotipo clasificado como Forastero (00054) es similar al genotipo 29725, solo difiere en tamaño, peso y forma de ápice (Cuadro 1 y Figura 1), de acuerdo a Motamayor (2013) el morfotipo amelonado es el más cultivado y disperso en las áreas productoras de cacao de América. De manera general los morfotipos identificados 00053 y 00054 en Martínez de la Torre son similares al genotipo 29725 y difieren del resto de los genotipos testigo. Al igual el morfotipo 00056 difiere del grupo testigo. Estadísticamente las variables cuantitativas del fruto y semilla fueron significativas ($p = 0.05$).

Los Olmecas del sur de Veracruz domesticaron la planta de cacao y se involucraron en la producción, así mismo las evidencias arqueológicas sugieren que el consumo de cacao fue en forma líquida (Cyphers *et al.*, 2013), aunque muy distante de esta área en el Totonacapan también la planta de cacao fue importante, utilizaban sus semillas para realizar una pasta y con ella el chocolate, que mezclaban con maíz o vainilla (Melgarejo, 1943). Es probable que el conocimiento sobre el modo de plantar el cacao y su consumo se adquirido de los olmecas, pero a medida que fue adoptado por otras culturas estas fueron añadiendo otros ingredientes para mejorar su sabor y aroma, y otorgando otros usos como medicina (Linares y Bye, 2013). Para las personas entrevistadas en las localidades de muestreo, el cacao tiene un valor cultural y tradicional, es consumido en forma de chocolate o champurrado. Para la elaboración de la pasta de chocolate o tabletas, los frutos son cosechados durante los meses de septiembre a octubre, las mazorcas son abiertas para extraer los granos que inmediatamente son expuestas a los rayos del sol para su secado, posteriormente son tostadas y molidas para obtener finalmente una masa que es mezclada con azúcar. Para su consumo la pasta de cacao se le agrega leche y azúcar que se disuelve en agua caliente, consumo que se efectúa durante las fiestas de día de muerto, como alimento especial y en épocas decembrinas y en ocasiones especiales. Conocimiento que ha sido transmitido de sus antepasados, para elaborar la pasta. A diferencia en el estado de Tabasco el cacao es consumido tradicionalmente en una bebida denominada *Pozol* el cual es una mezcla de maíz y cacao disuelto en agua. Sin embargo, las antiguas culturas olmeca, maya y azteca de México consumían el *kakawa* (cacao) en una bebida líquida llamada *Xocolatl* (chocolate), a partir de 1828 con la invención de la prensa, el chocolate líquido paso a ser una tableta sólida (cocoa) y que actualmente la fermentación de los granos es un proceso fundamental para el desarrollo del sabor y aroma del chocolate (Ozturk y Young, 2017).

El análisis de componentes principales indica que los primeros tres componentes explican el 99 % de la variación entre los morfotipos estudiados (Cuadro 1), los componentes uno y dos están relacionados,



Figura 1. Características morfológicas de *T. cacao* L. de Martínez de la Torre, Veracruz (00053, 00054, 00056) en comparación con los genotipos de referencia.

respecto al peso total de la mazorca y el peso total de las semillas por mazorca (Cuadro 1 y Figura 2), ambas variables fueron identificadas por Ramírez *et al.* (2014a) y Ramírez *et al.* (2014b) en trabajos realizado para identificar variación morfológica en plantaciones de cacao de Tabasco y bancos de germoplasmas indicando que el peso de la semilla sería una variable para para seleccionar morfotipos de alto rendimiento. El componente tres, está relacionado con características cuantitativas de la mazorca (largo y numero de semillas por mazorca) y cualitativas de la mazorca (forma y rugosidad del fruto) y la semilla (color del cotiledón). En la Figura 3 se puede apreciar la relación del componente dos y tres, y la distribución de los morfotipos, tomando en cuenta que los morfotipos criollos tienen cotiledones color crema, blanco y moteado y que los forasteros son de color purpura, se definió dos grupos a partir del color del cotiledón, un grupo representado por los tipos forasteros e híbrido que muestran el color purpura del cotiledón y otro grupo representado por los criollos y pentágonas con el color moteado a crema del cotiledón (Cuadros 1 y 2).

CONCLUSIONES

Se identificaron tres morfotipos de *T. cacao* L. clasificados como híbrido, forastero y criollo. En México existen zonas en donde aún se conservan genotipos de importancia, como el morfotipo 00056, que puede ser parte de la riqueza genética del cacao Mexicano.

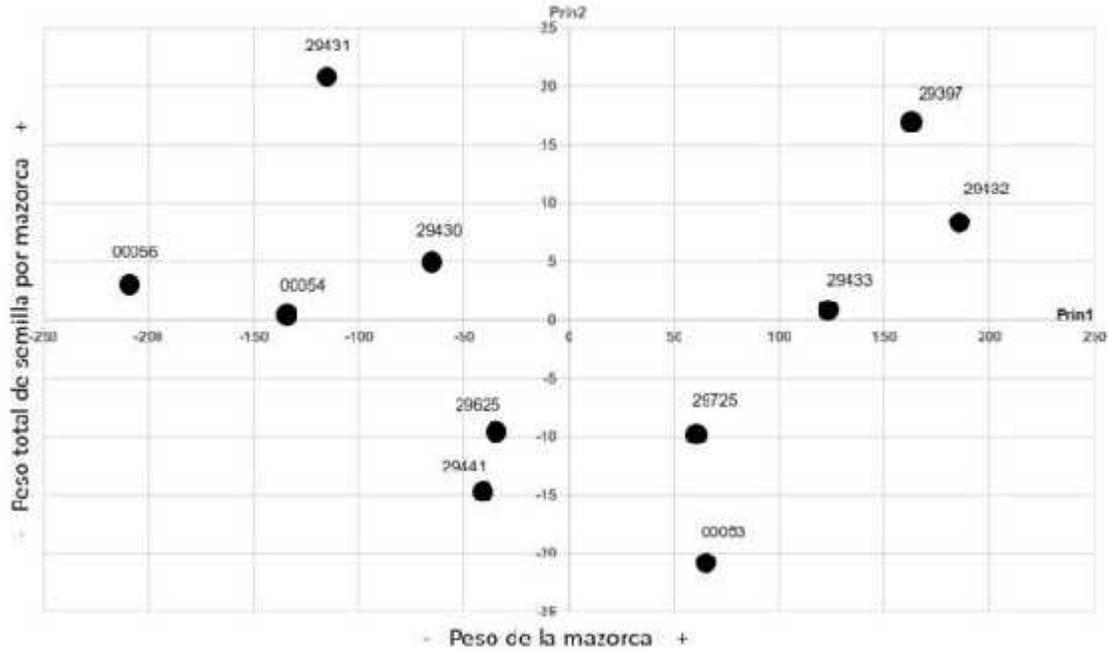


Figura 2. Representación gráfica de las características cuantitativas de frutos de *T. cacao* L., en los componentes principales 1 y 2.

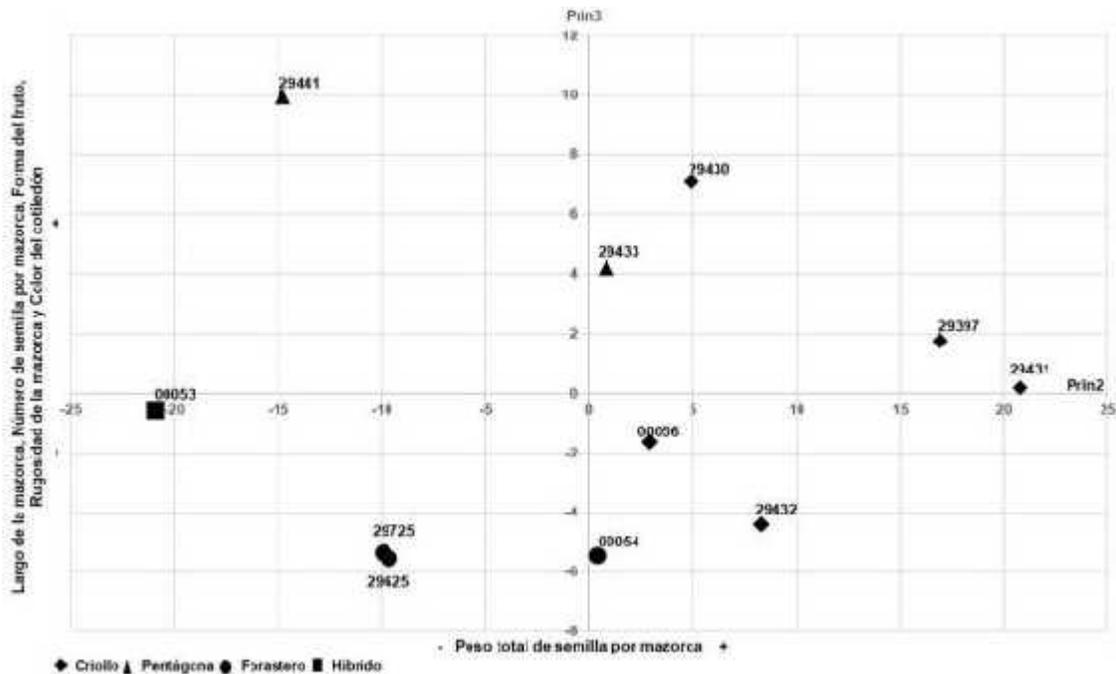


Figura 3. Representación gráfica de las características cuantitativas y cualitativas de frutos de *T. cacao* L., en los componentes principales 2 y 3.

Agradecimiento

Al INIFAP fondos fiscales por el financiamiento del proyecto No. SIGI: 12303033827. Exploraciones etnobotánicas para la identificación, colecta y conservación de genotipos nativos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Región Golfo Centro.

LITERATURA CITADA

- Alverson, W. S., Whitlock, B. A., Nyfeller, R., Bayer, C. and Baum, D. A. 1999. Phylogeny of the core Malvales: Evidence from *ndhF* sequence data. *Amer. J. Bot.* 86:1474-1486.
- Avendaño-Arrazate, C. H., A. Mendoza-López, E. Hernández-Gómez, G. López-Guillen, M. Martínez-Bolaños, J. F. Caballero-Pérez, S. Guillen-Díaz, y S. Espinoza-Zaragoza, 2013. Mejoramiento genético participativo en cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agroproductividad* 6(5): 71-80.
- Bergmann, J. F. 1969. The distribution of cacao cultivation in Pre-Columbian America. *Ann. of the assoc. of amer. geographers* 59(1): 85-96.
- Coe, M. y Coe, S. 2013. La verdadera historia del chocolate. Trad. Marco Antonio Pulido Rull. Fondo de Cultura Económica, México. 396 p.
- Cuatrecasas, J. 1964. Cacao and its allies: A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contributions to the U.S. Natural Herbarium* 35(6): 379-614.
- Cyphers, A., Powis, T.G., Gaikwad, N.W., Grivetti, L., Cheong, K. y Hernández, G.E. 2013. La detección de teobromina en vasijas de cerámica olmeca: nuevas evidencias sobre el uso del cacao en San Lorenzo, Veracruz. *Arqueología* 46:153-166.
- Díaz, del C. B. 2006. Historia verdadera de la conquista de la Nueva España. Colección literaria Universal, Editores Mexicanos Unidos, S. A., México. 773 p.
- Espinosa-García, J.A., Uresti-Gil, J., Vélez-Izquierdo, A., Moctezuma-López, G., Inurreta-Aguirre, H.D. y Góngora-González, S.F. 2015. Productividad y rentabilidad potencial del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el trópico mexicano. *Rev. Mex. Cie. Agr.* 6(5):1051-1063.
- Gómez-Pompa, A., J. Salvador F., y M. Aliphath F. 1990. The sacred cacao groves of the maya. *Lat. Amer. Antiquity* 1(3): 247-257.
- INEGI, 2016. Anuario estadístico y geográfico de Veracruz de Ignacio de la Llave. 1170 p.
- León, J. 1989. Una nota sobre el cacao Lacandón. *Turrialba* 39(4): 548.
- Linares, E. y Bye, R. 2013. Códice De la Cruz-Badiano: medicina prehispánica. *Arq. Mex. Especial* 51. 93 p.
- Martínez, L. 1894. Cultivo y beneficio del cacaotero. Secretaría de Fomento, México. 109 p.
- Melgarego, V.J.L. 1943. Totonacapan. Xalapa, Veracruz, México. 249 p.
- Miranda, F. 1962. Wild cacao in the Lacandona forest, Chiapas, Mexico. *Cacao (Turrialba)* 7:7. CATIE, Costa Rica.
- Morris, D. 1882. Cocoa: how to grow and how to cure it. Jamaica 45 p.
- Mora, U. J. 1958. Notas sobre el posible origen y la variabilidad del cacao cultivado en la América tropical. *Turrialba* 8(1): 34-43.
- Motamayor, J. C., K. Mockaitis, J. Schmutz, N. Haiminen, D. Livingstone III, O. Cornejo, S. D. Findley, P. Zheng, F. Utro, S. Royaert, C. Saski, J. Jenkins, R. Podicheti, M. Zhao, B. E. Scheffler, J. C. Stack, F. A. Feltus, G. M. Mustiga, F. Amores, W. Phillips, J. P. Marelli, G. D. May, H. Shapiro, J. Ma, C. D. Bustamante, R. J. Schnell, D. Main, D. Gilbert, L. Parida, and D. N. Kuhn. 2013. The genome sequence of the most widely cultivated cacao type and its use to identify candidate genes regulating pod color. *Genome Biol.* 14:r53.
- Motamayor, J.C., Lachenaut, P., Wallace, J., Loor, G., Kuhn, D.N., Brown, J.S., and Schnell, R. J. 2008. Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree. *PLoS One* 3: e3311. doi:10.1007/s12042-008-9011-4.
- Motamayor, J.C., Risterucci, A.M., Heath, M., and Lanaud, C. 2003. Cacao domestication II: progenitor germplasm of the Trinitario cacao cultivar. *Heredity*, 91:322-330.
- Ozturk, G. y Young, G.M. 2017. Food Evolution: The Impact of Society and Science on the Fermentation of Cocoa Beans. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16:431-455.
- Powis, T. G., Cypher, A., Gaikwad, N. W., Grivetti, L., and Cheong, K. 2011. Cacao use and the San Lorenzo Olmec. *PNAS* 108(21): 8595-8600.
- Ramírez, G.M.A. 2014. Caracterización morfológica y molecular de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en plantaciones de Tabasco, México. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 124 p.
- Ramírez-Guillermo, M.A., Lagunes-Espinoza, L.C., Gutierrez, O. A., Ortiz-García, C.F. y de la Rosa, S.R. 2014a. Diversidad morfológica de frutos de cacao en plantaciones del estado de Tabasco. Congreso mesoamericano de investigación UNACH. 1: 607-610.
- Ramírez-Guillermo, M.A., Lagunes-Espinoza, L.C., Gutierrez, O. A., Ortiz-García, C.F. y de la Rosa, S.R. 2014b. Variación morfológica de características del fruto de *Theobroma cacao* L. en bancos de germoplasma de Tabasco. In: XXVI Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria y III Simposium Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. pp. 419-429.
- Ramírez-Guillermo, M.A. 2015a. Variabilidad del cacao *Theobroma cacao* L. cultivado en Tabasco, México. In: XXVII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria y IV Congreso Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. pp. 502-507.
- Ramírez-Guillermo, M.A., Gutierrez, O. A., Lagunes-Espinoza, L.C., Ortiz-García, C.F. y de la Rosa, S.R. 2015b. Genotipos homocigotos de cacao forastero en plantaciones de Tabasco, México. In: XXVII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria y IV Congreso Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. pp. 464-470.
- Soria, V. J. 1961. Anotaciones sobre un viaje a las zonas productoras de cacao en México. IICA. Turrialba, CR. Informe 44-E.
- Soria, V. J. 1966. Principales variedades de cacao cultivadas en América tropical. *Turrialba* 16(3): 261-266.
- Standley, P. 1926. Trees and shrubs of Mexico. Contributions from the United State National Herbarium. Smithsonian Institution, United States National Museum. 23:805-808.

Referencias informáticas

- ICCO, 2017. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XLIII, No. 1, Cocoa year 2016/17. En <https://www.icco.org/statistics/production-and-grindings/production.html> (visitado 16 de junio 2017)
- SAS, 2017. SAS (Statistical Analysis Software). 2011. Base SAS® 9.3 Procedures Guide: Statistical Procedures. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 528 p.
- SIAP, 2017. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ AvanceNacionalSinPrograma.do; jsessionid=C519283B090D89D0B2BC5EFA49DADEBE (consultado el 16 de junio 2017)

Sección C:
Ganadería

EFFECTO DE PROPIONATO DE CALCIO EN VARIABLES PRODUCTIVAS EN OVINOS CONFINADOS PRODUCTIVE PERFORMANCE OF SHEEP SUPPLEMENTED WITH CALCIUM PROPIONATE

¹Flores S EdelJ, ¹Bárcena G JR, ¹Hernández-Garay A, ¹Cobos P MA, ²Mendoza-Pedrosa SI, ²Alejos de la Fuente JI, ²Ramírez SO

¹Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad- Ganadería, Colegio de Posgraduados-Campus Montecillo. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

²Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 56230, Chapingo, Estado de México México-Texcoco.

Autor de correspondencia: r-barcelona@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos niveles de propionato de calcio (PropCa) en rendimiento productivo y costos de producción en 24 ovinos de la craza dorper*pelibuey (peso inicial 27 ± 2 kg) asignados a un diseño completamente al azar a uno de tres tratamientos: 0, 1 y 2% de PropCa kg-1 de alimento, durante 42 días. La dieta consistió en 60:40 forraje: concentrado (base seca). Se observaron diferencias significativas en consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), por la inclusión de PropCa ($p < 0.05$). Al incluir este precursor de glucosa se afecta la rentabilidad de la engorda. Se concluyó que un incremento en la administración de PropCa en la dieta de ovinas mejoras variables de rendimiento productivo, afectando el CMS y rentabilidad de la engorda.

Palabras clave: *propionato de calcio, ovinos, rendimiento productivo y costos de producción.*

INTRODUCCIÓN

El confinamiento es una estrategia integrada en los sistemas de producción para la finalización de animales. En esta etapa la alimentación representa hasta 70% del costo total de confinamiento (Arrigoni *et al.*, 2013). Donde los concentrados con base en granos pueden representar hasta 90% de la dieta total (Gimeno *et al.*, 2015). Los granos de cereal están compuestos de 60-80% almidón (Ali *et al.*, 2014) y a través de su fermentación ruminal, el rumiante obtiene una fuente importante de energía para mantenimiento de sus funciones biológicas (Moharrery *et al.*, 2014). El propionato es cuantitativamente el precursor más importante para la gluconeogénesis y obtención de glucosa, porque los rumiantes obtienen menos del 10% de sus requerimientos de este metabolito directamente por absorción en el intestino (Zhang *et al.*, 2015). El uso de productos para reemplazar ingredientes de uso común, como el maíz y soya podría reducir los costos de alimentación y aumentar los beneficios en corrales de engorda (Ladeira *et al.*, 2016). En ese contexto la inclusión de precursores de glucosa propionato de calcio, representa una opción atractiva en la alimentación animal (Yan *et al.*, 2011). Por ello se considera que el uso de propionato de calcio puede incrementar los niveles de ácido propiónico en rumen, mejorando el rendimiento de los animales. Por lo tanto, el objetivo de estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de propionato de calcio sobre variables productivas y rentabilidad de la producción en ovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales, dieta y periodo experimental

Se utilizaron 24 borregos machos de la craza dorper*pelibuey (peso inicial 27 ± 2 kg) y fueron asignados al azar a uno de tres tratamientos (Cuadro 1). La dieta base tenía una proporción de 60:40% forraje: concentrado, que cubrían los requerimientos nutricionales para corderos en finalización ovinos (NRC, 2007). El PropCa® (Dresen Química, S.A. de C.V), fue mezclado, de acuerdo a las proporciones propuestas en cada dieta, junto con el concentrado, y posteriormente con el forraje. Los animales fueron alojados en jaulas individuales equipadas con comederos y bebederos. Los corderos tuvieron un periodo de adaptación a las jaulas y dietas de 15 días previos al inicio del experimento. El alimento se ofreció a las 8:00 y 15:00 h, en una proporción de 60 y 40 %, respectivamente El agua se ofreció limpia y fresca *ad libitum*. El experimento duro 42 días (4 de noviembre-15 de diciembre, 2015).

Análisis del alimento

Se determinó en las dietas el contenido de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) de acuerdo con la AOAC (1999); (Cuadro 1). Los análisis de Fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), de acuerdo a la metodología recomendada por Van Soest *et al.* (1991).

Ensayo de crecimiento

Las variables evaluadas fueron: consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA). El CMS fue la diferencia de la cantidad de alimento y el rechazado diariamente. La GDP se calculó con base al promedio de la ganancia diaria de peso de cuatro pesajes realizados durante la fase experimental, cada 15 días promedio. La CA se calculó dividiendo el CMS entre la GDP.

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron mediante el procedimiento PROC MIXED, para un diseño completamente al azar con 8 repeticiones (SAS, 2002). Las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de materia seca (CMS) no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), entre los tratamientos que incluyeron propionato de calcio (PropCa) al 1 y 2%, pero sí con respecto al tratamiento testigo ($p < 0.05$) el cual fue mayor.

La ganancia de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA), mejoraron de manera significativa al incluir diferentes niveles de PropCa, ($P < 0.05$), obteniendo la mejor GDP y CA en animales que fueron alimentados con el nivel más alto (2%) de PropCa (Cuadro 2). El propionato es importante en el metabolismo de los rumiantes como el principal precursor del gluconeogénesis para la obtención de glucosa (energía; Radoji *et al.*, 2016), aunque también puede actuar de forma independiente como mediador metabólico, suprimiendo el CMS. Un incremento en la síntesis hepática de glucosa mejora la disponibilidad de energía para el animal (Aguilar-González *et al.*, 2016), con un efecto positivo en su rendimiento (Liu *et al.*, 2009) GDP y CA.

Los resultados obtenidos al incluir PropCa en la alimentación de ovinos y su efecto en variables CMS, GDP y CA (Cuadro 2) fueron similares a los obtenidos por Oba y Allen (2003) en la ingesta de alimento, quienes observaron una disminución en el CMS al infundir propionato de sodio vía ruminal en vacas en lactancia temprana y lactancia media ($p < 0.05$). A mayor abundamiento autores observaron que la suplementación con PropCa tuvo un efecto hipofágico en el CMS (Bradford y Allen, 2007). Al respecto Whitney *et al.* (2000), observaron una mayor GDP en terneros asociada a incrementos en la producción de propionato ruminal. Otros estudios difieren de lo reportado, Lee-Rangel *et al.* (2012), no obtuvieron diferencias significativas cuando incluyeron 10 g kg⁻¹ de PropCa para corderos alimentados con 55 y 65% de concentrado en CMS, GDP y CA ($p < 0.05$). Por su parte Zhang *et al.* (2015) y Mendoza-Martínez *et al.* (2015), no reportaron diferencias significativas al suplementar novillos Wagyu con 200 g/d de PropCa ($p > 0.05$) y corderos con diferentes niveles de PropCa (10 y 20 g kg⁻¹ de dieta) en respuesta al CMS, GDP y CA ($p < 0.05$), respectivamente.

La disminución en el CMS al incluir 1 y 2% de propionato en el presente estudio, se puede deber a que la tasa de entrada de propionato supera la capacidad de gluconeogénesis en el animal y el exceso de propionato puede ser oxidado después de ser convertido en acetil-CoA; el aumento resultante en el estado de energía intracelular puede conducir a la saciedad y disminuir el CMS (Oba y Allen, 2003). Al respecto Zhang *et al.* (2015) mencionan que los resultados obtenidos de estudios actuales sobre la inclusión de PropCa en la alimentación de rumiantes tiene inconsistentes efectos sobre el CMS, lo cual se puede deber al nivel de nutrición del animal, el tipo de dieta base (relación forraje: concentrado) y la dosis suministrada de PropCa en el alimento (Liu *et al.*, 2009).

Cuadro 1. Dietas experimentales y composición química

Composición %MS	Test (0%)	1%	2%
Rastrojo de Maíz	30	30	30
Heno de Alfalfa	30	30	30
Maíz Molido	27	26	25
Pasta de Soya	7	7	7
Melaza	5	5	5
Prem. Vit. y Min. ¹	1	1	1
Propionato de Calcio ²	-	1	2
Composición química %MS			
MS	90.78	90.72	90.32
PC	12.56	12.47	12.38
FDN	37.51	37.29	37.32
FDA	31.73	31.70	31.54
EM, Mcal/kg	2.47	2.44	2.41
EE	1.26	1.24	1.21
Cenizas	6.79	6.99	6.85

¹Vitalis Engorda Ovino Plus® cada kg contiene: Ca 27%, P 3%, Mg 0.75%, Na 6.55%, Cl 10% y K 0.05%; S 42 ppm, lasalocida 2000 ppm, vitamina A 35000 ppm, Mn 2000 ppm, Fe 978 ppm, Fe 3000 ppm, Y 50 ppm, Se 20 ppm y Co 15 ppm; vitaminas D 150000 UI y E, 150 UI

Cuadro 2. Comportamiento productivo de corderos alimentados con propionato de calcio

	Test (0%)	1%	2%	EE
CMS Kg/día	1.42 b	1.34 a*	1.31 a*	0.037
GDP (g)	0.25 c	0.27 b	0.29 a*	0.009
CA	5.74 c	5.11 b	4.62 a*	0.162

Medias con minúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P < 0.05$).

*Significativo; **Altamente significativo; EE: Error estándar.

La mejora en GDP y CA se pudo deber a un incremento en la disponibilidad de glucosa por el animal, asociada a una mayor producción de propionato a nivel ruminal, probablemente como efecto de la suplementación exógena con PropCa en el alimento (Liu *et al.*, 2009), lo cual disminuyó el CMS e incremento la eficiencia de utilización de misma. Al respecto autores, informaron que la infusión de PropCa incremento la proporción molar de propionato en rumen (Rigout *et al.*, 2003). Un incremento en la proporción de ácido propiónico produce una mejor partición de energía (Agnew y Yan, 2000), lo cual puede mejorar la GDP (Whitney *et al.*, 2000) y CA (Richardson *et al.*, 20003).

Es importante señalar que la inclusión de propionato de calcio en las dietas de rumiantes surge de la necesidad de búsqueda de alternativas para disminuir los costos de alimentación al reducir el uso de granos por su incremento constante en el precio.

El análisis económico (cuadro 3) muestra que la dieta que no contenía PropCa presento el menor costo (\$0.20), en comparación con tratamientos que incluyeron propionato de calcio al 1% (\$0.25) y 2% (\$0.30), respectivamente. Con la inclusión de PropCa en la dieta, los ingresos por concepto de venta disminuyeron de \$18.76 a \$14.14, en comparación con la dieta que no contenía el precursor de glucosa, representando una disminución de 10.7 (1% PropCa) y 24.6% (2% PropCa). Los resultados están referidos con base a un animal, durante el periodo de engorda. Este escenario sugiere que incorporar PropCa en las dietas incrementa los costos de producción, disminuyendo la rentabilidad en la engorda de corderos.

Cuadro 3. Análisis económico por animal por concepto de alimentación (US dólares), cuando se incluyen diferentes niveles de propionato de calcio en la dieta para corderos dorper* pelibuey.

	Test (0%)	1%	2%
Costos por alimentación			
Duración de la engorda (días)	42	42	42
Costo de la dieta (\$/kg)	0.20	0.25	0.30
Costo del kg CMS/día/animal (\$)	0.28	0.38	0.49
Costo total (\$)	11.85	15.88	20.79
Retornos			
PGT (kg/animal)	10.6	11.3	12.1
Precio del kg en pie (\$)	2.89	2.89	2.89
ingreso por venta de carne/animal (\$)	30.60	32.62	34.93
ingreso neto	18.76	16.75	14.14

\$/kg= costo por kilogramo de alimento; CMS= consumo de materia seca;
PGT= peso ganado total; \$= costo por kg de alimento.
Precio del dólar= 16.8 pesos mexicanos

CONCLUSIONES

Los resultados indican que aumentar la administración de PropCa (de 0 a 2%) en la dieta de ovinos puede mejorar la GDP y CA, sin embargo, se presenta un efecto inhibitorio sobre el CMS. Al incluir este precursor de glucosa se afecta la rentabilidad de la engorda. Esto sugiere la necesidad de llevar a cabo otros estudios para comparar el rendimiento en variables productivas y el impacto económico de la inclusión de PropCa en la alimentación antes de recomendar su uso práctico en la engorda de corderos.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-González M, Buitrón G, Shimada-Miyasaka A, Mora-Izaguirre Ofelia. 2016. State of the art of bioelectrochemical systems: feasibility for enhancing rumen propionate production. *Agrociencia*. 50(2): 149-166.
- Agnew RE, Yan T. 2000. Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. *Livestock Production Science*. 66 (3):197-215.
- Ali M, Cone JW, Hendriks WH, Struik PC. 2014. Starch degradation in rumen fluid as influenced by genotype, climatic conditions and maturity stage of maize, grown under controlled conditions. *Animal Feed Science and Technology*; 193: 58-70.
- AOAC, 1999. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, V.A., USA.
- Arrigoni MDB, Ludovico MC, Nave SLM, Sfaciotti BR, da Silva FMC, Vieira JLC, Perdigão A, Azevedo RF, Factori MA. 2013. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em Confinamento. *Veterinária e Zootecnia*. 20(4): 539-551.
- Gimeno A, Al Alami A, Toral PG, Frutos A, Abecia L, Fondevila M, Castrillo C. 2015. Effect of grinding or pelleting high grain maize- or barley-based concentrates on rumen environment and microbiota of beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*. 203: 67-78.
- Ladeira MM, JRR Carvalho, ML Chizzotti, PD Teixeira, JCO Dias, TRS Gionbellia, AC Rodriguesa, DM Oliveira. 2016. Effect of increasing levels of glycerin on growth rate, carcass traits and liver gluconeogenesis in young bulls. *Animal Feed Science and Technology* 219: 241-248.
- Lee-Rangel HA, Mendoza GD, Gonzalez SS.2012. Effect of calcium propionate and sorghum level on lamb performance. *Animal Feed Science and Technology*; 177(3-4): 237-241.
- Liu Q, Wang C, Guo G, Yang WZ, Dong KH, Huang YX, Yang XM, He DC. 2009. Effects of calcium propionate on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *Journal Agricultural Science*. 147(2): 201-209.
- Mendoza-Martínez GD, Pinos-Rodríguez JM, Lee-Rangel HA, Hernández-García PA, Rojo-Rubio R and Relling A. 2015. Effects of dietary calcium propionate on growth performance and carcass characteristics of finishing lambs. *Animal Production Science*. 56(7): 1194-1198.

- Moharrery A, Larsen M, Weisbjerg MR. 2014. Starch digestion in the rumen, small intestine, and hind gut of dairy cows-A meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*; 192:1-14.
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC, USA. National Academy Press. 362 p.
- Oba M and Allen MS. 2003. Dose-response effects on intraruminal infusion of propionate on feeding behavior of lactating cows in early or midlactation. *Journal Dairy Science*. 86(9): 2922-2931.
- Rigout S, Hurtaud C, Lemosquet S, Bach A, Rulquin H. 2003. Lactational effect of propionic acid and duodenal glucose in cows. *Journal Dairy Science*. 86(1): 243-253.
- Radojić B, Joksimović-Todorović M, Bukvić M, Simeunović P, Kakišev M, Prać N. 2016. The influence of sodium propionate on blood glucose, insulin and cortisol concentrations in calves of different ages. *Acta Veterinaria Brno* 85(2): 127-132.
- Rodrigues FV, Rondina D. 2013. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. *Acta Veterinaria Brasilica*. 7(2): 91-99.
- Richardson JM, Wilkinson RG, Sinclair LA. 2003. Synchrony of nutrient supply to the rumen and dietary energy source and their effects on the growth and metabolism of lambs. *Journal Animal*
- SAS. 2002. SAS User's Guide. Statistics (Release 8.02). SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch carbohydrates in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*. 74, 3583–3597.
- Whitney MB, Hess BW, Burgwald-Balstad LA, Sayer JL, Tsopito CM, Talbott CT, Hallford DM. 2000. Effects of supplemental soybean oil level on in vitro digestion and performance of prepubertal beef heifers. *Journal of Animal Science*. 78(3): 504-514.
- Yan Y, Chenbo L, Yelin Z, Tian W. 2011. Application of calcium propionate in animal production. *Feed Industry*. 16: 1005-1016.
- Zhang XZ, Qing-Xiang M, Lin L, Cui ZL and Li-Ping R. 2015. The effect of calcium propionate supplementation on performance, meat quality, and mRNA expression of finishing steers fed a high-concentrate diet. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 24(2): 100-106.

DEMANDA DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN *Brachiaria humidicola* DEMAND OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN *Brachiaria humidicola*

¹De Dios León GE, ²Guerrero Peña A, ¹López Collado CJ, ¹Ortega Jiménez E, ¹Alonso López A, ³Bolaños Aguilar ED

¹Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz (COLPOS). km 88.5 Carretera Xalapa-Veracruz, Vía Paso de Ovejas, Municipio Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. C. P. 91700.

²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco (COLPOS). Periférico Carlos A. Molina s/n km 3.5 Carretera Cárdenas-Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco, México, C. P. 86500.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo (INIFAP). km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C. P. 86400.

Autor para correspondencia: garmando@colpos.mx

RESUMEN

La ganadería bovina que se desarrolla en la región tropical húmeda de México, basa su alimentación principalmente en pastos y forrajes, por ser la fuente más económica y disponible. Por esta razón es necesario mantener o mejorar la producción de biomasa mediante el manejo; y la fertilización es de los componentes tecnológicos de mayor importancia en la producción de cultivos. El objetivo del presente estudio fue estimar la demanda de nitrógeno, fósforo y potasio durante tres épocas climáticas en pasto *Brachiaria humidicola*; esta información es necesaria para establecer normas de fertilización basada en el modelo de balance nutrimental. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. La mayor demanda de nitrógeno fue en secas y la menor en nortes con 144 y 97 kg ha⁻¹, respectivamente. Para fósforo la mayor demanda fue en lluvias y la menor en nortes con 22 y 12 kg ha⁻¹, respectivamente. En el caso de potasio la mayor demanda de potasio se observó en lluvias y la menor en nortes con 106 y 57 kg ha⁻¹. Con la información generada es posible establecer una norma de fertilización para *Brachiaria humidicola* para N, P y K; con la capacidad de fraccionar la dosis de fertilización en las épocas del año.

Palabras clave: *Brachiaria humidicola*, seca, lluvias, nortes, fertilización

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina que se desarrolla en la región tropical húmeda de México, basa su alimentación principalmente en pastos y forrajes, por ser la fuente más económica y disponible (INEGI, 2012). La especie *Brachiaria humidicola* tiene alto potencial productivo de biomasa en el trópico húmedo mexicano por su buena adaptabilidad a suelos inundados y ácidos de baja fertilidad (Enríquez y Romero, 1999); con alta eficiencia en la extracción de nutrientes del suelo a través de una asociación de micorriza y el sistema radicular (Rodríguez *et al.*, 2006). *B. humidicola* tiene la limitante de que su valor nutritivo es bajo comparado con otras especies de su género; y una de las formas de mejorar dicha condición dentro de este agroecosistema es mediante la aplicación la fertilización, principalmente de nitrógeno, fósforo y potasio; ya que la mayoría de los cultivos los requieren en altas cantidades para obtener rendimientos elevados, mejorar el valor nutritivo (Bregliani *et al.*, 2006).

La fertilización es esencial para sostener un sistema de producción, incrementar los rendimientos y mejorar la fertilidad del suelo (Quirós *et al.*, 2014); pero debe reducirse el impacto ambiental por aplicaciones excesivas (Mosier *et al.*, 2006), y conocer la demanda de nutrientes del pasto para mejorar el método para definir la recomendación de fertilizante y mantener la productividad a través del tiempo (Andrade *et al.*, 2011). La demanda nutrimental de un cultivo es la cantidad de un nutrimento que debe estar presente en los tejidos de la planta en cada etapa fenológica para que no sea un factor restrictivo del crecimiento y rendimiento de la misma (Rodríguez, 1993; Rodríguez *et al.*, 2001) y depende de la biomasa aérea que puede producir un cultivo y de la concentración óptima del nutrimento contenido en ella (Escalona y Pire, 2008; Rodríguez, 1993).

La información básica para establecer normas de fertilización en pastos tropicales en Tabasco en el sureste de México es mínima, por lo cual, el objetivo del presente estudio fue estimar la demanda de nitrógeno, fósforo y potasio durante tres épocas climáticas en pasto *Brachiaria humidicola* (*Brachiaria humidicola* Rendle) a través de lo cual se planteó la hipótesis de que la demanda de nitrógeno, fósforo y potasio es diferente en cada una de las épocas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El experimento se estableció en el ejido Posa Redonda segunda sección del municipio de Cárdenas, Tabasco México, sitio con coordenadas 18° 14' de LN y 93° 29' de LO y altitud de 10 msnm. García (2004) indica que el sitio cuenta con un clima Am (f) cálido húmedo con lluvias en verano y parte del otoño; la precipitación y temperatura promedio anuales son de 2151 mm y 25.8°C, respectivamente. El suelo pertenece a la unidad Vertisol (Palma *et al.*, 2007).

Especie evaluada. Se evaluó el pasto humidícola (*Brachiaria humidicola* Rendle) en pradera establecida. Antes de iniciar las evaluaciones, se asignaron 45 días de reposo para posteriormente realizar el corte de homogeneización. Sobre la pradera fueron establecidas 27 parcelas para cada una de las épocas, siendo 81 en total.

Unidad experimental. La unidad experimental consistió en una parcela útil de 4 m² con separación de 1 metro entre parcelas para eliminar el efecto de borde.

Periodos de evaluación. La evaluación se realizó en las tres épocas climáticas definidas en la zona: seca, lluvias y nortes (Moguel y Molina 2000); las evaluaciones comprendieron del 2 de enero del 2015 a 2 de enero del 2016. Las condiciones climatológicas presentes en el sitio durante el periodo de estudio se presentan en la Figura 1.

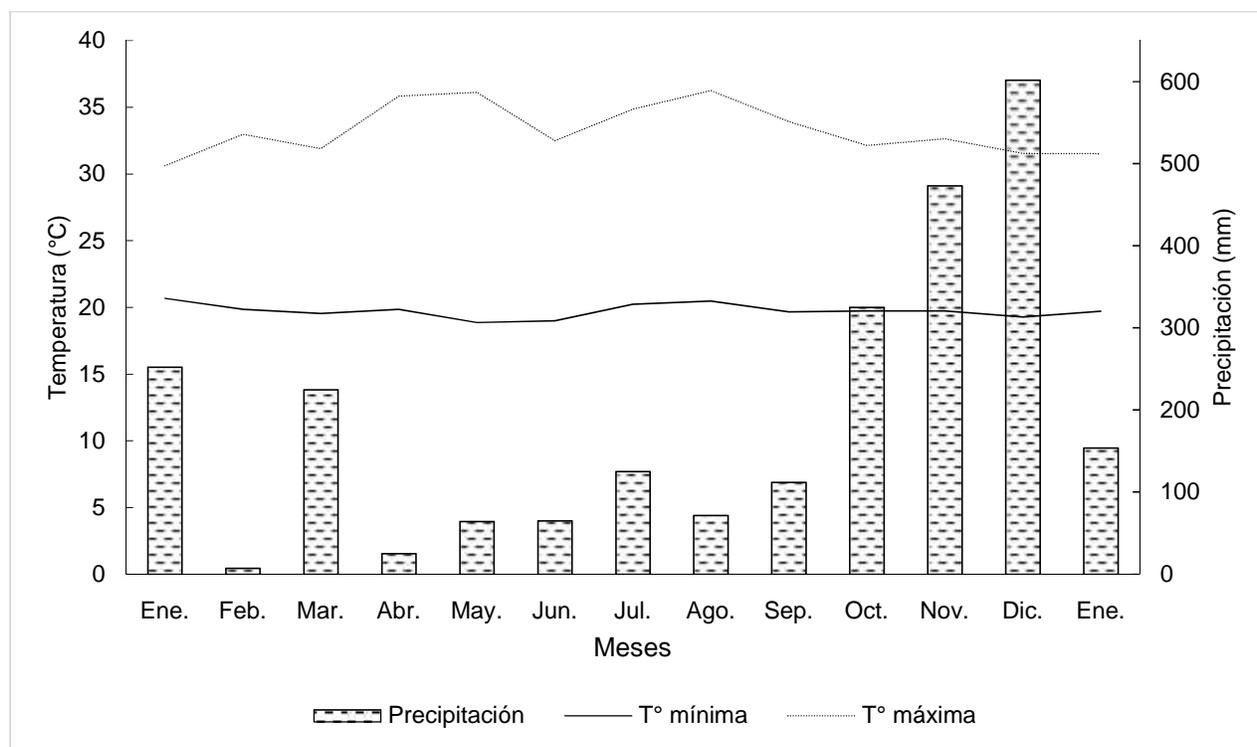


Figura 1. Condiciones climatológicas presentes durante la fase de experimentación en pasto B. humidícola. Periodo de enero del 2015 a enero del 2016

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones. Los datos se analizaron con el programa SAS versión 9.0 y en variables que resultaron con diferencia estadística significativa se hizo la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (p 0.05).

Muestreo y variable de respuesta. Para la obtención de muestras, se cosechó la parcela cortando el pasto al ras del suelo; previamente se tomó un pión de 625 cm² dentro de cada parcela para separar biomasa aérea de biomasa radical, método propuesto por Kolesnikov (1971); el material cosechado fue lavado, secado y molido para su posterior análisis. La demanda fue calculada mediante la fórmula Demanda (kg ha⁻¹) de N, P y K= (biomasa total alcanzable*requerimiento interno)/100, fórmula propuesta por Rodríguez (1993). La determinación analítica de nitrógeno del material vegetal se realizó mediante el método micro-Kjeldahl modificado para incluir nitratos; el fósforo (P) y el potasio (K) medidos en el digestado con HNO₃/HClO₄; la cuantificación del P con espectrofotómetro UV-visible y el de K fue cuantificado por espectrometría de absorción atómica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA mostró diferencia significativa entre épocas ($p < 0.0001$) para los tres nutrientes (Cuadro 1). Las mayores demandas de nitrógeno fósforo y potasio se observaron en épocas de seca y lluvias y la menor en nortes. Yepes y Silveira (2011) observaron que la demanda de nutrientes se correlaciona positivamente con la producción de biomasa, ocurriendo una mayor producción en época de lluvias por las condiciones de precipitación y temperaturas presentes, ya que las temperaturas que se encuentran en esa época favorecen los procesos del metabolismo celular incrementando la absorción de nutrientes.

Demanda de nitrógeno.

Nuestros resultados (Cuadro 1) difieren de los de Rao *et al.* (1998) quienes observaron la menor demanda de nitrógeno en diez genotipos de *Brachiaria* en época seca comparada con lluvias. Salas y Cabalceta (2009) y Calvache *et al.* (2015) reportan demanda de *Brachiaris* en seca de $128 \pm 29 \text{ kg ha}^{-1}$.

Demanda de fósforo.

Las mayores demandas se observaron en épocas de seca y lluvias y la menor en nortes (Cuadro 1). Silveira & Cardoso (2004) mencionan la importancia de las micorrizas arbusculares ya que aumentan la capacidad de la planta para absorber nutrientes, especialmente aquellos elementos con poca movilidad en el suelo, como es el caso del fósforo, efecto más pronunciado en condiciones de baja disponibilidad de este nutriente, como lo es la mayoría de los suelos de las regiones tropicales. Calvache *et al.* (2015) en cinco especies de *Brachiaria* encontraron demanda promedio de fósforo de 16.3 kg ha^{-1} en época seca, valor menor al del presente estudio.

Demanda de potasio.

La mayor demanda de potasio se encontró en lluvias y la menor en nortes (Cuadro 1) con diferencia del 46%. Borges *et al.* (2005) mencionan que el movimiento de los nutrimentos hacia las raíces ocurre por difusión o flujo de masas y el contenido de agua está muy relacionado con el abastecimiento del potasio; en lluvias se presentan temperaturas que oscilan los $25 \text{ }^\circ\text{C}$ que benefician la absorción de este elemento debido a una mejor difusión en el suelo. Salas y Cabalceta (2009) en Xaraés (*B. brizantha*) y Calvache *et al.* (2015) en *B. decumbens* reportan una demanda promedio de $133.6 \pm 25 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, cantidad superior a las del presente estudio.

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación indican diferencias significativas en función del elemento y la época. Los valores generados de la demanda de nitrógeno, fósforo y potasio es información útil para establecer una norma de fertilización para *Brachiaria humidicola* basada con el modelo de balance nutrimental, con la capacidad de fraccionar la dosis de fertilización en cada una de las épocas del año: secas, lluvias y nortes.

LITERATURA CITADA

- Andrade, T.F., Bonomo, P., Pires, V., Aureliano, J., Ferreira, Da.S.F., Deitos, F.D. y Souto, Da.H.D. 2011. Produção anual e qualidade de pastagem de *Brachiaria decumbens* diferida e estratégias de adubação nitrogenada. *Acta Scientiarum*, 33: 241-248.
- Borges, G., Escamilla, B.A., Soria, F.M. y Casanona V.V. 2005. Potasio en suelos de Yucatán. *Terra Latinoamericana*, 23: 437-445.
- Bregliani, M.M., Temminghoff, E.J.M., Van Riemsdijk, W.H. and Haggi, E.S. 2006. Nitrogen fractions in arable soils in relation to nitrogen mineralization and plant uptake. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 1571-1586.
- Calvache-Ulloa, M., Cevallos-López, V.C., Saquicela-Rojas, R.A. 2015. Exportación de nutrientes de genotipos de *Brachiaria* en el trópico húmedo. Tesis de Licenciatura, Santo Domingo de los Tsáchila Ecuador. 29 pág.
- Enríquez, Q.J.F. y Romero, M.J. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. *Agrociencia*, 3: 141-148.
- Escalona, A. y Pire, R. 2008. Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quíbor, estado Lara. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*, 25: 243-260.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 90 p.
- INEGI. 2012. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. La ganadería bovina en los Estados Unidos Mexicanos: Censo Agropecuario 2007. Universidad de Guadalajara.
- Kolesnikov, V. 1971. The root system of fruit plants. Translated from the Russian by L. Aksenova. Mir Publishers Moscow. pp. 103-127.
- Moguel, O.E.J. y Molina, E.M.J.F. 2000. La precipitación pluvial en Tabasco y Chiapas. *Kuxulkab*, 5: 1-8.
- Mosier, A.R., Halvorson, A.D., Reule, C.A. and Lui, X.J. 2006. Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in Northeastern Colorado. *Journal of Environmental Quality*, 35: 1584-1598.

Cuadro 1. Demanda de N, P K (kg ha⁻¹) de *Brachiaria humidicola* en Tabasco, México.

Época	N	P	K
Seca	144 ^a	20 ^a	73 ^b
Lluvias	143 ^a	22 ^a	106 ^a
Nortes	97 ^b	12 ^b	57 ^c

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente (Tukey $p < 0.05$).

- Palma, L.D.J., Cisneros, J.D., Moreno, E.C. y Rincón, R.J.A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados - ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Quirós, R., Villalba, G., Muñoz, P., Font, X. and Gabarrell, X. 2014. Environmental and agronomical assessment of three fertilization treatments applied in horticultural open field crops. *Journal of Cleaner Production*, 67: 147-158.
- Rao, I.M., Miles, J.M. and Granobles, J.C. 1998. Differences in tolerance to infertile acid soil stress among germplasm accessions and genetic recombinants of the tropical forage grass genus, *Brachiaria*. *Field Crops Research*, 59: 43-52.
- Rodríguez, S.J. 1993. La fertilización de los cultivos: Un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile 287 p.
- Rodríguez, J., Pinochet, D., Matus, F.J. 2001. Fertilización de los cultivos. Ed. LOM. Santiago Chile. 117 p.
- Rodríguez, S.T., Sánchez, N.J., Morales, G.E y Cruz, C.F. 2006. Interacción micorrizas arbusculares – *Trichoderma harzianum* (Moniliaceae) y efectos sobre el crecimiento de *Brachiaria decumbens* (Poaceae). *Acta biológica colombiana*, 11: 43-54.
- Salas, R. y Cabalceta, G. 2009. Manejo del Sistema Suelo - Pasto. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. Disponible en:
http://www.proleche.com/recursos/documentos/Manejo_del_sistema_suelopasto_Dr_Rafael_Salas_y_M_Sc_Gilberto_Cabelceta.pdf
. Consultado el 2/06/2017.
- Yepes, A., Silveira, S.M. 2011. Respuesta de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global (Revisión). *Colombia Forestal*, 14: 213-232.

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN Y FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO DE BIOMASA Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DE *Brachiaria humidicola* Rendle
EFFECT OF FERTILIZATION AND CUTTING FREQUENCY ON BIOMASS YIELD AND PROTEIN CONTENT OF *Brachiaria humidicola* Rendle

¹De Dios León GE, ²Guerrero Peña A, ¹López Collado CJ, ¹Ortega Jiménez E, ¹Alonso López A, ³Bolaños Aguilar ED

¹Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz (COLPOS). Km 88.5 Carretera Xalapa-Veracruz, Vía Paso de Ovejas, Municipio Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. C. P. 91700.

²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco (COLPOS). Km 3.5 Periférico Carlos A. Molina S/N, Carretera Cárdenas-Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco, México, C. P. 86500.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo (INIFAP). Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C. P. 86400.

Autor para correspondencia: garmando@colpos.mx

RESUMEN

Las praderas tropicales en México ocupan una superficie aproximada de 112 millones de hectáreas, en las que se producen 81 millones de toneladas de materia seca, y mantienen a un tercio del hato ganadero del país en el sistema de pastoreo, y en menor grado combinado con estabulación. El pasto *Brachiaria humidicola* es uno de los más utilizados por los ganaderos por su adaptación a suelos de baja fertilidad, entre otras características, por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar efecto de la fertilización y frecuencias de corte en la producción de biomasa y proteína cruda del pasto humidícola. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial con tres repeticiones. Se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en niveles de fertilización; el mayor rendimiento de biomasa seca (RBS) y porcentaje de proteína cruda (PC) se observaron en el tratamiento 3 (fertilizado con 400-100-200 kg ha⁻¹ (DA) de N, P y K, respectivamente) con 8.1 t ha⁻¹ y 9.8%, respectivamente. Se observó diferencia significativa en el factor frecuencia de corte (FC); a los 20 d de rebrote se observaron mejores PC y LR (longitud de raíces) con 9.4% y 19 cm, respectivamente. Se concluye que con la dosis de fertilización con 400-100-200 kg ha⁻¹ año⁻¹ y el corte entre 20 y 30 días de rebrote son la mejor práctica agronómica para el aprovechamiento de *Brachiaria humidicola*.

Palabras clave: Biomasa seca, proteína cruda, longitud de raíces, pasto humidícola, fertilización

INTRODUCCIÓN

El sector económico de México ubica a la ganadería bovina como una actividad económica primaria (INEGI, 2012); este tipo de ganadería que se desarrolla en la región tropical húmeda de México y basa su alimentación principalmente en pastos y forrajes, por ser la fuente más económica y disponible. Las praderas tropicales ocupan una superficie aproximada de 112 millones de hectáreas, en las que se producen 81 millones de toneladas de materia seca, y mantienen a un tercio del hato ganadero del país en el sistema de pastoreo, y en menor grado combinado con estabulación (Bolaños *et al.*, 2010). Los pastos tropicales tienen como limitante su variación de producción de biomasa a través del año y su bajo valor nutritivo (Bernal y Espinosa, 2003), lo que afecta el consumo voluntario y por consiguiente la producción de carne y leche (Mejía, 2002).

Los efectos de estas limitantes pueden disminuirse a través de la fertilización mineral, la cual reestablece los nutrimentos esenciales que fueron removidos por los animales durante el pastoreo (Borges *et al.*, 2012). Algunas especies del género *Brachiaria* han mostrado un alto potencial productivo en diversos ecosistemas, por su capacidad de adaptación a suelos infértiles y el uso eficiente de los nutrientes (Velásquez y Muñoz, 2006); entre las más destacadas en el trópico mexicano se encuentra *Brachiaria* (humidícola o chetumal) que es una gramínea tropical perenne y estolonífera de hábito de crecimiento de semierecto a prostrado, originaria de África (Olivera *et al.*, 2006), presenta un buen comportamiento por su velocidad de rebrote, tolerancia a la sequía, resistencia a plagas y enfermedades, así como adaptación a diferentes tipos de suelos (Chacón, 2005). La alta demanda de producción de carne y leche requiere de suelos con una fertilidad suficiente para la producción de biomasa de los pastos utilizados para mantener a la ganadería bovina como una actividad económica primaria de México. El objetivo del presente trabajo

fue evaluar el efecto de niveles de fertilización y frecuencias de corte en la producción de biomasa y proteína cruda del pasto humidícola (*Brachiaria humidicola* Rendle).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

El experimento se estableció en el ejido Posa Redonda segunda sección del municipio de Cárdenas, Tabasco México, sitio con coordenadas 18° 14' de LN y 93° 29' de LO y altitud de 10 msnm. García (2004) indica que el sitio cuenta con un clima Am (f) cálido húmedo con lluvias en verano y parte del otoño; la precipitación y temperatura promedio anuales son de 2151 mm y 25.8°C, respectivamente. El suelo es un Vertisol (Palma *et al.*, 2007) cuyas características químicas y físicas se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis físico y químico del suelo del sitio experimental, Ranchería Posa Redonda, 2da. Sección, Cárdenas Tabasco, México.

%MO	%Nt	P Olsen (mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg	Na	CIC	pH	CE (dS m ⁻¹)	Clase textural
2.5	0.15	5.3	0.16	7.5	3.9	0.16	16.8	5.5	0.04	Franco arcilloso

MO: materia orgánica, Nt: nitrógeno total, P: fósforo disponible, K: potasio, Ca: calcio, Mg: magnesio, Na: sodio, CE: conductividad eléctrica, CIC: capacidad de intercambio catiónico
Fuente: NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2002).

Especie evaluada.

Se evaluó el pasto humidícola (*Brachiaria humidicola* Rendle) en pradera establecida. Antes de iniciar las evaluaciones, se asignaron 45 días de reposo para posteriormente realizar el corte de homogeneización; sobre la pradera fueron establecidas 27 parcelas en total.

Unidad experimental.

La unidad experimental consistió en una parcela útil de 4 m² con separación de 1 metro entre parcelas para eliminar el efecto de borde.

Periodos de evaluación. Las evaluaciones comprendieron del 2 de enero del 2015 a 2 de enero del 2016.

Tratamientos y fertilización.

Los tratamientos resultaron de la combinación de los tres niveles de fertilización con las tres frecuencias de corte. Los niveles de fertilización fueron: T1 sin fertilización o testigo (T), T2 fertilizado con 200-50-100 kg ha⁻¹ (DN) de N, P y K, respectivamente y T3 fertilizado con 400-100-200 kg ha⁻¹ (DA) de N, P y K, respectivamente y las frecuencias de corte fueron 20, 30 y 40 días (d), cada uno con tres repeticiones. Las fuentes de fertilizantes fueron: urea, superfosfato triple y cloruro de potasio, aplicados una sola vez al voleo.

Diseño experimental y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones. Los datos se analizaron con el programa SAS versión 9.0 y en variables que resultaron con diferencia estadística significativa se hizo la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (p 0.05).

Muestreo y variable de respuesta.

Para la obtención de muestras, se cosechó la parcela cortando el pasto al ras del suelo. El rendimiento biomasa seca (t ha⁻¹) se determinó mediante la fórmula= (biomasa húmeda * %MS)/100; antes del corte se tomó la altura (cm) medida desde el nivel del suelo hasta el promedio del dobles de la última hoja); la longitud de raíces (cm) con regla graduada midiéndose diez submuestras tomadas al azar; y proteína cruda (%) con el método micro Kjeldahl modificado para incluir nitratos descrito por la AOAC (2000). El material cosechado fue lavado, secado y molido para su posterior análisis en el laboratorios LASPA (Laboratorio Agroindustrial de, suelo, planta y agua) del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del nivel de fertilización

Rendimiento biomasa seca. El mayor RBS, se obtuvo con la dosis alta y la menor en el testigo con una diferencia del 63%. Las condiciones de precipitación y temperatura fueron propicias para el pasto humidícola aprovechara los nutrientes aplicados y expresara una buena producción. Campos *et al.* (2011) mencionan que el incremento en la producción de materia seca observado en los tratamientos fertilizados es consecuencia de la adición de nitrógeno ya que incide en el desarrollo de hojas, tallos y estructuras de la planta relacionadas con la producción de materia seca. Cerdas y Vallejos (2013) reportaron producción de biomasa seca en brachipará de 2.9 t ha⁻¹ en tratamiento fertilizado con N-P-K y 1.3 t ha⁻¹ en el testigo.

Silveira *et al.* (2013) en el pasto Bahía (*Paspalum notatum*) observaron un incremento en el rendimiento de MS del 41% respecto al testigo fertilizando con urea.

Altura. Las mayores alturas se observaron en los tratamientos fertilizados (T2 y T3) y la menor en el testigo (T1) con una diferencia de 13 cm. El suelo donde fue establecido el experimento presenta una clase media de porcentaje de nitrógeno total (Cuadro 1) lo que contribuyó a que se manifestara respuesta a la fertilización, en la altura. Cripps & Allan (1997) indican que el aumento de la altura se debe a que el nitrógeno favorece el crecimiento de las plantas, aumenta el número y longitud de entrenudos lo que resulta en un aumento progresivo en altura.

Longitud de raíces. En esta variable no hubo diferencia estadística entre tratamientos ($P > 0.2344$). Resultados similares fueron reportados por Lozano *et al.* (2013) quienes evaluaron el pasto insurgente (*B. brizantha*) mediante aplicación de la fórmula 120-80-00 de N-P-K, respectivamente, siendo sus resultados mayores a los nuestros. Suelos con valores de pH menores a 5.5, como es el suelo donde se estableció el estudio, indican la posibilidad de solubilización de elementos como el manganeso, hierro y aluminio que pueden ser factores limitantes para el desarrollo radicular de los pastos (Casierra y Aguilar, 2007).

Proteína cruda. El mayor porcentaje fue en el T3 y menor en el T1; en el Cuadro 2 se observa que los tratamientos que obtuvieron el mayor porcentaje de proteína, también obtuvieron el mejor rendimiento. La capacidad fotosintética de las hojas se relaciona con el contenido de nitrógeno principalmente porque las proteínas del ciclo de Calvin y de los tilacoides representan la mayor parte del nitrógeno foliar (Gibson, 2005). Jiménez *et al.* (2010) evaluaron durante un año a *B. humidicola* fertilizado con 150-60-100 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente en un suelo ácido, observaron un promedio de proteína de 7.6% comparado al 4.5% del tratamiento testigo, resultados inferiores a los encontrados en este estudio. Nuestros resultados coinciden con los reportados por Juárez *et al.* (2004), quienes evaluaron cinco especies del género *Brachiaria* fertilizados con la fórmula 200-100-00, y el contenido de PC fue mayor en relación directa con el rendimiento de materia seca.

Efecto de la frecuencia de corte
Rendimiento biomasa seca. El mejor rendimiento se observó a los 30 d de rebrote y el menor a los 20 d. Las mayores producciones de BS se observaron conforme aumenta la edad de rebrote; lo que se explica debido a que la planta tiene más tiempo para crecer, desarrollarse y acumular mayor cantidad de materia seca con ayuda del proceso fotosintético (Bolio *et al.*, 2006). En este trabajo se observó menor producción a los 40 que a los 30 días, efecto que ha sido observado por Bircham & Hodgson (1983) y Chapman & Lemaire (1993) quienes al estudiar la dinámica de crecimiento en pastos de clima templado, observaron que la acumulación de forraje se reduce, una vez que la planta alcanza el índice de área foliar óptimo, momento a partir del cual aumenta la sombra de las capas inferiores de la pradera y en consecuencia, la senescencia es mayor que el crecimiento. Cerdas y Vallejos (2013) en pasto brachipará reportan producciones de 2.2 y 5.0 t ha⁻¹ a los 20 y 40 d de rebrote, respectivamente; resultados que son inferiores a los de la presente investigación.

Efecto de la frecuencia de corte

Rendimiento biomasa seca. El mejor rendimiento se observó a los 30 d de rebrote y el menor a los 20 d. Las mayores producciones de BS se observaron conforme aumenta la edad de rebrote; lo que se explica debido a que la planta tiene más tiempo para crecer, desarrollarse y acumular mayor cantidad de materia seca con ayuda del proceso fotosintético (Bolio *et al.*, 2006). En este trabajo se observó menor producción a los 40 que a los 30 días, efecto que ha sido observado por Bircham & Hodgson (1983) y Chapman & Lemaire (1993) quienes al estudiar la dinámica de crecimiento en pastos de clima templado, observaron que la acumulación de forraje se reduce, una vez que la planta alcanza el índice de área foliar óptimo, momento a partir del cual aumenta la sombra de las capas inferiores de la pradera y en consecuencia, la senescencia es mayor que el crecimiento. Cerdas y Vallejos (2013) en pasto brachipará reportan producciones de 2.2 y 5.0 t ha⁻¹ a los 20 y 40 d de rebrote, respectivamente; resultados que son inferiores a los de la presente investigación.

Altura. La mayor altura se encontró a los 40 días de rebrote y la menor a los 20 con la diferencia de 20 cm. De acuerdo con Fajemilehin *et al.* (2008) y Verdecia *et al.* (2009) el aumento en la altura y diámetro de tallo se incrementa conforme avanza la edad del pasto, además que, a mayor edad aumenta proporcionalmente el índice de área foliar y por consiguiente, la síntesis de tejidos de reserva incrementando algunas características morfológicas de importancia como la altura (Manrique *et al.*, 1996). Cerdas y Vallejos (2013) en pasto brachipará encontraron alturas a 20, 40 y 60 días de rebrote de 50.0, 56.0 y 62.4 cm,

Altura. La mayor altura se encontró a los 40 días de rebrote y la menor a los 20 con la diferencia de 20 cm. De acuerdo con Fajemilehin *et al.* (2008) y Verdecia *et al.* (2009) el aumento en la altura y diámetro de tallo se incrementa conforme avanza la edad del pasto, además que, a mayor edad aumenta proporcionalmente el índice de área foliar y por consiguiente, la síntesis de tejidos de reserva incrementando algunas características morfológicas de importancia como la altura (Manrique *et al.*, 1996). Cerdas y Vallejos (2013) en pasto brachipará encontraron alturas a 20, 40 y 60 días de rebrote de 50.0, 56.0 y 62.4 cm,

Cuadro 2. Variables de respuesta a diferentes niveles de fertilización con N, P y K del pasto *B. humidicola* (Rendle) Schweick.

Fertilización	RBS	Altura	LR	PC
	(t ha ⁻¹)	(cm)		(%)
T1	5.1 ^c	46.7 ^b	18.0 ^a	6.2 ^c
T2	7.1 ^b	59.9 ^a	18.0 ^a	8.8 ^b
T3	8.1 ^a	60.4 ^a	18.9 ^a	9.8 ^a

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente (p 0.05)

T1= Testigo, T2= Dosis normal y T3= Dosis alta,
RBS: Rendimiento biomasa seca, LR: Longitud de raíces,
PC: Proteína cruda

Cuadro 3. Variables de respuesta a diferentes frecuencias de corte del pasto *B. humidicola*

Frecuencia de corte (d)	RBS	Altura	LR	PC
	(t ha ⁻¹)	(cm)		(%)
20	5.9 ^c	44.8 ^c	18.9 ^a	9.4 ^a
30	7.7 ^a	53.9 ^b	18.6 ^a	7.8 ^b
40	6.8 ^b	68.1 ^a	17.4 ^b	7.5 ^b

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente (p 0.05)

d: días, RBS: Rendimiento biomasa seca, LR: Longitud de raíces,
PC: Proteína cruda

respectivamente; en ambas investigaciones, los cortes a los 20 y 40 días presentaron alturas superiores a los nuestros, mientras que a los 60 días la altura es mayor en la presente investigación.

Longitud de raíces. En esta variable se observó el mayor crecimiento a los 20 y 30 días resultando estadísticamente iguales. Barrios *et al.* (2014) mencionan que las raíces detienen su crecimiento a expensas del crecimiento aéreo; lo cual puede inferirse con el índice de cosecha obtenido en el presente trabajo. Avellaneda *et al.* (2008) estudiaron tres *Brachiarias* y reportan longitudes promedio de 18.2 y 29.0 cm a los 28 y 112 días de rebrote, respectivamente, dándose el crecimiento en longitud conforme transcurrían los días de rebrote, contrario al comportamiento en este experimento. Newman *et al.* (1999) observaron que en el pasto Buffel (*Cenhrus ciliaris L.*) la longitud de raíz se hace constante a partir de los 35 d, lo cual fue observado en el presente trabajo con *B. humidicola*. En maíz, arroz y trigo también se han realizado estudios que han demostrado la disminución en la longitud de las raíces como síntoma de toxicidad ante el aluminio (en suelos ácidos) y que está dado por la concentración del metal en los ápices radicales (Vázquez *et al.*, 1999).

Proteína cruda. El porcentaje de PC disminuyó conforme avanzó la edad de rebrote, siendo menores a los 30 y 40 días. A través de diversos estudios se ha comprobado que el contenido de proteína disminuye conforme avanza la edad del pasto; Fernández *et al.* (2001) mencionan que es debido a un descenso de la actividad metabólica como la síntesis de compuestos proteicos y a medida que avanza la edad del pasto hay menor proporción de contenido celular donde se encuentra la mayor proteína; además, *B. humidicola* es una de las especies de menor calidad comparada con otras *Brachiarias*; Cruz y Lemaire (1996) mencionan efecto denominado dilución de la proteína que explica la disminución de la PC conforme avanza la edad de la planta, además de que el contenido de proteína está inversamente correlacionado con la producción de biomasa seca, lo cual fue observado en el presente trabajo. Reyes *et al.* (2009) evaluando 21 genotipos de *B. decumbens* observaron porcentajes promedio de PC de 11.0 y 11.1% a 35 días de rebrote, respectivamente en dos años consecutivos; Avellaneda *et al.* (2008) en pastos *B. decumbens* y *B. brizantha* y *B. híbrido* (mulato), a los 28, 56 y 84 días de rebrote reportan promedio de 12.1, 10.69 y 8.2 % de PC, respectivamente; resultados superiores a los encontrados en este estudio.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo fue estudiado el efecto de la fertilización con N-P-K y la frecuencia de corte en el pasto *Brachiaria humidicola* en el trópico húmedo. Se demostró el efecto de la fertilización en las variables producción de materia seca, altura, proteína cruda, pero no hubo efecto en la longitud de raíces. En el factor frecuencia de corte en todas las variables medidas fueron demostradas diferencias significativas. Para fines prácticos podemos concluir que la fertilización con N-P-K en la dosis 400-100-200 kg ha⁻¹ año⁻¹ y el corte entre 20 y 30 días de rebrote son la mejor opción para el aprovechamiento de *Brachiaria humidicola*.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 17th Ed. Gaithersburg. United States of America. 168 p.
- Avellaneda, C.J., Cabezas, G.F., Quintana, Z.G., Luna, M.R., Montañez, V.O., Espinoza, G.I., Zambrano, M.S., Romero, G.D., Vanegas, R.J. y Pinargote, M.E. 2008. Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. *Ciencia y Tecnología*, 1: 87-94.
- Barrios, M.B., Buján, A., Debelis, S.P., Sokolowski, A.C., Blasón, A.D., Rodríguez, H.A., López, S.C., De Grazia, J., Mazo, C.R. y Garey, M.C. 2014. Relación biomasa de raíz/biomasa total de soja (*Glycine max*) en dos sistemas de labranza. *Terra Latinoamericana*, 32: 221-230.
- Bernal, J. y Espinosa, J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. Potash and Phosphate Institute of Canada. 94 p.
- Bircham, J. D. and Hodgson, J. 1983. The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. *Grass and Forage Science*, 38: 323-331.
- Bolaños, A.E.D., Émile, J.C. y Enríquez, Q.J.F. 2010. Les fourrages au Mexique: ressources, valorisation et perspectives de recherche. *Fourrage*, 204: 277-282.
- Bolio, E., Lara, P., Magaña, M. y Sanginés, J. 2006. Producción forrajera del tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*) según intervalo de corte y densidad de siembra. *Técnica Pecuaria en México*, 44: 379-388.
- Borges, J.A., Barrios, M., Sandoval, E., Bastardo, Y. y Márquez, O. 2012. Características físico – químicas del suelo y su asociación con macroelementos en áreas destinadas a pastoreo en el estado Yuracuy. *Bioagro*, 24: 121-126.
- amos, iranda, avars, eligoli, ias, erreira X.D.. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46: 1176-1183.
- Casierra, P.F. y Aguilar, A.O.E. 2007. Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 1: 246-257.
- Cerdas, R. y Vallejos, E. 2013. Productividad del pasto *Brachiaria* (*B. arrecta* x *B. mutica*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes*, 27: 28-50.

- Chacón, C.A. 2005. Evaluación de pasturas de *Brachiaria humidicola* sola y en asociación con *Desmodium ovalifolium*, en sistemas de pastoreo rotativo, al norte del Estado Táchira. IX Seminario de Pastos y Forrajes. AVPA, Venezuela. 138 p.
- Chapman, D.F. y Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Palmerston North, Hamilton, Lincoln and Rockhampton, New Zealand and Australia. pp. 95-104.
- Cruz, P. y Lemaire, G. 1996. Diagnosis of the nitrogen status of grass stands. *Tropical Grasslands*, 30: 166-173.
- Cripps, R. and Allan, P. 1997. Effects of N, P and K on 'Honey Gold' papaws. *Horticultural Science*, 7: 62-64.
- Fajemilehin, O.K., Babayemi, O.J. and Fagbua, S.S. 2008. Effect of anhydrous magnesium sulphate fertilizer and cutting frequency on yield and chemical composition of *Panicum maximum*. *African Journal of Biotechnology*, 7: 907-911.
- Fernández, J.L., Benítez, D.E., Gómez, I., Cordoví, E. and Leonard, I. 2001. Growth dynamics of *Brachiaria radicans* cv. Tanner under edaphic and climatic conditions of Cauto valley in Granma province. *Cuban Journal Agricultural Science*, 35: 375-381.
- Gibson, S.I. 2005. Control of plant development and gene expression by sugar signaling. *Plant Biology*, 8: 93-102.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 90 p.
- INEGI. 2012. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. La ganadería bovina en los Estados Unidos Mexicanos: Censo Agropecuario 2007. Universidad de Guadalajara.
- Jiménez, O.M.M., Granados, Z.L., Oliva, J., Quiroz V.J. y Barrón, A.M. 2010. Calidad nutritiva de *Brachiaria humidicola* con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos. *Archivos de Zootecnia*, 59: 561-570.
- Juárez, H.J., Bolaños, E.D. y Reinoso, M. 2004. Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada en pastos tropicales. Época de nortes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38: 423-430.
- Lozano, C.M.G., Rivas, P.F. y Castillo, H.J.E. 2013. Crecimiento de plántulas de *Brachiaria brizantha* en respuesta a la aplicación de hongos micorrizogénicos y bacterias diazotróficas. *Pastos y Forrajes*, 36: 227-232.
- Manrique, U., Carrillo, V., Vásquez, D., Rodríguez, M. y Rivas, E. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada, edad y época de corte sobre el rendimiento de materia seca de *Andropogon gayanus*. *Zootecnia Tropical*, 14: 149-166.
- Mejía, H.J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*, 12: 55-63.
- Newman, Y., Delgado, H., Zambrano, J. y Sthormes, G. 1999. Zapoteca formosa (Kunth) H. Hern. subsp. formosa: nueva especie forrajera arbustiva natural para Venezuela. I. Estudio de fenología y contenido nutricional. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 16: 196-203.
- Olivera, Y., Machado, R. y Del Pozo, P.P. 2006. Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. *Pastos y Forrajes*: 29:1-13.
- Palma, L.D.J., Cisneros, J.D., Moreno, E.C. y Rincón, R.J.A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados - ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-21-SEMARNAT, 2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2002. México.
- Silveira, M.L., Vendramini, J.M.B., Sellers, B., Monteiro, F.A., Artur, A.G. and Dupas, E. 2013. Bahiagrass response and N loss from selected N fertilizer sources. *Grass and forage Science*, 70: 154-160
- Vázquez, M.D., Poschenrieder, C., Corrales, I. and Barceló, J. 1999. Change in apoplastic aluminium during the initial growth response to aluminium by roots of a tolerant maize variety. *Plant Physiology*, 199: 435-444.
- Velásquez, J.E. y Muñoz, R.J. 2006. Producción de forraje de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II solo y asociado con *Arachis pintoi* en suelos de terraza y mesón en el Piedemonte Amazónico Colombiano. *Pasturas Tropicales*, 28: 26-29.
- Verdecia, D.M., Ramírez, J.L., Leonard, I. y García, F. 2009. Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Panicum maximum* (cv. Mombasa y Uganda) en la provincia Granma. *Revista electrónica de Veterinaria*: 10, 1-9.

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DE PASTOS TROPICALES CON Y SIN FERTILIZACIÓN EN ÉPOCA SECA DEL AÑO

DRY MATTER YIELD AND PROTEIN CONTENT OF TROPICAL PASTURES WITH AND WITHOUT FERTILIZATION IN THE DRY TIME OF THE YEAR

¹Hernández Espinoza DF, ¹Orocio Carrillo JA, ¹Pérez Pérez C, ¹Reyes Cruz LA, ²Bolaños Aguilar ED

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A Molina S/N. 86500, Cárdenas, Tabasco, México

²Centro de Investigación Regional del Golfo Centro (CIRGOC) del INIFAP. 86600, Huimanguillo, Tabasco, México

Autor por correspondencia: bolanos.eduardo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con la finalidad de conocer la adaptación a las condiciones de estrés hídrico de algunos de los principales pastos explotados en suelos ácidos de baja fertilidad del estado de Tabasco, se realizó el presente estudio. Se realizó en condiciones de campo, en un ecosistema de Sabana, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. Se evaluaron ocho especies y ocho edades de corte en suelo fertilizado y sin fertilizar, durante la época seca del año. Las variables de respuesta fueron: Rendimiento de materia seca, proteína, proporción de hoja en la biomasa aérea total y altura de la planta. La fertilización tuvo efecto principalmente en el contenido de proteína, aumentado en más de 1% en plantas fertilizadas. La edad de corte a la cual el contenido de proteína disminuye de manera importante es a los 35 días. El pasto Insurgente mostró mayor adaptación a las condiciones de estrés hídrico, y fue superior en RMS (1.83 vs 1.31 t ha⁻¹) y semejante en proteína (10.0 vs 9.8%) al pasto Mulato. El pasto *Dictyoneura* fue superior en proteína (9.8%) a su ectotipo *Humidicola* (9.4%), pero semejante en RMS. El pasto Chontalpo tuvo el mayor contenido de proteína (13.2%) a los 35 días de edad.

Palabras clave: Producción de biomasa, forrajes, calidad, suelos ácidos, sequía

INTRODUCCIÓN

Tabasco tiene una población de 1.58 millones de cabezas de ganado bovino en 1.7 millones de hectáreas (SIAP, 2016). En 2010, el 50.14 % de esta superficie estaba formada por praderas inducidas (Bolaños-Aguilar *et al.* 2010), y principalmente localizadas en ecosistemas de Sabana. Los suelos de la Sabana se caracterizan por ser muy ácidos (pH<5.0), con altas concentraciones de aluminio y bajos en fósforo (P) disponible para las plantas (Pizarro *et al.* 1996), lo que causa síntomas de deficiencia de fósforo en los animales, afectando su productividad. En Huimanguillo, Tabasco, estos suelos ocupan 140 000 ha, y aunque la fertilización para mejorar la productividad de los pastos, es recomendada (Gweii-Onyango *et al.*, 2011), son pocos los estudios que se han realizado al respecto en el estado. Principalmente son limitados los trabajos desarrollados en la época seca del año en pastos con cierta adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad. Lo anterior, dada a la actual fuerte necesidad de explotar aquellos pastos con mayor adaptación al cambio climático que se manifiesta con períodos secos cada vez más largos, lo que representa una marcada estacionalidad de producción de biomasa de las especies forrajeras durante el año (Jones y Hu, 2006). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue el identificar aquel o aquellos pastos con mayor adaptación a sequía y con mayor respuesta a la fertilización durante este período seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en condiciones de campo, en el Rancho "Tito Soria", ubicado en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México; cuya caracterización geográfica y edáfica ha sido descrita por Juárez *et al.* (2004). Se evaluaron ocho especies: Llanero (*Andropogon gayanus*), Chontalpo (*Brachiaria decumbens*), Brizantha (*B. brizantha*), Mulato (*B. brizantha* x *B. ruzizensis*), *Dictyoneura* (*B. dictyoneura*), Guinea (*Panicum máximum*), Remolino (*Paspalum notatum*) y *Humidicola* (*B. humidicola*). Estas especies fueron evaluadas en la época Seca del año 2003 (marzo, abril y mayo). En la Figura 1 se pueden observar los datos meteorológicos correspondientes a la época seca. Hubo tratamientos sin fertilización, y fertilizados (200-100-00), y en suelo sin fertilizar. La dosis de fertilización asumió una condición edafológica no limitante, ya que fue previamente determinada en base a resultados de análisis químicos del suelo y a los requerimientos nutricionales de los pastos tropicales. Las parcelas presentaban un tamaño de 1.5 x 12

m, dentro de las cuales se hicieron divisiones de 1.5 x 1.5m para aplicar el tratamiento de corte, los cuales fueron 8 cortes a diferentes edades (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 y 56 días al corte).

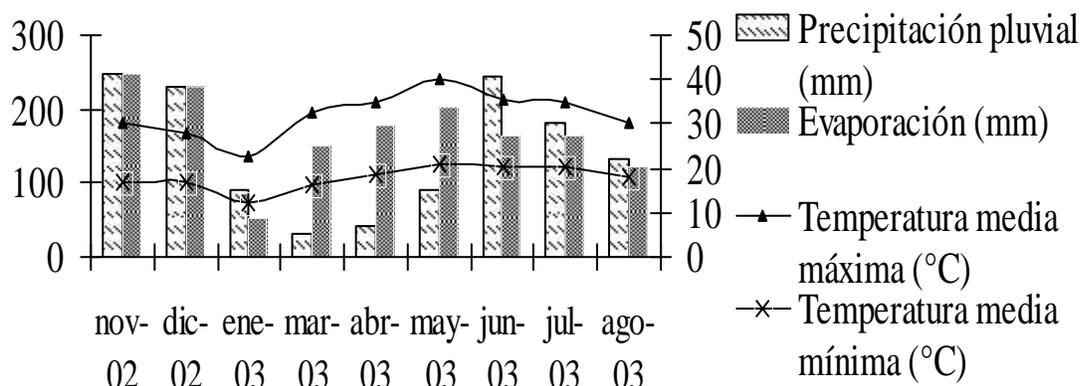


Figura 1. Precipitación pluvial, evaporación y temperaturas promedio durante el período de estudio

Las variables de respuesta evaluadas fueron: i) Rendimiento de materia seca (t ha⁻¹), usando la metodología del m² (Toledo y Schultze-Kraft, 1982). La materia verde recién cosechada de cada una de las especies se pesaba en campo en báscula de reloj. De esta materia verde se tomaba una submuestra de 200 g, la cual se secaba en estufas a 65 oC por 72 h (AOAC, 2000); ii) Altura (cm), previos a los muestreos se tomó la altura de las plantas, y posteriormente los muestreos fueron realizados con cortes a 20 cm de la superficie del suelo; iii) Proporción de hoja en la biomasa aérea total, empleando la técnica de Duru et al., 1994, y se determinaba previo al secado de las muestras utilizadas para la producción de materia seca; iv) Proteína (%), empleando las determinaciones del contenido de nitrógeno por el método de Kjeldhal (AOAC, 2000). El contenido de proteína se calculó como 6.25 x Nitrógeno.

Con apoyo del paquete estadístico SAS (2010), el experimento fue analizado en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones, en arreglo factorial 2 x 8 x 8, factores correspondientes a fertilización, especies y cortes. Las comparaciones de medias fueron con el método de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de evaluación, la precipitación promedio mensual fue de 50 ml, con temperatura promedio de 36 °C. Los cuadrados medios y niveles de significancia de las variables de respuesta estudiadas, se muestran en el cuadro 1. Se tuvo un importante efecto ($p < 0.0001$) del corte en rendimiento de materia seca (RMS), aumentando este carácter con la edad, pero registrándose el mayor RMS (1.7 t ha⁻¹) promedio de los ocho pastos, a los 42 días de edad. Después de esta fecha disminuyó, con un registro de 1.2 t ha⁻¹, promedio de los cortes de 49 y 56 días. La fertilización, no incrementó ($p > 0.05$) el RMS, manteniéndose un RMS promedio, de las ocho especies, de 1.05 t ha⁻¹ en ambos tratamientos, con y sin fertilización. Esto 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 o parte aérea de la planta, y el aumento del crecimiento radicular (Moreno, 2009). Por el contrario, las especies si mostraron diferencias entre ellas en cuanto al RMS. El mayor RMS lo tuvo el pasto Insurgente con 1.43 t ha⁻¹, siendo este rendimiento superior al obtenido en el pasto Mulato (1.08 t ha⁻¹), el cual es un híbrido producto del cruzamiento entre el Insurgente y el Ruziziensis. El Dictyoneura, el cual actualmente es

Cuadro 1. Estadísticos del rendimiento de materia seca (RMS), proteína, proporción de hoja en la biomasa aérea total (h/(h+t) y altura, en la época seca del año 2013, en Huimanguillo, Tabasco, México.

Fuente	G. L.	RMS	Proteína	h/(h+t)	Altura
Corte (C)	7	***	***	***	***
Fertilización (F)	1	ns	***	***	**
Especie (E)	7	***	***	***	***
C x F	7	ns	**	ns	ns
C x E	49	***	ns	***	***
F x E	7	***	ns	*	***
C x F x E	47	ns	ns	ns	ns
Media		1.05	11.74	0.79	34.68

*, **, ***, significancia a 0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente; ns, no significancia; h= hoja, t= tallo.

considerado como un ecotipo del Humidicola, mostró semejante rendimiento al pasto Humidicola, ambos promediando 1.17 t ha⁻¹. Finalmente, los pastos Llanero, Chontalpo, Guinea y Remolino, tuvieron un rendimiento promedio de 0.86 t ha⁻¹.

El contenido de proteína varió por efecto de la edad al corte, fertilización y especie (Cuadro 1). Por efecto de la edad al corte, la proteína disminuye con el avance del tiempo, observando la mayor concentración a los 14 días (15.3 %). Entre los 21 y 28 días se conserva un alto contenido de proteína con 13.8%, a los 35 días disminuye a 11%, pero de los 42 a los 56 días, el contenido promedio de proteína es de 8.7%. Esto indica que la edad promedio a la cual debe explotarse un pasto tropical de crecimiento cespitoso o amacollado, en la época seca del año, es a partir de los 35 días de edad, en promedio. A esta edad el pasto Insurgente registra el mayor RMS (1.8 y 1.96 sin fertilizar y fertilizado vs 1.0 y 1.2 t ha⁻¹ del resto de las especies), pero los pasto Chontalpo y Remolino registran el mayor contenido de proteína con 13.1 y 12.6%, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca y proteína de ocho gramíneas forrajeras a la edad de 35 días, en la época seca del año

Pasto	Rendimiento de Materia Seca (t ha ⁻¹)		Proteína (%)	
	Sin Fertilizar (SF)	Fertilizado (F)	SF	F
Llanero	1.27	0.75	9.6	11.0
Chontalpo	0.69	1.0	13.1	13.4
Mulato	1.24	1.47	10.1	9.5
Dictyoneura	1.07	1.51	9.3	10.2
Insurgente	1.79	1.96	9.3	11.0
Guinea	1.05	1.36	11.7	11.8
Remolino	0.53	1.08	12.6	13.5
Humidicola	1.25	1.31	8.4	10.5
Media	1.03 a	1.07 a	11.23 b	12.25 a

Posterior a esta edad, la proteína disminuye significativamente (principalmente en los pastos Llanero, Insurgente, Mulato y Humidicola), pero el RMS está próximo a alcanzar su máxima expresión; a los 42 días. El pasto Chontalpo fue la especie que obtuvo el mayor contenido de proteína (14%) como promedio de los ocho cortes, seguido por los pastos Remolino y Guinea (13% promedio de ambos). El resto de las especies no mostraron diferencias entre ellas, promediando 10.8% de proteína. Esto indica que, el pasto Mulato (híbrido producto del cruzamiento Insurgente x Ruziensiensis) no supera al pasto Insurgente en contenido de proteína en la época seca del año.

Por otra parte, el contenido de proteína varía por efecto de la fertilización, aumentando en 1.02% (11.23 vs 12.25%, sin fertilizar y fertilizado, respectivamente) el contenido de proteína de las especies fertilizadas. Esto significa que en la época seca, los pastos pueden ser mejorados en su contenido de proteína si reciben fertilización en dosis de 200-100-00. A partir de los 28 días se registra la mayor proporción de hoja en la biomasa aérea total en todas las especies. Esto indica que las plantas ante la sequía, sus tallos dejan de crecer, lo que conlleva a un aumentando en la proporción de hoja en la biomasa aérea total de las plantas. Este fenómeno fue observado anteriormente en pasto Humidicola por Domínguez (2009). Así mismo, la fertilización mejora la proporción de hoja, con un registro de 0.78 vs 0.81 sin fertilizar y fertilizado, respectivamente. La altura de las plantas deja de aumentar hasta los 35 días, a partir de este momento se mantiene estable hasta el final del estudio. Así también la fertilización aumentó la altura promedio de los pastos, pasando de 33.0 a 36.0 cm al ser fertilizadas las especies. Finalmente se observa que con el aumento del RMS, se disminuyó el contenido de proteína, la mayor proporción de hoja contribuyó al mayor RMS (Cuadro 3), esto en la época seca del año.

CONCLUSIONES

Cuadro 3. Correlaciones entre los diferentes caracteres evaluados en la época seca del año

	Proteína	H / (H+T)	Altura
RMS	-0.57 ***	0.37 ***	0.10 ns
Proteína		-0.34 ***	-0.27 **
H / (H+T)			0.31 **

RMS= Rendimiento de materia seca;
H/(H+T) = Proporción de hoja en biomasa aérea total.
Ns: no significativo; *, **, *** niveles probables de significancia de 0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente.

Durante la época seca del año, el pasto Insurgente mostró mayor adaptación dada su mayor producción de materia seca; sin embargo, fue el pasto Chontalpo el de mayor contenido de proteína. La edad promedio a la cual debe dejarse descansar estas especies es a los 35 días. La fertilización mejora la producción de materia seca y el contenido de proteína de las especies. Durante la época seca, el pasto Mulato no es inferior en RMS y semejante en proteína a su progenitor el pasto Insurgente. El pasto *Dictyoneura* es semejante en RMS pero superior en proteína que su ecotipo *Humidicola*

LITERATURA CITADA

- AOAC, 2000. Association of Official Analytical Chemist. *Orr. of Anal. Chem.* 17th Ed. Washington, USA.
- Bolaños-Aguilar E.D., Émile J.C., y Enríquez-Quiroz J.F. 2010. Les fourrages au Mexique: ressources, valorisation et perspectives de recherche. *FORAGE*. 204:277-282
- Domínguez P.F.D. 2009. Respuesta a diferentes niveles de humedad del suelo de genotipos de *Brachiaria decumbens* (Rendle) Schweick. Tesis de Licenciatura. UPCH. Cárdenas, Tabasco. 57 p.
- Gweyi-Onyango, J.P., Tesfamariam, T. and Neumann G. 2011. Contrasting responses to phosphorus status by *Arachis pintoi* (Krapov and W.C. Gregory): A lesson for selecting vegetables for cultivation in Kenyan Ecozones. *Asian Journal of Agricultural Research* 10:1-11.
- Jones, R.J. and Hu, F.D. 2006. Diet selection of steers grazing *Stylosanthes hamata* cv. Verano-grass pastures in north Queensland and its potential influence on botanical composition. *Tropical Grasslands*. 40:65-69.
- Juárez-Hernández J., Bolaños-Aguilar E.D., y Reinoso M. 2004. Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada en pastos tropicales. Época de Nortes. *Rev. Cub. de Cienc. Agríc.* 38:423-430.
- Moreno F.P. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*. 7(2): 179 – 1991.
- Pizarro, E.A., do Valle, C.B., Keller-Grein, G., Schultz-Kraft, R. and Zimmer, A.H. 1996. Regional experience with *Brachiaria*: Tropical America-Savannas. In: *Brachiaria: Biology, Agronomy and Improvement*. Miles JW, Maass BL and do Valle CB (Eds). CIAT Publications No. 259, Cali, Colombia. Pp. 225 – 243.
- SAS Institute, 2010. User's Guide: Statistics, version 9.3. SAS Inst. Inc., Cary, North Caroline, USA.
- SIAP. 2016. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. <http://www.gob.mx/SIAP/documento/población-ganadera>.
- Toledo, J.M. y Schultze-Kraft, R. 1982. Metodología para evaluación agronómica de pastos tropicales. Manual para la evaluación agronómica. Ed. J.M.Toledo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali. Colombia. 91pp.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE ENGORDA DE BECERROS HOLSTEIN EN EL ESTADO DE GUANAJUATO, MÉXICO. ECONOMIC PERFORMANCE AND BEEF PRODUCTION OF HOLSTEIN CALVES IN GUANAJUATO, MEXICO.

¹Vélez Izquierdo A, ¹Buendía Rodríguez G, ²Gámez Vázquez P, ¹Espinosa García JA, ¹Montoya Flores MD, ¹Bravo Peralta J.

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENID FyMA), del INIFAP. Km1. Carretera a Colón, Ajuchitlán, Colón, C.P. 76280, Querétaro, México.

²Centro de investigación Regional del Centro. Campo experimental Bajío. Carretera Celaya-San Miguel de Allende s/n, Celaya, Gto

Autor para correspondencia: velez.alejandra@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue analizar indicadores de eficiencia técnicos y económicos de una engorda intensiva de becerros Holstein desarrollada en el estado de Guanajuato, con fines de generar información que apoye a la toma de decisiones de los productores de carne y de leche en el estado. La engorda inició con la adquisición de 36 becerros Holstein con peso promedio de 46 Kg a la recepción, la cual se dividió en cuatro etapas: crianza, crecimiento, desarrollo y finalización, que se llevaron a cabo con un productor cooperante del municipio de Salamanca. Se implementaron registros de información productiva y económica, que fue capturada y analizada en el Programa Excel, para obtener los siguientes indicadores: 1) ganancia diaria de peso por animal (GDP/Cb) para cada etapa y para todo el período, el cual tuvo una duración de 483 días; 2) kilogramos de carne producidos, Costo total de producción (CT); costo por kg producido (CU/Kg), y ganancia neta económica por Kg producido (G/kg), estos indicadores se analizaron por promedio por esta. Los resultados muestran que durante el periodo que duró la engorda, se obtuvo una producción promedio de 470 Kg/Cb, un peso final promedio de 506 Kg/Cb con una GDP promedio de 1.07 Kg/Cb. El CU/Kg promedio del período fue de \$31.29, con una ganancia por kilogramo producido de \$15.71 y en promedio un ingreso total de \$23,782.00/Cb y un costo total de \$13,029.48 en promedio. Se concluye que, con el manejo llevado a cabo desde la recepción de los animales hasta la finalización, es posible obtener GDP promedio superiores al kilogramo/Cb y llegar a un peso final promedio mayor a 500 Kg/Cb, para becerros Holstein que en su mayoría son destinados a la matanza a corta edad, posibilitando su incorporación a la cadena productiva de bovinos carne y representado una contribución al ingreso del productor de leche, en el estado de Guanajuato.

Palabras clave: *Costo unitario de producción, ganancia, costo total, ganancia diaria de peso.*

INTRODUCCIÓN

La raza Holstein en México es utilizada principalmente en los sistemas de lechería familiar y especializado, contribuyendo a la producción de leche nacional en 10% y 51% respectivamente (SAGARPA, 2012), siendo la leche el principal producto que genera, sin embargo; se obtienen otros productos, como la piel, reemplazos, vacas de desecho, estiércol y becerros, que para el año 2012, fueron aproximadamente el 50% de 1.7 millones de crías nacidas del hato lechero (El Economista, 2014). En el estado de Guanajuato la lechería familiar es el sistema que más aporta a la producción estatal de leche y posee el número 11 en inventario de ganado lechero a nivel nacional y ocupa el 5º lugar en la producción de leche, (SAGARPA, 2012). Por otra parte, la ganadería para la producción de carne en el estado al igual que en otros estados del país, se desarrolla en sistemas extensivos, (vaca-cría) e intensivos (en corral), con diferentes fines, en el primero es la producción de becerros para la engorda y en el segundo la engorda y finalización del ganado (Buendía, 2016)., y ante un contexto en el cual los precios internacionales del ganado han alcanzado cifras récord de 73 pesos por kilogramo en ganado flaco y 54 pesos por kilogramo en ganado finalizado y el precio de maíz amarillo a niveles del año 2010 de \$3,100/t., disminuyendo el hato ante la venta de vaquillas y vientres, con lo cual la generación de reemplazos del pie de cría nacional se ha afectado seriamente, comprometiendo el abasto futuro de carne de bovino a la demanda interna, se presenta como una oportunidad la incorporación de becerros Holstein (El Economista, 2014), provenientes principalmente de los sistemas productores de leche en el estado, a la cadena productiva de carne de bovino y abre la posibilidad de adoptar esquemas para desarrollar empresas tractoras que contribuyan a la integración de la cadena de carne en Guanajuato. Ante el panorama presentado el objetivo del presente

trabajo es analizar indicadores de eficiencia técnicos y económicos de una engorda intensiva de becerros Holstein desarrollada en el estado de Guanajuato, con fines de generar información que apoye a la toma de decisiones de los productores de carne y de leche en el estado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La engorda inició en enero de 2015 con la adquisición de 36 becerros Holstein calostrados con un peso promedio de 46 Kg, para su evaluación se dividió cuatro etapas: crianza, crecimiento, desarrollo y finalización. La etapa de crianza se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal del INIFAP (CENID FyMA), las tres etapas restantes se desarrollaron en el estado de Guanajuato en el municipio de Salamanca en instalaciones del productor cooperante. Las etapas de crianza y crecimiento tuvieron una duración de 90 días cada una, el desarrollo de 180 días y la finalización de 123 días, de tal manera que la edad a la matanza, fue de 483 días.

Cada animal se consideró como una unidad experimental. Los animales se pesaron al momento de la recepción en el CENID FyMA y de forma sucesiva cada 15 días, registrando los pesos (inicial y final en cada etapa) y las variables económicas de costos de alimentación, salud, mano de obra y otros costos de operación.

Manejo realizado por etapa

Etapa de crianza, 2 a 90 días. La engorda de becerros inicio con la adquisición de los becerros y llegada de estos durante el mes de enero de 2014 a las instalaciones del CENID FyMA, del INIFAP en Ajuchitlán, Qro. Los becerros llegaron ya calostrados y estuvieron en corraletas individuales, con el siguiente manejo: al momento de la recepción se realizó la identificación de cada uno de los 36 animales con arete plástico, elaboración de ficha individual con datos de procedencia, fecha de nacimiento, peso y condición general. En el aspecto de salud se aplicaron vacunas y vitaminas la primera fue una vacuna intranasal TSV-, una dosis de 2ml (1 ml en cada fosa nasa), para la prevención de rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR) y parainfluenza 3 (PI3), 5 ml de vitaminas ADE, 5 ml de vitaminas hidrosolubles y complejo B Fuerte. Para los casos de diarreas se aplicó dyscural en la cantidad de 1ml/10 Kg de peso vivo intramuscular, en algunos casos fue necesario repetir la dosis a las 24 horas (Buendía *et al.*, 2016).

La alimentación estuvo compuesta por 4lt (100 g/lt) de sustituto de leche por becerro por día, en dos tomas de 2lt cada una por la mañana y por la tarde. Se usaron dos sustitutos de leche comerciales de las marcas Purina y Malta, a partir del día 8, se proporcionó alimento para becerra (criavaquina, becerras ultra). A partir del día 60 y hasta los 90 días se ofreció a libertad alimento Crianza elaborado (Buendía *et al.*, 2016) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Programa de alimentación para la producción de ganado Holstein.

Ingredientes	Crianza	Crecimiento	Desarrollo	Finalización
Grano de maíz rolado	300	122	300	500
Grano de sorgo molido	200	250	200	200
Grano seco de destilería	150	308	54	0
Pasta de soya	130	0	0	0
Alfalfa henificada	100	120	316	88
Pata de sorgo	0	60	0	72
Semilla de algodón	40	60	40	40
Melaza	40	40	40	40
Premezcla de vitaminas y minerales*	20	20	20	20
Urea	10	10	15	20
Bicarbonato de sodios	10	10	15	20
Total (Kg)	1,000	1,000	1,000	1,000

* Premezcla elaborada por la Unión Ganadera Regional de Guanajuato.
Fuente: Buendía *et al.*, 2016.

Etapa de crecimiento, 90 a 180 días. Cumplidos los primeros 90 días, los 36 animales fueron trasladados a las instalaciones del productor cooperante en el municipio de Salamanca en el estado de Guanajuato, lugar en el que permanecieron hasta su traslado al rastro TIF de León. En esta etapa el manejo se concentró en actividades de las áreas de salud y alimentación, con la aplicación de vacunas, desparasitantes e implantes. En el momento del pesaje a los 90 días se les aplicó 5 ml de Bobact 8 de forma subcutánea, posteriormente 5 ml/50 Kg de peso vivo de Parafen fascionil en suspensión oral, Baycox

Bovis 5mg/ml suspensión oral por 10 kg de peso vivo; 5 ml de vitaminas hidrosolubles y complejo B Fuerte e implante (Ralgro). La alimentación estuvo compuesta por el alimento elaborado (Cuadro 1) iniciando con un consumo promedio de 4 kg diarios/Cb y en promedio 1.130 Kg/Cb de silo (Buendía et al., 2016).

Etapa de desarrollo, 180 a 360 días. En el pesaje del día 180 como parte del manejo se continuo con la aplicación de vitaminas, desparasitantes y el implante. Las vitaminas aplicadas fueron ADE en 5 ml e hidrosolubles en 10 ml y complejo B Fuerte. El implante Component T200, 1 aplicación en el tercio medio de la oreja. La alimentación proporcionada fue la misma que en la etapa anterior (Cuadro 1), variando las cantidades ofrecidas de 13 Kg/Cb de alimento en promedio y 4.50 Kg/ Cb de silo en promedio (Buendía et al., 2016).

Etapa de finalización, 360 días al sacrificio. En la última fase se pesaron a los 360 días y se aplicó 5 ml de vitaminas ADE, Vigantol, 5 ml de vitaminas hidrosolubles y complejo B Fuerte, desparasitante Ivomec en dosis de 1ml por 50 Kg de peso, implante Component T200, 1 aplicación en el tercio medio de la oreja. En el área de alimentación se continuo con ofreciendo el alimento elaborado con la composición del Cuadro 1, en 14 Kg/Cb y el silo en 2.67 Kg/Cb, adicional se agregó Zilpaterol a razón de 110 g/ton de alimento (Buendía et al., 2016).

Análisis de la información

En el programa Excell se diseñó una hoja de cálculo en la cual se integró la información recabada en cada etapa y del período completo. Se calculó el indicador: ganancia diaria de peso (GDP) y la variable económica de costo unitario de producción (CuKg), que es el costo de producir un kilogramo de carne y el cual se define por la siguiente expresión $C = \frac{C_{\text{total}}}{P}$, el Costo total como $C = \sum_{j=1}^n C_{\text{variable}} + \sum_{j=1}^n C_{\text{fijos}}$; donde $\sum_{j=1}^n C_{\text{variable}}$ es el costo variable integrado por: a) costo de alimentación calculado por la cantidad de alimento consumido por el precio de la dieta, b) mano de obra, calculado por las horas dedicadas al ganado por el costo del jornal de la región, c) costos de salud (desparasitantes, vitaminas, implante y medicamentos - según fuera el caso) y d) otros costos de operación (enseres menores y combustibles); y $\sum_{j=1}^n C_{\text{fijos}}$, los costos fijos compuesto por los conceptos de administración y depreciación de las instalaciones. El costo de administración se estimó a partir del cálculo del 3% del ingreso total por animal, el cual se obtuvo de multiplicar el peso final de cada animal por el precio nominal por kilogramo en pie, del año 2016, (SNIIM, 2017) en el rastro Tipo Inspección Federal (TIF) del municipio de León Guanajuato, rastro en el cual se realizó la matanza en ese mismo año. La depreciación de las instalaciones se obtuvo aplicando el método lineal, el cual consiste en restar al valor de compra del activo, el valor de desecho del activo y dividir el resultado entre los años de vida útil del activo (Espinosa et al., 2010). También se calculó la ganancia neta calculada mediante la expresión: $G = I - C$, en donde los I , son los ingresos totales, expresados como $I = Q_p * P_p$, donde: Q_p es la cantidad producida y para el caso de esta evaluación se considera el peso total del animal en kilogramos y el P_p utilizado fue el precio promedio en el estado de Guanajuato en 2016 (SNIIM, 2017), por último se obtuvo la Ganancia/Kg, de la diferencia de restar al Precio de venta/Kg el CU/Kg (Espinosa et al., 2010). Se obtuvo el promedio para cada una de las variables utilizadas e indicadores calculados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento Productivo y Económico

El manejo realizado, los insumos utilizados y otros posibles factores como la genética de los animales, dieron como resultado un peso final promedio del período de 506 Kg, valor obtenido en la etapa de finalización, con un máximo de 583 Kg, y un mínimo de 359 Kg (cuadro 3). La respuesta productiva de los animales fue mejor en la etapa de desarrollo, con 150 Kg de peso en los pesos finales promedio del crecimiento al desarrollo y una GDP de 1.49 Kg, la cual disminuyó drásticamente en la etapa de finalización al obtener en promedio 1.04 Kg de GDP y, sin embargo; se alcanzaron a producir en promedio 160 Kg y en todo el período 470 Kg en promedio/Cb, con un máximo de 583 Kg y un mínimo de 359 Kg.

El estudio indica que las plantaciones de cacao en el estado de Tabasco oscilan entre 15 y 100 años. Mientras que Ramírez-Meneses et al. (2013) y Sánchez et al. (2016), encontraron plantaciones de hasta 50 años de edad y Córdova-Ávalos et al. (2001) identificó plantaciones de 70 años. Considerando la diversidad de especies por edad de plantación, se encontró que la frecuencia de especies predominantes en plantaciones de 15 a 25 años fueron *Cedrela odorata* (L.) Gaert., *Gliricidia sepium*, *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Dun.) Heisser y Pickers., así como 10 especies más de árboles. En las de 45 a 100 años, la frecuencia de árboles presentes fueron *Cedrela odorata* (L.) Gaert., *Erythrina fusca*, *Castilla*

elastica Cerv. y *Orchidaceae* spp., donde la mayor diversidad de árboles se encontró en una plantación de 50 años con 23 especies diferentes.

Cuadro 2. Variables e indicadores técnicos promedio por cabeza y etapa de la engorda de 36 becerras Holstein.

Etapa en días	Peso inicial	Peso final	GDP	Kilogramos producidos
Crianza, 2 a 90	46	94	0.52	44.05
Crecimiento, 90 a 180	94.25	207.25	1.23	119.6
Desarrollo, 180 a 360	207.25	351	1.49	146.25
Finalización 360 a 483	351	506	1.04	160
Total del período			1.07	470

El análisis económico tiene como principal finalidad la evaluación de costos vs beneficios de una o más actividades productivas, para con la información generada contribuir a la toma de decisiones. Los costos variables relacionados directamente con el volumen de producción en las actividades agropecuarias, representan más del 80% de los costos totales y de los conceptos que lo integran el costo de alimentación en la producción pecuaria es más del 60% en la mayoría de las especies, y la engorda de becerras de raza Holstein no fue la excepción, con 36 becerras se tuvo un costo variable total promedio a 483 días de \$12,676.02 (Figura 1), que representó el 78%, salud el 2%, 16% mano de obra contratada de forma permanente y 4% otros costos de operación del total del CV (Cuadro 3).

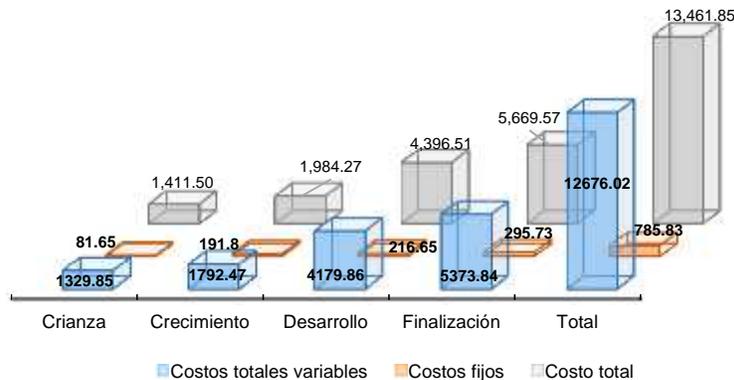


Figura 1. Costo total promedio por etapa/Cb de la engorda de 36 becerras Holstein.

Los costos totales compuestos por los CV y los CF, fueron de \$13,029.48 en promedio/Cb del período completo, los costos fijos incluyeron la depreciación de las instalaciones y el costo de administración en todas las fases, se observa en la Figura 1, que el CF promedio representa el 6% del CT promedio en el período y por etapa sobresale el CF en la Finalización con un valor de \$295.73 (Figura 1), en general se aprecia un incremento gradual del CF, derivado del componente de administración (y en menor grado por el costo de depreciación), porque este fue calculado como el 3% del IT, el cual involucra para su cálculo al peso total del animal y con el supuesto del mismo precio nominal el cual fue de \$33.00, entonces al

Cuadro 3. Costos variables promedio por etapa/Cb de la engorda de 36 becerras Holstein.

Etapa en días	Alimentación	Salud	Mano de obra	Otros costos operativos
Crianza, 2 a 90	719.43	81.72	319.00	209.70
Crecimiento, 90 a 180	1,276.84	40.00	403.20	72.43
Desarrollo, 180 a 360	3,513.94	31.40	515.52	119.00
Finalización 360 a 483	4,406.59	105.65	755.00	106.60
Total del período	9,916.80	258.77	1,992.72	507.73

tener más peso del ganado en pie, el ingreso es mayor y por lo tanto el valor del CF por administración de la unidad de producción.

El IT calculado fue del período y por cada animal obteniendo un IT promedio de \$23,782.00 considerando un precio promedio de \$47.00/Kg de ganado en pie en el estado de Guanajuato del período de julio de 2016, mes en el que fueron llevados a la matanza. Con el valor del IT y CT (ambos promedios de los 36 animales) se obtuvo una G promedio de \$10,467.09/Cb al final de la engorda, con un peso promedio en pie de 506 Kg, y un precio de venta en pie por kilogramo mayor al CU/Kg en el período, lo que da como resultado una G por Kg promedio de \$15.71/Cb. El costo unitario es un indicador de eficiencia económica con el cual es posible valorar que tan eficiente se ha sido en el proceso de producción al poderse comparar con el precio de venta y, mediante una diferencia calcular cuánto es posible ganar o perder al precio negociado y los kilos vendido; por lo tanto, entre menor sea el CU/Kg y mayor el precio/kg de mercado, la G/Kg será mayor.

Al analizar el CU/Kg por etapa, es posible observar en la Figura 2, que en la etapa de crianza el CU/Kg, fue mayor en comparación con las otras etapas, dado que es cuando los animales aún no han obtenido suficiente peso y los costos de salud son mayores que en las etapas de crecimiento y desarrollo, además de ser la etapa con más cuidados a los animales y el mayor riesgo por muerte de los mismos. El segundo CU/Kg más alto es en la finalización, se incrementa el peso de los animales, pero también la cantidad de CV y CF, sin embargo; el CU/kg promedio obtenido al final del período, fue 33% menor al precio de venta, lo que hace al proceso competitivo.

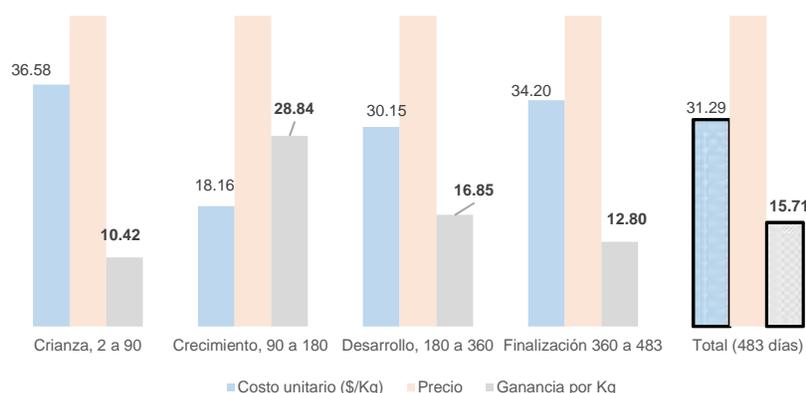


Figura 2. Costo total promedio por etapa/Cb de la engorda de 36 becerros Holstein.

CONCLUSIONES

Con el manejo llevado a cabo desde la recepción de los animales hasta la finalización, es posible obtener GDP promedio superiores al kilogramo/Cb y llegar a un peso final promedio mayor a 500 Kg/Cb, para una raza que está orientada a la producción de leche y los becerros para becerros Holstein que en su mayoría son destinados a la matanza a corta edad, posibilitando su incorporación a la cadena productiva de bovinos carne y representado una contribución al ingreso del productor de leche.

LITERATURA CITADA

- Buendía, R.G., Vélez, I.A., Gámez, V.F.P. y Montoya, F. M. D. 2016. Implementación de tecnologías para la producción de ganado Holstein en el estado de Guanajuato. Deplegable para productores. Guanajuato Produce, México.
- Caldera, O.A. y Rojas, C.A. Al rescate de la engorda del becerro Holstein. Nota periodística. Periódico El Financiero. 04 de abril de 2015.
- Espinosa G. J.A.; González O., T.A.; Luna E., A.A.; Cuevas R. V., Moctezuma L. G.; Góngora G., S.F.; Jolalpa B. J.L.; Vélez I. A. 2010. Administración de ranchos pecuarios con base en el uso de registros técnicos y económicos. INIFAP-CENID Microbiología. Libro Técnico Núm. 2. México, D. F., México. 218p.
- SAGARPA. Programa Nacional Pecuario 2007-2012. México.

EVALUACIÓN IN VITRO ANTIHELMÍNTICA Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE *Tithonia diversifolia* HEMSL

IN VITRO ANTHELMINTIC EVALUATION AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF *Tithonia diversifolia* HEMSL

¹De la Cruz-López J, ¹Hernández-Villegas MM, ²Aranda-Ibáñez ME, ³Barrientos-Ramírez L, ¹Ramírez-May AG, ¹Rivera-Torres DL, ¹Bolio-López GI

¹Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH). División de Ingenierías y Ciencias Agropecuarias km 2 Carretera Cárdenas-Huimanguillo, Ria. Paso y Playa, C.P. 86500

²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n C.P. 86500, H. Cárdenas, Tabasco

³Departamento de Madera, Celulosa y Papel, CUCEI. Universidad de Guadalajara, México
Autor para correspondencia: mahervi57@gmail.com

RESUMEN

Las infecciones con el parásito gastrointestinal *Haemonchus contortus* representa uno de los problemas más importantes en la producción de ovinos, agravado por el incremento de resistencia múltiple que presenta este nematodo a los antihelmínticos tradicionales, causada por el manejo inadecuado de estos fármacos. Este estudio evalúa el efecto antihelmíntico *in vitro* del extracto acuoso de hojas, flores y tallos de *Tithonia diversifolia* contra huevos de *H. contortus* de ovinos; además de realizarse una caracterización química y fitoquímica. Para la evaluación *in vitro* se utilizó la prueba de eclosión de huevos para los tres extractos acuosos: hojas, flores y tallos. A la mayor concentración utilizada (600 µg/ml) el extracto acuoso de flores mostró el 100% de eficacia, mientras que en el extracto de tallos se observó la menor eficacia (81.4%) a la misma concentración utilizada. De igual forma, en la menor concentración utilizada (75 µg/ml) el extracto de tallos mostró la menor eficacia (27.7%). En relación al contenido de proteína, el valor más alto fue observado en las hojas (34.6%), mientras que, el tallo presentó el valor más bajo (7.79%). La mayor tasa de digestibilidad observada correspondió a la hoja (97.6%) y la menor tasa mostrada fue el tallo (52.4%). Los valores obtenidos en la fibra detergente neutra fueron 28.2, 30.6 y 56.9 para flor, hojas y tallos respectivamente, y en cuanto al contenido de fibra detergente acida el porcentaje más bajo correspondió a hojas (5.1%) y el más alto a tallos (37.5%). Entre los compuestos secundarios encontrados en los extractos se encuentran principalmente alcaloides, taninos, quinonas y fenoles.

Palabras clave: *Antihelmínticos, Haemonchus contortus, Nematodos gastrointestinales, Tithonia diversifolia.*

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades causadas por parásitos gastrointestinales en ovinos generan pérdidas económicas significativas en la producción mundial. *Haemonchus contortus* es una de las especies de parásito más importante de ovinos debido a su presencia generalizada y su alta patogenicidad. Los daños patológicos causados por el parásito resultan en pérdida de una gran cantidad de sangre en animales afectados, causando una anemia severa, debilidad, deficiencia nutricional, pérdida de peso y en casos agudos muerte del animal (Ferreira *et al.*, 2016). Las consecuencias del parasitismo son generalmente más severas en regiones tropicales y subtropicales debido a la combinación de las altas temperaturas y las lluvias que favorecen la supervivencia y mantenimiento de los parásitos a través del año (Waller, 1997).

En un intento de controlar la infección, el uso inapropiado de los antihelmínticos (AH) comerciales ha contribuido a la selección de cepas resistentes de este parásito, que ha dado como resultado la ineficacia parcial o total a muchos de los AH disponibles en el mercado (Roeber *et al.*, 2013). En este contexto, la búsqueda de AH botánicos ha surgido como una alternativa atractiva para alargar la vida de los AH existentes y/o encontrar nuevas moléculas que presenten un mecanismo de acción diferente. La presencia de compuestos activos en plantas usadas para tratar algunos padecimientos que afectan a la población humana y a los animales ha sido documentada y es una de las alternativas investigadas actualmente. Diversos estudios en varios países han demostrado que los compuestos obtenidos de muchas especies de plantas son eficaces para reducir las infecciones en ovinos, haciéndolas alternativas promisorias en relación a los AH convencionales (Githiori *et al.*, 2006).

Tithonia diversifolia (Hemsl), (Asteraceae) ha sido usada en la medicina tradicional para el tratamiento de la malaria y algunas otras enfermedades. Los principales constituyentes son lactonas sesquiterpénicas,

que están reconocidas como una clase de compuestos naturales con un amplio espectro de actividades biológicas, incluyendo actividad significativa contra parásitos protozoarios tropicales (Toledo *et al.*, 2014; Ambrosio *et al.*, 2008). La actividad antiinflamatoria, antiamebiana y espasmolítica han sido descritas, sin embargo, la actividad antihelmíntica no ha sido evaluada. Por lo tanto los objetivos de este estudio fueron evaluar la actividad antihelmíntica in vitro contra huevos de *Haemonchus contortus* y caracterizar químicamente las partes evaluadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de los extractos

Las hojas, flores y tallos de *T. diversifolia* se colectaron en el municipio de Cárdenas, Tabasco, en el Campus universitario de la Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH).

El material vegetal fue secado en una estufa durante 48 hr a una temperatura de 40 °C, se removió dos veces al día para lograr un secado uniforme. Una vez seco el material, se procedió a molerlo hasta obtener un tamaño de partícula de 0.039 mm. Posteriormente, en una probeta se midieron 100 mL de agua destilada y se colocaron en un vaso de precipitado de 250 mL para ponerla a ebullición; alcanzada esta temperatura se le adicionaron 5 g de polvo del material vegetal de *T. diversifolia* y se dejó enfriar para luego filtrar la solución. Una vez filtrada la solución fue colocada en viales para su congelación a -20°C. Posteriormente fue sometida al proceso de liofilización para la obtención del extracto puro y almacenado a 4°C hasta su uso.

Obtención de los huevos de *H. contortus*

Para la obtención de huevos de *H. contortus*, se utilizó un cordero donador macho cruzado con razas tropicales, de 4 meses de edad aproximadamente. El cordero se alojó en un corral con piso de concreto para evitar reinfestaciones por nematodos. Se sometió a un proceso de adaptación por 7 días; durante este periodo se monitoreo para conocer la carga parasitaria. A los 7 días, el cordero fue desparasitado con dos antihelmínticos comerciales: levamisol al 12% 7.5 mg por kg de P.V. vía subcutánea y albendazol 5.0 mg por kg de P.V. vía oral. A los 7 días después de aplicado el desparasitante se determinó el conteo de huevos por la técnica de McMaster, para corroborar que el animal se encontrara libre de parásitos. Posteriormente, se inocularon las larvas infectivas de *H. contortus*, a una dosis de 6000 larvas vía oral. 14 días después de la inoculación de las larvas, el animal fue monitoreado diariamente para conocer la evolución de la infección e iniciar con la recolección de huevos.

Prueba de eclosión de huevos

Esta prueba fue realizada de acuerdo a la guía de la Asociación Mundial para el Avance de la Parasitología Veterinaria (WAAVP, por sus siglas en inglés) (Coles *et al.*, 1992). Una solución que contenía 100 huevos fue colocada en los extractos de hojas, flores y tallos de *T. diversifolia* a las concentraciones de 75, 150, 300 y 600 µg/ml; Posteriormente las placas con posos que contenían los diferentes extractos, fueron incubadas por 48 horas a una temperatura de 28°C. Al final de este tiempo se añadió una gota de yodo para detener la eclosión y posteriormente se procedió a contar el número de huevos y larvas L1, a través de un microscopio óptico. Además, se utilizó un control negativo: Phosphate Buffer Saline (PBS) y un control positivo que fue el tiabendazol 0.5 µg/ml. Se realizaron cuatro repeticiones para cada concentración y extracto y los controles respectivamente.

Caracterización química

La materia seca (MS) se obtuvo mediante secado en una estufa ECOSHEL® modelo 9023^a a 60°C durante 72 horas, la proteína cruda (PC) se determinó mediante la técnica de micro Kjeldahl (AOAC 2000), el contenido de ceniza se determinó por incineración a 550°C durante 4 horas, la fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente acida (FDA) se determinaron de acuerdo con la técnica de Van Soest *et al.* (1991), usando un analizador de fibra Ankom 2000®.

Perfil fotoquímico

Las pruebas fotoquímicas para detectar la presencia de alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos fueron realizadas con los extractos acuosos de hojas, flores y tallos de *T. diversifolia*, de acuerdo a los métodos previamente descritos por Domínguez (1979). Estas pruebas están basadas en la observación visual de cambio de color o de la formación de precipitados después de adicionar un reactivo específico. Para detectar la presencia de diferentes metabolitos se utilizaron las pruebas de: Alcaloides (Dragendorff y Mayer), Cianidina (Flavonoides), Salkowsky (Esteroides), Taninos (Gelatina sal y Cloruro Férrico), Quinonas (Bornträger) y Saponinas (Liebarmann-Burchard).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de rendimiento de cada uno de los órganos de *T. diversifolia* se muestra en el Cuadro 1. El mayor rendimiento obtenido se observó en los tallos y el menor rendimiento en las flores. Los porcentajes de rendimiento son altos comparado con otras especies donde los rendimientos obtenidos son inferiores al 15%. Esto indica que el método de extracción es adecuado para obtener cantidades superiores en ensayos donde se requiera mayor cantidad del material.

Cuadro 1. Rendimiento del material vegetal de *Tithonia diversifolia* después de la liofilizado

Material	Peso (g)	Extracto liofilizado (g)	Rendimiento %
Hojas	5	1.443	28.8
Flores	5	1.044	20.8
Tallos	5	3.100	62.0

Prueba de eclosión de huevos

Los extractos de hojas, flores y tallos de *T. diversifolia*, a las diferentes concentraciones probadas fueron eficaces en inhibir la eclosión de huevos de *H. contortus* (Cuadro 2). Las mayores concentraciones probadas del extracto acuoso de flores de *T. diversifolia* (150, 300 y 600 µg/ml) mostraron la tasa más alta de inhibición de la eclosión (98.5, 99.7 y 100 %) respectivamente. Los menores porcentajes de eficacia fueron observados en el extracto de tallos de *T. diversifolia*, en todas las concentraciones probadas.

Caracterización química

En el Cuadro 3 se presentan los valores de los órganos evaluados de *T. diversifolia*. En cuanto al contenido de proteína, los reportes de la literatura son muy similares; por ejemplo, Navarro y Rodríguez (1990), reportan valores de 14.8 hasta 28.5% de acuerdo a la etapa fisiológica de la planta. Gallegos-Castro *et al.* (2014), reportan valores de 20.3 hasta 23.4% inferior al encontrado en este trabajo. Mahecha y Rosales (2005) reportan que el contenido de proteína cruda contenida en el forraje de *T. diversifolia* fue de 24.4% en base a materia seca y más del 40% de la proteína fue soluble. *T. diversifolia* posee una composición en cuanto a la proteína y carbohidratos que la hacen interesante desde este punto de vista, en comparación con otras especies forrajeras arbustivas.

Cuadro 2. Eficacia de extracto acuoso de hojas, flores y tallos de *T. diversifolia*, sobre inhibición de eclosión de *H. contortus*

Tratamiento	Concentración µg/ml	Eficacia ± DE %
Hojas	600	90.0±5.59 ^a
	300	89.2±8.99 ^a
	150	80.0±2.94 ^b
	75	73.2±16.90 ^b
Flores	600	100±4.26 ^a
	300	99.7±0.50 ^a
	150	98.5±3.00 ^a
	75	80.0±10.10 ^b
Tallos	600	81.4±27.20 ^b
	300	64.3±37.30 ^b
	150	58.0±26.27 ^b
	75	27.7±12.67 ^c
Tiabendazol	0.05	93.10±2.76 ^a
PBS		5.72±2.46 ^d

Literales diferentes en la misma columna difieren significativamente $P < 0.05$

Cuadro 3. Composición química de órganos de *T. diversifolia*

Muestra	Proteína %	MS %	FDN %	FDA %	Digestibilidad %	Cenizas %
Hojas	34.7 ^a	19.5 ^a	30.6 ^a	5.1 ^a	97.6 ^a	14.8 ^a
Flores	14.1 ^b	17.3 ^a	28.2 ^a	11.0 ^b	88.1 ^a	7.8 ^b
Tallos	7.8 ^c	15.9 ^a	56.9 ^b	37.5 ^c	51.9 ^b	8.3 ^b

Literales diferentes en la misma columna difieren significativamente $P < 0.05$

Los valores encontrados de digestibilidad en las hojas (97.6%) de *T. diversifolia*, son superiores a los reportados para otras especies como *Leucaena leucocephala* (79%), *Gliricidia sepium* (82.1%) y *Enterolobium cyclocarpum* (87.6%) (Mahecha y Rosales 2005). Los resultados anteriores indican que las hojas de *T. diversifolia* presentan una buena digestibilidad de la materia seca, situación que debería ser aprovechada en la nutrición animal.

Perfil fotoquímico

El tamizaje fotoquímico indica que las hojas, flores y tallos de *T. diversifolia* contienen alcaloides, fenoles, taninos y quinonas en diferentes cantidades. También se puede observar en el Cuadro 2, la presencia débil

de esteroides. De acuerdo con Maina *et al.* (2012), la mayor cantidad de taninos extractables se encuentra en las hojas, pudiendo llegar alcanzar de 29.2 a 37.7 gramos por kg de MS.

Cuadro 4. Compuestos químicos encontrados en los extractos de *T. diversifolia*

Extracto	Alcaloides	Esteroides	Fenoles	Flavonoides	Quinonas	Saponinas	Taninos
Hojas	++	+	+	-	++	-	+++
Flores	+	+	+++	+	+	-	-
Tallos	-	+	-	-	+	-	+

+: Presencia débil; ++: Moderada; +++: Abundante; -: Ausencia

CONCLUSIONES

Los diferentes extractos evaluados de *T. diversifolia* mostraron actividad antihelmíntica in vitro contra huevos de *H. contortus*, siendo el extracto de flores que presentó la mayor eficacia (100%).

El mayor porcentaje de proteína (34.7%) se encontró en las hojas de *T. diversifolia*, y fueron las hojas las que presentaron el mayor porcentaje de digestibilidad (97.6%).

Los principales compuestos encontrados con mayor abundancia fueron: Taninos (Hojas), Fenoles (Flores).

LITERATURA CITADA

- Ambrosio, R.S., Oki, Y., Gomes-Helena, V.C., Siqueira, C.J., Barboni-Dantas Nascimento, P.G., Espada, L.J., Gomes, C.M., Mouro, V.E., Batista, C.F. 2008. Constituents of glandular trichomes of *Tithonia diversifolia*: Relationships to herbivory and antifeedant activity. *Phytochemistry*. 69: 2052-2060.
- Domínguez, S.X.A., 1979. Métodos de investigación fitoquímica. Ed. Limusa, S.A. México, D.F. p. 281.
- Ferreira, L.E., Benincasa, I.B., Fachin, L.A., Franca, S.C., Contini, S.H.T.S., Chagas, A.C.S., Belebony, R.O. 2016. Thymus vulgaris L. essential oil and its main component thymol: Anthelmintic effects against *Haemonchus contortus* from sheep. *Veterinary Parasitology*. 228: 70-76.
- Gallegos-Castro, L.A., Mahecha-Ledesma, L., Angulo-Arizala, J. 2014. Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A. Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*. 25: 393-403.
- Githiori, J.B., Athanasiadou, S., Thamsborg, S.M., 2006. Use of plants in novel approaches for control of gastrointestinal helminths in livestock with emphasis on small ruminants. *Veterinary Parasitology*. 139: 308-320.
- Maina, I., S. Abdulrazak, C. Muleke, y T. Fujihara. 2012. Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 10: 632-635.
- Mahecha, L., y M. Rosales. 2005. Valor nutricional del follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock Res. Rural Dev.* 17(9):100.
- Roeber, F., Jex, A.R., Gasser, R.B., 2013. Advances in the diagnosis of key gastrointestinal nematode infections of livestock, with an emphasis on small ruminants. *Biotechnology Advances*. 31: 1135-1152.
- Toledo, J.S., Ambrosio, R.S., Borges, G.H.C., Manfrim, V., Cerri, G.D., Cruz, K.A., da Costa, B.F. 2014. In vitro leishmanicidal activities of sesquiterpene lactones from *Tithonia diversifolia* against *Leishmania braziliensis* promastigotes and amastigotes. *Molecules*. 19: 6070-6079.
- Waller, P.J., 1997. Anthelmintic resistance. *Veterinary Parasitology*. 72: 391-412.

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE CALABAZA BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN CAMPECHE, MÉXICO

EVALUATION OF CULTIVARS OF PUMPKIN UNDER CONDITIONS OF TEMPORARY IN CAMPECHE, MEXICO

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

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

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

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar colecciones de calabaza en condiciones de temporal en Campeche, se estableció un ensayo bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. La parcela experimental consto de dos surcos de cinco m de longitud, separados a 2.0 m uno de otro y 1.3 m entre planta. La siembra fue manual en junio del 2016 en un tipo de suelo "Kankab" (Luvisol) de color rojo, ubicado en el Sitio Experimental Edzná, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campeche, Camp. El número de semillas totales (NUST), número de semillas completas (NUSC), número de semillas incompletas (NUSI) por fruto, peso de semillas completas (PSCO), peso de semilla incompleta (PSIN), longitud de semilla completa (LONSC) e incompleta (LONSI), y ancho de semilla completa (ANSC) e incompleta (ANSI). Se utilizaron ocho colecciones de calabaza: dos del municipio de Campeche (C1 y C8) y una del municipio de Hopelchén (C2), Hecelchakán (C3), Calkiní (C4), Tenabo (C5), Champotón (C6) y Escárcega (C7). El comportamiento del temporal durante el periodo de la emergencia a la madurez fisiológica del fruto de la calabaza se presentó un acumulado 415 mm de precipitación. Las colecciones (C) presentaron diferentes aspectos de fruto y coloración. Se observaron dos colecciones de coloración blanca (C1 y C2) y seis colecciones de coloración beige (C3, C4, C5, C6 y C7). El NUST, NUSC, NUSI, PSCO, PSIN, LONSC, LONSI, ANSC y ANSI presentaron diferencias ($p < 0.05$) significativas entre las colecciones. La C8 presento mayor NUST, NUSC, PSCO con 702 y 674 semillas, y 60.5 g. La C6, C4 y C7 presentaron el mayor NUSI con 104, 72 y 56 semillas. La C6 presento el mayor PSIN, LONSC, LONSI, ANSC y ANSI con 7.6 g, 1.66, 0.91, 1.63 y 0.89 cm.

Palabras clave: *Diversidad, variabilidad, temporal.*

INTRODUCCIÓN

A lo largo del globo terráqueo se pueden encontrarse varios tipos de vegetación. En el habitan miles de especies de diversos grupos taxonómicos, muchos de ellos de los cuales muestran una alta variabilidad genética (Arbeláez, 2013). Hernández (1978) indica que la familia Cucurbitaceae incluye alrededor de 90 géneros y 750 especies. El género *Cucurbita*, uno de los más importantes, cuenta con 27 especies. Otros estudios previos indican que la diversidad genética (Azurdia, 1999) y morfológica (Paris y Nerson, 1998), y la evaluación agronómica de materiales nativos de calabaza (Ríos *et al.*, 1996) muestran diferentes grados de diversidad, entre y dentro de especies. En estos estudios los frutos y semillas han recibido la mayor atención, mientras que las características vegetativas han sido poco estudiadas, aunque también en ellas hay variación.

La república mexicana cuenta con amplia diversidad de recursos fitogenéticos, incluidos los referentes a la familia Cucurbitaceae, y conocer su riqueza permite definir estrategias para su estudio, conservación y aprovechamiento (Hernández *et al.*, 2015). Los cultivares nativos presentan una amplia diversidad genética, especialmente en forma, tamaño y coloración del fruto, cantidad de semilla producida, calidad y cantidad de pulpa, tolerancia a enfermedades y precocidad (Montes, 1991). En estos caracteres, en México se encuentran variabilidad genética importante en *C. pepo* y *C. moschata*, y en un nivel inferior en *C. ficifolia* y *C. mixta* (Hernández, 1978). El uso y consumo de las especies nativas es vital para contribuir a la seguridad alimentaria de diversas regiones de México y que da lugar a diversificar la alimentación básica de la población rural; además que es proporcionada básicamente del empleo de materiales criollos que pertenecen a una gran diversidad de familias, géneros y especies cultivadas en las unidades económicas rurales, que contienen una gran cantidad de nutrientes y formas de uso, y que en la actualidad son un cultivo importante en la agricultura tradicional de México, territorio que se conoce como centro de origen y diversidad de cuatro de las cinco especies del género (*C. argirosperma* Huber, *C. ficifolia* Bouche, *C. moschata* Duchense y *C. pepo* L. (Villanueva, 2007). Especialmente el aporte nutrimental de las calabazas

es diferente dependiendo de la estructura que se consuma, pero en conjunto proporcionan lípidos, carbohidratos y proteínas, contienen vitaminas A, C, tiamina, riboflavina y niacina, así como calcio, hierro, fósforo, zinc y magnesio, las hojas y brotes (guías) son ricas en potasio y contienen vitamina B6 y folato equivalente, además contienen fibra cruda y no tienen colesterol (INCAP, 2006).

Entre los pocos estudios de la diversidad en la península de Yucatán en calabaza, destaca el realizado en 36 muestras obtenidas en 2002 en campo en la región centro-oriente de Yucatán. El estudio presta atención a que se observaron 10 muestras que corresponden a la especie *C. argyrosperma* y 26 a *C. moschata*. También el estudio aborda hace referencia a que las especies *C. moschata* y *C. argyrosperma* de Yucatán son morfológicamente diferentes y se agrupan separadamente con claridad. Las poblaciones de *C. moschata* mostraron mayor variación por tener semilla pequeña, precocidad de intermedia a tardía, frutos de mediano a grandes con mesocarpio grueso. Las de *C. argyrosperma* son precoces, de mayor tamaño y peso de semilla, y de frutos de pequeño a mediano (Canul et al., 2005).

En el estado de Campeche el estudio de especies nativas es vital para coadyuvar a la disposición de información sobre la variabilidad de los recursos fitogenéticos, y lo cual crea un fuerte compromiso para conocer, conservar y utilizar sustentablemente dichos recursos. Bajo esta premisa el presente estudio tiene como objetivo evaluar cultivares de calabaza bajo condiciones de temporal en el estado de Campeche, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en condiciones de campo en el Sitio Experimental Edzná del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) del Estado de Campeche, ubicado en el camino Uzahsil Edzná-San Antonio Cayal, Campeche, Camp., Carretera Federal 188. Entre las coordenadas 19° 36' 31.12" de latitud norte y 90° 13' 15.56" de latitud oeste, a una altitud de 35 msnm. En la región predomina el clima tipo cálido subhúmedo. La precipitación y temperatura medias anuales son de 750 mm y 26 °C. La conducción de la evaluación se desarrolló sobre los suelos rojos-arcillosos-profundos, denominados *Kancab* o *K'aancab* en la clasificación de suelos elaborados por los antiguos Mayas (Medina et al., 2009) y llamados Luvisoles en la clasificación de la FAO-UNESCO 1970. Se utilizaron colectas de calabaza obtenidas en 2016 por el M.C. Antonio Villalobos González, en terrenos de productores del municipio de Campeche: colecta 1 (C1) y C8, Hopelchén (C2), Hecelchakán (C3), Calkiní (C4), Tenabo (C5), Champotón (C6) y Escárcega (C7).

Antes de la siembra se realizó una prueba de germinación, que consistió de cuatro repeticiones de diez semillas tomadas al azar del material nativo de calabaza, las cuales se colocaron en papel de estraza húmedo durante un lapso de cinco días. Al quinto día se contabilizaron las plántulas normales, plántulas anormales, semillas frescas, semillas duras y semillas muertas de cada repetición para obtener el dato de germinación. Posteriormente se procedió a establecer el ensayo bajo un diseño de bloque al azar con dos repeticiones en junio del 2016. La parcela experimental consto de dos surcos de cinco m de longitud, separados a 2.0 m uno de otro y 1.3 m entre planta, al depositar dos semillas por mata en suelo húmedo, a 3.0 cm de profundidad y posteriormente se clareo una planta.

El terreno se preparó mediante dos pases de rastra. El primero fue con rastra semi-pesada en el mes de mayo 2016. El segundo se efectuó con una rastra más ligera en junio 2016, este pase fue de forma cruzada al primero. Se fertilizo a los 15 días después de la siembra (dds) con 150 kg de fosfato diamónico (18-46-00) en mezcla con 100 kg de cloruro de potasio. El fertilizante se aplicó de forma mateada en suelo húmedo, a una distancia de 10 cm de separación de la base del tallo de la planta de calabaza. Antes de la emergencia se realizó la aplicación de Glyphosato en dosis de 2.0 L/ha. La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron la madurez fisiológica y se tornaron verde amarillento, y el pedúnculo cambio de color verde a color café claro. A los 15 días después de la cosecha, se extrajo la semilla de los frutos y se deshidrato al exponerla un día al sol para obtener el número de semillas totales (NUST), número de semillas completas (NUSC), número de semillas incompletas (NUSI), peso de semillas completas (PSCO), peso de semillas incompletas, longitud y ancho de semilla completa (LONSC, ANSC), y longitud y ancho de semilla incompleta (LONSI, ANSI). Si se deshidrata demasiado, la semilla pierde peso y calidad culinaria (Ayvar et al., 2004). A los datos se les realizó un análisis de varianza con el programa SAS para Windows Versión 9.0 (SAS, 2002) en forma individual. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey (p 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitación (PRE). La cantidad de lluvia que se originó durante la evaluación de colecciones de calabaza se observa en la Figura 1. De la siembra a la madurez fisiológica de la calabaza se presentó un acumulado de 415 mm de lluvia. La distribución de la precipitación fue irregular durante el crecimiento y desarrollo de las colecciones de calabaza. Bajo esta condición el cultivo de calabaza presentó limitantes para un desarrollo apropiado de planta, fruto, peso y tamaño, y longitud y ancho de semilla (Garza et al., 2010). Los primeros efectos de la ausencia de la precipitación ocurrieron a los seis días después de la emergencia de la planta de calabaza por un lapso de 15 días (Figura 1), al observarse un ligero marchitamiento de la planta. Estudios con anterioridad señalan que proceso vegetal está directa o indirectamente afectado por el abastecimiento en agua (Kramer, 1974).

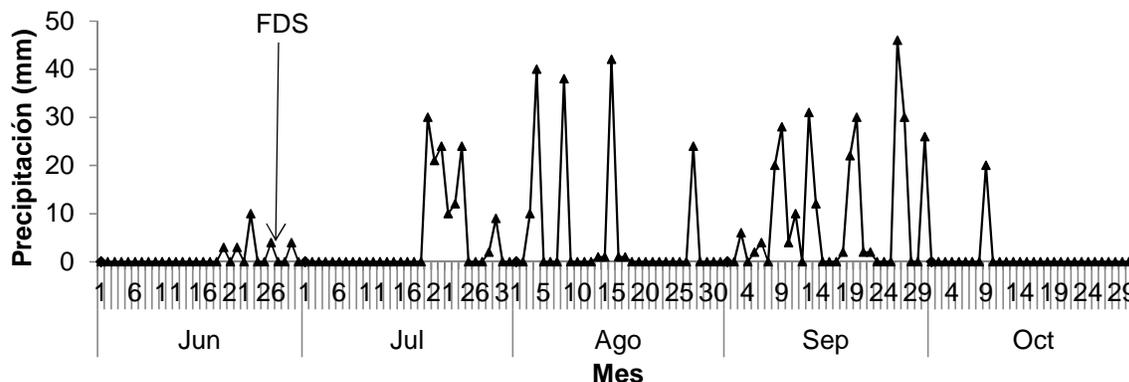


Figura 1. Precipitación en el ensayo de evaluación de colecciones de calabaza bajo condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2016, Uzahsil Edzná, Campeche, Camp., México. FDS=Fecha de siembra.

Aspecto del fruto. La diversidad de forma y tamaño del fruto, y colores de calabaza en el estado de Campeche es variable. Por ejemplo, en el Municipio de Campeche se observan colección de forma acorazonada (C1) y globular (C8), y colores de amarillo claro a amarillo intenso. También se observan frutos de forma aplanada y de color café (C5), y elíptico (C2; Figura 1). Estudios realizados en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) señalan que la heredabilidad cambió con los ciclos de selección combinada. En 1997 osciló entre 24 y 83 % y en 1998 entre 6 y 90 %. Caracteres de fruto como color, grosor y sabor de pulpa fueron favorecidos por la selección pasando de colores desagradables (verde) a colores agradables (amarillos) (Sánchez et al., 2000). La baja variabilidad genética de algunos cultivares criollos de calabaza pudiera estar asociada con la existencia de escasas variedades criollas; su escasa variabilidad morfológica es consistente con su limitado grado de variabilidad (Andrés, 2004).

Los resultados del presente estudio señalan que en el estado de Campeche se observa una diversidad genética contrastante en cultivares de calabaza, principalmente en forma, tamaño y coloración del fruto y semilla (Figura 1). Estudios similares son reportados por Montes (1991) al observar que en otras regiones de México existe una amplia diversidad genética, principalmente en especies, tamaño, forma, coloración del fruto, cantidad de semilla producida, calidad y grosor de pulpa. En Campeche este contraste entre las especies es ampliamente utilizada por los productores para solventar parte de su alimentación al integrarla en los platillos regionales de las comunidades del estado.

Color de la semilla. En el Cuadro 1, se aprecia dos colecciones de coloración blanca (C1 y C2) y seis colecciones de coloración beige (C3, C4, C5, C6 y C7). Trabajos realizados en calabaza bajo condiciones de campo señalan que la semilla proveniente de 46 genotipos la coloración fue variable. Se observaron nueve genotipos con semilla de color blanco, 17 crema y 20 naranja-bronceado (Méndez et al., 2010). Andrés (2004) encontró que *C. moschata* muestra considerable diversidad morfológica en semillas y frutos. *C. maxima* y *C. pepo* muestran niveles semejantes de diversidad molecular y morfológica (Ferriol et al., 2004) mientras que la variación genética y morfológica es muy limitada en *C. ficifolia* (Andrés, 1990). Otros trabajos indican que la diversidad en las poblaciones nativas de calabaza es mantenida por los agricultores tradicionales, quienes son capaces de reconocer variantes morfológicas e identificar segregantes

espontáneos en sus morfotipos, y seleccionar en cada ciclo de siembra los frutos de los que obtendrán su semilla, con base en las características preferidas de color y forma (Canul et al., 2005).

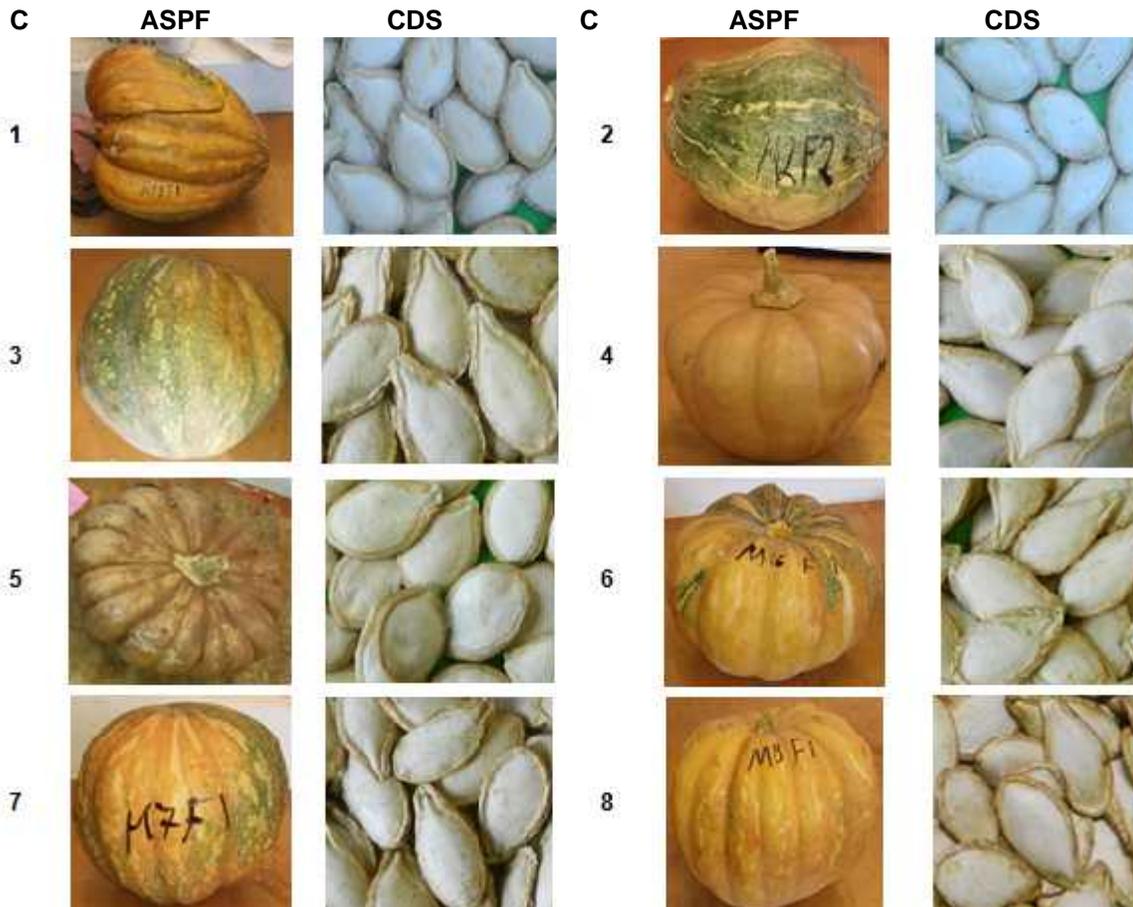


Figura 1. Aspecto del fruto (ASPF) y color de la semilla (CDS) de calabaza en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2016. Campeche, Camp., México.

Número de semillas totales (ST). EL NUST presentó diferencias significativas entre colecciones ($p < 0.05$). La colección 8 (C8) del municipio de Campeche presentó el mayor ($p < 0.05$) número de semillas en el fruto con 702 semillas en comparación con el resto de las colecciones (Cuadro 2). La C1 y 2 del municipio de Campeche y Hopelchén fueron estadísticamente ($p < 0.05$) inferiores para el NUST con 374 y 407, respectivamente. Azurdía (1999) señala que la variabilidad en morfología y tamaño de frutos y semillas es amplia en las especies de calabaza, así como en los patrones de coloración, tipos y sabor del mesocarpio. Estudio realizado por Nerson *et al.*, (2000) encontró variación en el peso y número de semillas de especies de calabaza.

Número de semillas completas (SC). Entre colecciones se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el SC (Cuadro 1). La C8 presentó el mayor ($p < 0.05$) número de semillas completas con 674 semillas en comparación con el resto de las colecciones de Campeche, Hopelchén, Hecelchakán, Calkiní, Tenabo, Champotón y Escárcega. La colección 1 y 4 presentaron el menor ($p < 0.05$) número de semillas completas en el fruto con 329 y 358. El número de semillas y peso por fruto/planta es vital para la estimación de rendimiento de especies nativas y comerciales en el estado de Campeche en condiciones de temporal (primavera-verano); por ejemplo, trabajos realizados durante el ciclo verano-otoño e invierno-primavera del año 2002 para evaluar 13 líneas, 15 híbridos y 5 criollos, en cuanto al peso de semilla utilizando el sistema de riego por gravedad; observaron que el peso de semilla en la primavera varió de 17 a 118 g/fruto, y en otoño, el peso de la semilla de 22.3 a 97 g/fruto (Garza et al., 2010).

**Cuadro 2. en condiciones de temporal en el Ciclo primavera-verano 2016.
Campeche, Camp., México.**

C	Municipio	ST	SC	SI	PSCo (g)	PSIn (g)
C1	Campeche	374 b	329 b	45 b	41.0 ab	3.4 ab
C2	Hopelchén	407 b	395 ab	54 b	44.8 ab	0.6 b
C3	Hecelchakán	591 ab	548 ab	42 b	58.1 ab	2.9 ab
C4	Calkiní	430 ab	358 b	72 a	24.1 b	2.3 ab
C5	Tenabo	451 ab	422 ab	29 b	41.4 ab	1.4 ab
C6	Champotón	624 ab	497 ab	104 a	53.2 ab	7.6 a
C7	Escárcega	590 ab	533 ab	56 a	55.2 ab	1.8 ab
C8	Campeche	702 a	674 a	27 b	60.5 a	0.5 b
Media general		515	470	54	47	3
DMS (p 0.05)		286.2	300.9	80.68	36.3	7.11

C: Número de colección; ST: semillas totales; SC: semillas completas;
SI: semillas incompletas; PSCo: peso de semillas incompletas por fruto;
PSIn: peso de semillas incompletas por fruto.

Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes (p 0.05).

Número de semillas incompletas (SI). El análisis de los datos para el SI permitió observar las diferencias significativas (p 0.05) entre las colecciones del estado de Campeche. La C6 de Champotón, C4 de Calkiní, y la C7 de Escárcega presentaron el mayor NUSI en comparación con el resto de las colecciones con 104, 72 y 56 semilla incompletas. La C8, C5, C3, C1 y C2 de Campeche, Tenabo, Hecelchakán y Hopelchén presentaron el menor (p 0.05) NUSI (Cuadro 2). El número de semillas incompletas/fruto forma parte de la producción de un cultivares nativos e híbridos. En el estado de Campeche se observó que el número de semillas incompletas muestra la capacidad de respuesta de las especies nativas para desarrollarse bajo las condiciones de temporal en el estado. Estudios realizados por Garza y colaboradores (2010) observaron que el número de semillas que presentaron los cultivares nativos de calabaza: A-20, A-21, A-23, A-24 y A-25, con 113, 96, 117, 99 y 110 semillas/fruto mostraron una estimación de rendimiento mayor en comparación con los híbridos y líneas de calabaza en el ciclo de primavera.

Peso de semillas completas (PSCo). En condiciones de temporal, la colección 8 presento el mayor (p 0.05) PSCo con 60.5 g en comparación con el resto de las colecciones. La colección 4 presento el menor (p 0.05) PSCo con 24.1 g. Estudios realizados 13 caracteres de calabaza pipiana (*Cucurbita angyrosperma huber*) en campo, indican que existe varianza genética entre familias. También el estudio señala que en la comparación de medias para peso de semilla se encontró que la variedad Morelos la familia 27 (peso de semilla: 103.4 g/planta), y en la variedad Chapingo la familia 19 (peso de semilla: 142.1 g /planta) fueron estadísticamente superior al resto de los tratamientos (Sánchez et al., 2006).

Peso de semillas incompletas (PSIn). EL PSIN presento diferencias significativas entre colecciones (p 0.05). La colección 7 (C6) del municipio de Champotón presento el mayor (p 0.05) PSIN con 7.6 g (Cuadro 2). La colección 8 y 2 presentaron el menor (p 0.05) PSIN con 0.5 y 0.6 g en comparación con el resto de las colecciones. Sánchez y colaboradores (2000) observaron, que cultivares nativos de *C. argyrosperma* bajo el sistema Milpa que el peso de semilla por fruto osciló entre 4.6 y 82.5 gramos por fruto con un rendimiento máximo de semilla de 124 kg. ha⁻¹. En la cosecha, al extraer la semilla de calabaza para estimar la producción el número de semillas y el peso es elemental, ya que si obtenemos frutos con una gran cantidad de semillas incompletas el rendimiento esperado descenderá; además si incluimos algunas de las prácticas comunes que se realizar para obtener la estimación de rendimiento. Por ejemplo, la deshidratación de la semilla al exponerla al sol, y si se deshidrata demasiado, la semilla pierde peso y calidad culinaria (Ayvar et al., 2004).

Longitud y ancho de semilla completa. Los datos analizados para la LONSC y ANSC indican que existen diferencias (p 0.05) significativas entre colecciones. La colección 6 del Municipio de Champotón presento la mayor (p 0.05) longitud y ancho de semilla con 1.66 y 0.91 cm en comparación con las colecciones de Campeche, Hopelchén, Hecelchakán, Calkiní, Tenabo y Escárcega. La menor (p 0.05) LONSC se presentó en la colección 5 con 1.23 cm. En relación al ANSC, la colección 7 presento la menor (p 0.05) amplitud de semilla con 0.71 cm. El estudio de modificación de los caracteres ligados a la domesticación de cultivares nativos de calabaza es vital para la conservación y el fitomejoramiento de especies.

Cuadro 3. Longitud y ancho de semilla completa e incompleta por fruto en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2016. Campeche, Camp., México.

C	Semilla completa		Semilla incompleta	
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)
C1	1.59 ab	0.86 ab	1.45 abc	0.79 ab
C2	1.53 ab	0.82 abc	1.38 abc	0.76 b
C3	1.47 abc	0.78 abc	1.42 abc	0.81 ab
C4	1.33 bc	0.77 bc	1.33 bc	0.76 b
C5	1.23 c	0.74 bc	1.25 c	0.76 b
C6	1.66 a	0.91 a	1.63 a	0.89 a
C7	1.48 abc	0.71 c	1.48 abc	0.78 ab
C8	1.52 ab	0.79 abc	1.54 ab	0.78 ab
Media general	1.47	0.80	1.44	0.79
DMS (p 0.05)	0.27	0.14	0.28	0.11

C: Número de colección;

Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes (p 0.05).

Estudios previos sobre la modificación de caracteres ligados a la domesticación en *Cucurbita Maxima*, al utilizar la morfometría como herramienta para su identificación indican que existe una tendencia general hacia la disminución de la variabilidad en forma y tamaño a lo largo del tiempo, con una primera etapa donde se mantuvieron ejemplares híbridos, generándose nuevas formas y una segunda donde se mantuvieron los rasgos de momentos previos y el aumento del tamaño de las semillas de cultivares de *Cucurbita Maxima* (Martínez et al., 2015). Otros autores también coinciden en señalar que existe una variación en la longitud y anchura de semilla de calabaza (París y Nelson, 1988).

Longitud y ancho de semilla incompleta. Los datos analizados para la longitud y ancho de semilla incompleta, indican que existen diferencias (p 0.05) significativas entre colecciones (Cuadro 2). La colección que presentó la menor (p 0.05) reducción de la longitud y ancho de semilla incompleta fue la colección 6 del Municipio de Champotón con 1.63 y 0.89 cm en comparación con el resto de las colecciones. La colección 5 presentó la menor (p 0.05) longitud de semilla con 1.25 cm. Las colecciones provenientes de Calkí, Tenabo y Hopelchén presentaron la menor (p 0.05) amplitud de semilla que el resto de las colecciones con 0.76 cm. Con base a lo observado en el presente estudio en relación a la forma, tamaño y coloración de frutos, y las diferencias proyectadas en el análisis de los datos para la longitud y ancho de semilla entre los cultivares es indudable que existe variabilidad genética entre las colecciones del estado de Campeche. En estudios realizados por Mangafa y Kotsakis (1996) consideran que en poblaciones vegetales silvestres la forma es menos variable y está menos sujeta a factores ambientales que el tamaño, por lo cual es más adecuado el uso de índices que el de medidas lineales (Mangafa y Kotsakis, 1996). Esto se aplicaría particularmente a las semillas ya que en las mismas la forma es un rasgo genético más conservador que el tamaño (Kay et al., 1980).

CONCLUSIONES

Las colecciones presentaron diferentes aspectos de fruto, coloración y tamaño. Se observaron dos colecciones con coloración blanca y seis colores beige de semilla. La colección 8 presentó mayor NUST, NUSC, PSCO con 702 y 674 semillas, y 60.5 g. La colección 6, 4 y 7 presentaron el mayor NUSI con 104, 72 y 56 semillas. La colección 6 presentó el mayor PSIN, LONSC, LONSI, ANSC y ANSI con 7.6 g, 1.66, 0.91, 1.63 y 0.89 cm.

Literatura citada

- Andres, T.C. 2004. Diversity in tropical pumpkin (*Cucurbita moschata*): a review of intraspecific classifications. In: Progress in Cucurbit Genetics and Breeding Research. Proc. of Cucurbitaceae 2004, 8th Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding. A Lebeda, H S Paris (ed.). Olomouc, Czech Republic. pp: 107-112.
- Andres, T.C. 1990. Biosystematics, theories on the origin and breeding potential of *Cucurbita ficifolia*. In: Biology and Utilization of the Cucurbitaceae. D.M. Bates (ed.). Comstock Publishing Associates. Ithaca, N.Y. pp: 102-119.
- Ayvar, S.S., Mena, B.A., Cortes, M.D., Duran, J.A., De Luna Moreno, J.G. 2004. Rendimiento de la calabaza pipiana en respuesta a la poda y la densidad de población. Fitotecnia Mexicana, Vol. 27, Núm. Especial 1. 69-72.
- Azurdia, C. 1999. Las cucúrbitas de Guatemala. Tikalía 17:41-58.
- Canul, K.J., Ramírez, V.P., Castillo, G.F., Chávez, S.J.L. 2005. Diversidad morfológica de calabaza cultivada en el centro-oriente de Yucatán, México. Fitotecnia Mexicana, Vol. 28, Núm. 4. 339-349.

- FAO-UNESCO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 1970. Clave de unidades de suelos del mundo. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección de Agrología. México, D.F.
- Ferriol, M., Pico, B., de Cordova, P. F., y Nuez, F. 2004. Molecular Diversity of a Germplasm Collection of Squash () Determined by SRAP and AFLP Markers. *Crop Science*, 44: 653-664.
- Garza, O.S., Núñez, G.H.C., Serrano, E. A., Huez, L.M.A., y López, E.J. 2010. Comportamiento diferenciado de líneas, híbridos y criollos de calabaza arota (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en primavera y otoño. *Biotecnia*, 12: 3-13.
- Hernández, B. G. 1978. Cucurbitaceas. In: T Cervantes S (ed). *Recursos Genéticos Disponibles a México*. SOMEFI. Chapingo, México. pp: 357-367.
- Hernández, G.C. del Á., Flores, Z.M., Castro, L.D., Vera, S.K.S., Toledo, A.R. 2015. Diversidad y distribución de calabazas (*Cucurbita* spp.) en guerrero, México. *AGRO Productividad*, Vol. 8, Núm. 1. 40-46.
- Kay, S., King, A. y Robinson, M. 1980. Study of archaeobotanical seeds. *American Antiquity* 35:26-39.
- Kramer, J.P. 1974. El agua y el papel que desempeña en las plantas". Kramer, J.P (ed.). *Relaciones Hídricas de Suelos y Plantas*. Pág. 538.
- Mangafa, M. y Kotsakis, k. 1996. A new method for the identification of wild and cultivated charred grape seeds. *Journal of archaeological science* 23: 409-418
- Martínez, A.B., Pérez, S.I., Lema, V.S., y López, A.F. 2015. Modificación de caracteres ligados a la domesticación en *Cucurbita maxima*. Utilización de la morfometría como herramienta para su identificación. *Acta Botánica Malacitana*, 40: 95-106.
- Medina, M.J., Volke, H.V.H., Galvis, S.A., González, R.J.M., Santiago, C.M.J., Cortes, F.J.I. 2009. Propiedades químicas de un luvisol después de la conversión del bosque a la agricultura en Campeche, México. *Agronomía mesoamericana*, Vol. 20, Núm. 2. 217-235.
- Méndez, L.A., Villanueva, V.C., Sahagún, C.J., Avitia, G.E., Colinas, L.T., Jamilena, Q.M., y Rojas, M. R.I. 2010. Obtención, caracterización y agrupamiento de genotipos partenocárpicos de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) tipo "round zucchini". *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 16: 123-131.
- Montes, H.S. 1991. Calabazas (*Cucurbita* spp.). In: *Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México*. R Ortega P, G Palomino H, F Castillo G, V A González H, M Livera M (eds). SOMEFI. Chapingo, México. pp: 239-250.
- Nerson, H., Paris, H.S., Paris, E.P. 2000. Fruit shape, size and seed yield in *Cucurbita pepo*. *Acta Hort.* 510: 227-230.
- Paris, H.S. y Nerson, H. 1998. Association of seed size and dimensions with fruit shape in *Cucurbita pepo*. In: *Cucurbitaceae 98' Evaluation and Enhancement of Cucurbit Germplasm*. J D McCreight (ed). Pacific Grove, California. pp: 230-234.
- Ríos, H., Batista, O., Fernández, A. 1996. Características y potencialidades del germoplasma cubano de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch). *Cult. Trop.* 17: 88-91.
- Sánchez, M.A., Villanueva, C., Sahagún, J., y Channing, L. 2000. Variación genética y respuesta a la selección combinada en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 6: 221-230.
- Sánchez, H.M.A., Mejía, C.J.A., Villanueva, V.C., Sahagún, C.J., Muñoz, O.A., Molina, G.J.D.2006. Estimación de parámetros genéticos en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber)". *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 29, Núm. 2. 127-136.
- Statistical Analysis System, Versión 9.0 para Windows. 2002. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Villanueva, V.C. 2007. Calabazas cultivadas. Identificación de especies, caracterización y descripción varietal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 123 p.

Referencias informáticas

- Arbeláez, C.E. 2013. Describiendo especies: un panorama de la biodiversidad colombiana en el ámbito mundial. *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 18, Núm. 1. Pág. 165-178.
<http://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/36832/40219> (Consultado 30 junio 2017).
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). 2006. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Guatemala, Centro América.
<http://www.tabladealimentos> (Consultado 08 marzo 2017).

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y FITOQUÍMICA DE CUATRO ESPECIES DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS

CHEMICAL AND PHYTHOCHEMICAL COMPOSITION OF FOUR FORAGE LEGUMES SPECIES

¹López-Jiménez CE, ¹Hernández-Villegas MM, ²Aranda-Ibáñez ME, ³Barrientos-Ramírez L, ⁴Bolaños-Aguilar ED

¹Universidad Popular de la Chontalpa. km 2 Carretera Cárdenas-Huimanguillo, Ria. Paso y Playa, C.P. 86500

²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n H. Cárdenas, Tabasco, C.P. 86500

³Departamento de Madera, Celulosa y Papel, CUCEI. Universidad de Guadalajara, México

⁴Programa de Forrajes. Campo Experimental Huimanguillo. INIFAP-TabascoHuimanguillo, Tabasco, 86600

Autor para correspondencia: mahervi57@gmail.com

RESUMEN

Las leguminosas por su abundancia en la naturaleza son una opción viable para aumentar la disponibilidad de proteína en los sistemas de producción animal en el trópico; además, pueden ser asociadas con praderas. Estas plantas tienen como atributo principal desde el punto de vista de forraje para el ganado, altos contenidos de proteína los cuales varían del 14 al 28% y contenidos de fibra menores al 40%, lo que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad, obteniendo incrementos en los rendimientos productivos de carne y leche hasta de un 50% o más. Bajo este enfoque, las leguminosas representan una alternativa viable para mejorar la alimentación animal en pastoreo y la sustentabilidad de los sistemas de producción. Sin embargo, existe poca información de las especies que existen y el comportamiento nutricional bajo las condiciones del trópico húmedo de Tabasco. Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la composición química y fitoquímica de cuatro especies de leguminosas: *Arachis pintoi*, *Clitoria ternatea*, *Pueraria phaselloides* y *Stylosanthes guianensis*. El mayor contenido de proteína encontrado, correspondió a la especie *C. ternatea* (31.8%), y el menor valor fue observado en *S. guianensis* (19.7%). La especie que mostró el mayor porcentaje de fibra detergente neutra fue *C. ternatea* (57.3%) y *S. guianensis* fue la especie con menor porcentaje (43.1%). El mayor porcentaje de materia seca (25.9%) se encontró en *C. ternatea*, mientras que *P. phaselloides* fue la especie con menor porcentaje (18.8%). Los flavonoides fueron los compuestos más abundantes en *A. pintoi* y *P. phaselloides*, mientras que los taninos y saponinas lo fueron en *C. ternatea*; los alcaloides fueron observados moderadamente en todas las especies analizadas.

Palabras clave: Leguminosas, Proteína, Metabolitos Secundarios de Plantas, Fitoquímico.

INTRODUCCIÓN

La región tropical en México (trópico seco y húmedo) ocupa una superficie de 12 millones de hectáreas de praderas, que en la actualidad producen 81 millones de toneladas de materia seca (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2010). Tabasco es un estado cuya producción animal (carne, leche y becerro), se obtiene principalmente del pastoreo de praderas permanente y son comúnmente de bajo valor nutritivo. Dependiendo de la época del año, edad de rebrote, y especie el contenido de proteína en los pastos varía de 60 a 140 g kg⁻¹ de materia seca (MS), y en algunos casos contienen menos de 60 a 140 g kg⁻¹ (Juárez-Hernández *et al.*, 2004). En este contexto, las leguminosas tropicales pueden ser una opción viable para complementar los requerimientos nutricionales de los animales en producción.

Las leguminosas tropicales han sido muy poco aprovechadas en la alimentación animal. Sin embargo, son plantas que se encuentran de manera abundante en la mayor parte de los ecosistemas tropicales de México. Estas plantas tienen como atributo principal desde el punto de vista de forraje para el ganado, altos contenidos de proteína los cuales varían del 14 al 28% y contenidos de fibra menores al 40%, lo que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad, obteniendo incrementos en los rendimientos productivos de carne y leche hasta de un 50% o más.

En nuestra región tropical la mayoría de los estudios de leguminosas están relacionados con el valor nutricional más no con los compuestos químicos que en un momento podrían llegar a ocasionar un desequilibrio negativo en el animal por no tener información adecuada y oportuna sobre el tipo de alimentación que se le brinda al animal (Berard *et al.*, 2011). Las leguminosas contienen metabolitos

secundarios, como compuestos fenólicos, estos pueden beneficiar o afectar negativamente al animal que las consume (Jezierny *et al.*, 2010). Los compuestos fenólicos están relacionados con el sabor, olor y color del alimento. Patra *et al.*, (2006) los compuestos fenólicos como taninos en concentraciones altas en las leguminosas son menos aceptadas por el animal, y su efecto depende de la cantidad ingerida y del tipo de tanino. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la composición química y fitoquímica de cuatro especies de leguminosas forrajeras (*Clitoria ternatea*, *Arachis pintoii*, *Pueraria phaseloides* y *Stylosanthes guianensis*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de las especies de estudio. Las hojas de *A.pintoii*, *P. phaseloides* y *S. guianensis* se colectaron en el Jardín de Recursos Genéticos Forrajeros del Campo Experimental Huimanguillo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las hojas de *C. ternatea* fueron colectadas en el Campus de la Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH), Cárdenas, Tabasco, México.

Preparación de las muestras. Las hojas de cada una de las especies fueron pesadas en fresco, posteriormente, las muestras fueron colocadas en una estufa marca ECOSHEL® modelo 9023^a durante 72 horas a una temperatura de 60°C, el material fue removido dos veces al día para lograr un secado uniforme. Una vez seco los materiales, se procedió a tamizarlos hasta obtener un tamaño de partícula de 0.01 mm. Cada una de las muestras secas, fue pesada y guardada en frascos de vidrio con capacidad de 150 gramos hasta su uso.

Análisis químico. Las muestras vegetales se analizaron para determinar materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas (C), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acida (FDA). La MS se obtuvo mediante secado en una estufa ECOSHEL® modelo 9023^a a 60°C durante 72 horas, la PC se determinó mediante la técnica de micro Kjeldahl (AOAC 2010), el contenido de ceniza se determinó por incineración a 550°C durante 4 horas, la FDN y FDA se determinaron de acuerdo con la técnica de Van Soest *et al.* (1994), usando un analizador de fibra Ankom 2000®.

Análisis fotoquímico de los extractos. Las especies de *A. pintoii*, *C. ternatea*, *P. phaseloides* y *S. guianensis*; fueron sometidos a un análisis fotoquímico para detectar la presencia de compuestos químicos: flavonoides, alcaloides, taninos, saponinas y quinonas (Decker, 1997). Para detectar la presencia de flavonoides se utilizaron dos métodos Hidróxido de sodio (NaOH) y Cianidina (C₁₅H₁₁O₆); para la detección de alcaloides se utilizaron las pruebas de Mayer y Wagner; para la detección de taninos se utilizó la prueba de cloruro férrico (FeCl₃); respecto a saponinas se hizo la prueba de Libermann-Burchard y para quinonas se utilizó el método de Bornträger.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización química

En el Cuadro 1 se presentan los valores de las leguminosas evaluadas, *A. pintoii*, *C. ternatea*, *P. phaseloides* y *S. guianensis*. En cuanto al contenido de proteína, los porcentajes encontrados son similares a los reportados por Teixeira *et al.* (2010) quienes evaluaron algunas leguminosas forrajeras a los 102 días de trasplantadas.

Bolaños *et al.*(2015) encontraron valores similares en el contenido de proteína de *A. pintoii* a los 21 días de rebrote (19.2%), sin embargo, en las otras especies evaluadas en las diferentes etapas de rebrote los porcentajes difieren de los encontrados en este trabajo. Con respecto al contenido de FDN y FDA, Teixeira *et al.* (2010) obtuvieron resultados similares sólo con *A. pintoii*, reportando valores diferentes en las otras especies.

Perfil fotoquímico

El tamizaje fotoquímico indica que los extractos de *A. pintoii*, *C. ternatea*, *P. phaseloides* y *S. guianensis*, contienen flavonoides, alcaloides, taninos y saponinas en diferentes concentraciones (Cuadro 2), sólo en *A. pintoii* se puede observar la presencia débil de quinonas.

Especie	Proteína	MS	FDN	FDA	Cenizas
<i>A. pintoii</i>	20.7	23.5	46.6	19.07	9.9
<i>C. ternatea</i>	31.8	25.9	57.3	15.7	7.8
<i>P. phaseloides</i>	24.0	18.8	52.06	16.5	6.2
<i>S. guianensis</i>	19.7	19.6	43.1	16.8	7.9

Cuadro 2. Compuestos químicos encontrados en los extractos de *A. pintoi*, *C. ternatea*, *P. phaseloides* y *S. guianensis*,

Especie	Flavonoides	Alcaloides	Taninos	Saponinas	Quinonas
<i>A. pintoi</i>	+++	++	++	-	+
<i>C. ternatea</i>	++	++	+++	+++	-
<i>P. phaseloides</i>	+++	++	++	++	-
<i>S. guianensis</i>	++	++	++	++	-

+= Presencia débil; ++=; Moderada +++= Abundante; - = Ausencia

CONCLUSIONES

C. ternatea presentó los mejores valores según los análisis efectuados, por lo que se puede considerar una especie con alto potencial forrajero para las condiciones tropicales.

El análisis fotoquímico muestra una composición muy similar en las cuatro especies analizadas.

LITERATURA CITADA

- AOAC, 2010. (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis 18th ed. AOAC.
- Berard, N.C., Wang, Y., Wittenberg, K.M., Krause, D.O., Coulman, B.E., McAllister, T.A., and Ominski, K.H., 2011. Condensed tannin concentrations found in vegetative and mature forage legumes grown in western Canada. *Can. Journal of Plant Science*. 91: 664-675.
- Decker, E. A. 1997. Phenolics: prooxidants or antioxidants? *Nutritional Reviews*. 55: 396-398.
- García, F.L., Bolaños, A.E., Lagunes, E.C., Ramos, J.J., Osorio, A.M. 2016. Concentración de compuestos fenólicos en fabáceas forrajeras tropicales en edad diferente del rebrote. *Agrociencia*. 50: 429- 440.
- García, F.L., Bolaños, A.E., Ramos, J.J., Osorio, A.M., y Lagunes, E.L. 2015. Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Revista Mexicana. Ciencias Pecuarias*. 4: 453 – 468.
- Jezierny, D., Mosanthin, R., and Baurer E. 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition. A review. *Animal Feed Science and Technology*. 157: 111 – 128.
- Juárez, H. j., Bolaños, A.E., Reinoso, M. 2004. Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada en pastos tropicales. Época de nortes. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 38: 423 – 430.
- Patra, A.K., Kamar, D.N., Agarwal, N. 2006. Effect of plant extracts on in vitro methanogenesis, enzyme activities and fermentation of feed in rumen liquor of buffalo. *Animal Feed Science and Technology*. 128: 276 – 291.
- Teixeira, V.I., Dubeux, J.C.B., Santos, M.V.F., Lira Jr, M.A., Lira, M.A., Silva, H.M.S. 2010. Aspectos agrônomicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no nordeste brasileiro. *Archivos de Zootecnia*. 59: 245-254.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed. Comstock publishing Associates, Cornell University press, Ithaca, NY.

Sección D: Biotecnología

EFFECTO DE LA INOCULACIÓN CON *Rhizophagus intraradices* EN PLÁNTULAS DE *Stevia rebaudiana*

EFFECT OF INOCULATION WITH *Rhizophagus intraradices* IN PLANTS OF *Stevia rebaudiana*

¹Cauch Cauch RA, ²Lozano Contreras MG, ³Ramírez Jaramillo G

¹Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n. 97345. Conkal, Yucatán, México.

²Instituto Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochoá Km 25.5 Antigua carretera Mérida-Motúl. 97454. Mocochoá, Yucatán, México.

³INIFAP-CIRSE. Centro de Cooperación para el desarrollo de los trópicos. Calle 6 No. 398. Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz. Mérida, Yucatán México.

Autor para correspondencia: lozano.monica@inifap.gob.mx

RESUMEN

La estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), es un cultivo que ha cobrado importancia en la industria alimentaria, tanto en México como en el mundo por ser un edulcorante natural sin calorías. Este cultivo puede reproducirse por esquejes, cultivo de tejidos o por semilla. Por el momento, uno de los métodos más económicos de reproducir las mismas características de la planta madre es por multiplicación a través de esquejes. Actualmente estos esquejes se producen empleando enraizadores químicos que resultan ser costosos, debido a eso el objetivo de este trabajo es utilizar inoculantes microbianos como el hongo micorrízico arbuscular (HMA), para estimular su crecimiento en un menor tiempo. Se evaluó la respuesta de estevia a la inoculación con *Rhizophagus intraradices* (Micorriza INIFAP^{MR}) y sin inoculante. Las variables evaluadas fueron altura de la plántula, diámetro basal del tallo, número de hojas, longitud de raíz, materia seca de hoja, tallo, raíz, así como colonización micorrízica y los resultados se analizaron estadísticamente y las diferencias entre los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey, $p < 0.05$. Las plántulas inoculadas con *R. intraradices* registraron una mayor longitud de raíz (6.6 cm) con respecto a las plantas sin inocular (4.7 cm) a los 35 días después de la siembra (dds), además se presentaron diferencias significativas en la altura de las plántulas, tuvieron al final una altura de 7.6 cm que fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) que la de las plantas sin inocular (testigo), superándolas en un 18.5%. La materia seca de las hojas mostró diferencia entre los tratamientos ($p < 0.05$), las plántulas inoculadas tuvieron 0.12 g planta⁻¹ superando en un 41.7% a las plantas del testigo, además de obtener un 83.3% de colonización micorrízica total en las plántulas previamente inoculadas.

Palabras clave: enraizamiento, esquejes, micorriza.

INTRODUCCIÓN

La producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni es considerada actualmente una actividad con gran potencial industrial, debido a la propiedad edulcorante que posee la planta, esta propiedad se atribuye al contenido de glucósidos de diterpeno presentes en sus hojas que son de 300 a 450 veces más dulce que el azúcar de caña y están atrayendo la atención de amplios sectores como edulcorante natural que podría sustituir a los artificiales como el aspartame (Zuidare, 2009). El cultivo de estevia requiere aproximadamente 60,000 plántulas por hectárea, las cuales deben ser vigorosas y presentar raíces, para alcanzar un buen establecimiento que permita lograr altos rendimientos de hoja (Lozano y Ramírez, 2015), por lo tanto, su propagación vegetativa se lleva a cabo generalmente por esquejes debido a la baja germinación que presenta su semilla (Savita *et al.*, 2004; Ali *et al.*, 2010). Su propagación por esqueje presenta varias ventajas como, por ejemplo: homogeneidad en las plantas obtenidas, se puede obtener un gran número de plantas a partir de una sola planta madre conservando las características de la planta seleccionada (Rojas *et al.*, 2004). Gvasaliya *et al.* (1990) han reportado que se obtiene enraizamiento de 98 al 100 % cuando se utilizan esquejes, sin embargo, la producción de plántulas se ha realizado con la aplicación de enraizadores químicos que resultan ser costosos, en consecuencia, en el presente trabajo se evaluó el efecto de utilizar inoculantes microbianos como hongos micorrízicos arbusculares (HMA), sobre su capacidad de enraizamiento de esquejes de *Stevia rebaudiana*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área experimental.

El trabajo se realizó bajo una estructura protegida con malla sombra, con un 50% de sombreado respecto a la irradiación total del sol, ubicada en el campo experimental Mocochá, Ubicado en el Km 25.5 de la Antigua carretera Mérida-Motúl, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Propagación vegetativa.

Se utilizó el material vegetativo *Stevia rebaudiana* Bertoni Variedad Morita II, ya que es una variedad con alto contenido de esteviósidos principalmente el rebaudiósido A, componente que actualmente demanda el mercado por ser el glucósido que le da el sabor dulce a la hoja (Ramírez *et al.*, 2011). Para la propagación vegetativa los esquejes fueron tomados de plantas cultivadas con edad mayor a seis meses, con las siguientes características: 8 a 10 cm de longitud, 3 a 4 pares de hojas y con apariencia sana (sin heridas). Inoculación de esquejes.

Se evaluó un producto comercial y un testigo, los tratamientos fueron: 1) Micorriza INIFAP^{MR} que tiene como ingrediente activo *Rhizophagus intraradices* (60 esporas/g de suelo e infecciones de 95 %) y 2) Testigo (sin inoculante). La inoculación se realizó según la metodología propuesta por Lozano y Ramírez (2015), la cual consistió en remojar los esquejes de *Stevia rebaudiana* Bert., previamente multiplicados durante un minuto en una solución antes de sembrar, posteriormente fueron sembrados en un sustrato inerte llamado Peat Foam[®]. Para determinar el porcentaje de colonización micorrícica (cantidad de hifas, vesículas y arbusculos en las raicillas), estas se lavaron con agua y se tomaron fragmentos de 1 a 1.5 cm, para su posterior tinción con azul tripano 0.03 %, según el procedimiento reportado por Phillips y Hayman (1970).

Variables de respuesta.

Semanalmente, se realizó un muestreo, destructivo en donde se tomaron datos de altura de la plántula, diámetro basal del tallo, número de hojas, longitud de raíz, peso de materia seca de hoja, tallo, raíz y colonización micorrícica, para cada uno de los tratamientos, hasta la tercera semana (3) después del establecimiento. Se utilizó un diseño completamente al azar con diez repeticiones. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Tukey, p 0.05) en el paquete estadístico InfoStat versión 2014.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de la plántula.

Se presentaron diferencias significativas en la altura de las plántulas por efecto del inoculante a los 35 días después de la siembra (dds), las plántulas de *Stevia rebaudiana* inoculadas con *R. intraradices* tuvieron al final una altura de 7.6 cm que fue estadísticamente mayor (p 0.05) que la de las plantas sin inocular (testigo), superándolas en un 18.5% (Figura 1A). De la misma manera se observaron diferencias (p 0.05) para el diámetro del tallo a los 35 dds (Figura 1B), sin embargo, desde los 15 dds el diámetro del tallo de las plántulas inoculadas con *R. intraradices* fue mayor (p 0.05) que las plantas sin inocular, este resultado pudo ser consecuencia de los efectos de la inoculación con micorriza arbuscular (HMA), la cual tiene efectos positivos en las plantas como: incrementar crecimiento vegetal y aumentar supervivencia de plántulas (Jaizme y Rodríguez, 2002).

La hoja es la parte de la planta de estevia que contiene mayor cantidad de esteviósidos y rebaudiósidos (Martínez-Cruz, 2015), es por eso que tiene gran importancia lograr altos niveles de emisión de hojas. En la Figura 1C se observa el número de hojas, en el cual no se presentó diferencias significativas (p 0.05) entre plantas inoculadas y plantas testigo, es decir, el efecto del inoculante no indujo el crecimiento de brotes en las plantas inoculadas, sin embargo, la micorriza pudo haber generado mayor expansión foliar para garantizar mayor captación de luz y utilizar la energía procesada en su crecimiento.

En la Figura 1D se aprecia que las plántulas inoculadas con micorrizas registraron una longitud de 6.6 cm y las plántulas sin inocular (testigo) registraron una longitud de 4.7 cm, mientras que la investigación de Ayaviri (2010), el cual evaluó los efectos de diferentes enraizadores químicos sobre la longitud de raíz en esquejes de *Stevia*, encontró diferentes longitudes de raíz, que van desde 4.53 cm hasta 5.89 cm, dependiendo del enraizador químico usado. En ambos casos el uso de un estimulante para la formación de raíces es importante, sin embargo el usar micorrizas demuestran tener una mejor estimulación de la longitud radical; las micorrizas tienen amplios efectos sobre la arquitectura de las plantas, inducen el incremento de la ramificación del sistema radical, la reducción de la longitud de las raíces adventicias, y un mayor número de estas raíces por planta. Esto permite que la raíz sea más densa, con un mayor poder de

absorción de nutrientes, capacidad de explorar el horizonte del sustrato en el que se encuentra y anclar la planta al suelo (Jaizme y Rodríguez, 2002).

Producción de biomasa.

La biomasa seca de raíz y tallo de las plántulas inoculadas con *R. intraradices* a los 35 dds fue estadísticamente igual ($p > 0.05$) a las plántulas del testigo (Cuadro 1). La biomasa seca de las hojas presentó diferencia entre los tratamientos ($p < 0.05$), las plántulas inoculadas tuvieron $0.12 \text{ g planta}^{-1}$ superando en un 41.7% a las plantas del testigo, este resultado indica que, aunque el número de hojas fue estadísticamente igual entre los tratamientos, la inoculación de la micorriza *R. intraradices* permitió que las hojas de las plántulas presenten mayor peso en las hojas. La producción de biomasa total fue significativa ($p < 0.05$) en plántulas inoculadas. En este sentido, los resultados ponen en evidencia el efecto positivo del HMA en el crecimiento y acondicionamiento de las plántulas antes de su trasplante.

Cuadro 1. Materia seca 35 días después de la siembra en los órganos de plántulas de *Stevia rebaudiana* Bertoni inoculadas con la micorriza *Rhizophagus intraradices*.

Tratamiento	(g planta ⁻¹) a los 35 dds				CM (%)
	Raíz	Tallo	Hoja	Total	
Inoculante	0.07	0.03	0.12	0.22	83.3
testigo	0.05	0.02	0.07	0.15	0
Significancia F	ns	ns	*	*	**

ns= no significativo, *, **: significativo ($p < 0.05$) y altamente significativo ($p < 0.001$).

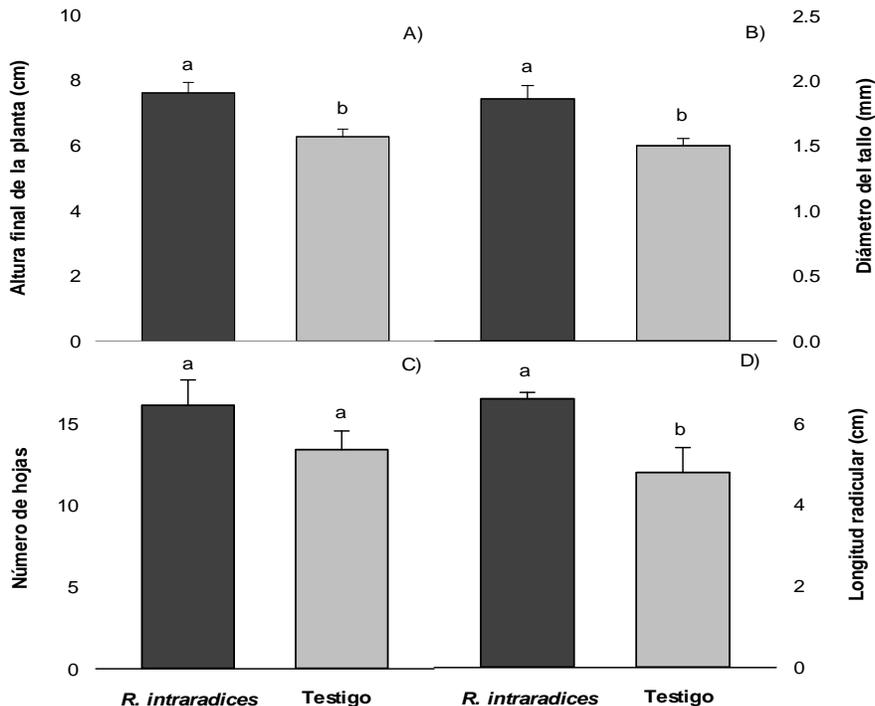


Figura 1. A) altura final de la planta, B) diámetro del tallo, C) número de hojas, D) longitud radical de plántulas de *Stevia rebaudiana* Bert. inoculadas con *rhizophagus intraradices*. (medias \pm error estándar) letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$).

Colonización micorrícica total (CM). La presencia de la micorriza en el tratamiento por la presencia de estructuras como vesículas, arbuscúlos e hifas cenocíticas, al final del experimento se obtuvo el 83.3% de colonización micorrícica total en las plántulas previamente inoculadas. Esta respuesta coincide con lo reportado por Das *et al.*, 2007 y Shantanu *et al.*, 2013, en la cual este cultivo y este hongo presentan fuertes relaciones sinérgicas entre ellos.

CONCLUSIONES

R. intraradices tiene la capacidad de promover el crecimiento radical en plántulas de *Stevia rebaudiana*, se observa que existe una relación sinérgica entre este cultivo y el hongo. Las plántulas inoculadas superan

un 18.5%, a las plántulas no inoculadas con relación a su altura. Además de contribuir con el crecimiento radical, la micorriza *R. intraradices* permitió que las hojas de las plántulas presenten mayor peso en las hojas.

LITERATURA CITADA

- Ali A., Gull I., Naz S., Afghan S. 2010. Biochemical investigation during different stages of in vitro propagation of *Stevia rebaudiana*. *Pakistan J. Bot* 42(4): 2827–2837.
- Ayaviri Q.J. 2010. Efecto de la aplicación de diferentes enraizadores en el desarrollo de esquejes subterminales, intermedios y basales de estevia (*Stevia rebaudiana* B.) en Taijiplaza, Caranavi. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 51 p.
- Das K., Dang R., Shivananda T.N., Sekeroglu N. 2007. Influence of bio-fertilizers on the biomass yield and nutrient content in stevia (*Stevia rebaudiana* Bert) grown in Indian subtropics. *Journal of Medicinal Plants Research*. (1): 5-8.
- Gvasaliya V.P., Kovalenko, N.V., y Garguliya, M.C. 1990. Studies on the possibility of growing honey grass (*Stevia rebaudiana*) in Abkhazia conditions. *Subtropicheskie kul'tury*. (5):149-156.
- Jaizme-Vega M. y Rodríguez A. 2002. Aplicación de micorrizas sobre el cultivo de platanera. *Avances de la investigación en Canarias. Departamento de Protección Vegetal del I.C.I.A.* 11 (1): 25-28 p.
- Lozano Contreras M.G. y Ramírez J. G. 2015. Enraizamiento de esquejes de estevia con biofertilizantes. Centro de investigación regional sureste. Campo experimental Mochochá. Mérida, Yucatán. Desplegable para productores No. 6.
- Martínez-Cruz M. 2015. *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. Una revisión. *Cultivos Tropicales*. 36(Supl. 1): 5-15.
- Phillips J.M., Hayman D.S. 1970. Improved procedure of clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans Br Mycol Soc* 55: 159–161.
- Ramírez J.G., Avilés, B. W., Moguel, O.Y., Góngora, G. S. May, L. C. 2011. *Estevia (Stevia rebaudiana Bertoni)*, un cultivo con potencial productivo en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México. 88 p.
- Rojas S., García, J. y Alarcón, N. 2004. Propagación asexual de plantas: Corporación Colombia de Investigación Agropecuaria. pp 10-36.
- Savita S.M., Sheela K., Sharan Sunanda A.G.S., Ramakrishna P. 2004. *Stevia rebaudiana* – A Functional Component for Food Industry. *J. Hum. Ecol.*, 15: 261-264.
- Shantanu M., Heikham E., Bhoopander G., Ved P.S., Rupam K. 2013. Arbuscular mycorrhiza enhances the production of stevioside and rebaudioside-A in *Stevia rebaudiana* via nutritional and non-nutritional mechanisms. *Applied Soil Ecology*. (72):187–194.
- Zuidare M. 2009. La *Stevia*, edulcorante con propiedades terapéuticas. http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/curiosidades/2009/2/01/189479.php.

USO EFICIENTE DEL AGUA Y APLICACIÓN DE INOCULANTES MICROBIANOS EN LA PRODUCCIÓN DE *Stevia rebaudiana* Bert. VARIEDAD MORITA II
EFFICIENT USE OF WATER AND APPLICATION OF MICROBIAL INOCULANTS IN THE PRODUCTION OF *Stevia rebaudiana* Bert. MORITA II VARIETY

¹Cauich Cauich RA, ²Lozano Contreras MG, ¹Pérez Gutiérrez A, ³Ramírez Jaramillo G.

¹Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n. 97345. Conkal, Yucatán, México.

²Instituto Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochoá Km 25.5 Antigua carretera Mérida-Motúl. 97454. Mocochoá, Yucatán, México.

³INIFAP-CIRSE. Calle 6 No. 398. Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz. Mérida, Yucatán México.

Autor para correspondencia: lozano.monica@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México existe gran interés en el establecimiento del cultivo de estevia, debido a sus propiedades edulcorantes atribuidas a la presencia de glucósidos en sus hojas, lo que ocasiona que se busque obtener un alto rendimiento de este cultivo en campo. No obstante, el rendimiento es una función que depende de factores como el genotipo, el tipo de suelo, el riego, la nutrición, entre otros. De todos ellos, el agua es tal vez uno de los más limitantes y su buen manejo es fundamental para el éxito de la producción agrícola. Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de láminas de riego con la interacción de inoculantes microbianos en plantas de *S. rebaudiana*. Se evaluó la respuesta de estevia a la inoculación de 1) un consorcio de *Bacillus* spp y *Azospirillum brasilense* (1×10^8 ufc mL⁻¹) (BactoCROP^{MR}); 2) *Rhizophagus intraradices* (1 espora mL⁻¹) (Micorriza INIFAP^{MR}); 3) Testigo (sin inoculante). Los tratamientos consistieron en regar con el 60, 80, 100 y 120% de la evapotranspiración de referencia (ET_o) en plantas de estevia inoculadas, una vez obtenidos los resultados de la ET_o, se calculó la lámina de riego. Aplicar el riego con el 100% de la evapotranspiración de referencia (ET_o) en plantas inoculadas con *R. intraradices*, promueve la acumulación de biomasa aérea y radical en plantas de *S. rebaudiana*, sin embargo, Aplicar el 80% de la ET_o permite que las plantas mantengan un mecanismo fotosintético más eficiente para la asimilación de CO₂ y condiciones de humedad favorables para la transpiración y el uso eficiente del agua, el uso de este inoculante microbiano puede ser una estrategia sostenible para incrementar la productividad y el uso eficiente del agua en plantas de *S. rebaudiana*.

Palabras clave: *Stevia rebaudiana*, evapotranspiración, inoculantes, uso eficiente del agua.

INTRODUCCIÓN

En México existe gran interés en el establecimiento del cultivo de *Stevia rebaudiana* Bertoni ya que es considerado de alto potencial debido a sus propiedades edulcorantes atribuidas a la presencia de glucósidos en sus hojas (Zuidare, 2009), no obstante, el rendimiento es una función que depende de factores como el genotipo, el tipo de suelo, el riego, la nutrición, entre otros. De todos ellos, el agua es tal vez uno de los más limitantes y su buen manejo es fundamental para el éxito de la producción agrícola (Valverde, 2007).

La programación eficiente del riego es lo primero que se debe abordar en un cultivo, en este sentido, Godoy *et al.* (2003) mencionan que modificando el porcentaje de la evapotranspiración de referencia (ET_o) se puede estimar el volumen de agua para un cultivo en particular, sin embargo, se deben considerar también alternativas viables para mejorar el uso eficiente del agua.

Una alternativa ecológicamente aceptable para aumentar el uso eficiente del agua y obtener mejores rendimientos en el cultivo de *S. rebaudiana* Bert., es la inoculación de microorganismos benéficos o también llamados inoculantes microbianos, Según Lugtenberg y Kamilova, (2009) se pueden utilizar como inoculantes microbianos las bacterias de los géneros *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Anabaena*, *Frankia*, *Bacillus* y *Pseudomonas*, y los hongos *Rhizophagus intraradices* y *Trichoderma* spp. Estos microorganismos además de ser capaces de mejorar la fertilidad del suelo, utilizar el N atmosférico y mejorar el crecimiento vegetal mediante la síntesis de reguladores de crecimiento, también pueden mejorar la asimilación de CO₂ y modificar la apertura estomática y la transpiración en la planta (Compant *et al.*, 2010). Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de láminas de riego con la interacción de inoculantes microbianos en plantas de *Stevia rebaudiana* Bertoni.

MATERIALES Y MÉTODOS

Inoculantes microbianos.

Se evaluaron dos productos comerciales y un testigo. Los tratamientos fueron: 1) un consorcio de *Bacillus spp* y *Azospirillum brasilense* (1×10^8 ufc mL⁻¹) (BactoCROP^{MR}); 2) *Rhizophagus intraradices* (1 espora mL⁻¹) (Micorriza INIFAP^{MR}); 3) Testigo (sin inoculante). Los inoculantes estaban en forma sólida, se diluyeron en agua corriente a razón de 70 g L⁻¹ y se agito para mantener la solución homogénea. La inoculación se realizó según la metodología propuesta por Lozano y Ramírez (2015), la cual consistió en remojar los esquejes de *Stevia rebaudiana* variedad Morita II previamente multiplicados durante un minuto en la solución antes de sembrar.

Establecimiento del área experimental.

La investigación se realizó en una estructura protegida en el área de Investigación del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. El trasplante se realizó cuando las plántulas tenían 15 cm de altura en promedio, se establecieron en bolsas con capacidad de 7 L con un sustrato compuesto de tierra negra y bagazo de henequén, en proporción 2:1, mismas que se distribuyeron a una distancia de 0.30 y 1.0 m entre plantas e hileras respectivamente. El sustrato se desinfectó aplicando formol al 20% en dosis de 1 L por cada 10 L de agua, se cubrió con un plástico de polietileno calibre 800 color negro durante tres días y se dejó aireándose por un periodo similar para la volatilización del formol. Finalmente se llenaron las bolsas. Para la aplicación del riego se utilizó el sistema de goteo con cinta calibre 8000, con emisores cada 0.30 m y un gasto por emisor de 1 L h⁻¹ a una presión de operación de 1 kg cm⁻².

Estimación de los riegos. Al inicio del estudio se aplicó un primer riego para recuperar la humedad del suelo a su capacidad de campo con una lámina de 3.2 cm, para que los tratamientos de riego inicien con la misma cantidad de agua. Para ello se determinaron parámetros importantes del suelo por medio de un análisis en laboratorio y posteriormente se utilizó la siguiente fórmula: $L_r = (C_C - PMP) * P_r$, donde; L_r = Lámina de riego (cm), C_C = Capacidad de campo (%), PMP = Punto de marchitez permanente (%) y P_r = Profundidad de humedecimiento (m) (Tijerina, 1999).

Los tratamientos consistieron en regar con el 60, 80, 100 y 120% de la evapotranspiración de referencia (ET_o) en plantas de *Stevia* inoculadas, estas proporciones se estimaron con base en la evaporación medida en el tanque tipo "A". Para ello se utilizaron los registros diarios de la evaporación del tanque instalado dentro del área experimental. Para calcular la ET_o se utilizó la ecuación: $ET_o = E_o * K_t$, donde; ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹), E_o = Evaporación registrada en el tanque tipo "A" (mm día⁻¹) y K_t = Coeficiente del tanque, en función de la velocidad del viento y humedad relativa según Doorenbos y Pruitt (1977). Una vez obtenidos los resultados de la ET_o , se calculó la lámina de riego a aplicar al sustrato mediante la ecuación: $L_r = ET_o * F$, donde; L_r = Lámina de riego (mm día⁻¹), ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹), F = Fracción de la evapotranspiración de referencia (0.6, 0.8, 1.0 y 1.2).

Variables de respuesta y diseño experimental.

Se evaluó la biomasa seca de la planta, para ello se realizó una separación por órganos (raíz, tallo, hojas) y se depositaron en bolsas de papel donde se secaron 3 días en una estufa a 65°C. Para las variables fisiológicas de la planta, se midieron las principales variables de intercambio de gases; fotosíntesis, transpiración, carbono intercelular, conductancia estomática y uso eficiente del agua con un medidor de gases al infrarrojo (IRGA) modelo LI-6400XT entre las 8.00 y 12:00 h cuando había mayor densidad de flujo de fotones.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial (cuatro láminas de riego por tres inoculantes microbianos incluyendo un testigo) y cuatro repeticiones por tratamiento, siendo la unidad experimental seis plantas. Con los datos obtenidos se realizó un ANDEVA y la prueba de comparación de medias (Tukey; p 0.05) en el paquete estadístico InfoStat versión 2014 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa seca.

El comportamiento de la biomasa seca en los tratamientos se muestra en el Cuadro 1, donde se observa la mayor producción de biomasa seca radicular, se presentó cuando se aplicó el 100% de la ET_o en interacción con el hongo micorrizico arbuscular (HMA) *R. intraradices*, por su parte, cuando se aplicó el riego con 60, 80 y 120 de la ET_o no hubo diferencias significativas (p 0.05), es decir, al aplicar volúmenes de agua mayores al 100% de la ET_o la producción de biomasa radical no aumenta; en este sentido, Fabeiro *et al.* (2002) mencionan que el rendimiento de las plantas tiene un comportamiento lineal cuando

Cuadro 1. Biomasa seca por órgano 120 ddt de plantas de *Stevia rebaudiana* Bert., sometidas a cuatro láminas de riego en interacción con inoculantes microbianos.

Biomasa seca	Fracción de la ET _o (%)	<i>Bacillus</i> spp + <i>Azospirillum brasilense</i>	<i>Rhizophagus intraradices</i>	Testigo
		(g planta ⁻¹)		
Raíz	60	0.81 ±0.10 ^a	0.96±0.15 ^b	0.56±0.05 ^c
	80	0.94±0.13 ^a	1.03±0.11 ^b	0.69±0.08 ^b
	100	0.83±0.05 ^a	1.66±0.25 ^a	0.94±0.08 ^a
	120	0.98±0.16 ^a	1.19±0.10 ^b	1.10±0.22 ^a
Tallo	60	3.14±0.18 ^d	3.84±0.32 ^c	3.17±0.18 ^d
	80	4.19±0.11 ^c	4.26±0.29 ^c	3.86±0.20 ^c
	100	4.60±0.27 ^b	5.23±0.22 ^b	4.63±0.32 ^b
	120	5.54±0.29 ^a	6.39±0.33 ^a	6.04±0.50 ^a
Hoja	60	5.49±0.33 ^c	6.30±0.49 ^c	5.32±0.32 ^c
	80	6.79±0.28 ^b	6.86±0.45 ^c	6.33±0.44 ^b
	100	7.12±0.52 ^b	10.14±0.62 ^a	7.87±0.56 ^a
	120	8.60±0.57 ^a	8.61±0.51 ^b	9.29±0.95 ^a
Total	60	9.04±0.50 ^c	10.62±0.83 ^b	8.78±0.46 ^d
	80	11.46±0.32 ^b	11.63±0.73 ^b	10.53±0.57 ^c
	100	12.14±0.77 ^b	16.86±0.58 ^a	12.97±0.80 ^b
	120	14.63±0.79 ^a	16.12±0.87 ^a	15.88±1.43 ^a

(medias ± error estándar)

letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, p 0.05).

se incrementa la humedad del suelo, pero llega a un nivel en donde un mayor contenido de humedad no se traduce en mayor rendimiento. El tratamiento bacteriano no presentó diferencias significativas (p 0.05) entre los tratamientos de riego evaluados, sin embargo, las plantas inoculadas con ambos tratamientos superaron a plantas no inoculadas.

En el cultivo de estevia lo más importante es la hoja, ya que es donde se encuentra la mayor cantidad de glucósidos (Martínez, 2015), es por eso que tiene gran importancia lograr altos niveles de emisión de hojas, aunque la biomasa del tallo no deja de ser menos importante. Los mejores resultados en biomasa seca de hoja se obtuvieron en plantas inoculadas con el HMA *R. intraradices* y aplicando el 100% de la ET_o registrando 10.14 g planta⁻¹, superando al testigo e incluso al tratamiento bacteriano en el mismo nivel de riego con un 22.4 y 28.3% respectivamente. Con relación a la biomasa seca total, se observó que cuando las plantas se inoculan con *Bacillus* spp. + *Azospirillum brasilense* se necesita aplicar 120% de la ET_o para obtener la mayor producción de biomasa seca, lo mismo se observó con el tratamiento testigo, sin embargo, la inoculación de *R. intraradices* permite reducir en un 20% la ET_o para obtener mayor producción de biomasa seca total.

Intercambio de gases.

La fotosíntesis o tasa de asimilación neta de CO₂ mostró diferencias significativas (p 0.05) entre los tratamientos, las plantas inoculadas con el HMA *R. intraradices* y regadas con el 80% de la ET_o presentaron los valores más altos y no fue mayor al aplicar un nivel de agua más alto, es decir, el 100% de la ET_o. Este mismo tratamiento superó los valores obtenidos en el testigo y en el tratamiento de *Bacillus spp* más *Azospirillum brasilense*. No obstante, al aplicar el 120% de la ET_o en interacción con la micorriza la asimilación del CO₂ disminuyó en un 42.8% (Cuadro 2). Por el contrario, en la concentración del carbono intercelular las plantas sometidas al 60 y 120% de la ET_o superaron en un 6 y 12.3% al tratamiento de 80%, incluso el testigo presentó valores mayores a este (Cuadro 2), al respecto, Madhana *et al.* (2014), mencionan que el CO₂ que se encuentra en los espacios subestomáticos se encuentra en espera de ser asimilado, es decir, el carbono se encuentra acumulado, ya que no ha sido utilizado en la fotosíntesis.

Por lo tanto, una tasa de asimilación elevada junto con una baja concentración del carbono intercelular indica que las plantas inoculadas con *R. intraradices* en interacción con un riego de 80% de la ET_o mantienen un mecanismo fotosintético saludable y más eficiente que las plantas sometidas al resto de los tratamientos. Por otra parte, tanto en la conductancia estomática como en la transpiración las plantas

Cuadro 2. Componentes de intercambio de gases medidos en plantas de *Stevia rebaudiana* Bert., sometidas a láminas de riego con inoculantes microbianos.

Variables	Fracción de la ET _o (%)	<i>Bacillus</i> spp + <i>Azospirillum brasilense</i>	<i>Rhizophagus intraradices</i>	Testigo
		(μmol m ⁻² s ⁻¹)		
Fotosíntesis	60	1.61 ±0.40 ^b	2.25±0.62 ^b	1.30±0.57 ^b
	80	2.64±0.60 ^a	5.41±1.11 ^a	0.14±0.13 ^c
	100	2.23±0.80 ^a	5.26±1.16 ^a	4.72±0.81 ^a
	120	2.05±0.92 ^a	3.01±1.17 ^{ab}	1.73±0.95 ^b
Carbono intercelular	60	314.91±10.97 ^b	323.23±21.88 ^a	347.32±16.60 ^a
	80	320.83±22.77 ^b	304.91±9.79 ^{ab}	372.64±9.38 ^a
	100	309.56±12.35 ^b	281.78±5.72 ^b	281.38±6.81 ^b
	120	372.95±27.75 ^a	342.32±13.05 ^a	382.58±25.19 ^a
Conductancia estomática (mmol m ⁻² s ⁻¹)	60	0.03±0.00 ^a	0.04±0.01 ^c	0.03±0.01 ^b
	80	0.05±0.01 ^a	0.12±0.02 ^a	0.02±0.00 ^b
	100	0.03±0.00 ^a	0.14±0.03 ^a	0.08±0.02 ^a
	120	0.05±0.01 ^a	0.07±0.02 ^b	0.04±0.01 ^b
Transpiración (μmol CO ₂ mmol ⁻¹ H ₂ O)	60	1.00±0.15 ^b	1.29±0.28 ^b	0.97±0.14 ^b
	80	1.44±0.22 ^a	2.89±0.53 ^a	0.73±0.04 ^c
	100	0.97±0.12 ^{ab}	3.59±0.69 ^a	2.16±0.43 ^a
	120	1.36±0.32 ^a	1.87±0.50 ^{ab}	1.11±0.28 ^b
Uso eficiente del agua	60	1.61±0.23 ^a	1.74±0.45 ^a	1.34±0.38 ^b
	80	1.83±0.45 ^a	1.87±0.22 ^a	0.19±0.20 ^c
	100	2.30±0.24 ^a	1.47±0.08 ^b	2.19±0.05 ^a
	120	1.51±0.55 ^b	1.61±0.30 ^b	1.56±0.52 ^b

(medias ± error estándar) letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, p 0.05).

inoculadas con *R. intraradices* y regadas con el 100% de la ET_o superaron al resto de los tratamientos, sin embargo, fue estadísticamente igual aplicar el riego con el 80% en ambas variables. En este sentido, la conductancia estomática es un indicador del intercambio de gases que existe entre la hoja y el ambiente circundante y los datos de transpiración indican que las plantas inoculadas con *R. intraradices* con el riego al 80% de la ET_o liberan menor cantidad de moléculas de agua que las sometidas al 100% de la ET_o, es decir, muestran un mejor desempeño en el intercambio de gases al registrar una mayor tasa de asimilación neta (fotosíntesis) y menor pérdida de agua a través de los estomas, logrando el mejor uso eficiente del agua.

CONCLUSIONES

Aplicar el riego con el 100% de la evapotranspiración de referencia (ET_o) en plantas inoculadas con *Rhizophagus intraradices*, promueve la acumulación de biomasa aérea y radical en plantas de *S. rebaudiana* Bert., sin embargo, Aplicar el 80% de la ET_o permite que las plantas de *S. rebaudiana* mantengan un mecanismo fotosintético más eficiente para la asimilación de CO₂ y condiciones de humedad favorables para la transpiración y el uso eficiente del agua, el uso de este inoculante microbiano puede ser una estrategia sostenible para incrementar la productividad y el uso eficiente del agua en plantas de *S. rebaudiana* Bert.

LITERATURA CITADA

- Compant, S. C. Clement, and A. Sessitsch. 2010. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospect for utilization. *Soil Biol. Biochem.* 42: 669-678.
- Doorenbos, J. and W. O. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and drainage paper 24. FAO. Rome, Italy.
- Fabeiro, C., F. Martín de Santa Olalla, and J. A. De Juan. 2002. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agric. Water Manage.* 54: 93-104.
- Godoy Avila, C., A. Pérez-Gutiérrez, C. Torres-E., L. J. Hermosillo y I. Reyes-J. 2003. Uso de agua, producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa con riego por goteo subsuperficial. *Agrociencia* 37: 107-115.
- Lozano Contreras M. G. y Ramírez J. G. 2015. Enraizamiento de esquejes de estevia con biofertilizantes. Centro de investigación regional sureste. Campo experimental Mocochoá. Mérida, Yucatán. Desplegable para productores No. 6.

- Lugtenberg, B., and F. Kamilova. 2009. Plant growth promoting rhizobacteria. *Ann. Rev. Microbiol.* 63: 541-556.
- Madhana S., K.; Sreeharsha R., V.; Mudalkar, S. and A. Ramachandra R. 2014. Persistent stimulation of photosynthesis in short rotation coppice mulberry under elevated CO₂ atmosphere. *J. Photoc. Photob. B.: Biology*, 137: 21-30.
- Martínez Cruz, Michel. 2015. Stevia rebaudiana (Bert.) Bertoni. Una revisión. *Cultivos Tropicales*. 36(Supl. 1): 5-15.
- Valverde J., 2007, Riego y Drenaje, Universidad Estatal a Distancia San José, segunda reimpresión, San José, Costa Rica.
- Tijerina Chávez, L. 1999. Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. *Terra* 17: 237-245.
- Zuidare M. 2009. La estevia, edulcorante con propiedades terapéuticas. 2009. http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/curiosidades/2009/12/01/189479.php.

INDUCCIÓN DE RESISTENCIA A *Phytophthora capsici* EN PLANTAS DE CHILE MULATO *Capsicum annuum* L. MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ELICITORES.

INDUCTION OF RESISTANCE TO *Phytophthora capsici* IN MULATTO CHILLI PLANTS *Capsicum annuum* L. BY APPLICATION OF ELICITORS.

González Tovar E¹, González Chavira MM², Guerrero Aguilar BZ², Pons Hernández JL²,
Medina Ramos G¹

¹Universidad Politécnica De Guanajuato. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Av. Universidad Norte S/N., Comunidad Juan Alonso, Cortázar (38483), Guanajuato, México.

²Centro de Investigación Regional Centro (CIRCE) del INIFAP. Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, 38010 Celaya, Guanajuato, México.

Autor para correspondencia: gonzalez.mario@inifap.gob.mx

RESUMEN

La “marchitez del chile” es considerada en México y en el mundo como la enfermedad fúngica más importante del cultivo de chile, la cual es causada por un complejo patogénico en el que destaca el oomiceto *Phytophthora capsici*. Actualmente la estrategia más usada para su control es la aplicación de fumigantes y fungicidas, lo que provoca un alto costo ambiental. Dentro de los métodos alternativos para su control, destaca la inducción de la resistencia innata de las plantas mediante el uso de elicitores naturales. En esta línea de investigación se plantea este trabajo que tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de elicitores para el control de *Phytophthora capsici* en chile mulato (*Capsicum annuum* L.). El experimento se estableció en cámara de crecimiento a una temperatura de 25°C, bajo un diseño completamente al azar, con tres repeticiones y 7 tratamientos: cuatro elicitores experimentales de la empresa “Elicityl S.A.” (Xq, Xh, Xh-ter y Xh-bis) aplicados a la raíz, a una dosis de 6 ppm, una mezcla de dos elicitores comerciales (Quitosano/Fosfito), aplicados a la raíz a una concentración de 30 y 9.5 % respectivamente, un control positivo sin elicitores y sin inocular y el control negativo sin elicitores e inoculado con *P. capsici*. A los diez días después de la inoculación aparecieron los síntomas de la enfermedad en el control negativo, mientras que el elicitor más efectivo en retrasar síntomas fue la mezcla quitosano/fosfito que después de 30 días no presentó ningún síntoma de la marchitez. Los resultados obtenidos indican que la aplicación de estos compuestos, pueden retardar la aparición de los síntomas de la enfermedad.

Palabras clave: Resistencia sistémica, marchitez del chile, quitosano, fosfito.

INTRODUCCIÓN

En México se considera a la “marchitez del chile” como la enfermedad fúngica más importante del cultivo de chile. Se ha reportado su presencia en todos los estados productores de chile donde las condiciones ambientales favorecen su desarrollo, particularmente en los estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Querétaro, Hidalgo y Michoacán (CEPROCH, 2009). Las pérdidas en el cultivo de chile, ocasionadas por esta enfermedad han llegado a ser considerables, fluctuando entre el 60 y el 100% de la producción (Morán-Bañuelos *et al.*, 2010).

Se ha demostrado que esta enfermedad está relacionada a un complejo de microorganismos fitopatógenos de varios géneros de hongos *Fusarium* spp, *Rhizoctonia solani* y el oomiceto *Phytophthora capsici*. Algunas evidencias sugieren que el patógeno más relevante es *Phytophthora capsici* ya que es el único con efecto fulminante cuando se inocula solo o acompañado de algún otro género de los hongos involucrados en la marchitez del chile (CEPROCH, 2009).

Una de las estrategias más usadas para controlarlos es el uso de fumigantes y fungicidas. Pero su empleo indiscriminado ha ocasionado selección de resistencia (Parra y Ristaino, 2001; Pérez-Moreno *et al.*, 2003). Además, problemas de contaminación ambiental y de salud pública ha provocado que algunos de estos productos, como el bromuro de metilo, estén prohibidos (TEAP y MBTOC, 2006).

Entre los métodos alternativos para su control destaca la inducción de la resistencia innata de las plantas mediante el uso de elicitores naturales que no generan resistencia en los patógenos, no contaminan el ambiente y son inocuos para el hombre (Santos y Goto, 2004).

El uso de mecanismos de defensa en plantas, particularmente la expresión y regulación de la resistencia de amplio espectro asociadas al fenómeno de Resistencia Sistémica Adquirida (RSA), es una alternativa viable para el diseño de estrategias de control de patógenos. Este tipo de resistencia es efectiva contra un

amplio espectro de patógenos y es a largo plazo. La resistencia sistémica adquirida es una forma de defensa activa que involucra la expresión diferencial de genes y cambios metabólicos que ocurren como consecuencia de un proceso de reconocimiento entre la planta y el patógeno (Madriz-Ordeñana, 2002). Existen varias evidencias de que RSA puede ser activada rociando o inyectando a las plantas distintos tipos de sustancias endógenas y exógenas de ella misma, entre las que destacan el ácido salicílico, o por tratamiento con H₂O₂, o presentes en patógenos como el quitosano. Estos químicos llamados elicitores provocan en plantas la expresión de la misma respuesta de resistencia proveniente del mismo conjunto de genes que cuando son inducidos por un patógeno (Ozeretskoykaya y Vasyukova, 2002; Zhao et al., 2005; Boller y Felix 2009; Holopainen et al., 2009).

La principal desventaja del uso de elicitores para el manejo de las enfermedades es que existe una gran especificidad en la interacción planta-elicitador, lo que implica que debe seleccionarse el tipo de elicitador adecuado para cada cultivo, el momento de agregarlo y la concentración para obtener la mejor respuesta (Mejía-Teniente et al., 2010, 2013).

En base a lo anterior, proponemos este trabajo que pretende establecer las condiciones necesarias para manejar la principal enfermedad del cultivo "la marchitez del chile" mediante el uso de elicitores.

La hipótesis de trabajo es que la aplicación de elicitores incrementará la resistencia de las plantas a *Phytophthora capsici* retardando la aparición de síntomas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Biológico.

La cepa empleada de *P. capsici* fue C7P8 proveniente del municipio de Dolores Hidalgo, Guanajuato. El material vegetal empleado fue una población F₂ proveniente de una cruce experimental de dos genotipos de chile tipo mulato, uno susceptible y otro resistente al patógeno.

Elicitores. Se utilizaron cuatro elicitores experimentales que son oligosacáridos de xilano de la pared celular de plantas (Xq, Xh, Xh-bis Xh-ter) y dos comerciales (quitosano y fosfitos de potasio).

Germinación de plantas.

Para cada tratamiento se sembraron 60 semillas, previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5%, se colocaron a una temperatura de 30°C por un periodo aproximado de 15 días hasta su germinación en una cámara de crecimiento.

Diseño experimental.

El experimento se estableció bajo condiciones de cámara de crecimiento con una temperatura promedio de 25°C, en un diseño completamente al azar con tres repeticiones de 20 plantas. Se evaluaron siete tratamientos: La aplicación individual de cuatro elicitores experimentales (Xq, Xh, Xh-bis Xh-ter), una mezcla de dos comerciales (quitosano y fosfitos de potasio) y dos controles uno positivo sin elicitores y sin inocular (Control sin) y el control negativo sin elicitores e inoculado con *P. capsici* (Control con). Las variables a medir fueron: días después de la inoculación en aparecer los primeros síntomas y días promedio en enfermarse las 20 plantas de cada repetición. La última evaluación se realizó 30 días después de la inoculación.

Preparación y aplicación de Elicitores.

Se prepararon los Elicitores experimentales a una concentración de 6 ppm de acuerdo a las indicaciones del proveedor, en cuanto a los productos comerciales se prepararon a una concentración de 9.5% del fosfito y 30% del Quitosano. Se aplicaron cuando la planta tenía de 8 a 10 hojas verdaderas, se realizaron dos aplicaciones dirigidas a la raíz con un volumen de 30 ml por planta, la primera fue a las 24 horas antes de la inoculación con el patógeno y la segunda fue 24 horas después de la inoculación.

Preparación del inóculo de *P. capsici*. El patógeno se incrementó en cajas Petri con medio de cultivo PDA acidificado (200 µl/L de ácido Láctico), cuando el crecimiento micelial invadió por completo la caja, se cortaron discos de 8 mm de diámetro, colocando 5 discos de micelio en la base del tallo, las plantas se colocaron en cámara de crecimiento a una temperatura de 25°C hasta la aparición de los primeros síntomas. Todos los tratamientos fueron inoculados a excepción del control sin inocular.

Evaluación fenotípica del desarrollo de la enfermedad.

La evaluación del desarrollo de la enfermedad, se realizó de manera visual diariamente durante 30 días, registrando el día de la aparición de los primeros síntomas causados por *P. capsici*, tales como necrosis y estrangulamiento en la base del tallo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Evaluación fenotípica del desarrollo de la enfermedad

Aproximadamente a los diez días en promedio después de la inoculación, aparecieron los primeros síntomas de la enfermedad en el control inoculado con el patógeno y sin elicitores (Figura 1). En la gráfica de la figura 2, se observa la interacción planta-patógeno-elicitor en relación a los días promedio de la aparición de los primeros síntomas. En esta gráfica se puede apreciar que se cumple la hipótesis planteada, en el sentido de que todos los tratamientos con aplicación de elicitores presentaron un retardo en la aparición de los síntomas, comparados con el control inoculado y sin elicitores.

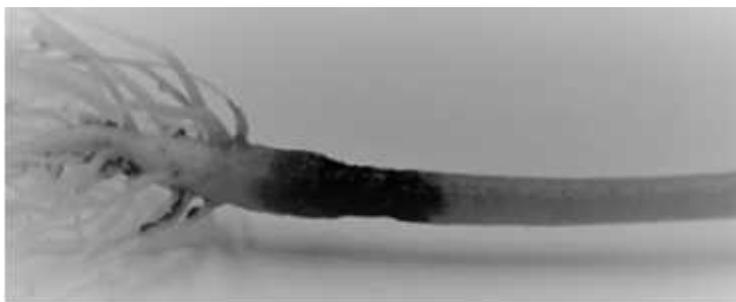


Figura 1. Necrosis y adelgazamiento de la base del tallo causado por *Phytophthora capsici* en plantas de chile

El tratamiento con el que se obtuvieron los mejores resultados fue el que combina la aplicación de quitosano y fosfito, en él cómo en el control sin inocular, ninguna planta presento síntomas en los 30 días en que se estuvieron evaluando. De los elicitores experimentales el más sobresaliente en retrasar los síntomas fue el Xh con 8 días de retraso en la aparición de síntomas con respecto al control.

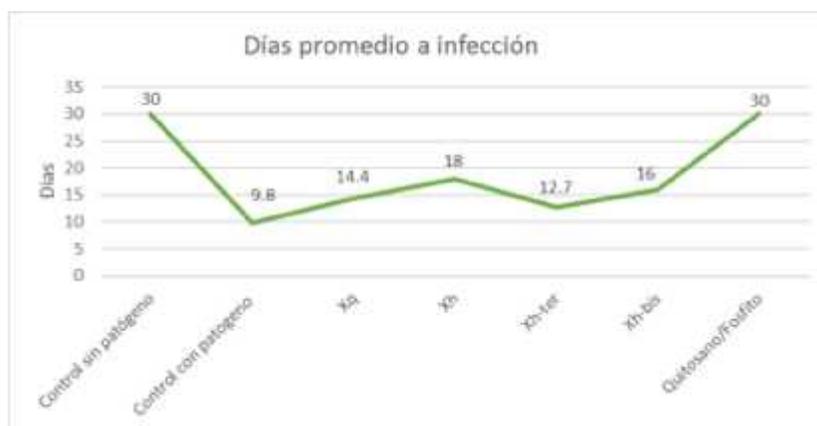


Figura 2. Número promedio de días de aparición de síntomas de la "marchitez del chile", en plantas de chile inoculadas con *Phytophthora capsici* tratadas con diferentes elicitores

El análisis de varianza nos confirma una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1). Estos resultados son similares a muchos otros publicados en la literatura, que logran aumentar la resistencia a diferentes patógenos mediante la aplicación de elicitores. Solo por mencionar algunos tenemos los obtenidos por Buzi et al. (2004), que reportan en plántulas de melón un incremento significativo de la resistencia a patógenos como *Didymella bryoniae*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, mediante la aplicación de elicitores como metil jasmonato y etileno; en el 2008, Faoro et al., reportaron inducción de resistencia en cebada al mildiu (*Blumeria graminis* f. sp. *Hordei*). Se menciona al fosfito de potasio para el control del mildiu de la vid, por su efecto en la reducción de la incidencia y severidad del hongo *Plasmopara viticola* (Sônego et al., 2003). Además, los fosfitos de potasio,

calcio o magnesio, reducen la intensidad de la enfermedad “podredumbre del pie” provocada por *Phytophthora palmivora* en cultivos de papaya (Dianese et al., 2009).

Cuadro 1. Análisis de varianza para días a infección con la aplicación de diferentes elicitores en plantas de Chile inoculadas con *Phytophthora capsici*.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	145.768	6	24.2946	9.44	0.0006
Repetición	16.805	2	8.4025	3.27	0.0737
Error	30.87	12	2.5725		
Total (corregido)	193.443	20			

Como una medida de la severidad se contabilizaron los días promedio en que tardaron en morir o enfermarse las 20 plantas de cada repetición en los diferentes tratamientos. Se encontró una diferencia significativa en esta variable, de nuevo el tratamiento con la mezcla de quitosano y fosfito al igual que el control sin inocular, a los 30 días después de la inoculación cuando se realizó la última evaluación, no tenían ninguna planta enferma. En cuanto al comportamiento del resto de los tratamientos, en el cuadro 2 se puede observar que cuando se aplicó el elicitor Xh-ter, las plantas se enfermaron o murieron más rápido (22 días), en contraste con el tratamiento con Xh en cual en promedio tardaron 27 y medio días en enfermarse todas las plantas a las que se le aplicó este elicitor. Es posible que esto se deba a que el elicitor Xh-ter provoca un costo fisiológico muy alto que debilita a la planta y la hace más susceptible al patógeno. Al hacer un análisis global de las plantas inoculadas y realizando un análisis de Chi-cuadrada, se encontró que el número de plantas enfermas en los diferentes tratamientos se comportó como se esperaría en una generación F₂, para un gen de resistencia dominante, con una segregación 3:1 (dato no mostrado). Esta proporción se ve modificada en el tratamiento de quitosano y fosfito

en el cual todas las plantas fueron resistentes al patógeno. Estas variaciones de la resistencia al patógeno que se observan en los distintos tratamientos, están ocurriendo sin cambios en la secuencia original del ADN por lo que es muy probable que su origen sea epigenético y esto puede estar dado a diferentes niveles como una metilación reversible de la secuencia del ADN, numerosas modificaciones de las histonas y remodelación de la cromatina (Wagner, 2003; Vanyushin, 2006). Estos cambios en la metilación del ADN para protección al estrés en plantas ya han sido reportados. Sha *et al.*, en el 2005, reportaron que el incremento en la metilación del ADN del arroz confiere resistencia a *Xanthomonas oryzae*. Zhou *et al.*, en el 2005, señalan que la desacetilación de las histonas en *Arabidopsis thaliana* provoca un incremento en la resistencia a *Alternaria brassicicola*.

Este trabajo forma parte de los esfuerzos por generar un paquete de manejo de la “marchitez del Chile” más amigable con el ambiente, por lo que la respuesta obtenida con el quitosano y el fosfito de potasio es muy alentadora.

CONCLUSIONES

La aplicación radicular de los elicitores, demostró su eficacia como método de inducción de resistencia al retrasar de manera significativa la aparición de los síntomas causados por *Phytophthora capsici* en plantas de poblaciones de Chile mulato.

El mejor tratamiento para la inducción de resistencia fue la mezcla del quitosano con fosfito.

Los elicitores experimentales con excepción del Xh, no lograron inducir aumento de la resistencia a *P. capsici*.

LITERATURA CITADA

- Boller, T. and Felix G. 2009. A renaissance of elicitors: perception of microbe-associated molecular patterns and danger signals by pattern-recognition receptors. Annual Review of Plant Biology 60, 379 – 406.
- Buzi, A., Chilosi G., Magro P. 2004. Induction of resistance in melon seedlings against soil-borne fungal pathogens by gaseous treatments with methyl jasmonate and ethylene. J. Phytopathol. 152: 491-497.

Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey p<0.5) de los días a infección del total de plantas de cada tratamiento

Tratamiento	Media	Comparación de medias
Xh-ter	21.9667	A
Control/Con	24.9667	AB
Xq	25.95	ABC
Xh-bis	26.9667	BC
Xh	27.6	BC

- CEPROCH. 2009. Guía para el manejo de la marchitez del chile en Guanajuato. Primera Edición. Edit. Prometeo. 34 p. <http://goo.gl/oQUgYN>
- Dianese, A.C., Blum L.E.B., Dutra J.B., Lopes L.F. 2009. Aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão-do-pé do mamoeiro em casa de vegetação. *Revista Ciência Rural* 39 (8): 2309-2314.
- Faoro, F., Maffi D., Cantu D., Iriti M. 2008. Chemical-induced resistance against powdery mildew in barley: the effects of chitosan and benzothiadiazole. *Biocontrol*, 53: 387-401.
- Holopainen, J.K., Heijari J., Nerg A.M., Vuorinen M., Kainulainen P. 2009. Potential for the use of exogenous chemical elicitors in disease and insect pest management of conifer seedling production. *Open. For. Sci. J.* 2: 17-24.
- Madriz Ordeñana, K. 2002. Mecanismos de defensa en las interacciones planta-patógeno. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* No. 63 p. 22 - 32.
- Maffei, M.E., Arimura G.I. & Mithofer A. 2012 Natural elicitors, effectors and modulators of plant responses. *Natural product Reports* 29 (11): 1269-1368.
- Mejía-Teniente, L., Torres-Pacheco I., González-Chavira M.M., Ocampo-Velázquez R.V., Herrera-Ruiz G., Chapa-Oliver A.M., Guevara-González R.G. 2010. Use of elicitors as an approach for sustainable agriculture. *African Journal of Biotechnology*. 9: 9155-9162.
- Mejía-Teniente, L., Duran-Flores F.D., Chapa-Oliver A.M., Torres-Pacheco I., Cruz-Hernández A., González-Chavira M.M., Ocampo-Velázquez R.V., Guevara-González R.G. 2013. Oxidative and molecular responses in *Capsicum annum* L. after hydrogen peroxide, salicylic acid and chitosan foliar applications. *Int J Mol Sci* 14:10178–10196.
- Morán-Bañuelos, S.H., Aguilar-Rincón V.H., Corona-Torres T. y Zavaleta-Mejía E. 2010. Resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. De chiles nativos del sur de Puebla México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 33 Núm. 4: 21-26.
- Ozeretskovskaya, O.L. & Vasyukova N.I. 2002. *Applied Biochemistry and Microbiology* 38: 277. doi:10.1023/A:1015483727383
- Parra, G., and Ristaino J.B. 2001. Resistance to mefenoxan and metalaxyl among field isolates of *Phytophthora capsici* causing *Phytophthora* blight of bell pepper. *Plant Diseases*. 85:1069-1075.
- Pérez-Moreno, L., Durán L.J., Ramírez R., Sánchez J.R., y Olalde-Portugal V. 2003. Compatibilidad fisiológica y sensibilidad a fungicidas de aislamientos de *Phytophthora capsici* Leo. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21: 19-25.
- Santos, H.A., Goto R. 2004. Enxertia em plantas de pimentao no controle da murcha de fitóftora em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*. 22: 45-49.
- Sha, A.H., Lin X.H., Huang J.B., Zhang D.P. 2005. Analysis of DNA methylation related to rice adult plant resistance to bacterial blight based on methylation-sensitive AFLP (MSAP) analysis. *Mol Genet Genom* 273:484–490.
- Sônego, O.R., Garrido L., Czermainski A.B.C. 2003. Avaliação de Fosfitos no Controle do Míldio da Videira. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa*, 1-18
- TEAP and MBTOC. 2006. Handbook on critical use nominations for methyl bromide. Fifth Version, UNEP. 103 pp. <http://ozone.unep.org/teap/Reports/MBTOC/Handbook%20CUN-version5-27Nov06.pdf> (Junio de 2017).
- Vanyushin, B.F. 2006. DNA methylation in plants. *Curr Topics Microbiol Immunol* 301:67–122.
- Wagner, D. 2003. Chromatin regulation of plant development. *Curr Opin Plant Biol* 6:20–28.
- Zhao, J., Davis L.T., Verpoort R., 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnol. Adv.* 23, 283–333.
- Zhou, C., Zhang L., Duan J., Miki B., Wu K. 2005. HISTONE DEACETYLASE 19 is involved in jasmonic acid and ethylene signaling of pathogen response in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 17(4):1196–1204

METILACIÓN DIFERENCIAL EN PLANTAS DE ESTEVIA, CON Y SIN APLICACIÓN DE ELICITORES. DIFFERENTIAL METHYLATION IN STEVIA PLANTS, WITH AND WITHOUT ELICITORS

¹González Chavira MM, ¹Díaz Huacuz R, ²Vázquez Hernández MC, ²Guevara González R, ¹Guerrero Aguilar BZ, ¹Guzmán Maldonado HS

¹Centro de Investigación Regional Centro (CIRCE) del INIFAP. Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, 38010 Celaya, Guanajuato, México.

²Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Cerro de Las Campanas, s/n, Las Campanas, 76010 Santiago de Querétaro, Querétaro, México

Autor para correspondencia: gonzalez.mario@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se presentan los resultados iniciales, de un trabajo que busca aportar información para el entendimiento del origen de los cambios en el metabolismo de plantas elicidadas. La hipótesis de trabajo es que cambios en la producción de glucósidos de esteviol (GE) entre plantas elicidadas y no elicidadas es debido a cambios en la metilación de su genoma. Para probarlo, se evaluaron los niveles de metilación del ADN de plantas de estevia a las que se les aplico dos tipos de elicitores comerciales: quitosano a una concentración de 670 µg/ml y H₂O₂ a 14 mM, y se compararon con los niveles de metilación de plantas de estevia a las que no se les aplico ningún elicitor. Los resultados obtenidos muestran una hipometilación en las plantas elicidadas, la cual se ve reflejada bioquímicamente en un aumento en la producción de GE. Por lo que se concluye que como no hay factores que provoquen cambios en la secuencia del ADN, es muy probable que las variaciones en el metabolismo sean debido a los cambios en la metilación del ADN.

Palabras clave: *Stevia rebaudiana*, metilación ADN, peróxido de hidrogeno, quitosano.

INTRODUCCIÓN

Stevia rebaudiana Bertoni es una planta herbácea perenne, perteneciente a la familia de las Asteráceas, nativa de la región de Amambay, en el noreste de Paraguay, también se produce en las zonas limítrofes de Brasil y Argentina (Soejarto, 2002). La importancia comercial de *S. rebaudiana* es la acumulación de glucósidos de esteviol (GE) como el esteviósido (Est) y rebaudiosido A (Reb A), que son hasta 300 veces más dulces que la sacarosa (Das et al., 2011). En la planta las mayores concentraciones de GE se acumulan en las hojas, reportándose del 5-10% de Est, 2-4% de Reb A, 1-2% de rebaudiósido C y 0.4-0.7% de dulcósido A (Melis et al., 2009).

Estos metabolitos bioactivos que presenta la planta de estevia son de gran importancia industrial, por lo que se han buscado diferentes tecnologías para incrementar su contenido. Una de estas técnicas involucra la aplicación de elicitores, la cual permite aumentar la producción de metabolitos útiles para mejorar la salud humana (Aza-González et al., 2011). Esta metodología se basa en el principio de que estos compuestos son productos del metabolismo secundario que se sintetizan como respuesta al estrés, por lo que en muchos casos la aplicación de elicitores induce condiciones similares al estrés, de tal forma que al percibirlos, la planta es inducida a producir estos metabolitos (Mejía-Teniente et al., 2010). La información anterior, sugiere que el manejo del estrés mediante el uso de "elicitores", podría incrementar la producción de metabolitos primarios y secundarios, así como la actividad nutracéutica de los mismos. Estos cambios en el metabolismo de estevia, tienen un componente genético el cual es modificado por un efecto ambiental por lo que son considerados de origen epigenético. Una característica fundamental del fenómeno epigenético es que está influenciado por el ambiente y un mismo genotipo puede mostrar fenotipos alternativos. Diferentes estreses pueden inducir cambios epigenéticos en un individuo, en plantas se mencionan, entre otros, el ataque de patógenos, el cultivo *in-vitro* y la hibridación interespecífica (McClintock, 1984).

La metilación del DNA es la alteración epigenética más importante en eucariotas, consiste en la adición post síntesis de un grupo metilo en la posición 5' del anillo pirimidínico de la citosina (5-mC), la enzima que lleva cabo esta transformación cataliza la transferencia del grupo metilo procedente de la S-adenosil metionina (SAM). La forma metilcitosina puede aparecer en cualquier residuo de citosina, en plantas la localización de la metilcitosina es en secuencias CG, CNG y CNN (donde N puede ser cualquier nucleótido). en plantas la localización más frecuente de la metilcitosina es en secuencias CNG (Vanyushin y Ashapkin, 2011).

El objetivo de este trabajo fue aportar información para el entendimiento del origen de los cambios en el metabolismo, mediante la comparación de los niveles de metilación del ADN entre plantas de estevia con y sin aplicación de elicitores.

La hipótesis de trabajo es que los cambios en la producción de GE entre plantas elicidadas y no elicidadas es debido a cambios en la metilación de su genoma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico. Se utilizaron plantas de estevia de una variedad experimental del INIFAP, sembrada en condiciones de invernadero en el Campo Experimental Bajío en Celaya, Gto.

Aplicación de elicitores. La aplicación se realizó en lo que se llamó el tiempo cero y fue cuando las plantas estaban en etapa vegetativa. Se hizo una sola aplicación de dos tipos de elicitores comerciales: quitosano a una concentración de 670 µg/ml y H₂O₂ a 14 mM. La aplicación del quitosano se efectuó al suelo y el peróxido de hidrogeno fue aplicado de manera foliar, las plantas control fueron regadas y asperjadas solo con agua. Dando dos tratamientos con elicitores y el control sin elicitores.

Diseño experimental. El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Dos tratamientos (C: Con elicitores y S: Sin elicitores).

Manejo del cultivo. El manejo de las plantas en cuanto a nutrición y riego se llevó de acuerdo a como lo hace el productor normalmente.

Toma de muestras. Para la medición de la metilación del ADN, se hicieron seis grupos: tres de ellos formados cada uno por 5 plantas elicidadas seleccionadas al azar y otros tres hechos cada uno con 5 plantas no elicidadas seleccionadas al azar. A los 21 días después de la aplicación de los elicitores, se recolectaron y mezclaron muestras de hojas jóvenes y viejas de las plantas de cada grupo.

Obtención del DNA. A partir de las mezclas de hojas, se hicieron seis extracciones independientes de ADN usando el protocolo de extracción con CTAB (Doyle, 1987). Obteniéndose tres ADN de plantas elicidadas y tres de plantas no elicidadas. Esto con el fin de realizar tres comparaciones independientes entre plantas elicidadas y no elicidadas.

Análisis de Metilación. Para la detección y evaluación de los niveles de metilación del ADN obtenido de las seis extracciones realizadas, se utilizó el paquete de reactivos: 5-mC DNA ELISA kit con número de catálogo D5325 & D5326 de la empresa Zymo Research Corp. El paquete contiene un anticuerpo monoclonal específico para 5-mC. Posteriormente a la reacción inmunológica, el resultado fue cuantificado por espectrofotometría (se usó un espectrofotómetro Thermo Scientific modelo MULTISKAN GO) y para la significancia estadística del análisis se realizó una prueba de ANOVA, usando el programa GraphPad PRISM 6, versión para Windows 10. Se realizó una comparación múltiple de Dunnett, con un nivel de significancia de 0.05%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de metilación se llevó a cabo una vez que se encontraron cambios estadísticamente significativos en la acumulación de glucósidos de esteviol (GE) en las hojas de estevia a las que se les aplicaron los elicitores, en comparación con aquellas no elicidadas. A los siete días hubo un incremento en el contenido del rebaudiósido C y a los 21 días se incrementaron significativamente las concentraciones de esteviósido y compuestos fenólicos simples (Datos no mostrados).

Este incremento que se obtuvo en los glucósidos de esteviol (GE) en hojas de estevia por la aplicación de elicitores está acorde con lo reportado en la literatura. Nazish et al., reportan en el 2013 un incremento en la producción de GE, aplicando diferentes reguladores de crecimiento en un cultivo *in vitro* de callos de estevia; Bayraktar, et. al., en 2016, lograron incrementarlos mediante la aplicación de elicitores en un modelo de cultivo *in vitro*; Alvarado-Orea, et. al., en 2016, evaluaron el crecimiento y acumulación de GE en raíces de *S. rebaudiana* en cultivo en medio líquido usando nanopartículas de ZnO, reportando un incremento de estos compuestos.

Considerando que estos cambios en la concentración de GE reflejan cambios en el metabolismo de las plantas elicidadas, y que este puede ser de origen epigenético, se midió el porcentaje de 5-mC presente en plantas elicidadas y los controles sin elicitación. Los resultados obtenidos indican diferencias estadísticamente significativas en el % 5-mC entre los tratamientos evaluados.

En la figura 1 podemos apreciar que los niveles de metilación de los seis tratamientos evaluados en la variedad experimental del INIFAP (C: plantas elicidadas y S: plantas no elicidadas). De las tres mediciones realizadas en plantas elicidadas, solamente C1 no tiene una diferencia estadísticamente significativa con

respecto a las plantas no elicidadas. En esta figura se puede observar una tendencia clara de hipometilación en las plantas elicidadas (C1, C2 y C3) en comparación de las plantas no elicidadas (S1, S2 y S3).

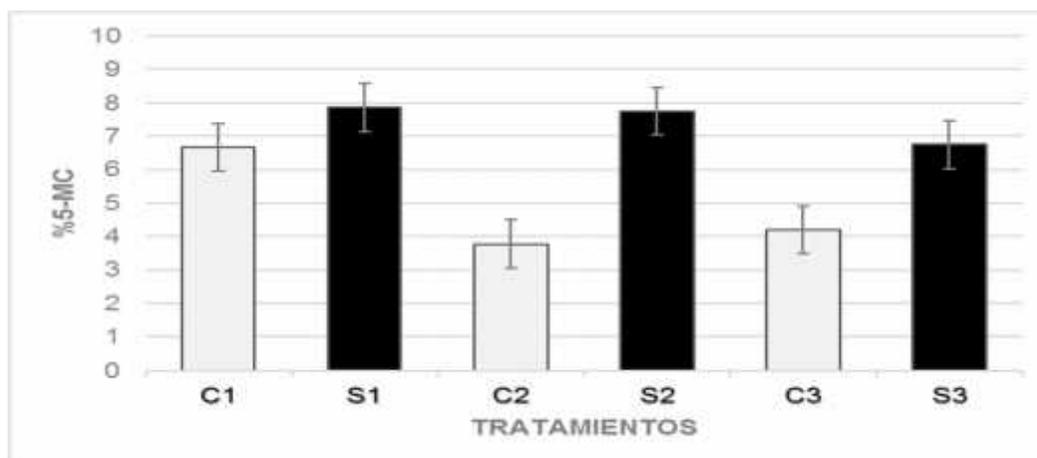


Figura 1. Porcentaje de 5-mC que presentan seis ADN genómicos de plantas de *Stevia rebaudiana*: C1, C2 y C3 plantas de la variedad experimental del INIFAP con aplicación de elicitores; S1, S2 y S3 plantas de la variedad experimental del INIFAP sin aplicación de elicitores.

Los niveles de % 5-mC encontrado en este trabajo van desde el 3.78 (C2) al 7.86% (S1) (Cuadro 1), valores que se consideran en los rangos bajos de metilación obtenidos en plantas, ya que los reportes de metilación hasta ahora publicados, van desde el 6% al 14% dependiendo del método usado para su evaluación en *Arabidopsis*, hasta el 25% en maíz (Kakutani *et al.*, 1999; Papa *et al.*, 2001; Capuano *et al.*, 2014). Esto puede ser debido a características del tejido usado en este trabajo, considerando que la metilación del ADN en las plantas es específica de especies, tejidos, organelos y edades (Vanyushin y Ashapkin, 2011), al efecto del elicitor y/o a la sensibilidad del método de medición usado.

El resultado más importante es la hipometilación de las plantas elicidadas con peróxido y quitosano (C1, C2 y C3), en comparación con el resto de los tratamientos no elicidados. Existen reportes de que la metilación del ADN puede ser alterada como respuesta a un estrés abiótico, provocando con esto una nueva regulación genética (Lukens y Zhan, 2007; Chinnusamy y Zhu, 2009; Jiang *et al.*, 2014). Esta nueva regulación genética, se ve reflejada en cambios en los patrones de expresión provocados por un número diferente de genes que se están expresando; según Razin y Cedar (1991) existe una relación inversa entre la metilación del ADN y la expresión de los genes, de modo que un genoma hipometilado comparativamente con otro hipermetilado tendrá una expresión de un número mayor de genes. La consecuencia típica de la metilación en una región genómica es la represión de los genes cercanos, por lo tanto, un alto grado de metilación se asocia con el silenciamiento de genes. (Bird 2002).

Este es el trabajo inicial sobre la relación que existe entre el estrés causado por la aplicación de elicitores y cambios epigenéticos en el genoma de la planta. Todavía hay mucho que investigar, la epigenética, es un área de oportunidad que puede ser utilizada para mejorar los sistemas actuales de producción. En esta línea de trabajo los próximos objetivos serán: confirmar el efecto de diferentes elicitores inductores de estrés abiótico sobre la metilación del ADN de estevia, identificar las regiones metiladas, su herencia y finalmente su correlación con la producción de metabolitos de interés humano.

CONCLUSIONES

En las plantas de estevia a las que se les aplicaron los elicitores, hay un incremento en la producción de GE y una disminución en la metilación del ADN. Por lo que, como no existen factores que induzcan mutaciones en la secuencia del ADN, es muy probable que los cambios en el metabolismo sean debido a

Cuadro 1. Valores de %5-mC en ADN de plantas elicidadas (C1, C2 y C3) y no elicidadas (S1, S2 y S3)

Tratamiento	%5-mC
C1	6.67
C2	3.78
C3	4.20
S1	7.86
S2	7.74
S3	6.75

los cambios en la metilación del ADN. En la parte técnica del trabajo es necesario evaluar otros métodos de medición del % 5-mC, para determinar el más confiable.

LITERATURA CITADA

- Alvarado-Orea I.V., Montes-Palmeros M., Vera-Reyes I., Lira-Saldívar R.H., Pavón-Orozco P. y A.A. Huerta-Heredia. 2016. Steviol glucosides production in *Stevia rebaudiana* bertonii root culture. *Mexican Journal of Biotechnology* 2016,1(1):12-20
- Aza-González, C; Nuñez-Palenius, H.G; Ochoa-Alejo, N. 2011. Molecular Biology of capsaicinoid biosintesis in chili pepper (*Capsicum* spp). *Plant Cell Rep.* 30:695-706.
- Bayraktar, M., Naziri, E., Akgun, I.H. Karabey F., Ilhan E., Akyol B., Bedir E. and A. Gurel. 2016. Elicitor induced stevioside production, in vitro shoot growth, and biomass accumulation in micropropagated *Stevia rebaudiana*. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 127: 289.
- Bird A. 2002. DNA methylation patterns and epigenetic memory. *Gen Develop* 16:6-21.
- Capuano, F., Mülleder M., Kok R., Blom H.J. and M. Ralser. 2014. Cytosine DNA Methylation Is Found in *Drosophila melanogaster* but Absent in *Saccharomyces cerevisiae*, *Schizosaccharomyces pombe*, and Other Yeast Species. *Anal Chem.*15; 86(8): 3697–3702.
- Chinnusamy, V., and Zhu. J.K. (2009). Epigenetic regulation of stress responses in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 12,133 –139.
- Haiping D., Jian G, Cheng Q, Haixia M, Hong H, Pan S, Xirong L, Haijian L, Ya'ou S, Guangtang P, and Zhiming Z. 2014. The Dynamics of DNA Methylation in Maize Roots under Pb Stress. *Int. J. Mol. Sci.* 15, 23537-23554.
- Jiang, C., Mithani, A., Belfield, E.J., Mott, R., Hurst, L.D., and Harberd, N. P. (2014). Environmentally responsive genome-wide accumulation of de novo *Arabidopsis thaliana* mutations and epimutations. *Genome Res.* 24,1821–1829.
- Kakutani, T., Munakata, K., Richards, E.J., and Hirochika, H. 1999. Meiotically and mitotically stable inheritance of DNA hypomethylation induced by *ddm1* mutation of *Arabidopsis thaliana*. *Genetics* 151: 831–838.
- Lukens, L.N., and Zhan, S. (2007). The plant genome's methylation status and response to stress: implications for plant improvement. *Curr. Opin. Plant Biol.* 10, 317–322.
- McClintock, B. (1984) The significance of responses of the genome to challenge. *Science* 226: 792-801.
- Mejía-Teniente, L.; Torres-Pacheco, I.; González-Chavira, MM.; Ocampo-Velázquez, RV.; Herrera-Ruiz, G.; Chapa-Oliver, AM.; Guevara-González, RG. 2010. Use of elicitors as an approach for sustainable agriculture. *African Journal of Biotechnology.* 9: 9155-9162.
- Melis M. S., Rocha S. T. & Augusto A. 2009. Steviol effect, a glycoside of *Stevia rebaudiana*, on glucose clearances in rats. *Braz. J. Biol.* 69(2): 371-74.
- Nazish A., Hadi F., Akbar Khalil S., Zamir R. and N. Ahmad. 2013. Efficient regeneration for enhanced steviol glycosides production in *Stevia rebaudiana* (Bertonii). *C. R. Biologies* 336 (2013) 486 – 492.
- Papa, C.M., Springer, N.M., Muszynski, M.G., Meeley, R., and Kaeppler, S.M. 2001. Maize chromomethylase *Zea methyltransferase2* is required for CpNpG methylation. *Plant Cell* 13: 1919–1928.
- Razin A. and Cedar H. 1991. DNA methylation and gene expression. *Microbiol Rev.* 55 (3): 451 - 458.
- Soejarto, D. 2002. Botany of *Stevia* and *Stevia rebaudiana*. In A. Kinghorn (Ed.), *Stevia: The genus Stevia* (pp. 18-39). London, New York: Taylor and Francis.
- Vanyushin B.F., Ashapkin V.V. 2011. DNA methylation in higher plants: Past, present and future. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Gene Regulatory Mechanisms.* Volume 1809, Issue 8, Pages 360–368.

DIVERSIDAD Y HUELLA GENÉTICA DE 17 VARIEDADES DE TRIGO EMPLEANDO MARCADORES MOLECULARES PARA LA CALIDAD INDUSTRIAL DEL GRANO.
STUDY OF THE DIVERSITY AND GENETIC FOOTPRINT OF 17 WHEAT VARIETIES USING MOLECULAR MARKERS FOR INDUSTRIAL QUALITY.

¹Teniente Pérez D K, ²Pons Hernández JL, ²González Chavira MM, ²Paredes Melesio R

¹Instituto Tecnológico de Celaya. Departamento de Ingeniería Bioquímica. Av. Tecnológica y A. García Cubas S/N C.P. 38010. Celaya, Gto México.

² INIFAP-CE-Bajío. Carretera. Celaya – San Miguel de Allende km. 6.5. 38000. Celaya, Gto. México.
Autor para correspondencia: dianakarinatp@gmail.com.

RESUMEN

El trigo fue uno de los primeros cultivos alimentarios domesticados dando así comienzo a la agricultura. El trigo se destina tanto para consumo humano como para consumo de ganado. Se utiliza primordialmente por ser alto en fibra y por su contenido energético y calórico, estas características de calidad definen la importancia de este cereal y son utilizadas para clasificarlos en: trigo cristalino y trigo harinero. Con la finalidad de conocer la diversidad genética presente en los trigos comerciales sembrados en el bajo mexicano, se analizaron 17 variedades de trigos cristalinos y harineros mediante el uso de marcadores moleculares del tipo SSR y SCAR se obtuvo el perfil genético de los alelos presentes en cada variedad. Los resultados encontrados demostraron una amplia heterogeneidad y distancias genéticas muy amplias entre las variedades.

Palabras clave: SSR, SCAR, alelo, *triticum*. Endospermo.

INTRODUCCIÓN

Desde el conocimiento más remoto en la historia de la humanidad, el consumo de cereales ha sido considerado como la columna vertebral de la agricultura debido a que son los cultivos más eficientes en la producción de alimento por hectárea. El arroz, el maíz y el trigo son indudablemente los tres cereales que más se cultivan en el mundo y los de mayor consumo humano. El cultivo de trigo ocupa el segundo lugar a nivel mundial después del maíz, y su producción en el 2015 fue de 7.3×10^9 Ton (FAO, 2016). En México representa el 40% del gasto total de cereales en los hogares. El trigo se destina tanto para consumo humano como para consumo de ganado; ya que tiene un alto contenido energético y calórico, además de que representa una fuente importante de fibra. Existen dos tipos de trigo, el trigo el cristalino o pastero que principalmente se emplea en la producción de pasta, cuscús y pan, y el trigo harinero el cual abarca un 90% del trigo producido en el mundo y su uso principal es para la producción de pan donde se utilizan variedades de grano duro; así como galletas y panes.

El conocimiento del perfil genético de los alelos ligados a características de la harina del grano presentes en cada una de las variedades, nos permite definir el tipo de trigo y agruparlos con aquellos que son semejantes. Algunos marcadores moleculares ligados a la característica de textura y dureza del grano de trigo son: Pina-D1 y Pinb-D1. Las proteínas puroindolinas a y b (genes Pina-D1b y Pinb-D1b,) son la base genética de la dureza (textura del endospermo) del grano de trigo (Martin et al., 2008). La dureza es producida por la fuerza de unión entre la proteína y almidón en el endospermo, El porcentaje de dureza, influye en el tiempo de molienda, consumo de energía y en la capacidad de absorción de agua las harinas (Miller et al., 1982, Peña et al., 2008 La cantidad de proteína en grano indica de manera indirecta la cantidad de proteína presente en la harina, y este a su vez define la calidad de panificación para esta característica del contenido proteico para esta característica se utilizaron los marcadores LMW-GS (Glu-A3a1, Glu-A3a2, Glu-A3b, Glu-A3d, Glu-A3e, Glu-A3f, Glu-A3g) los cuales son un grupo complejo de proteínas que poseen la habilidad de formar enlaces disulfuro que permiten su incorporación dentro de los polímeros de gluteninas. La mayoría de las LMW-GS contienen entre siete y ocho residuos de cisteínas (Grosch & Wieser 1999, Wieser 2003), seis residuos están en una posición homóloga a las gliadinas, y por lo tanto formarían puentes di sulfuro intermolecular.

En base a estos antecedentes se realizó este trabajo con el objetivo de conocer la diversidad genética presente en los trigos harineros y cristalinos utilizando marcadores moleculares.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El material empleado para el estudio fueron 17 variedades del programa de mejoramiento genético de trigo del INIFAP-CEBAJ, las cuales se mencionan en el cuadro 1.

Se utilizaron los marcadores moleculares ya descritos en la bibliografía (Grosch & Wieser 1999, Wieser 2003) mostrados en el Cuadro 2, los cuales se encuentran asociados a características importantes en la textura del grano, así como al contenido proteico. Además de marcadores de tipo SSR los cuales se emplearon para la elaboración de la huella genética estos se aprecian en el Cuadro 3. Germinación en plantas.

Se sembraron 20 semillas de cada una de las 17 variedades de trigo *Triticum durum* y *Triticum aestivum*, previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5%, se colocaron bajo condiciones de cámara de crecimiento a una temperatura de 30°C por un periodo aproximado de 15 días para su germinación.

Cuadro 1. Variedades de trigo.

Harineros	Cristalinos
Luminaria	LM
Urbina	RC
Navojoa	LD
Elia	Anatoly
Alondra	Tiburón
Ibis	Aconchi
Maya	Faustino
Avelino	Rio Colorado
Ocoroni	

Cuadro 2. Marcadores y secuencias de sus iniciadores utilizados para el estudio de la diversidad genética.

Marcadores moleculares	Secuencia F	Secuencia R	Pares de bases
Pina-D1	CCCTGTAGAGACAAAGCTAA	TCACCAGTAATAGCCAATACTG	260
Pinb-D1	ATGAAGACCTTATTCCTCCTA	CTCATGCTCACAGCCGCC	260
GLU-1Bx	TTTTACCCAAACCCCAACTG	CACGCCATCACTAATATTTCCA	630
GLU-1D	GCCTAGCAACCTTCACAATC	GAAACCTGCTGCGGACAAG	263
Glu-A3a1	GCAAAGAAGGAAAAGAGGTGG	GGTTGTTGTTGTTGCTGCA	529
Glu-A3a2	AAACAGAATTATTAAGCCGG	GGTTGTTGTTGTTGCAGCA	529
GLU- A3b	TTCAGATGCAGCCAAACAA	GCTGTGCTTGGATGATACTCTA	894
Glu-A3d	TTCAGATGCAGCCAAACAA	TGGGGTTGGGAGACACATA	967
Glu-A3e	AAACAGAATTATTAAGCCGG	GGCACAGACGAGGAAGGTT	158
Glu-A3f	AAACAGAATTATTAAGCCGG	GCTGCTCTGCTGTGTAAA	552
Glu-A3g	AAACAGAATTATTAAGCCGG	AAACAACGGTGATCCAACTAA	1552
Wx-A1b	CCCCAAAGCAAAGCAGGAAC	CGGCGTCGGGTCCATAGATC	652
Wx-B1b	CGCAGGGGAAGACGTGGT	CGTTGACGATGCCGGTGATG	778
Wx-D1	GCCGACGTGAAGAAGGTGGTC	CCCCTTGCGTCATTTGTTGTGT	299
LMW-GS	ATGAAGACCTTCCTCTTTG	CATGGGTTTAGCTGCTGCA	500

Evaluación molecular.

Se realizó la extracción de ADN del tejido vegetal mediante el protocolo de Doyle y Doyle, (1987). A partir del cual se amplificaron los marcadores descritos en las Cuadros 2 y 3 mediante la técnica de PCR, los cuales son representativos de las características principales en la calidad de trigo.

Para el estudio de la diversidad se realizó la extracción de tejido vegetal de una población de 5 plantas por variedad de trigo *Triticum durum* y *Triticum aestivum*. En el caso de la huella genética se trabajó con bulks de estas poblaciones por cada una de las 17 variedades. Con los resultados obtenidos de la técnica de PCR para la diversidad genética se generó una matriz binaria, utilizando presencia (1) o ausencia (0) para cada tipo de

trigo (harinero y cristalino) con la ayuda del programa NTSYS. (Utilizando los algoritmos NEIL72, SAHN, UPGMA) para obtener la distancia genética entre los 5 materiales para cada variedad de trigo. En el caso de la huella genética se realizó a partir de la matriz binaria que se presentó anteriormente con la ayuda del programa NTSYS Utilizando el algoritmo DICE (Dice,1945) los cuales fueron sometidos a un análisis

Cuadro 3. Marcadores SSR utilizados para la huella genética

Marcador molecular	Secuencia
URP2R	CCC AgC AAC TgA TCg CAC AC
URP4R	Agg ACT CgA TAA CAg gCT CC
URP9F	ATg TgT gCg ATC AgT TgC Tg
URP25F	gAT gTg TTC TTg gAg CCT gT
T7	gTA ATA CgA CTC ACT ATA g
M13	gTT gTA AAC gAC ggC CAg T
ISSR-FP1	(CAg)5
ISSR-FP2	(CAA)5
ISSR-FP3	(gACA)4
ISSR-FP4	(gATA)4

Análisis molecular de la huella genética.

Para la huella genética en el dendrograma se aprecian dos grupos (A y B) donde vemos que el coeficiente de similitud entre ambos grupos es de 0.75 y que las variedades Elia e Ibis son iguales ambas son trigos Harineros, también es el caso de Avelino y Ocoroni se observa que RC y LM se encuentran fuera de los dos grupos principales. En el caso de las variedades Anatoly y LD son variedades muy similares teniendo un coeficiente de similitud de 0.85 en la escala de 1.

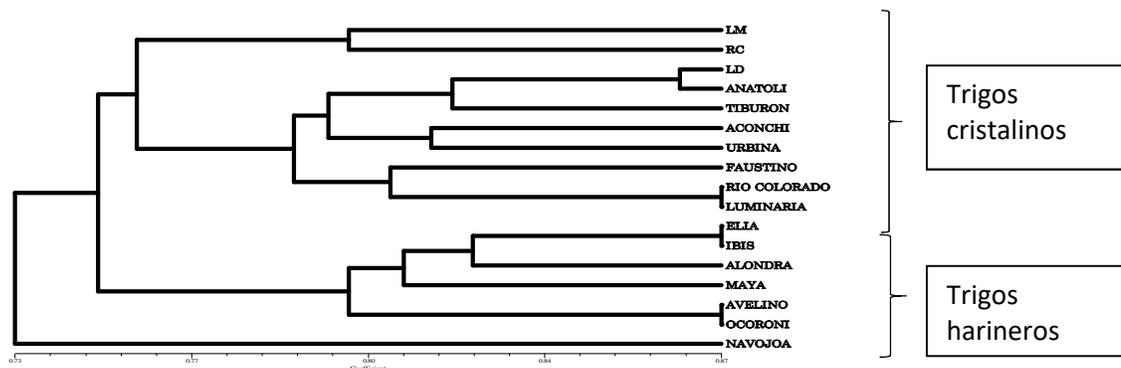


Figura 3. Dendrograma de la huella genética de las 17 variedades de trigos (Harineros y cristalinos).

CONCLUSIONES.

El genoma del trigo es grande y complejo: tiene unos 17 pares de Giga bases (17.000 millones de pares de nucleótidos), lo cual corresponde a unas 6 veces más que el tamaño del genoma humano. Se trata de un organismo hexaploide (tiene 6 juegos de 7 tipos de cromosomas) cuyo complemento haploide es denominado genéricamente AABBCC porque evolutivamente deriva de 3 diferentes especies diploides, de las 17 variedades se comprobó, que en el caso de los trigos harineros tienen alto nivel de proteínas expresadas mediante los marcadores utilizados, esto es favorable ya que como se hizo mención la cantidad de proteínas definen la calidad del trigo para la panificación, por esa razón se llega a la conclusión que el uso de más marcadores moleculares más específicos ahora en trigos cristalinos ayudara a obtener resultados más con un grado de exactitud mayor de las características de la calidad del trigo .

LITERATURA CITADA.

- Ledesma, R. L., Solís M. E., Suaste F. M. P., Rodríguez C. J. F. & De la Cruz G. M. L. 2012. Análisis GGE biplot del rendimiento de trigo (*Triticum* spp.) con riego normal y restringido en El Bajío, México. *Agrociencia*. 46 (2): 119-131.
- Tabbitta, F., S. Lewis, J.P. Vouilloz, M. a. Ortega, M. Kade, P.E. Abbate, and A.J. Barneix. 2013. Effects of the Gpc-B1 locus on high grain protein content introgressed into Argentinean wheat germplasm (K Gill, Ed.). *Plant Breed*. 132(1): 48-52.
- Uauy C., Brevis J. C. and Dubcovsky J. 2006. The high grain protein content gene Gpc-B1 Accelerates senescence and has pleiotropic effects on protein content in wheat. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 11, pp. 2785-2794.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Doctor Trigo, Véase: http://wheatdoctor.org/es/trigo_duro_trigo_harinero_y_triticale.
- Martin, J. M.; Sherman, J. D.; Lanning, S.P.; Talbert, L. E. and Giroux, M. J. 2008. Effect of variation in amylose content and puroindoline composition on bread quality in a hard spring wheat population. *Cereal Chemi*. 85(2):266-269

MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS DE HOJARASCA DE PODA Y RAMA TRITURADA POR COMPOSTEO

INTEGRAL MANAGEMENT OF POWDER LEAKAGE RESIDUES AND COMPOUNDED BRANCH

¹Aguilar Arpaiz JC, ²Pérez Méndez MA, ¹Arpaiz Barrera JM

¹Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra (ITSS). Carretera Teapa-Tacotalpa km 4.5 Francisco Javier Mina, Teapa, Tabasco, México.

²División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol). Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: Jcaguilar_81@hotmail.com

RESUMEN

La elevada generación de residuos de jardinería en áreas de servicio de alimentación, oficinas y de cocinas, motivo a la creación del área de Manejo Integrado de los Residuos Orgánicos denominado MIRO. El objetivo es aprender un manejo integral de los desechos orgánicos de hojarasca de poda y rama triturada por composteo que se generan en la DACBiol. Las etapas que se realizaron son la recepción, manejo y almacenamiento. Se determinó el pH, la conductividad térmica, la temperatura, la humedad y la tasa de degradación del sustrato obtenido en las 16 semanas. Se obtuvo una composta ligeramente ácida, temperatura de 45 °C, una humedad promedio de 48.15 %, una conductividad fuertemente salina y una tasa de degradación del 47.73 % de la composta tamizada. Se concluye que la composta cumplió con ciertos parámetros, pero se requiere más semanas para una estabilización a temperatura ambiente.

Palabras clave: *Análisis fisicoquímicos, Manejo integral, Residuos orgánicos.*

INTRODUCCIÓN

La Gestión Integral puede ser definida como reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (LGPGIR, 2003).

López *et al.* (2008) escribió que la generación de residuos sólidos urbanos en el municipio de Centro se estima que será de 2,200 ton/día para el año 2020. Isaza (2009) mencionó que más del 50 % de los residuos generados en países de América Latina son orgánicos y de éstos, los residuos de jardinería constituyen un importante porcentaje.

Benito *et al.*, (2003) realizó estudios en los parámetros químicos y microbiológicos para la caracterización de la estabilidad y madurez de compostaje de poda encontrando que los residuos de poda son aprovechables y cuentan con las características necesarias para la realización de un buen compost. De ahí que en algunos Campus Universitarios han realizado estudios para tratar sus propios residuos (Márquez-Haces 2003; Armijo de la Vega *et al.* 2006; Maldonado 2006).

Pérez (2008) contribuyó en la División Académica de Ciencias Básicas (DACBiol) de la UJAT a una búsqueda alternativa del manejo de residuos municipales y en particular los de jardinerías. En su área de manejo de residuos orgánicos busca fomentar la cultura del reciclaje, la biodegradación de ramas y podas de la jardinería en la División evaluando el efecto de la aireación manual y forzada.

Es por ellos, que el objetivo es aprender un manejo integral de los residuos orgánicos de hojarasca de poda y rama triturada por composteo generados en la DACBiol como parte de fomentar la cultura en otra institución como es este caso el Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra con las etapas de recepción, manejo y almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó de agosto a diciembre de 2016 con una duración total de 160 días en la DACBiol de la UJAT con coordenadas 17° 59' 26.8" Norte y 92° 58' 25.6" Oeste. Se presentan temperaturas máximas y mínimas anuales de 40 °C a 20 °C. Las etapas de compostaje estuvieron constituidas por:

Manejo de integral

Recepción y pesado de hojas, podas, frutas y cal. El personal de mantenimiento de la DACBIol transportó en carretillas hojarasca sueltas, secas, compactas y húmedas, y ramas trituradas de árboles típicos obtenidos de la astilladora al área de manejo de residuos orgánicos. Las frutas se recolectaron de las cafeterías en bolsas de plásticos de 3 kg y se compró 2 bultos de 25 kg de cal marca peñuela. La hojarasca se pesó en costales en una báscula de marca weiheng de capacidad de 10 a 50 kg durante un periodo de 15 días haciendo un total de 600 kg. De igual manera se pesó 200 kg de poda de árboles típicos que se tomó de los montículos de poda ya establecidos dentro del área, también se pesó 150 kg de frutas y 50 kg de cal.

Manejo de la pila y volteo manual. Se construyó una pila con 600 kg de hojarasca, 200 kg de ramas triturada, 150 kg de frutas (limones, naranjas y piñas) y 2 kg de cal disuelta en 20 litros de agua potable. La altura de la pila fue de 2 m la cual se dejó reposar por 2 semanas y se agregó agua potable durante ese tiempo para humedecerla. Pasado las semanas, con el bieldo se abrió a la mitad la pila hasta llegar a una profundidad de 30 cm del suelo, se colocó las frutas formando 5 capas y se agregó la cal disuelta entre capas para balancear el pH de la composta, y se cubrió la pila con un plástico de alta densidad de 5 x 4 m para mantener la humedad en la composta, evitar pérdida de agua por evaporación y disminuir la pérdida de nitrógeno orgánico. Se dejó reposar a temperatura ambiente al sol y agua. Se volteó de manera manual la pila cada semana con el fin de acelerar el proceso mejorando la aireación del material y se agregó agua cada tercer día por un periodo de 3 meses.

Almacenamiento. Se realizó el almacenamiento de la composta tamizada en costales con capacidad de 50 kg durante este proceso se recomienda no sellar completamente los costales para evitar pérdidas de humedad.

Análisis fisicoquímicos de la composta

pH. Se preparó 5 g de composta, se agregó 50 ml de agua destilada, se agitó por un 1 minuto y se determinó en un potenciómetro marca HANNA H99121 previamente calibrado con 2 puntos correspondientes a soluciones buffer de pH 7.

Conductividad eléctrica. Se colocó 5 g de composta, se añadió 50 ml de agua destilada, se agitó y se filtró para quitar excedente de sólidos, se dejó reposar por 24 horas y se determinó la conductividad eléctrica con el conductímetro marca HANNA HI 8033 expresándose en mmol o dS. Se lavó la celda después de cada medición con agua destilada.

Temperatura. Se determinó la temperatura con un termómetro digital para interiores y exteriores con alarma ajustable que indica la temperatura alta o baja de la marca STEREN TER-100.

Humedad. El porcentaje de humedad se determinó en una termobalanza marca Uni bloc Balance MOC-12H. Se pesó los 5 g de sustrato en una charola de aluminio dentro del equipo y se registró la pérdida de peso.

Determinación de tasa degradación: Se pesó la composta en una cubeta con capacidad de 20 kg en una balanza marca weihwng, se tamizó con una malla número 40 hasta obtener 100 kg de la composta y se almacenó en costales de 50 kg.

Modelo analítico

Para evaluar el proceso de composteo se realizaron los análisis por triplicado bajo el método de análisis de compost de Sadzawka *et al.* (2005) y la determinación de parámetros fisicoquímicos de los sustratos de composteo de Álvaro (2014) al término de las 16 semanas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor del pH de la composta fue ligeramente ácido con valores de 6.2 y 6.5, y neutro con 6.8, como consecuencia de la degradación y mineralización de los componentes orgánicos (Benito *et al.*, 2003). El pH es una característica química fuertemente afectada por el tipo de iones aportados por los materiales que conforman la pila, ya que está asociada a las altas temperaturas presentadas en la etapa termofílica principalmente por la acción metabólica de algunos tipos de ácidos como los carboxílicos y los grupos fenólicos (Madrid *et al.*, 2000; Bernal *et al.*, 1998a).

El aumento de la conductividad eléctrica de 71.5, 154.7 y 184.0 dS m⁻¹ fue debido a la formación de compuestos inorgánicos causada por la mineralización de la materia orgánica, y el incremento en la concentración de sales por la pérdida de peso en la pila, es por eso que se obtuvo una conductividad fuertemente salina (Paredes *et al.* 2000; 2001; Conghos *et al.* 2003; Tognetti *et al.* 2007).

La temperatura se mantuvo variando entre el rango de termofílicas y mesofílica, la semana 1, 4, 5, 7, 8, 11, 15 y 16 fueron de 56.04, 61.07, 61.03, 61.07, 61.01, 56.01, 63.00 y 63.02. Y la semana 2, 3, 6, 9, 10, 12,

13 y 14 fueron de 46.06, 48.07, 54.02, 51.07, 51.05, 52.03, 52.04 y 55.02, respectivamente. Al mantener altas temperaturas se destruyen microorganismos como los patógenos y la inhibición de las semillas indeseables que podrían causar problemas en la composta en el momento de darle un uso (Sauri & Castillo 2002; Benito et al. 2005; Defrieri et al. 2005), pero no se logró la estabilidad de la composta en esas 16 semanas porque no se llegó a tener temperatura por debajo de los 40 °C o ambiente a como menciona Sauri & Castillo (2002). También se midió la temperatura en el extremo de la composta y se observó un descenso de 52 a 45 durante las 16 semanas, y en la composta tamizado temperatura cerca al medio ambiente.

El porcentaje de humedad fueron de 54.81, 42.12 y 47.52 obteniéndose valores entre el rango óptimo de 40 a 60 %, al mantenerse así la humedad no hay producción de malos olores y ni disminución de la actividad microbiana (Torres, s.f.).

La tasa de degradación tamizado fue de 47.73 %, valor aún por debajo de Márquez (2003) quien tuvo el 72 % en pila con volteo manual al compostear residuos de jardinería en cual se utilizó el 1 % de estiércol como activador.

CONCLUSIONES

El manejo que se le dio a los residuos de poda y ramas trituradas en el proceso de composteo en pila estática usando el método de volteo manual se obtuvo una composta con ciertas características favorables pero su estabilización a la temperatura ambiente requiere de otras semanas, sin embargo en la composta tamizado si se logra.

LITERATURA CITADA

- Álvaro García L. (2014). Manual de técnicas para la determinación de parámetros fisicoquímicos de los sustratos de composteo. División Académica de Ciencias Biológicas. U.J.A.T.
- Armijo de la Vega C, Ojeda S, Ramírez E, Quintanilla A (2006) Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California. *Ingeniería* 10(3): 13–21.
- Benito M. B. M., M. Moliner, A. Arrigo y N. Palma, R. M. (2003). Chemical and microbiological parameters for the characterization of the stability and maturity of pruning waste compost. *Biol. Fertil. Soils*. Vol: 37. Pág. 184-189.
- Benito M, Masaguer A, Moliner A, Antonio R (2005) Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. *Bioresource Technology* 97(16): 2071–6.
- Bernal MP, Cegarra J, Roig A, Sánchez–Monedero MA, Paredes C (1998a) Composting of organic wastes as a strategy for producing high quality organic fertilizers. 8th International Conference of the RAMIRAN Network. FAO European Cooperative. 171–182.
- Conghos MM, Aguirre ME, Santamaría RM (2003). Biodegradation of sunflower hulls with different nitrogen sources under mesophilic and thermophilic incubations. *Biol Fertil Soils* 38: 282–287.
- Defrieri RL, Jiménez MP, Efron D, Palma M (2005) Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. *Agriscientia* XXII (1): 25–31.
- Isaza Arias, G.C; Perez Mendez, M.A.; Laines Canepa J.R; Castañon Najera, G. (2009). Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica. *Universidad y ciencia* vol. 25 no.3 Villahermosa dic. 2009.
- LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS (2003). Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003. TEXTO VIGENTE Última reforma publicada DOF 22-05-2006.
- López Ocaña, G., Hernández Barajas, J. R., Chacón Nava, J. G. y Bautista Margulis R. G. (2008). La generación de residuos sólidos urbanos en el municipio del Centro, Tabasco. *Revista de Divulgación Kuxulkab*. Vol: XIV. No. 26. Enero-junio 2008.
- Madrid, C. V. Quevedo y E. Andrade. (2000). Estudio de la biotransformación aeróbica de los desechos lignocelulósicos pergamino de café (*Coffea arabica* L.) y tallos de pasto guineo (*Panicum maximum*).
- Maldonado L (2006) Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de educación superior. *Ingeniería* 10(1): 59–68.
- Márquez–Haces M (2003) Estudio de la aceleración del compostaje de residuos de jardinería por incubación de hongos *Trichoderma* spp. Tesis de Maestría. Instituto de Minatitlan, Veracruz, 87 pp.
- Paredes C, Roig A, Bernal MP, Sánchez–Monedero MA, Cegarra J (2000) Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biol Fertil Soils* 32:222–227.
- Paredes C, Bernal MP, Roig A, Cegarra J (2001) Effects of olive mill wastewater addition in composting of agroindustrial and urban wastes. *Biodegradation* 12: 225–234.
- Sadzawka R.A. Carrasco R.M. Grez Z.R. Mora G.M. de la L (2005). Métodos de análisis de compost. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Santiago de Chile. Series Actas No. 30.
- Sauri MR, Castillo ER (2002) Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. *Ingeniería Revista Académica* 6(003): 55–60.
- Tognetti C, Mazzarino MJ, Laos F (2007) Co-composting biosolids and municipal organic waste: effects of process management on stabilization and quality. *Biol Fertil Soils* 43: 387–397.
- Torres Cedillo, Luis (s.f.). Subsecretaría de desarrollo rural. Obtenido de elaboración de composta: <http://www.secretaria.de.agricultura.ganeria.desarrollo.rural.pesca.y.alimnetacion.com>

ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN PIROLÍTICA DE LA PECTINA CÍTRICA: UN ENFOQUE TERMOQUÍMICO Y CINÉTICO
STUDY OF PYROLYTIC DEGRADATION FROM CITRUS PECTINE: A THERMOCHEMICAL AND KINETIC APPROACH

¹Contreras Rodríguez MJ, ²Torres García E, ¹Pons Jiménez M

¹Universidad Popular de la Chontalpa, Carretera Cárdenas-Huimanguillo Km. 2, Ranchería Paso y Playa, 86500 Heroica Cárdenas, Tab.

²Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Eje Central Lázaro Cárdenas 152, San Bartolo Atepehuacan, 07730 Ciudad de México, CDMX.

Autor para correspondencia: majuliro@gmail.com

RESUMEN

La utilización de la biomasa procedente de residuos en diversos procesos industriales, actualmente se deposita en basureros y esto causa la generación de contaminación en suelos, ríos y del aire, lo cual constituye una de las razones principales para dirigir diversos estudios al aprovechamiento de la misma. Al respecto, el estudio de la degradación pirolítica de la pectina cítrica en este trabajo tuvo como objetivo formar una base de estudio para la creación de modelos industriales en los que se pretende utilizar la biomasa como fuente en la obtención de energías limpias. El enfoque termoquímico y cinético de la degradación pirolítica de la pectina cítrica propuesto en este trabajo, permitirá el desarrollo de las bases de diseño en un proceso de conversión. En la etapa metodológica, para la caracterización química y el análisis previo, la pectina cítrica fue sometida a un estudio térmico en diferentes programas, variando las condiciones de temperatura con el fin de obtener resultados detallados de su comportamiento térmico y cinético, además de la identificación y composición de los productos gaseosos en cada etapa de su descomposición. Se determinó también la importancia del análisis minucioso al emplear las técnicas termoanalíticas, para mejorar la comprensión de los resultados obtenidos. En la caracterización química se encontró que la pectina es un heteropolisacárido complejo compuesto principalmente por la alternancia de ácido galacturónico y ramnosa así como algunos residuos de arabinanos y/o cadenas laterales de galactano. De acuerdo al análisis de la curva del Análisis Termogravimétrico (TGA), la pectina cítrica se degrada en tres importantes etapas, mientras que los resultados del estudio por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), sugirieron la presencia de al menos siete eventos térmicos (endotérmicos y exotérmicos), los cuales son identificados a lo largo de todo el proceso, desde temperatura ambiente hasta los 1000°C.

Palabras clave: *Pectina cítrica, degradación pirolítica, técnicas termoanalíticas, biomasa, energías renovables.*

INTRODUCCIÓN

Los residuos derivados de la cáscara de cítricos, contienen aproximadamente 40% de pectina cítrica de la que sólo 14% puede ser recuperable a través de procedimientos convencionales de extracción (Siles et al., 2010). La pectina forma parte de los materiales lignocelulósicos que son la biomasa vegetal constituida fundamentalmente por celulosa, hemicelulosas y lignina, que tienen la ventaja de ser biodegradables, y renovables, como resultado del proceso de fotosíntesis de los vegetales (López-García, 2013). Por ello la utilización de la pectina cítrica es justificada por ser un componente fundamental representativo que mayoritariamente se encuentra en residuos biomásicos cítricos y que su estudio sobre la degradación permitirá diseñar y controlar procesos dedicados a la búsqueda, desarrollo y optimización de nuevas fuentes energéticas y sostenibles (Aburto et al., 2015). Partiendo de este hecho se buscará el desarrollo de nuevos métodos para tratar los residuos cítricos, siendo esta una buena oportunidad para realizar estudios en la búsqueda de procesos para la producción y transformación de biomasa lignocelulósica a nuevas fuentes energéticas y sostenibles. La aplicación de las técnicas termoanalíticas y espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier, son una alternativa que permite generar los datos del comportamiento cinético durante la degradación pirolítica de la pectina cítrica, los cuales servirán como base en la comprensión de los procesos de transformación de biomasa lignocelulósica a productos de valor agregado (gas, líquido o sólido). Por esta razón, se toma como prioridad en este trabajo, estudiar el comportamiento termo-cinético de la pectina cítrica como sistema de referencia para la comprensión de los procesos de degradación pirolítica en biomasa lignocelulósica (cítrica).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación.

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Espectroscopia, ubicado en el Instituto Mexicano del Petróleo ubicado en Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, San Bartolo Atepehuacan, Gustavo A. Madero, Ciudad de México, C.P. 07730, México. Este trabajo tuvo una duración de 5 meses iniciando, en el mes de septiembre del año 2015 al mes de marzo de 2016.

Muestra.

La pectina cítrica utilizada en este estudio fue adquirida comercialmente de (Sigma-Aldrich), y se usó tal como se recibió sin purificación adicional. De acuerdo con el proveedor, el contenido de ácido -D-galacturónico fue de alrededor de 74% y su contenido de esterificación fue cerca de 6.7%.

Análisis térmico simultáneo (TGA-DSC/FTIR).

Para minimizar y controlar los fenómenos de transporte de calor y masa, la cantidad de muestra, previamente homogenizada, se mantuvo en alrededor de 20 mg en todos los casos. El estudio de degradación pirolítica de la pectina cítrica sólida se realizó con ayuda de un termo-analizador simultáneo (NETZSCH, modelo STA 409 PC). Las muestras fueron sometidas a diferentes programas de calentamiento y rampas según el propósito y objetivos, sin embargo, en términos generales el programa de estudio se centró entre temperatura ambiente y 1000°C, empleando rampas de calentamiento de 5°C min⁻¹ y atmosfera de nitrógeno (N₂) ultra seco, con un flujo de 100 mLmin⁻¹.

El análisis de los productos gaseosos durante la degradación pirolítica de la pectina cítrica se llevó a cabo en un equipo Termogravimétrico (TGA modelo 2950 marca TA Instrument), acoplado a un analizador espectrómetro (Nicolet Protégé 460 FTIR). Tanto la celda de análisis, como la línea de transferencia de los gases al espectrómetro se calentaron a 250°C para evitar la condensación o adsorción de productos semi-volátiles. El intervalo de tiempo de registro de los IR fueron cada 6 segundos.

Metodología.

El perfil térmico global de la pectina cítrica sólida, se obtuvo entre temperatura ambiente y 1000°C. Este estudio se realizó con el propósito de identificar las zonas, etapas y magnitud de la degradación pirolítica de la pectina, para establecer e identificar las zonas de interés para este estudio.

Tomando como referencia los resultados del primer ensayo, se diseñó un segundo estudio, en el cual la muestra de pectina es tratada en el intervalo de temperatura ambiente y 500°C. Luego de alcanzar los 500°C, el sólido es mantenido a esa temperatura por 15 min y posteriormente se deja enfriar hasta 50°C. Una vez alcanzada la temperatura de 50°C el sólido resultante se mantuvo a 50°C por 10 min. Posteriormente, el sólido residual se sometió a un tratamiento térmico desde 50°C hasta alcanzar una temperatura de 1000°C, a una tasa de calentamiento de 5°C min⁻¹, manteniendo todo el tiempo la atmosfera de N₂.

El tercer ensayo se realizó entre temperatura ambiente y 500°C, una vez alcanzado los 500°C, la muestra fué sometida a un tratamiento isotérmico por 30 min, y posteriormente la temperatura fue incrementada hasta 1000°C, bajo las mismas condiciones experimentales del ensayo anterior. El propósito fundamental de este experimento fué probar que el perfil térmico del residuo carbonoso tiene un comportamiento similar al del segundo ensayo, aun cuando el procedimiento o tratamiento térmico no es el mismo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características químicas de la Pectina Cítrica Sólida.

La pectina es un heteropolisacárido complejo compuesto principalmente por la alternancia de ácido galacturónico y ramnosa y algunos residuos de arabinanos y/o cadenas laterales de galactano (Sila et al., 2009). Sin embargo, sus principales bloques de construcción son unidades de ácido -D-galactopiranosil y su derivado éster de metilo (Figura 1, a), en ese orden de abundancia.

A través del espectro de infrarrojo, Figura 1,b se constató que los principales componentes de la pectina cítrica consisten en grupos metilenos de ácido galactopiranosil-lurónico y grupos de unidades de ramnopiranosilos, carboxílicos, carboxilatos, ésteres, cetonas y grupos alcohol (Figura 1,b), entre otros (Gnanasambandam y Proctor, 2000). La caracterización por espectroscopia de infrarrojo del material de partida, pectina cítrica (Figura 1,b. Espectro FTIR de la Pectina Cítrica), muestra los principales componentes químicos, así como sus grupo funcionales más representativos.

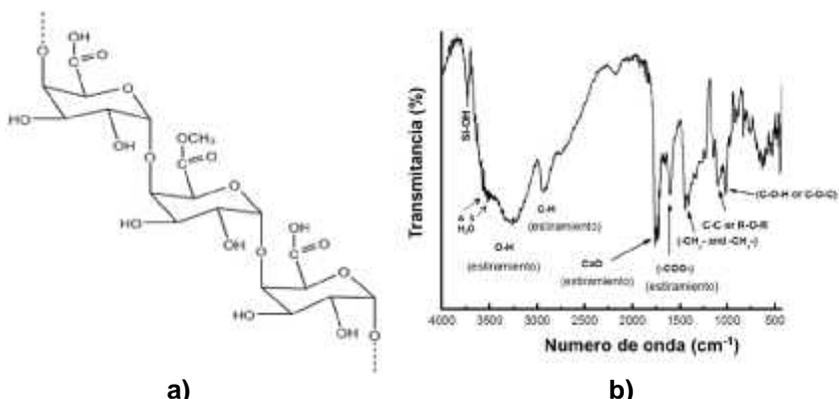


Figura 1. a) Estructura química de la Pectina Cítrica y b) Espectro FTIR de la Pectina Cítrica

En el Cuadro 1, se muestran los principales picos de absorción característicos de la pectina cítrica sólida, obtenidos por FTIR, incluyendo los principales componentes volátiles durante su degradación pirolítica.

Cuadro 1. Resumen de los principales grupos funcionales y modos de vibración identificados por FTIR.

Numero de onda	Grupo funcional o modo de vibración
Bandas sobre 3900-3700 cm^{-1}	Banda rota-vibracional de vapor de agua.
Bandas sobre 3700-3580 cm^{-1}	Vibraciones de estiramientosimétricos y asimétricos asociados con moléculas de H_2O .
Bandas sobre 3600-3100 cm^{-1}	Vibraciones de O-H de grupos carboxílicos y alcoholes.
Pico en 1630 cm^{-1}	Característico de flexión de O-H.
Dos picos en 2380-2327 cm^{-1} y un pico en 668 cm^{-1}	Vibraciones de estiramiento de C=O de CO_2 dactyl-zone de C=O de CO_2 .
Dos picos sobre 2200–2000 cm^{-1}	Vibraciones de estiramiento de C-O de CO.
Picos en 2955-2895 cm^{-1}	Vibraciones de estiramiento simétricos y asimétricos de C-H de grupos alifáticos de $-\text{CH}_3$ y $-\text{CH}_2$.
Bandas en 3014 cm^{-1}	Característico de CH_4 .
Bandas en 1100-1030 cm^{-1}	Enlaces alcohol C-O-H que involucran un carbón saturado.
Picos sobre 1800-1650 cm^{-1}	Vibraciones de estiramiento de C=O de ácido carboxílico y/o carbonilo.
Picos en 1150 y 1000 cm^{-1}	Vibraciones de estiramiento de grupos laterales C-OH y la vibración de enlace C-O-C glicocídico.
Bandas entre 1200-1100 cm^{-1}	Enlaces R-O-R éter y C-C cyclic en el anillo estructural de la pectina.
Bandas en 1606 cm^{-1}	Estiramiento de enlace $-\text{C}(=\text{O})-\text{O}$ de grupos carboxilatos.
Bandas en 1304 cm^{-1}	Estiramiento de enlace C-O-C de éter alquil-arilo.
Bandas en 3736 cm^{-1}	Silanoles Si-OH aislados superficialmente.

Análisis Térmico.

De acuerdo al análisis de la curva TGA, la pectina cítrica se degrada en tres grandes etapas, mientras que los resultados del estudio por DSC, evidenciaron la presencia de al menos siete eventos térmicos (endotérmicos y exotérmicos), los cuales son identificados a lo largo de todo el proceso, desde temperatura ambiente hasta los 1000°C. En términos generales, estos eventos térmicos pueden ser relacionados con procesos de deshidratación ($T = 150^\circ\text{C}$) y degradación térmica de la pectina cítrica (entre 150 - 600°C), la cual incluye las distintas etapas de despolimerización (pirolisis reactiva), así como la descomposición del alquitrán generado durante la despolimerización de la pectina (pirolisis secundaria), seguida por la gasificación directa del carbón ($T > 600^\circ\text{C}$). En resumen, la pectina cítrica contiene alrededor del 13.7% de humedad, mientras que el 64.2% en peso puede volatilizarse, lo cual representa

la fracción volátil de la masa inicial, produciendo alrededor de un 22.1% en peso de residuo carbonáceo, como se aprecia en el perfil térmico mostrado en la Figura 2.

Figura 2.- Perfil térmico de la descomposición de pectina cítrica obtenido por TGA/DSC simultáneo bajo condiciones no oxidantes, atmósfera de N₂ (100 mLmin⁻¹), y velocidad de calentamiento de 5°C min⁻¹.

Análisis de los productos gaseosos.

El análisis de los productos gaseosos indica que a temperaturas inferiores a 100°C, solamente se detecta agua, identificada a partir de las bandas entre ~3700 y 3580 cm⁻¹, las cuales son asignadas a vibraciones de estiramiento simétricas y asimétricas de los enlaces O-H. Además, las señales alrededor de 3700 – 3900 cm⁻¹, se relacionaron con una banda rota-vibracional de vapor de agua (Pietrzyk et al., 2007) (Figura 3a,b).

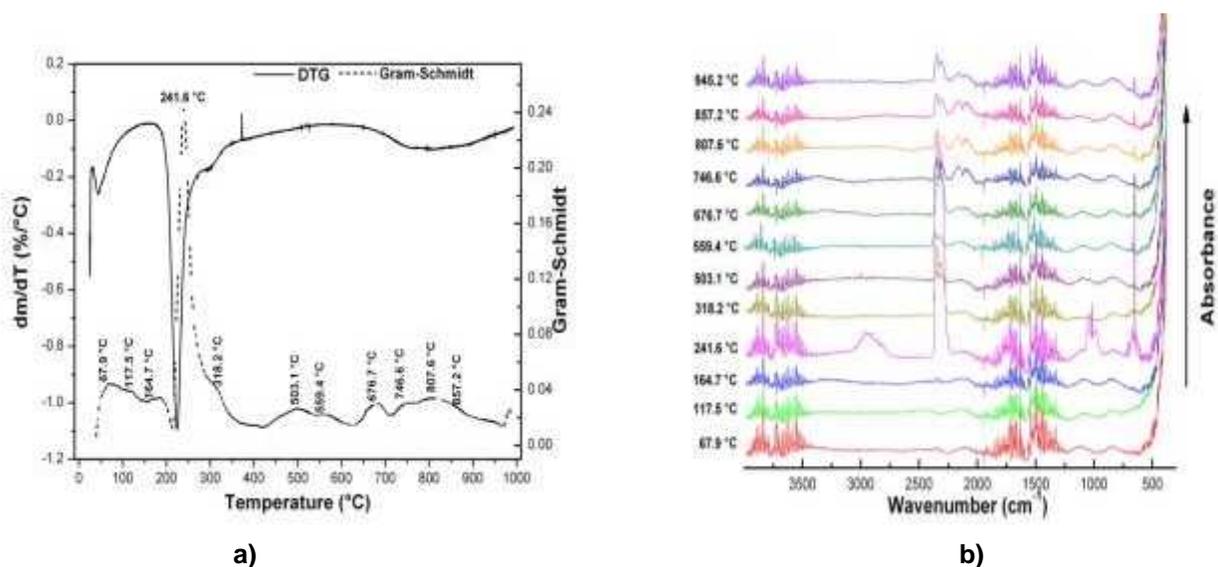


Figura 3.- (a) Cambios de intensidad en IR (Gram-Schmidt), y su relación con dm/dT como una función de temperatura. (b) Espectros FTIR característicos de los productos gaseosos producidos durante la degradación pirólítica de la pectina cítrica a diferentes temperaturas.

En el análisis FTIR, entre 180 y 300°C, se detectó una región donde de evidencia la máxima velocidad de liberación de productos gaseosos, acorde con lo observado en las curvas de Gram-Schmidt vs T, Figura 3,a). Los principales productos gaseosos identificados fueron CO₂, CO y H₂O, además, de una mezcla de compuestos orgánicos con diferentes grupos funcionales oxigenados, junto con pequeñas cantidades o trazas de compuestos orgánicos de mayor peso molecular, lo cual coincide con las evidencias presentadas en el Cuadro 1, donde se presentan los principales grupos funcionales y modos de vibración identificados por FTIR.

Por otra parte, a temperaturas menores a 200°C, la presencia de CO no fue evidenciada. De este modo, la ausencia de CO en este intervalo de temperatura, sugiere que la reacción de descarboxilación (formación de CO₂) es inicialmente más favorecida que la reacción de descarbonilación (formación directa de CO). Curiosamente, cuando la temperatura de pirolisis se incrementó entre 600 y 1000°C, la liberación de H₂O, CO₂ y CO aumenta significativamente. Este comportamiento es consistente con la pérdida de peso detectada en la curva DTG (ver curva dm/dT vs T, Figura 3,a), así como con los cambios en la intensidad IR (curva Gram-Schmidt vs T, Figura 3,a).

De igual forma, el aumento en la concentración de productos gaseosos, entre 650 y 1000°C, en particular de CO, podría interpretarse como una etapa en la reacción de gasificación directa del carbón a monóxido de carbono, promovido por la presencia de CO₂ y catalizada por la presencia de promotores alcalinos tales como Na y K, probablemente, acompañado por la deshidrogenación directa del alquitrán hasta alcanzar la total carbonización.

Análisis cinético.

Para simplificar el análisis cinético de la pectina cítrica, se ha supuesto que la estructura de la pectina sólida, puede ser descrita por un polímero de unidades de ácido -D-galacturónico, formado por agregados que presentan enlaces C-O-C glicosídicos (Figura 1,a Estructura química de la Pectina Cítrica). Estos "enlaces glicosídicos" son los principales responsables del grado de agregación y de la naturaleza reticulada de la pectina, incluyendo la presencia de grupos metoxilo en la cadena de la pectina.

En la Figura 4, se presenta un análisis comparativo del grado de transformación de la pectina Cítrica, a través de dos algoritmos, Friedman y KAS; con los cuales, durante la primera pérdida de masa, identificada como etapa (I), asociada con el proceso de deshidratación, para temperaturas inferiores a 100°C y $<0,10$, se encontraron valores de energía de activación entre 47 y el 71 kJmol⁻¹, para Friedman y KAS, respectivamente (Valente et al., 2012). Estos valores indican que la etapa de deshidratación es cinéticamente controlada por una barrera de energética que comprende la ruptura de interacciones débiles, ligadas con la liberación de agua fisisorbida, y los enlaces de hidrogeno que interactúan con los enlaces de hidrógeno de los grupos hidroxilo de la pectina. La buena concordancia entre los resultados obtenidos por ambos algoritmos y previos reportes, validan los resultados y la metodología de cálculo (Torres-García et al., 2006).

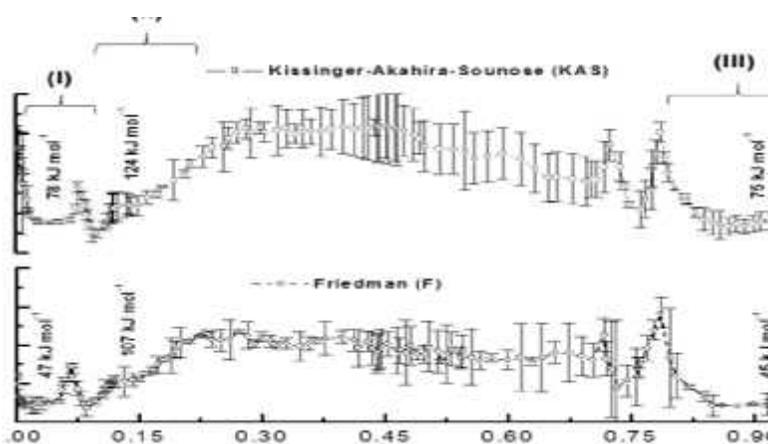


Figura 4.- Análisis comparativo.

Después de la deshidratación, una partida de pérdida de peso rápida y marcada, se observó alrededor de 180°C, con una tasa de degradación máximo de 2,5% min⁻¹, ligada a una alta volatilización de productos gaseosos, centrado a 198°C. Esta etapa, identificada como (II), se muestran valores de E() con , relativamente constantes entre 100 y 110 kJmol⁻¹, cuando el grado de transformación varía entre 0.12 0.18. Este segmento, para temperaturas inferiores a 220°C y valores de E(), esencialmente independiente de , se asigna a la degradación inicial de la pectina a través de la ruptura de los enlaces glicosídicos entre las unidades del ácido -D-galacturónico.

La etapa contigua, en el intervalo de 0.20 0.28 y temperaturas <250°C, muestra un aumento progresivo en los valores de E(), desde ~110 kJ hasta alrededor de 200-250 kJmol⁻¹. La existencia de esta zona, con cambio de pendiente en 0.20, revela una modificación de mecanismo y sugiere que la barrera energética, necesaria para superar las diferentes interacciones en esta etapa, se compone de varios procesos consecutivos y simultáneos (Valor et al., 2003).

Por último, durante la última etapa (III), para 0.8 y Temperaturas superiores a 600°C, ambos perfiles muestran comportamientos similares. Este intervalo, que se caracteriza por una disminución en los valores de la energía de activación, entre alrededor de 75-45 kJmol⁻¹, se asigna a la gasificación directa de carbón residual, y demuestra que la energía de activación es independiente del grado de conversión ().

CONCLUSIONES

La utilización de la Termogravimetría (TGA), la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) y la Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) en forma simultánea, proporcionan los valores para la caracterización del perfil térmico e identificación de los productos gaseosos dados durante la degradación pirolítica de la pectina cítrica. La degradación pirolítica de la pectina cítrica se interpreta como un complejo conjunto de reacciones relacionadas con: deshidratación, despolimerización inicial, en

la que se rompen los enlaces glucosídicos, seguidamente una degradación secundaria de las unidades de pectina; así como gasificación directa de residuos de carbón. El análisis cinético, en términos de E () sobre (), muestra el comportamiento típico de los procesos cinéticos de múltiples pasos, indicando que la barrera energética para romper los enlaces glucosídicos es independiente del grado de transformación (Ca.100-110 kJmol⁻¹). Los datos cinéticos de la degradación de la pectina cítrica que fueron obtenidos en este trabajo, permitirán para investigaciones futuras, generar los mecanismos de reacción que mejor expliquen los procesos en los que se obtengan productos derivados de la biomasa lignocelulósica.

LITERATURA CITADA

- Aburto, J., Moran, M., Galano, A., y Torres-García, E. (2015). "Non-isothermal pyrolysis of pectin: A thermochemical and kinetic approach". *Journal of Analytical and applied pyrolysis*. 112, 94-104.
- Gnanasambandam, R., y Proctor, A. (2000). Determination of pectin degree of esterification by diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy. *Food Chem.* 68, 327-332.
- López-García, E. (2013). *Procesamiento de biomasa lignocelulósica para la obtención de Etanol* (Monografía). Universidad Veracruzana, Xalapa de Enrique, Ver.
- Pietrzyk, P., Sojka, Z., Dzwigaj, S., Che, M. (2007). Generation identification, and reactivity of paramagnetic VO₂ centers in zeolite BEA for model studies of processes involving spin pairing, electron transfer, and oxygen transfer. *J. Am. Chem. Soc.* 129(46), 14174-14175.
- Sila, D. N., Van, B. S., Duvetter, T., Fraeye, I., De Roeck, A., Van, L. A., y Hendrickx, M. (2009). Pectins in processed fruits and vegetables: part II-structure-function relationships *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 8, 86-104.
- Siles, L. J. A., Li, Q. y Thompson I. P. (2010). Biorefinery of waste orange peel. *Crit. Rev. Biotechnol.* 30, 63-69.
- Torres-García, E. (2007). *Cinética de reacciones térmicamente activadas en sólidos: Un acercamiento*. Méx: IMP.
- Valente, J. S., Rodríguez-Gattorno, G., Valle-Orta, M., y Torres-García, E. (2012). Thermal decomposition kinetics of MgAl layered double hydroxides. *Mat. Chem. Phys.* 133, 621-629.
- Valor, A., Kycia, S., Torres-García, E., Reguera, E., Vázquez-Ramos, C., y Sánchez-Sinencio, F. (2003). Structural and thermal study of calcium undecanoate. *J. Of Solid State Chemistry*. 172, 471-479. ([http://dx.doi.org/10.1016/S0022-4596\(03\)00042-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-4596(03)00042-2))

CORRELACIÓN DEL PODER CALORÍFICO Y LIGNINA PARA FIBRA DE COCO Y BAGAZO DE CAÑA, COMO OPCIONES PARA BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS
CORRELATION BETWEEN HEATING VALUE AND LIGNIN CONTENT OF TWO AGRICULTURE RESIDUES, AS AN OPTION TO PRODUCE SOLID BIOFUELS

Aguilar Sánchez P, Honorato Salazar JA, Rebolledo García RL.

Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC) del INIFAP. Km 56.5 Carretera Federal México-Puebla, San Martinito, Tlahuapan, Puebla. C.P. 74100.
Autor para correspondencia: aguilar.patricia@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Fomentar el manejo y uso de los residuos agrícolas, aprovechándolos para la generación de bioenergía, es una opción y alternativa de uso redituable. El coco (*Cocos nucifera*), es un fruto que se produce en México, siendo el estado de Guerrero el primer productor después de Tabasco y Colima. El bagazo de caña, es un residuo derivado de la caña de azúcar, donde el estado de Veracruz es el primer productor de esta materia prima. El objetivo de este trabajo es inducir usos de los residuos de estos cultivos, como una opción para la producción de biocombustibles sólidos, también denominados pellets. Para ello es importante conocer las características de la fibra de coco y del bagazo de caña, como su composición química y poder calorífico, en donde algunos estudios señalan que existe una correlación positiva entre ellos. Como parte del estudio, se presentan los resultados del contenido de lignina y poder calorífico de la fibra de coco y del bagazo de caña. Las pruebas se determinaron de acuerdo a la norma TAPPI T222 om-88 y en un calorímetro de bomba isoperibol PARR1266. El análisis de comparación de medias se llevó a cabo con la prueba de t de Student, e indica que existen diferencias significativas entre los residuos en cuanto a su contenido de lignina y poder calorífico. Los valores respectivos en promedio fueron de 38.3% y 4,455.85 Kcal·kg⁻¹ para fibra de coco y 23.08% y 4,339.48 Kcal·kg⁻¹ para el bagazo de caña. Los coeficientes de correlación (r) y determinación (r²) entre el contenido de lignina y poder calorífico fueron del 0.8974 y 0.8054 respectivamente.

Palabras clave: *poder calorífico, lignina, residuos agrícolas.*

INTRODUCCIÓN

Aunque México es rico en recursos renovables, en cuanto a aprovechamiento del sol, del viento, energía hídrica, biomasa y geotermia, el potencial de estos no ha sido explotado en su totalidad. El uso de materiales orgánicos, principalmente residuos agrícolas y/o forestales parecen tener un gran potencial para la producción de energía limpia (Alemán-Nava *et al.*, 2014). Las paredes celulares de las plantas están estructuralmente formadas por lignina, celulosa y hemicelulosa, por esta razón se les denomina lignocelulósicos, y tienen diferentes aplicaciones industriales. En los procesos de conversión química con biomasa, la lignina suele ser una barrera para la extracción eficiente de fibras de celulosa, principalmente en la industria de la celulosa y papel, así como en la producción de biocombustibles líquidos, que hace complejo el proceso de la sacarificación, por lo que es necesario llevar a cabo pretratamientos; sin embargo, la lignina tiene un contenido energético alto, que pudiera ser aprovechado para la producción de biocombustibles sólidos (Prinsen, 2010; Novaes *et al.*, 2010).

El coco, *Cocos nucifera* L., se distribuye en regiones tropicales y subtropicales de África, el Caribe y América del Sur. Se tiene reportada una superficie de cultivo cercana a las 200,000 hectáreas, siendo las principales entidades productoras Guerrero, Colima, Tabasco y Oaxaca (Granados-Sánchez y López-Ríos, 2002). Se estima que anualmente se generan 12.75 toneladas de residuos de la planta de coco, ofreciendo una buena perspectiva para la utilización de estos residuos agrícolas en productos de alto valor añadido (Gutiérrez, 2014).

La caña de azúcar es una planta que se caracteriza por ser eficiente fotosintéticamente, y llega a producir grandes cantidades de biomasa. El Estado de Veracruz ocupa el primer lugar a nivel nacional en el cultivo de caña de azúcar, aportando el 41.6% de la producción total nacional y de la superficie total cosechada. Los residuos de la caña de azúcar pueden ser de entre 50 y 100 t·ha⁻¹ de bagazo y se destinan principalmente para alimentación animal, recuperación de nutrientes, producción de celulosa, así como producción de energía (SAGARPA, 2016).

La propiedad que le confiere uso energético a la biomasa es el poder calorífico (PC). Otro de los factores importantes es el contenido de humedad, el cual corresponde al equilibrio con el entorno circundante, por

esa razón se utiliza el poder calorífico superior (Álvarez, 2013). Se dice que el contenido energético de los materiales vegetales está estrechamente relacionado con su composición elemental, por lo que en este estudio se llevó a cabo la determinación del contenido de lignina, así como la calorimetría en fibra de coco y bagazo de caña, para ver la correlación entre ambas propiedades como varios autores los relacionan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una colecta de residuos en el área de producción de caña de azúcar y coco, en los municipios de Úrsulo Galván, Veracruz y Comalcalco, Tabasco, respectivamente, depositándolos en bolsas con etiqueta de identificación y se transportaron al laboratorio del Campo Experimental San Martinito, perteneciente al INIFAP, para la determinación de su humedad, lignina y poder calorífico.

Preparación de la muestra. Se realizó una reducción de tamaño de las muestras, de acuerdo a la norma TAPPI T 257, en un molino tipo Thomas Wiley, posteriormente el material molido se tamizó con mallas No. 40 y 60, utilizando para los análisis el material contenido en la malla 60. Las muestras tamizadas se colocaron en bolsas con identificación y se almacenaron para sus análisis posteriores.

Contenido de lignina. Antes de realizar la determinación del contenido de lignina, las muestras se sometieron a una extracción secuencial de etanol-benceno (1:2 v/v), etanol al 95% y agua destilada caliente, por períodos de 6, 4 y 2 horas respectivamente, de acuerdo a las especificaciones de la norma TAPPI T 204. La determinación de la lignina se llevó a cabo según la norma TAPPI T 222 Previamente se preparó una solución de ácido sulfúrico al 72% (24 ± 0.1 N), la cual se utilizó adicionando $15 \text{ ml}\cdot\text{g}^{-1}$ de muestra, hasta que la muestra quedó cubierta en su totalidad de la solución, manteniendo una temperatura no mayor a 2°C . Posteriormente, la muestra se colocó en baño maría a una temperatura de 20°C por dos horas, agitándose en lapsos de 15 min. Después de esto, el material se pasó a un matraz Erlenmeyer de 1 L, adicionándole agua destilada hasta obtener un volumen de 575 ml y a continuación, se colocó en una parrilla, llevándose a ebullición por cuatro horas, evitando la pérdida del volumen inicial. La solución se dejó reposar para que la lignina insoluble se precipitará y posteriormente se realizó el sifoneo de la parte líquida y el filtrado de la parte sólida con un crisol Gooch previamente pesado, el cual se colocó en una estufa a $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 horas. El contenido de lignina se calculó de acuerdo a la ecuación siguiente (1):

$$L \quad [\%] = \frac{A \times 1}{W} \quad (1)$$

Dónde: A = peso de la lignina [g]
 W = peso seco del espécimen de prueba [g].

Poder calorífico (PC). Para la determinación de PC, se utilizó un Calorímetro Parr 1266, siguiendo el procedimiento del manual de operación. Antes de iniciar la prueba el calorímetro se calibró con tabletas de ácido benzoico de grado calorífico y con un peso no mayor a 1 g. Para su determinación del PC, se formó un pellet con el material molido y peso entre 0.5 a 0.9 g. Al mismo tiempo, se tomó 1 g del material molido para determinar su contenido de humedad (CH). El pellet se colocó en una cápsula de combustión y colocando en la parte superior un alambre de ignición de 10 cm, evitando que el alambre tocara las paredes de la cápsula. Después, la capsula con el pellet y el alambre se colocaron una bomba de oxígeno, cerrándose para inyectar oxígeno. Finalmente, la bomba se colocó en una cubeta, conectándose a unos electrodos. La determinación del PC se llevó a cabo en un tiempo no mayor a diez minutos, realizando cinco repeticiones por muestra. Los resultados se obtuvieron directamente del calorímetro en unidades $\text{cal}\cdot\text{g}^{-1}$ y se ajustaron de acuerdo a la ecuación 2.

$$P = \frac{E(A) - L(k)}{P} \quad (2)$$

Dónde: PCt = poder calorífico total [$\text{cal}\cdot\text{g}^{-1}$]
 Ee = Energía equivalente [$\text{cal}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$]
 At = Aumento de la temperatura [$^\circ\text{C}$]
 Lai = Longitud del alambre de ignición quemado (cm)
 k = Constante ($2.3 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-1}$)
 Pm = Peso de la pastilla (muestra) [g]

Contenido de humedad. Para la determinación del CH, se metieron previamente unos vasos de 10 ml a una estufa, por lo menos 4 horas, a $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, se sacaron de la estufa y se mantuvieron en un desecador, se pesaron los vasos y se registraron los pesos. Después se tomó aproximadamente 1 g de material molido, pesándose el vaso con el material y se colocó en una estufa a una temperatura de a 103

°C ± 2 °C hasta que se alcanzó a peso constante (aproximadamente 6 horas). El cálculo para determinación de CH se realizó como a continuación describe en la ecuación 3:

$$C = \left(\frac{Ph - P}{P} \right) * 100 \quad (3)$$

Dónde: CH (%) = Contenido de humedad en por ciento
Ph = Peso de la madera con humedad h
Po = Peso anhidro de la madera

Para el análisis estadístico, se llevó a cabo una correlación de coeficientes con el programa SAS, por el procedimiento de CORR, para después realizar una regresión lineal simple en Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras presentaron en promedio un contenido de humedad del 6.8%. En cuanto al contenido de lignina y PC, el cuadro 1, muestra los promedios de las cinco repeticiones evaluadas en este estudio. En el cuadro 1 se observa que la fibra de coco tiene valores mayores de la cantidad de lignina y PC que el bagazo de caña. El contenido de lignina obtenido para estos materiales es comparable con la madera de algunas especies forestales que van de 15-40%, mientras que el PC está por arriba de 4,000 cal·g⁻¹, reportado por Banzón (1980) para la fibra de coco y los 3,322.3 cal·g⁻¹ reportados por Garcés y Martínez (2007) para el bagazo de caña.

Cuadro 1. Promedios de contenido de humedad, lignina y poder calorífico.

Muestra	Humedad (%)	Lignina (%)	Poder calorífico (cal·g ⁻¹)
Fibra de coco	6.863 a*	38.33 a	4,455.85 a
Bagazo de caña	6.840 a	23.08 b	4,339.48 b

* Los valores con la misma letra no son significativamente diferentes (p < 0.05).

En los análisis de correlación y de regresión lineal del PC con el contenido de lignina, se obtuvieron coeficientes de correlación (r) y determinación (r²) de 0.8974 y 0.8054, respectivamente, lo cual indica que, en general, el PC aumenta con el aumento del contenido de lignina y concuerda con lo reportado para algunas correlaciones de otros materiales lignocelulósicos; por ejemplo, White (1987), reporta una correlación de lignina y PC de r = 0.837 para la madera de diferentes especies forestales y Demirba (2003) obtuvo coeficientes de correlación más altos de r = 0.987 para siete tipos de materiales lignocelulósicos libre de extractos.

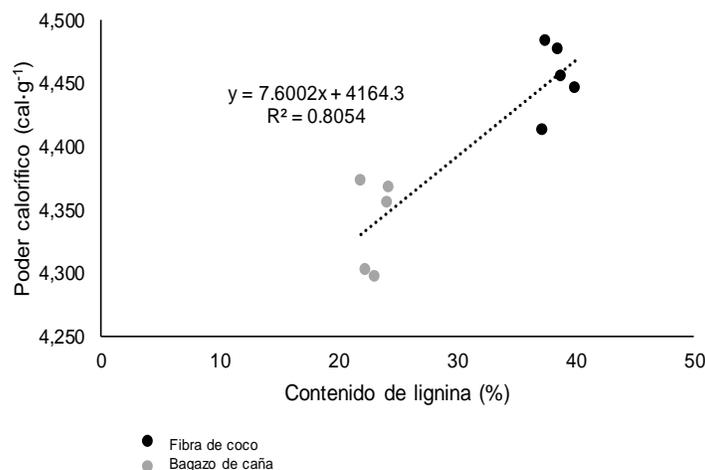


Fig. 1 Valores de poder calorífico y contenido de lignina para los residuos agrícolas.

CONCLUSIONES

Los residuos evaluados muestran una R^2 de 0.8054, indicando que los valores de poder calorífico están directamente relacionados con el contenido de lignina. Con base a los residuos evaluados, ambos presentan características importantes, esto tomando como referencia a la madera y que estos residuos que no compiten con los alimentos y que están disponibles para la generación de alternativas energéticas.

LITERATURA CITADA

- Alemán-Nava, G. S; Casiano-Flores, V. H; Cárdenas-Chávez, D. L; Díaz-Chavez, R; Scarlat, N; Mahlkecht, J; Dallemand, J. F; Parra, R. 2014. Renewable energy research progress in Mexico: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32:140–153.
- Álvarez, R. A; Pizarro, G. C; Folgueras, D. M. B. 2013. Caracterización química de biomasa y su relación con el poder calorífico. Universidad de Oviedo, España. p. 12.
- Demirba , A. 2003. Relationship between heating value and lignin, fixed carbon, and volatile material contents of shells from biomass products. *Energy Sources* 25:629-635.
- Granados-Sánchez, D; López-Ríos, G. F. 2002. Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 8 (1): 39-48.
- Novaes, E; Kirst, M; Chiang, V; Winter-Sederoff, H; Sederoff, R. 2010. Lignin and biomass: A negative correlation for wood formation and lignin content in trees. *Plant Physiol*. 154 (2): 555-561.
- Prinsen, P. 2010. Composición química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas. Trabajo de Maestría, Universidad de Sevilla, España. p (25-30).
- White, R. H. 1987. Effect of lignin content and extractives on the higher heating value of wood. *Wood and Fiber Science* 19(4): 446–452.
- Referencias informáticas
- Gutiérrez, A. 2014. Fibra de coco utilizada en la construcción. <https://www.veoverde.com/2014/05/fibra-de-coco-utilizada-en-la-construccion/> (consultado el 13 de junio del 2017)

CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA DIVERSIDAD Y PATOGENICIDAD DE AISLADOS DE *Fusarium spp* EN GUANAJUATO CAUSANTES DE PUDRICIÓN DE TALLO Y MAZORCA DE MAÍZ

CHARACTERIZATION AND IDENTIFICATION OF THE DIVERSITY AND PATHOGENICITY OF ISOLATED *Fusarium spp* IN GUANAJUATO CAUSES OF STALK AND EAR ROT OF MAIZE

Escobedo-Landín MÁ¹, Pons-Hernández JL², Guevara-Olvera L¹, Acosta-García A¹, Pérez-Pérez MCI¹, Guerrero Aguilar BZ²

¹ Departamento de Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Celaya (ITC), Antonio García Cubas 600, FOVISSSTE, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato México.

² Programa de Biotecnología, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Carretera Celaya-San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, C.P 38010 Celaya, Guanajuato México. Autor de correspondencia: angeles.escobedo.landin@gmail.com

RESUMEN

El maíz (*Zea mays*) es el cultivo más importante en México, pero su producción se ve afectada por diferentes factores tanto bióticos como abióticos, dentro de estos se encuentran las enfermedades en tallo y mazorca causados principalmente por *Fusarium spp*, que reducen tanto la cantidad de grano producido como la calidad del mismo, algunas de las especies producen toxinas (Fumonisinias) que afectan la salud humana y animal. Para controlar este problema, es necesario conocer las diferentes especies de *Fusarium* que lo afecta y así como la variación patogénica y diversidad en la resistencia genética a la infección con aislados altamente patogénicas en los materiales del germoplasma del programa de mejoramiento genético de maíz del INIFAP. El objetivo de este trabajo fue identificar las diferentes especies de *Fusarium* y su patogenicidad en el estado de Guanajuato. Con el uso de los medios de cultivo SNA, PDA y medio CLA se identificaron a las especies de *F. verticillioides*, *F. proliferatum* y *F. subglutinans*, *F. graminearum* que son las que atacan al tallo y mazorca. Esta información se utilizará en un programa de mejoramiento genético asistido con marcadores moleculares tipo SNP, para el desarrollo de nuevos híbridos para el Bajío.

Palabras clave: *Fusarium spp*, *Zea mays*, *Fumonisinias*, *Macroconidias*, *Microconidias*.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cereal que más importancia ha tenido debido al alto contenido de Calorías, Carbohidratos, Almidón, Calcio, Hierro, Fósforo, Tiamina, Riboflavina, Niacina entre otros. En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados. Por el contrario, en algunos países de América Latina, y cada vez más en países africanos, un gran porcentaje del maíz que se produce se destina al consumo humano (Serratos, 2012). La mayoría de las variedades del maíz se cultivan en regiones de temporal, caliente y subtropical húmedo, durante el año agrícola 2014 los estados con mayor producción fueron Sinaloa que se ubica como el principal productor con una participación de 15.8 %, en segundo lugar, se encuentra Jalisco con 14.9 % de participación, en tercer lugar, se encuentra Michoacán con una participación de 8.3 % del total (Programa Agroalimentario, 2015).

El hongo *Fusarium spp*. es endémico en la mayoría de los campos de maíz en el mundo. Este hongo causa la enfermedad de la pudrición de mazorca, especialmente en ambientes de alta humedad y calor, como el sur de Estados Unidos y algunas zonas tropicales. La infección por *Fusarium spp* puede dar lugar a la disminución de los rendimientos de grano, la mala calidad del grano y la contaminación por micotoxinas las fumonisinias, un carcinógeno asociado con diversas enfermedades en el ganado y los seres humano (Zila *et al.*, 2013).

Para reducir este problema se requiere del conocimiento de las diferentes especies, la variación patogénica y la variación en la respuesta de resistencia genética a la infección con aislados del germoplasma disponible al programa de mejoramiento genético de maíz del INIFAP. Esto permitirá identificar, posibles progenitores de resistencia a *Fusarium spp* para la incorporación en programas de mejoramiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización morfológica de *Fusarium spp*.

Se tomaron 82 aislados del banco del Campo Experimental Bajío, donde se realizó la caracterización morfológica, los aislados se crecieron en tres medios diferentes Agar Dextrosa Papa (PDA), Carnation Leaf

Agar (CLA) y Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA). En el medio PDA se observó la pigmentación y crecimiento de la colonia mientras que en los medio SNA y CLA se observaron la forma, tamaño y presencia de macroconidios, microconidios, clamidosporas, se tomaron imágenes usando un microscopio Leica DME y con el manual de Leslie y Summerell (2006).

Pruebas de Patogenicidad

En los aislados de las especies *Fusarium spp.*, se midió la capacidad de infección en plántulas de maíz, para ello, se sembró una variedad de maíz susceptible 501-505-S2-5s en charolas con sustrato peat moss (Shunshine mezcla 3). se inocularon cinco plántulas de cada aislado a los 10 días después de la germinación con un disco de micelio de *Fusarium spp.* de un tamaño de 0.8 cm de diámetro, haciendo una pequeña herida en el tallo, transcurridos 10 días después de la inoculación se realizó la evaluación del daño causado por las diferentes especies de *Fusarium spp.*

Los aislados más patogénicos fueron utilizados para inocular familias de maíz en campo

Material genético de maíz y diseño experimental.

En el experimento se utilizaron 81 familias de maíces blancos y amarillos de diversas regiones de México, las cuales representa una parte significativa de la diversidad alélica del maíz, para evaluar su susceptibilidad o resistencia a *Fusarium spp.* La evaluación se llevó a cabo en Campo Experimental Bajío Celaya, Gto., durante el ciclo Primavera-verano 2016, bajo condiciones de riego, en un diseño experimental Látxe 9 X 9 con tres repeticiones. La unidad experimental consistió en 243 parcelas de 0.86 m de ancho y 2 m de largo, una distancia de 14 cm entre plantas, dando una densidad de 87 209 plantas por ha. La siembra se realizó en húmedo y los riegos se realizaron en función a las condiciones de la precipitación pluvial del ciclo.

Inoculación de tallo y mazorca de maíz.

Se incrementó el inoculo en palillos de bambú previamente esterilizados con una suspensión de esporas (2.5×10^5 esporas/mL⁻¹) de cada uno de los aislados de *Fusarium spp.*, se incubaron por 10 días a temperatura ambiente.

Las familias de maíz se inocularon tres plantas por repetición, 1 para tallo, 1 para mazorca, 1 para tallo y mazorca. la inoculación consistió en introducir el palillo en un ángulo de 45 ° hacia abajo en el primer entrenudo del suelo hacia la espiga, mientras que en la mazorca se colocó el palillo en el canal estigmático, la inoculación de tallo y mazorca se realizó a los 10 días después de la emergencia de los estigmas (Reid y Zhu, 2005). Esto permitió la identificación de genotipos de maíz con resistencia a la pudrición de tallo y mazorca ocasionada por *Fusarium spp.*

Evaluación del daño en tallo y mazorca de maíz.

Para evaluar la respuesta de susceptibilidad o resistencia de las líneas de maíz se realizó conforme a la escala representada por Reid y Zhu (2005). Donde menos del 25% de daño del tallo y/o mazorca se considera resistente de 26 a 50% intermedio y mayor a 50% es susceptible. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para tallo y mazorca y una comparación de media por el método de Tukey un valor de de 0.05, con el fin de identificar las familias resistentes y susceptibles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de especies de *Fusarium spp.*

De los 82 aislados fueron caracterizados morfológicamente de acuerdo al manual de Leslie y Summerell (2006). donde se encontraron diferentes especies; *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. subglutinans*, *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *F. heterosporum*, *F. solani*, *F. globosum* y *F. semitectum*. De las especies encontradas concuerdan con lo reportado por Figueroa *et al.*, 2010 en cultivos de maíz en el estado de Guanajuato, excepto *Fusarium solani*, *Fusarium globosum* y *Fusarium semitectum*, que fueron aislados únicos. En la Figura 1 se muestra el número de aislados correspondientes a las diferentes especies; las tres principales con mayor número de aislados son *F. verticillioides*, *F. proliferatum* y *F. subglutinans* con 29,19 y 10 aislados respectivamente, este resultado concuerda con lo descrito por Kebebe *et al.*, (2014) donde se indica que *F. verticillioides* y *F. subglutinans* tienen mayor presencia en los cultivos de maíz en México. Identificación de patogenicidad.

De los 82 aislados a los que se evaluó su patogenicidad en la variedad 501-505-S2-5 presentaron diferentes grados de daño típicos de fusariosis como marchitamiento, clorosis y necrosis, 7 presentaron un daño mayor al 75 % y son considerados los aislados más patogénicos, al menos en la variedad 501-505-S2-5, los aislados corresponden a las especies de *F. proliferatum*, *F. graminearum* y *F. verticillioides*. Pérez *et al.*, (2001) sugieren diversos grados de patogenicidad en *F. verticillioides*, con estos resultados lo podemos comprobar.

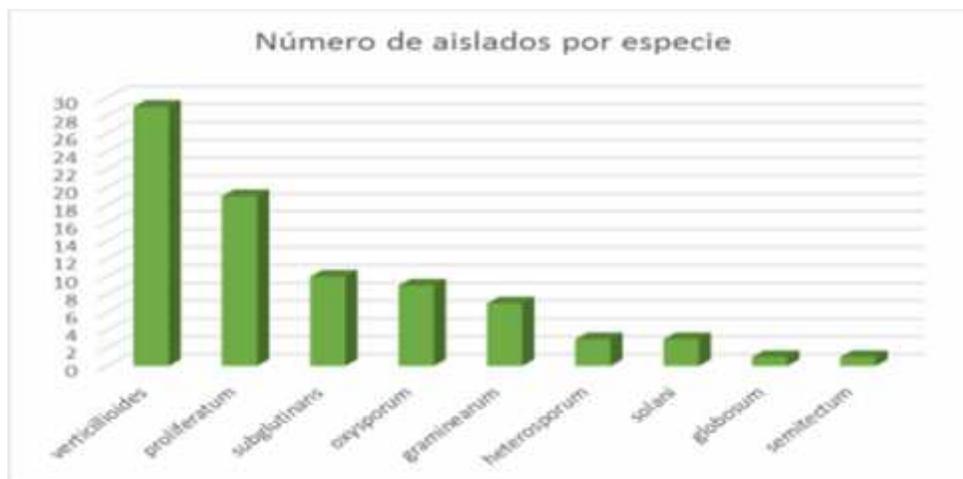


Figura 1. Número de aislados por especie de *Fusarium spp.*, del banco de INIFAP-BAJÍO.

En la figura 2a se observa de izquierda a derecha después del control en orden descendiente el daño de 7/82 aislados que causaron mayor infección y por tanto son los más patogénicos al menos en la variedad 501-505-S2-5, estos aislados presentaran un daño mayor al 75 %. En la figura 2b podemos observar la coloración que presenta el micelio en medio PDA de los 7 aislados más patogénicos, en el caso de *F. verticillioides* inicialmente mostraron pigmentaciones blancas que fueron tomando coloración con el tiempo a naranja y gris violeta, *F. proliferatum* presento abundante micelio que inicialmente era de color blanco y con el tiempo tomo pigmentaciones de color violeta y *F. graminearum* después de 15 días presentaron coloraciones de naranja a color vino o café oscuro. En la figura 2c se muestran las características morfológicas de macro y microconidios correspondientes a cada especie, en *F. verticillioides* se formaron cadenas largas de las microconidios con conidióforos monofiálides, *F. proliferatum* en los microconidios se formaron cadenas cortas y los conidióforos son monofiálides y polifiálides y en *F. graminearum* no produce microconidios lo que se observa son los macroconidios, los cuales son moderadamente arqueadas y presentan de 5 a 6 septos. Las características de coloración y morfológicas coinciden a lo descrito por Leslie y Summerell (2006).

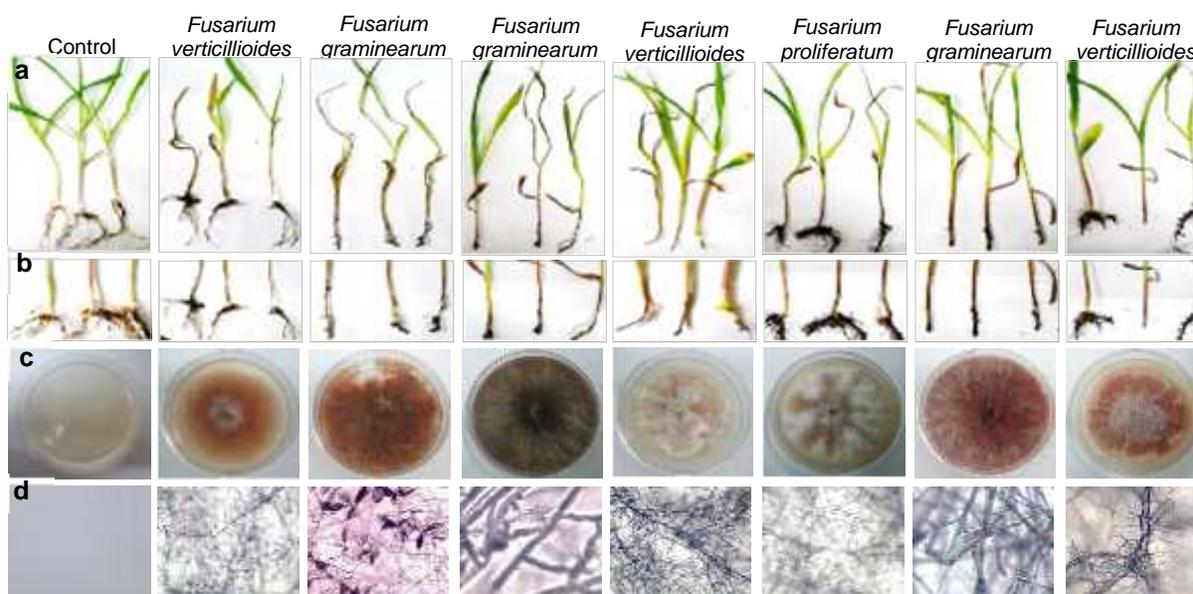


Figura 2. Características de los 7 aislados más patogénicos. a. Patogenicidad en la variedad 501-505-S2-5. b. Coloración en medio PDA. c. Características morfológicas en medio SNA.

Caracterización de familias resistentes y susceptibles a la fusariosis. En el cuadro 1 se presenta el ANOVA, mediante la cual se detectó diferencia significativa en el porcentaje daño causado por *Fusarium* spp., en el tallo de cada una de las familias, no se encontraron diferencias entre repetición ni bloques. Para el daño en la mazorca, las familias estudiadas presentaron una ligera diferencia significativa en el porcentaje daño causado por *Fusarium* spp., y diferencia significativa en las repeticiones, pero no se encontró diferencia significativa entre bloques.

Cuadro 1. Análisis de varianza del porcentaje de daño en el tallo y mazorca de las 81 familias de maíz.

Origen	Suma de cuadrados Tipo III		GL		Cuadrado Medio		F		Sig.	
	Tallo	Mazorca	Tallo	Mazorca	Tallo	Mazorca	Tallo	Mazorca	Tallo	Mazorca
Modelo corregido	14371.572	81429.683	90	90	159.684	904.774	2.008	1.512	0	0.012
Intersección	72661.745	834358.523	1	1	72661.745	834358.523	913.933	1394.5	0	0
Repeticiones	208.749	4134.477	2	2	104.374	2067.239	1.313	3.455	0.272	0.034
Familias	13258.346	76761.247	80	80	165.729	959.516	2.085	1.604	0	0.007
Bloques	581.901	1786.062	8	8	72.738	223.258	0.915	0.373	0.506	0.933
Error	12084.683	90944.794	152	152	79.504	598.321				
Total	99118	1006733	243	243						
Total corregido	26456.255	172374.477	242	242						

ANOVA con $\alpha = 0.05$

En la figura 3 se muestra la comparación de medias por el método de Tukey para el porcentaje de daño en tallo, las familias que tienen diferencia significativa son VC-124-1, 501-505-S2-5, 489-S2-34, VC-118-1, Col-25-1, ((SS-570 x V-537C) x H-507M)-1, 485+488S2-4, VC-30-1, VC-25-1, V-233-1, ASIC2S1-25-B-1-B-1-42-2-1-BB-1-1, 489-S2-9, Oax-838-1, VC-40-1, Y05LPF711-1 y 490-S2-11, así mismo se observa que el daño causado por *Fusarium* spp. en el tallo en las 81 familias en general fue baja, de acuerdo a lo observado y descrito por Reid y Zhu (2005) 71 de ellas presentaron un daño menor al 25 % por lo tanto se consideran resistentes al menos en el tallo, de estas 71 líneas las que presentaron menor daño fueron VC-124-1 con tan solo 5 %, 501-505-S2-5 con 6 %, 489-S2-34, VC-118-1 y Col-25-1 con 7 % de daño, 10 familias presentaron un daño entre 26 % - 50 % estas se consideran moderadamente resistente la que presentó mayor daño fue 490-S2-11 con 42 %. No se identificaron familias susceptibles con daño mayor al 50 %.

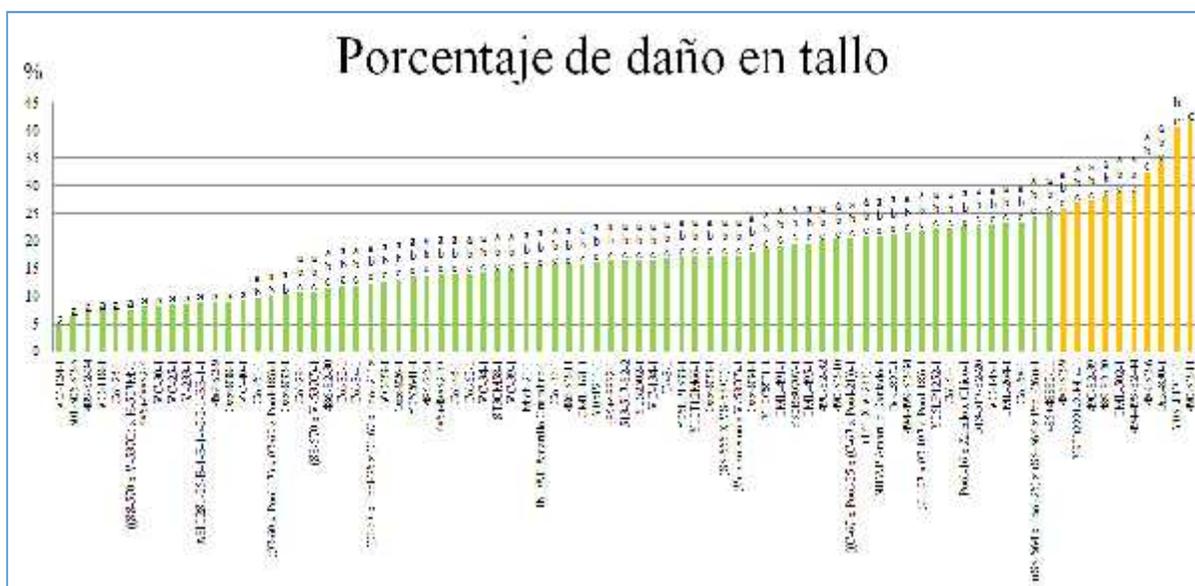


Figura 3. Comparación de medias por el método de Tukey del daño causado en tallo.

IDENTIFICACIÓN DE POLIMORFISMOS DE NUCLEÓTIPO ÚNICO (SNP) PARA LA RESISTENCIA A *Fusarium spp* EN MAÍZ (*Zea mays L*) POR MEDIO DE ASOCIACIÓN AMPLIA DEL GENOMA (GWAS)
IDENTIFICATION OF SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISMS (SNP) FOR RESISTANCE TO *Fusarium spp.* IN MAIZE (*Zea mays L*) BY GENOME WIDE ASSOCIATION STUDY (GWAS)

Escobedo-Landín MÁ¹, Pons-Hernández JL², Guevara-Olvera L¹, Acosta-García A¹, Pérez-Pérez MC¹, Cortes-Cruz MA³

¹ Departamento de Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Celaya (ITC), Antonio García Cubas 600, Fovissste, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato México.

² Programa de Biotecnología, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Carretera Celaya-San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, C.P 38010 Celaya, Guanajuato México.

³ Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Boulevard de la biodiversidad 400, Rancho las Cruces, 47600 Tepatitlán de Morelos, Jal.

Autor de correspondencia: angeles.escobedo.landin@gmail.com

RESUMEN

Fusarium spp. es el principal hongo patógeno que ocasiona pudrición de tallo y mazorca afectando la producción de maíz en el mundo. El patógeno produce varias toxinas en el tejido y en los granos del maíz, lo que disminuye su calidad. Las fumonisinas son las toxinas mayoritarias excretadas por el hongo la resistencia del huésped es la estrategia más adecuada para manipular la enfermedad. Por medio de estudio de asociación amplia del genoma (GWAS) se identificaron marcadores de Polimorfismo de Nucleótido Único (SNP) que están asociados con la resistencia a la pudrición de tallo y mazorca en un conjunto de 81 familias de maíz endémicas de diferentes regiones de México. Los SNP que están mayormente asociados a la pudrición son 3 en mazorca y 2 en tallo los cuales se encuentran en regiones de los genes GRMZM2G154229, GRMZM2G002260, GRMZM2G110983, GRMZM2G105473 y GRMZM2G126148 que participan en la síntesis de proteínas que tiene un papel importante en el desarrollo de las plantas en tejidos vegetativos y reproductivos, en la muerte celular programada cuando estas son infectadas por un patógeno y en respuesta al estrés abiótico.

Palabras clave: *Fusariosis, maíz, marcadores moleculares, cartografía genética.*

INTRODUCCIÓN

Fusarium spp. presenta una distribución cosmopolita y es endémico de zonas maiceras de todo el mundo, este hongo causa la enfermedad de la pudrición de tallo y mazorca (fusariosis), especialmente en ambientes de alta humedad y calor, como zonas tropicales y sub-tropicales. La infección por *Fusarium spp* puede dar lugar a una mala calidad del grano así como a la disminución en el rendimiento del mismo, además de que algunas especies de *Fusarium* producen micotoxinas que son nocivas y pueden ser fatales en humanos y animales si se consumen en granos contaminados (Zila *et al.*, 2013; Missmer *et al.*, 2006), son alrededor de 10 especies las que producen la pudrición de tallo y mazorca (Kebebe *et al.*, 2014) sin embargo, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium graminearum* y *Fusarium subglutinans* producen micotoxinas como la fumonisina que han sido caracterizadas como promotoras de cáncer hepático en ratas y asociadas a la leucoencefalomalacia y en cáncer esofágico en humanos (Presello *et al.*, 2008).

Fusarium puede sobrevivir en suelo, semilla sana y residuos de plantas, la infección puede comenzar con el inóculo de las semillas contaminadas, como infección sistémica del suelo a través de las raíces a los granos o del aire a través de insectos o pájaros a los estigmas donde las hifas crecen en los granos (Rodríguez *et al.*, 2007). Causa daño en todas las etapas de desarrollo del cultivo, generalmente ocasiona pudriciones en los órganos vegetativos y en las mazorcas (Figueroa *et al.*, 2010).

Una posible estrategia para controlar la pudrición de la mazorca por *Fusarium spp* y reducir la contaminación por fumonisina es a través del desarrollo de híbridos de maíz que contengan resistencia genética a la pudrición de la mazorca por *Fusarium spp.* esta estrategia requiere de estudios de asociación de genoma completo (GWAS) que es una herramienta para la identificación de variantes alélicas específicas que confieren resistencia a la pudrición de la mazorca en el maíz (Mukanga *et al.*, 2010; Mahuku. *et al.*; 2016) por medio de GWAS identificaron alelos asociados con la resistencia a la pudrición del maíz usando 43 424 marcadores SNP identificaron 45 SNP y 15 haplotipos que fueron asociados significativamente a la resistencia de fusariosis, estos SNP y haplotipos fueron identificados dentro de 38

genes candidatos, 21 de estos genes son genes candidatos asociados con la tolerancia a estrés, incluyendo resistencia a enfermedades en un conjunto de 818 líneas de maíz híbridos evaluados en tres ambientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético de maíz y diseño experimental. En el experimento se utilizaron 81 familias de maíces blancos y amarillos de diversas regiones de México, las cuales representa una parte significativa de la diversidad alélica del maíz, para evaluar su susceptibilidad o resistencia a *Fusarium spp.* La evaluación se llevó a cabo en Celaya, Gto., en el Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío durante el ciclo Primavera-Verano 2016, bajo condiciones de riego, en un diseño experimental Láctice 9 X 9 con tres repeticiones. La unidad experimental consistió en 243 parcelas de 0.86 m de ancho y 2 m de largo, una distancia de 14 cm entre plantas, dando una densidad de 87 209 plantas por ha. La siembra se realizó en húmedo y los riegos se realizaron en función a las condiciones de la precipitación pluvial del ciclo Primavera-Verano 2016.

Material genético de *Fusarium spp.* Se empleó una solución de esporas a una concentración de 2.5×10^5 esporas/mL⁻¹ la cual se preparó con 7 aislados de *Fusarium* provenientes de cultivos de maíz en Guanajuato, estos 7 aislados fueron identificados como los más patogénicos y pertenecen a las especies de *Fusarium verticillioides*, *Fusarium graminearum* y *Fusarium proliferatum*.

Inoculación de tallo y mazorca de maíz. Las familias de maíz se inocularon con un palillo de madera proveniente de la solución de esporas (2.5×10^5 esporas/mL⁻¹) de los aislados más patogénicos de las especies de *Fusarium spp.*, en el tallo a las plantas se les colocó un palillo de madera en un ángulo de 45 ° hacia abajo en el primer entrenudo del suelo hacia la espiga, la inoculación en la mazorca consistió en colocar el palillo de madera en el canal estigmático, la inoculación de tallo y mazorca se realizó a los 10 días después de la emergencia de los estigmas (Reid y Zhu, 2005). Se inocularon 3 plantas por repetición, 1 para tallo, 1 para mazorca, 1 para tallo y mazorca. Esto permitió la identificación de genotipos de maíz con resistencia a la pudrición de tallo y mazorca ocasionada por *Fusarium spp.*

Evaluación del daño en tallo y mazorca de maíz. Para evaluar la respuesta de susceptibilidad o resistencia de las líneas de maíz se realizó conforme a la escala representada por Reid y Zhu (2005), donde nos indican que las líneas de maíz inoculadas en tallo y/o en mazorca se considerarán resistentes cuando presenten menos de un 25 % de daño, las que presenten de 26 a 50 % de daño serán moderadamente resistentes y susceptibles las que presenten más del 50 %. Para identificar las familias resistentes y susceptibles se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para tallo y mazorca y una comparación de media por el método de Tukey un valor de α de 0.05.

Matriz de genotipo. Consta de una matriz de 3 895 SNP la cual se generó en el programa de mejoramiento de maíz en el proyecto “Mejoramiento acelerado del maíz” desarrollado en el Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP en 2013, las librerías se construyeron con el método de Genotipificación por Secuenciación (GBS) y la plataforma de secuenciación fue Illumina HiSeq 2500.

Matriz de fenotipo. Consta del Mejor Predictor Lineal Inssegado (BLUP) del porcentaje de daño causado por fusariosis en el tallo y en la mazorca de las 81 familias inoculadas, el cual fue calculado en el software estadístico SAS para un solo ambiente se empleó un modelo lineal mixto incluyendo las repeticiones como efecto fijo y las repeticiones dentro de los bloques y genotipos como efectos aleatorios.

Matriz de cromosomas. Consiste en la posición y número de cromosoma donde se encuentra cada SNP, estos fueron obtenidos de la base de datos de Maize GBD del genoma del material B73.

Análisis de asociación. Para GWAS se emplearon 3 895 SNP y BLUP de tallo y mazorca, fue calculado en R siguiendo la descripción de Liu *et al.*, (2016)

Búsqueda de SNP: Los SNP que fueron mayormente asociados a la pudrición de tallo y mazorca fueron buscados en la base de datos de Maize GBD y NCBI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los SNP que fueron asociados significativamente a la pudrición son 39 en mazorca y 25 en tallo, los cuales están distribuidos en todos los cromosomas como se puede apreciar en la figura 1. Los SNP mayormente asociados a la pudrición de mazorca son 3 y 2 en tallo estos están localizados en los cromosomas 2, 3, 4, 6 y 8.

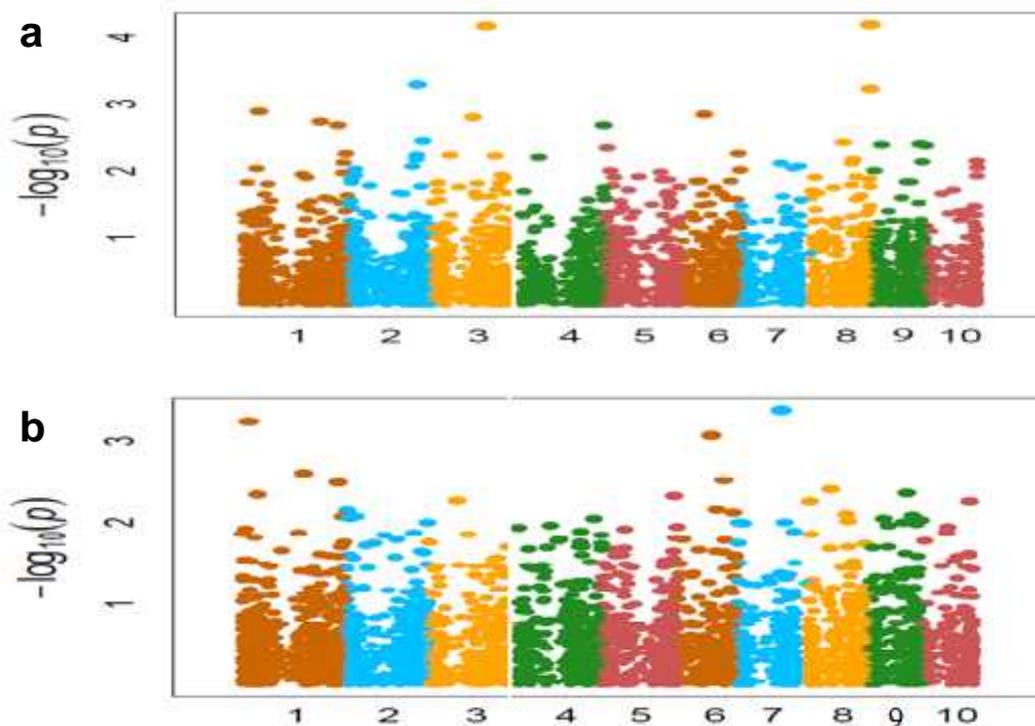


Figura 1. Grafica de Manhattan del estudio de asociación amplia del genoma (GWAS) de la pudrición por *Fusarium spp* en 1 ambiente. a: SNP asociados a la pudrición de mazorca; b: SNP asociados a la pudrición de tallo.

De acuerdo con la base de datos del NCBI y maize GBD en el cromosoma 2 está localizado 1 loci que se encuentra en el gen GRMZM2G154229 que fue identificado por Herrera *et al.* (2009) en un muestreo del transcriptoma de maíz palomero, en otro experimento realizado por Kaur *et al.* (2006) en *Arabidopsis* encontraron que este gen codifica para la síntesis de proteínas que participan en la meiosis y desarrollo de las plantas en tejidos vegetativos y reproductivos. En el cromosoma 3 fue localizado 1 loci que corresponde al gen GRMZM2G002260 el cual fue identificado en el genoma del maíz B73 por Schnable *et al.* (2009) en estudios posteriores Ma *et al.* (2015) indican que el gen participa en la síntesis de la familia 12 de proteínas de hidrolasas glicosídicas la cuales tienen un papel importante en el reconocimiento de patrones moleculares asociados a patógenos y en la muerte celular programada en la soya cuando es infectada por *Phytophthora sojae*. En el cromosoma 4 se localiza 1 loci que se encuentra en el gen GRMZM2G110983 en cual de acuerdo con Jue *et al.* (2015) participa en la síntesis de la familia de proteínas UBC relacionadas con el desarrollo del maíz y su respuesta a condiciones abióticas (sequía, frío o estrés salino). En el cromosoma 6 se localizó 1 loci que se encuentra en el gen GRMZM2G105473 el cual codifica para proteínas hipotéticas de función desconocida en maíz. En el cromosoma 8 fue localizado 1 loci el cual se encuentran el gen GRMZM2G126148 que fue identificado por Schnable *et al.* (2009) en estudios posteriores Levy *et al.* (2012) descubrieron que participa en la síntesis de una familia de factores de transcripción triélice que, en las respuestas a los estreses salinos y patógenos, al desarrollo de órganos perianto, tricomas, estomas y la capa de abscisión de semillas, y la regulación de la embriogénesis tardía. Los SNP fueron localizados dentro de exones esta y más información se aprecia en el cuadro 1.

CONCLUSIONES

En las líneas de maíz empleadas en el estudio se identificaron SNP que participan en la resistencia a la pudrición de tallo y mazorca ocasionada por *Fusarium spp*. estas líneas de maíz pueden participar como posibles progenitores con resistencia a la pudrición. Cabe mencionar que los SNP se identificaron a partir de la evaluación en un ciclo y en una localidad, que se pueden identificar más en evaluaciones posteriores.

Cuadro 1. SNP y genes candidatos asociados significativamente con la pudrición ocasionada por *Fusarium spp* en tallo y mazorca, detectados en un solo ambiente por medio de GWAS.

SNP	Cromosoma	Posición		Localización de SNP	P.value	Efecto	Gen
		inicio	fin				
100009171 F 0	8	28,861,671	28,861,939	exon	6.33E-05	6.56816135	GRMZM2G154229
100013618 F 0	3	13,981,856	13,982,107	exon	6.69E-05	4.75459037	GRMZM2G002260
100002139 F 0	6	66364268	66,364,531	exon	0.0014166	4.37549035	GRMZM2G110983
100006387 F 0	6	159820078	159,830,217	exon	0.00780933	-1.86230208	GRMZM2G105473
2451700 F 0	4	218457664	218,457,928	exon	0.00911623	-1.87378194	GRMZM2G126148

LITERATURA CITADA

- Figueroa, R.M.G., Rodríguez, R.G., Guerrero, A.B.Z., González, C.M.M., y Pons, H.J.L. 2010. Caracterización de especies de *Fusarium* asociadas a la pudrición de raíz de maíz en Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28:124-134.
- Herrera, A., Vega, J.C., Ibarra, E., Jiménez, B., Martínez, O., Vielle, J., y Herrera, L. 2009. Deep sampling of the Palomero maize transcriptome by a high throughput strategy of pyrosequencing. *BMC Genomic*, 10:1-10.
- Jue, D., Sang, X., Lu, S., Dong, C., Zhao, Q., Chen, H., y Jia, L. 2015. Genome-Wide Identification, Phylogenetic and Expression Analyses of the Ubiquitin-Conjugating Enzyme Gene Family in Maize. *PLoS ONE* 10:1-25
- Kaur, J., Sebastian, J., y Siddiqi, I. 2006. The Arabidopsis-meil-Like Genes Play a Role in Meiosis and Vegetative Growth in Arabidopsis. *American Society of Plant Biologists*, 18: 545–559
- Kebebe, A.Z., Reid, L.M., Zhu, X., Wu, J., y Woldemariam, T. 2014. Relationship between kernel dry down rate and resistance to gibberella ear rot in maize. *Euphytica*, 201:17-88.
- Levy, R.N., Brewer, P. B., Quon, T., y Smyth, D.R. 2012. The trihelix family of transcription factors – light, stress and development. *Trends in Plant Science*, 17(3):163-171 (abstract).
- Liu, X., Huang, M., Fan, B., Buckler, S., y Zhang, Z. 2016. Iterative Usage of Fixed and Random Effect Models for Powerful and Efficient Genome-Wide Association Studies. *PLoS Genet* 12(2): e1005767. doi: 10.1371/journal.pgen.1005767
- Ma, Z., Song, T., Zhu, L., Ye, W., Wang, Y., Shao, Y., Dong, S., Zhang, Z., Dou, D., Zheng, X., Tyler, M., y Wang, Y. 2015. A Phytophthora sojae Glycoside Hydrolase 12 Protein Is a Major Virulence Factor during Soybean Infection and Is Recognized as a PAMP. *American Society of Plant Biologists*, 27: 2057–2072.
- Mahuku, G., Chen, J., Shrestha, R., Ding, J., Zheng, H., Mu, C., y Wu, J. 2016. Genome-Wide Association Study and QTL Mapping Reveal Genomic Loci Associated with Fusarium Ear Rot Resistance in Tropical Maize Germplasm. *Genes Genomes Genetics*. 6:3806-3815
- Missmer, S., Suarez, L., y Felkner, M. 2006. Exposure to fumonisins and the occurrence of neural tube defects along the Texas-Mexico border. *Environ. Health Perspect*, 114: 237–241.
- Mukanga, M., Derera, J., y Tongoona, P. 2010. Gene action and reciprocal effects for ear rot resistance in crosses derived from five tropical maize populations. *Euphytica*, 174: 293–301
- Presello, D., Botta, G., Iglesias, J., y Eyherabide, G. 2008. Effect of disease severity on yield and grain fumonisin concentration of maize hybrids inoculated with *Fusarium verticillioides*. *Crop Prot*, 27: 572–576.
- Reid, L.M., y Zhu, X. 2005. Screening corn for resistance to common diseases in Canada. *Agriculture and Agri-Food Canada*. Central Experimental Farm, Canada. 26p.
- Rodríguez, I., Yañez, M., Silva, R., García, S., y Guzmán, P. 2007. Biodiversity of *Fusarium* species in Mexico associated with ear rot in maize, and their identification using a phylogenetic approach. *Mycopathologia*, 163: 31–39.
- Schnable, P., Ware, D., Fulton, R., Stein, J., Wei, F., y Pasternak, S. 2009. The B73 Maize Genome: Complexity, Diversity, and Dynamics. *SCIENCE*, 326: 1112-1115.
- Zila, C., Samoyoa, F., Santiago, R., Butrón, A., y Holland, J. 2013. A Genome-Wide Association Study Reveals Genes Associated with Fusarium Ear Rot Resistance in a Maize Core Diversity Panel. *Genes Genomes Genetic* 3:2095-2104.

INHIBICIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE ASTAXANTINA DURANTE EL SECADO SOLAR DE CEFALOTÓRAX DE CAMARÓN EMPLEANDO EXTRACTO DE ROMERO *Rosmarinus officinalis* L INHIBITION OF ASTAXANTHIN DEGRADATION DURING SOLAR DRYING OF SHRIMP CEPHALOTHORAX USING ROMERO *Rosmarinus officinalis* L. EXTRACT (

¹Hernández Becerra JA, ²Ochoa Flores AA, ¹Torres Pérez JM, ¹García Jiménez R, ¹Ruiz Santiago FL, ¹Valadez Villarreal A, ¹Méndez Villegas R

¹División de Procesos Industriales, UTTAB. Carretera Villahermosa-Teapa km 14.6 s/n, Fracc. Parrilla II, Parrilla, Centro, Tabasco, México.

²División Académica de Ciencias Agropecuarias. UJAT, 25 km carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: jahernandez.tc@uttab.edu.mx.

RESUMEN

La astaxantina es un carotenoide presente en muchos organismos marinos. En recientes años este carotenoide ha cobrado gran interés debido a su elevada capacidad antioxidante. El cefalotórax de camarón se caracteriza por contener cantidades importantes de astaxantina. Además, éste subproducto es el principal desecho generado por las plantas procesadoras de este crustáceo, por lo que su aprovechamiento ha sido tema de estudio durante varias décadas. El secado solar directo podría representar una alternativa viable para el mejor manejo, almacenamiento y posterior aprovechamiento de este subproducto. Sin embargo, se sabe que la astaxantina se degrada casi por completo durante el secado solar de este desecho. Considerando todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la inhibición de la degradación de astaxantina en cefalotórax de camarón durante su secado solar directo por efecto del empleo de un extracto oleoso de romero como antioxidante. Los resultados observados indicaron que el tratamiento de inmersión de las cabezas de camarón en soluciones alcohólicas de extracto de romero favorece la retención de la astaxantina después de su cocción y durante el secado solar directo. Esto representa una alternativa en la conservación de este carotenoide en el producto deshidratado abriendo la posibilidad de su aprovechamiento posterior.

Palabras clave: *Cefalotórax de camarón, astaxantina, secado solar, extracto de romero*

INTRODUCCIÓN

El cefalotórax de camarón es el principal desecho generado durante el aprovechamiento de este crustáceo. Se ha estimado que del volumen total de camarón procesado el 35% corresponde al exoesqueleto y el cefalotórax (López-Cervantes et al., 2010). Lo anterior cobra gran relevancia si se considera que el volumen de la producción nacional anual de este producto alcanzó las 167,015 toneladas en el año 2010 (SAGARPA, 2010).

El principal componente del cefalotórax de camarón lo constituye el agua (73.2 %p/p) seguido por las proteínas (10.4 %p/p), los carbohidratos (4.7 %p/p) y finalmente los lípidos (1.0 %p/p) (Armenta-López, 1998). Si bien el contenido de proteínas en este subproducto lo hace atractivo para su aprovechamiento, existen otros compuestos bioactivos cuya concentración en ellos incrementa grandemente dicho interés. Uno de estos compuestos es la astaxantina, un carotenoide con gran capacidad antioxidante, la cual puede encontrarse en concentraciones que varían desde 35 hasta 153 mg/g de producto (Sachindra et al., 2005). Actualmente la astaxantina es considerada como un nutraceutico debido a sus beneficios en la prevención y atención de diferentes problemas crónico-degenerativos (Higuera-Ciapara et al., 2006). Por lo anterior, es posible encontrar este carotenoide en presentaciones comerciales de diversos suplementos alimenticios.

Tomando en cuenta lo antes planteado, en las últimas décadas se han generado diferentes propuestas para el aprovechamiento de la astaxantina presente en el cefalotórax de camarón. Entre éstas destacan los procesos de extracción a partir de residuos fermentados y no fermentados en combinación con solventes orgánicos (Armenta et al., 2002; Sachindra et al., 2007). Así mismo se han planteado procesos enzimáticos (Armenta y Guerrero-Legarreta, 2009) y la extracción con aceites de origen vegetal y marino (Chen y Meyers, 1984; Handayani et al., 2008). Por otro lado, considerando el relevante contenido de agua presente en este subproducto, diversas propuestas de secado han sido planteadas (Honorato et al., 2005) buscando obtener un producto deshidratado con características de calidad que le permitan posteriormente ser aprovechado, ya sea para el consumo humano (Andrade et al., 2007) o bien para la alimentación de

diversas especies animales (Carranco et al, 2003). No obstante lo anterior, el secado de este tipo de subproductos implica el realizar una importante inversión inicial y posteriormente mantener un gasto de operación por concepto de consumo energético. En este sentido, el secado solar por medio de la exposición directa al sol podría representar una opción económicamente viable debido a los bajos costos de inversión y operación. No obstante, ha sido reportado que la exposición directa al sol con el fin de producir camarones en la forma seco salado provoca una disminución de casi el 75% de su contenido de astaxantina (Hernández-Becerra et al., 2014). Derivado de diferentes estudios se ha planteado que bajo la incidencia de luz, los carotenoides pueden sufrir reacciones tanto de isomerización como de degradación. A este respecto, se ha establecido que la oxidación de los carotenoides es una de las principales vías de su degradación, reaccionando con oxígeno singlete, así como con iones metálicos, para formar radicales. De esta manera, la autooxidación de los carotenoides puede dirigirse a la generación de epoxicarotenoides, apocarotenoides e hidroxicarotenoides que continúan su proceso de degradación produciendo compuestos volátiles de bajo peso molecular (Rodríguez-Amaya, 2001). En contraste a lo anterior, se ha planteado la incorporación de diferentes antioxidantes que pueden ayudar a detener las reacciones de autooxidación experimentadas por los carotenoides. Entre las diferentes fuentes naturales de antioxidantes se encuentra el extracto de romero, el cual es una oleoresina natural extraída de las hojas del romero (*Rosmarinus officinalis* L). Este extracto contiene cuatro antioxidantes ya identificados y muy efectivos: carnosol, rosmanol, isorosmanol y rosemaridifenol (Wu et al., 1982). El extracto de romero ha demostrado efectividad en mejorar la estabilidad del color frente a la temperatura y luz en bebidas coloreadas con carotenoides (Mesnier et al., 2015). Considerando todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la inhibición de la degradación de astaxantina en cefalotórax de camarón durante su secado solar, por efecto del empleo de un extracto oleoso de romero como antioxidante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico.

Cefalotórax de camarón (*Penaeus vannamei*) fueron adquiridos en el mercado de la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Aproximadamente 1.92 kg de cabezas de camarón congeladas, con un peso promedio de 8.0 ± 1.82 g, fueron trasladados al laboratorio de Análisis Especiales de la Universidad Tecnológica de Tabasco. El transporte fue realizado en hieleras aisladas térmicamente manteniendo una temperatura de aproximada de -10 °C. A su arribo al laboratorio las cabezas de camarón fueron lavados, empacados en bolsas de polietileno y almacenados a -20 °C hasta su procesamiento.

Preparación de las muestras.

Las cabezas de camarón cocidas fueron sometidas a tratamientos por inmersión en soluciones etanólicas de extracto oleoso de romero. El extracto oleoso de romero fue adquirido desde Sigma-Aldrich (México D.F.). Las concentraciones de las soluciones etanólicas empleadas fueron de 5, 12.5 y 20 % (p/p). Para la realización de los tratamientos, primeramente, las cabezas de camarón fueron descongeladas un día antes de realizar los tratamientos, manteniéndolas bajo refrigeración (10 °C) durante 12 horas. Posteriormente fueron mantenidas a temperatura ambiente por 30 min. Tres lotes, de 60 cabezas de camarón cada uno, fueron conformados para evaluar el empleo del extracto de romero en las tres concentraciones consideradas. Un cuarto lote (60 piezas) fue conformado como lote testigo. Cada uno de los lotes antes mencionados fueron sometidos a cocción en salmuera al 20 % (p/p) por 15 min. La relación cabezas de camarón: salmuera empleada fue 1:4 (p:v). Una vez transcurrida la cocción, el producto fue separado de la salmuera, escurrido y sometido a inmersión en 2 L de las correspondientes soluciones etanólicas de extracto de romero. En el caso del lote testigo, este solo fue inmerso en 2 L de etanol. Durante la inmersión, el producto fue agitado manualmente y mantenido por 10 minutos a temperatura ambiente. Al término de este tiempo el producto fue separado, escurrido y esparcido sobre papel absorbente para remover el exceso de solución.

Secado solar directo.

El producto cocido y tratado fue extendido sobre una malla de plástico y expuesto directamente al sol en periodos de 8 horas diarias durante 4 días. Durante la exposición directa al sol cada cabeza de camarón fue volteada cada 2 horas para asegurar una exposición a la radiación solar similar en ambos lados. Así mismo, se monitoreo la temperatura y humedad relativa ambiental, la temperatura en la superficie del producto, su pérdida de peso y cambio en su color superficial.

Toma y preparación de las muestras.

Tres muestras de cada tratamiento fueron tomadas de forma aleatoria durante el proceso como se indica a continuación: 1). Antes de la cocción en salmuera (producto crudo); 2). Después de la cocción (producto

cocido) y 3). Después de 8 horas de exposición directa al sol. Cada muestra fue reducida en tamaño y homogenizada empleando una licuadora doméstica. De cada muestra, una parte fue empleada para el análisis de humedad y la otra para determinar el contenido de astaxantina.

Medición de la temperatura superficial.

A seis cabezas de camarón de cada tratamiento se les midió su temperatura superficial cada 4 horas durante las 32 horas consideradas para en su exposición directa al sol. Para ello fue empleando un termómetro infrarrojo (HI99550 Hanna Instruments).

Determinación de la pérdida de peso.

La pérdida de peso fue estimada mediante el pesaje de seis cabezas de camarón de cada uno de los tratamientos. El pesaje se realizó cada 4 horas de exposición al sol y para ello fue utilizada una balanza analítica Ohaus AS200-S (0.0001 g) (Florham Park, NJ, USA). El porcentaje de pérdida de peso fue calculada empleando la siguiente fórmula (1):

$$\% pp = \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) 100 \quad (1)$$

Donde:

% pp = Porcentaje de pérdida de peso

P_i = Peso inicial

P_f = Peso final

Cambios en el color superficial. Los cambios de color en las cabezas de camarón expuestas a secado solar directo fueron evaluados mediante el método de captación digital de imágenes, de acuerdo con Vignoni y Césari (2006). Para ello, seis cabezas de camarón de cada tratamiento fueron fotografiados con una cámara digital Fujifilm Power Shot A220 de 12.2 megapíxeles. Las tomas fotográficas se realizaron cada 4 horas de secado solar, durante todo el periodo considerado (32 horas). Las fotografías fueron tomadas bajo incidencia de luz blanca con una intensidad suficiente que permitiera apreciar los detalles en el producto. El ángulo formado entre la fuente de luz incidente, el fruto y la lente de la cámara fue de aproximadamente 40° en todas las tomas fotográficas. Las fotografías una vez digitalizadas fueron analizadas por el software Medidor de Color Digital Versión 3.6.1. Apple Inc. 2007, de donde se obtuvieron la representación numérica de las variables L^* , a^* y b^* del Sistema CieLab.

Análisis de humedad.

El contenido de humedad fue determinado de acuerdo al método 950.46 del AOAC (AOAC, 2000).

Análisis de astaxantina.

El contenido de astaxantina fue determinado por el método de Tolasa et al. (2005) con algunas modificaciones. Aproximadamente 10 g de muestra fueron extraídos tres veces con 40 mL de acetona conteniendo BHT (0.05%, p/v). Las extracciones fueron realizadas usando un homogenizador Ultra-Turrax IKA® T25 (Ika-Werke, Staufen, Alemania) por 2 min. Durante las extracciones las muestras fueron mantenidas en baño de hielo para evitar su calentamiento. Después de la extracción las muestras fueron filtradas a vacío empleando papel filtro Watman No. 1 con una capa de sulfato de sodio anhidro sobre el papel filtro. Lo anterior con la finalidad de retener la materia sólida insoluble en acetona. Los residuos sólidos retenidos fueron lavados con dos porciones de 10 mL de acetona y recolectado el solvente filtrado. Todos los extractos filtrados fueron transferidos a un embudo de separación de 250 mL que contenían 40 mL de n-hexano y posteriormente se adicionaron 100 mL de una solución de NaCl al 0.5 % (p/v). La mezcla fue agitada fuertemente y posteriormente se mantuvo en reposo por 15 min. La fase superior fue transferida a un matraz volumétrico de 50 mL, llevando a su aforo con hexano y finalmente fue registrada su absorbancia a 472 nm usando un espectrofotómetro VIS marca Orbeco-Hellige SP 600 (Sarasota, FL, USA). Se preparó una curva estándar de acuerdo a Tolasa et al. (2005). Para ello se diluirán 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 3.0 mL de una solución concentrada de astaxantina (0.2 mg/mL) a 10 mL con n-hexano y la absorbancia a 472 nm de cada solución fue registrada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El extracto de romero es una oleorresina obtenida a partir de las hojas de la planta *Rosmarinus officinalis* L. la cual contiene compuestos con importante actividad antioxidante (Wu et al., 1982). Al ser un extracto oleoso este producto tiene la característica de ser poco soluble en agua por lo que para poder tratar las cabezas de camarón con este extracto se prepararon soluciones etanólicas de dicho extracto y posteriormente las cabezas de camarón recién cocidas fueron sumergidas dentro de dichas soluciones. La inmersión de las cabezas cocidas en las soluciones alcohólicas puede provocar cambios fisicoquímicos adicionales a los ocasionados por el cocimiento. En este sentido se observó una marcada pérdida de agua

por efecto de la cocción en salmuera y la inmersión en las soluciones etanólicas. El contenido de humedad de las cabezas de camarón pasó del $73.39 \pm 0.5\%$ (cabezas crudas) al $49.8 \pm 2.2\%$ para el caso del tratamiento testigo (cabezas inmersas en etanol sin extracto de romero). En el caso de los tratamientos llevados a cabo en soluciones etanólicas de romero al 5, 12.5 y 20%, el contenido de humedad observado en las cabezas de camarón después de los tratamientos fue del $54.0 \pm 0.0\%$, $54.3 \pm 0.1\%$ y $56.0 \pm 0.4\%$ respectivamente (Cuadro 1).

Una vez realizados los tratamientos, las cabezas de camarón fueron expuestas a la radiación solar directa para su secado. El proceso de secado se realizó en la primera semana del mes de septiembre del 2016. Los registros de la temperatura superficial del producto, así como la temperatura y humedad relativa ambiental se presentan en la figura 1.

Al igual que en el caso de estudios previos (Hernández-Becerra et al., 2016), la temperatura superficial del producto se mantuvo siempre por encima de la temperatura ambiental. Lo anterior, junto con las condiciones climatológicas del entorno ambiental (temperatura, humedad relativa y velocidad del aire) favorecieron la pérdida de peso por parte del producto durante los cuatro días que duro el secado. La pérdida de peso en el producto durante el secado solar directo se relaciona con la liberación de agua por parte del producto, con la consecuente disminución del contenido de humedad en el mismo (Cuadro 1).

Cuadro 1. % de humedad en muestras de cefalotórax de camarón tratadas con extracto de romero, durante su secado solar directo.

hr	Tratamientos			
	Testigo	Romero 5.0 %	Romero 12.5 %	Romero 20.0 %
0	49.8±2.2a	54.0±0.0b	54.3±0.1b	56.0±0.4c
8	16.8±1.3a	19.3±2.2a	20.3±3.7	20.3±4.4
16	6.1±0.6a	7.1±1.0b	6.3±0.2a	6.1±0.6a
24	3.6±1.2ab	4.2±1.4a	2.4±0.2b	2.5±0.7b
32	4.9±0.4a	4.5±0.4a	5.0±0.2a	4.7±0.4a

Valores en la misma fila con diferente letra, indican diferencia significativa (Prueba de tukey, $p < 0.05$).

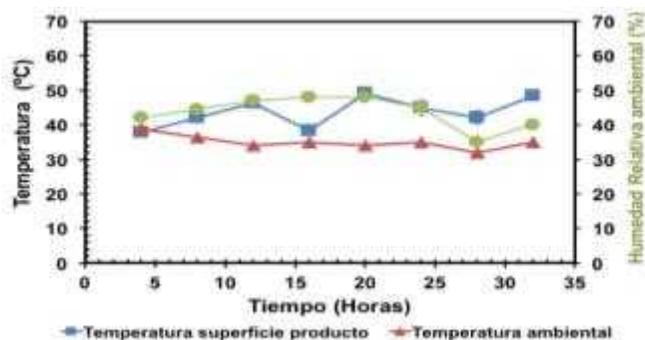


Figura 1. Registros de temperatura superficial en las cabezas de camarón tratadas con extracto de romero, así como de la temperatura y humedad relativa ambiental.

Un aspecto importante a señalar es el hecho de que después de segundo día de secado, el producto ya se encontraba con un contenido de humedad menor al 10% (Cuadro 1). Esto indica una mayor velocidad de secado en comparación con lo observado en estudios previos (Hernández-Becerra et al., 2016). Lo anterior puede deberse a dos factores importantes, el primero de ellos se relaciona con el tamaño de las cabezas de camarón empleadas en ambos estudios, siendo más pequeñas en el presente estudio. El segundo factor posiblemente involucrado es el menor contenido de humedad observado en el producto al inicio del secado solar. Este menor contenido de humedad puede deberse a una deshidratación adicional provocada durante la inmersión del producto en las soluciones alcohólicas. Otro aspecto importante a observar es el hecho de que no se encontró diferencia significativa en la pérdida de peso, así como en los contenidos de humedad estimados para las muestras testigo y las tratadas con las soluciones alcohólicas de extracto de romero en los diferentes tiempos de secado (Cuadro 1).

Durante el secado por exposición directa al sol, la coloración rojo-naranja característica de las cabezas de camarón fue degradándose hasta alcanzar una tonalidad blanco grisáceo. Lo antes mencionado puede apreciarse en la figura 2.

A diferencia de lo observado en el caso del estudio anterior (Evaluación del TBHQ, Hernández-Becerra et al., 2016) en el presente estudio no se logra apreciar un efecto positivo claro en la retención de la coloración rojo-naranja como resultado del tratamiento de las cabezas de camarón con extracto de romero (Figura 2).

Lo anterior se corrobora al analizar el cambio en el parámetro “a” del sistema CieLab a lo largo del tiempo de secado para todos los tratamientos (Figura 3). En este caso se aprecia una disminución en los valores de “a” a lo largo del tiempo para todos los tratamientos. Sin embargo, la variabilidad observada para este parámetro en los diferentes tratamientos dificulta el poder establecer diferencia significativa entre los productos tratados en contraste con el tratamiento testigo (Figura 3). Un comportamiento similar al del parámetro “a” es observado para el caso de la luminosidad (parámetro “L”) y el parámetro “b”.



Figura 2. Cambios durante el secado por exposición directa al sol de cabezas de camarón tratadas con extracto de romero a diferentes niveles: testigo sin adición de antioxidante (TeR1a), tratamiento con extracto de romero al 5 % (Ro 5 R1a), tratamiento con extracto de romero al 12.5 % (Ro 12 R1a) y tratamiento con extracto de romero al 20 % (Ro 20 R1a).

Como ha sido mencionado anteriormente, la coloración rojo-naranja de las cabezas de camarón cocidas es debida a la presencia del carotenoide astaxantina el cual es muy sensible a los procesos oxidativos provocados por el entorno. En este sentido, puede observarse que el uso del extracto de romero ejerció un efecto protector contra la degradación de la astaxantina provocada por el incremento de la temperatura durante la cocción y por su exposición al aire durante su enfriamiento (Figura 4). Lo anterior puede apreciarse al considerar los niveles de astaxantina estimados momentos antes de iniciar el secado solar (tiempo 0). Mayor retención de astaxantina ($117.6 \pm 16.5 \mu\text{g/g}$) es encontrada en el tratamiento realizado con solución alcohólica de extracto de romero al 5% en comparación con los tratamientos realizados con soluciones alcohólicas del 12.5 y 20 %. ($104.9 \pm 24.9 \mu\text{g/g}$ y $104.3 \pm 11.5 \mu\text{g/g}$), o bien contra el testigo ($75.8 \pm 8.6 \mu\text{g/g}$).

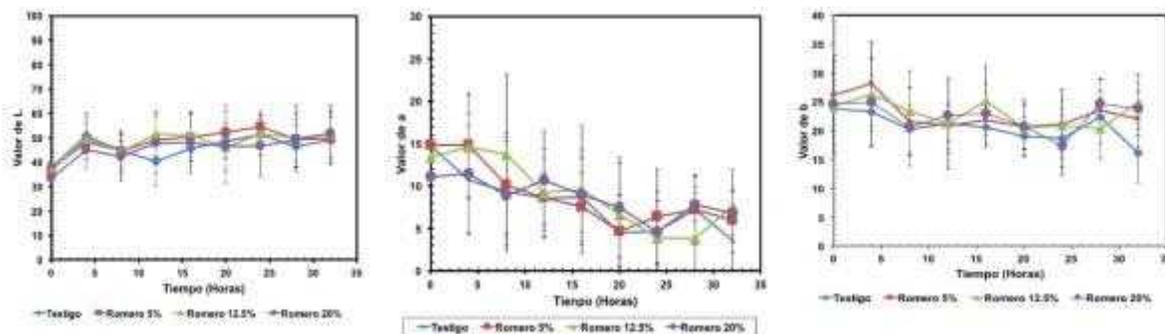


Figura 3. Valores de L, a y b en muestras de cabezas de camarón tratadas con extracto de romero durante su secado solar directo.

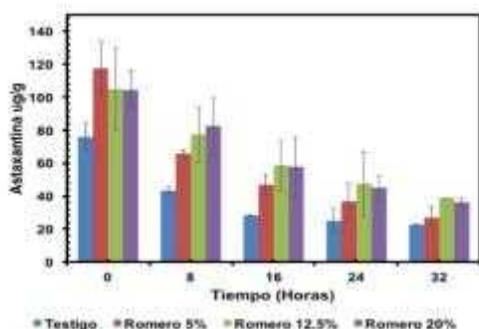


Figura 4. Contenido de astaxantina en muestras de cefalotórax de camarón tratadas con Extracto de Romero durante su secado solar directo.

La protección del extracto de romero sobre la degradación de la astaxantina se prolongó a lo largo del secado solar del producto (Figura 4) observando que las concentraciones de este carotenoide se encontraban significativamente por arriba de la concentración del tratamiento testigo durante las primeras 16 horas de secado solar. Lo anterior coincide con lo reportado por otros investigadores quienes evaluaron el efecto de la adición de ácido rosmarinico sobre la estabilidad de los carotenoides presentes en paprika (Cuvelier y Berset, 2005; Ladrón de Guevara et al., 2002)

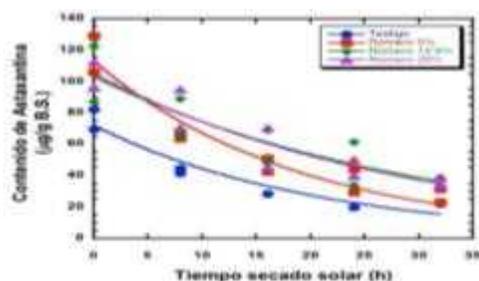


Figura 5. Cinéticas de degradación de astaxantina en muestras de cefalotórax de camarón tratadas con Extracto de Romero durante su secado solar directo.

Derivado del análisis cinético de la degradación de astaxantina presente en las cabezas de camarón tratadas con extracto de romero se observó que esta reacción siguió una cinética de primer orden (Figura 5). El grado de ajuste (r^2) de los valores experimentales al modelo cinético de primer orden fue de 0.962 para el caso del tratamiento de extracto de romero al 5%, 0.950 para el tratamiento testigo, 0.938 para el extracto de romero al 20% y 0.883 para el caso del extracto de romero al 12.5%. Los parámetros cinéticos encontrados para los diferentes tratamientos fueron: concentración inicial (C_0 , $\mu\text{g/g}$) de 72.0 ± 4.5 , 112.9 ± 6.5 , 103.0 ± 8.6 y 105.1 ± 6.4 para el caso de los tratamientos testigo y extracto de romero al 5%, 12.5% y 20% respectivamente. En el mismo orden, las constantes de degradación (k , h^{-1}) observadas fueron de $4.8 \times 10^{-2} \pm 0.6$, $5.1 \times 10^{-2} \pm 0.5$, $3.2 \times 10^{-2} \pm 0.6$ y $3.4 \times 10^{-2} \pm 0.6$. Al considerar las concentraciones iniciales de astaxantina estimados por el modelo (C_0) puede apreciarse el efecto benéfico del empleo del extracto romero en la retención de una mayor cantidad del carotenoide después de la cocción y enfriamiento de las muestras. Por otro lado, al comparar las constantes de degradación estimadas por el modelo en los diferentes tratamientos, se puede observar una menor degradación en el caso de las cabezas tratadas con soluciones de extracto de romero al 12.5 y 20%. Sin duda la inmersión de las cabezas de camarón en las soluciones alcohólicas de extracto de romero, momentos después de su cocción en salmuera, ayuda a mantener la astaxantina contenida en el producto durante su enfriamiento. Además, este efecto protector se prolonga hasta la etapa de secado solar, provocando una menor velocidad de degradación de este carotenoide.

CONCLUSIONES

El tratamiento de inmersión de las cabezas de camarón en soluciones alcohólicas de extracto de romero favorece la retención de la astaxantina después de su cocción y durante el secado solar directo. Lo anterior representa una alternativa en la conservación de este carotenoide en el producto deshidratado abriendo la posibilidad de su aprovechamiento posterior.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen ampliamente al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por apoyo financiero brindado a través del proyecto UTTAB-EXB-014.

Literatura citada

- Andrade-Pizarro, R. D., Chávez-Baldovino, M. M., and Naar-Osorio, V. 2007. Evaluación de las etapas de cocción y secado en la obtención de harina de cabezas de camarón de cultivo (*penaeus* sp). *Dyna*, 153:181–186.
- AOAC-International. 2000. AOAC official method 950.46 moisture in meat. In Horwitz, W., editor, *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. AOCS Press.
- Armenta, R. E. and Guerrero-Legarreta, I. 2009. Amino acid profile and enhancement of the enzymatic hydrolysis of fermented shrimp carotenoproteins. *Food Chemistry*, 112:310–315.
- Armenta, R. E., Guerrero-Legarreta, I., and Huerta, S. 2002. Extracción de caro-proteínas a partir de residuos de camarón fermentados. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 1(2):49–55.
- Armenta-López, R. E. 1998. Estudios sobre carotenoproteínas extraídas de residuos de camarón fermentados y no-fermentados. Master's thesis, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Carranco, M. E., Calvo, C., Arellano, L., Pérez-Gil, F., Avila, E., and Fuente, B. 2003. Inclusión de la harina de cabezas de camarón *Penaeus* sp. en raciones para gallinas ponedoras. efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad de huevo. *Interciencia*, 28(6):328–333.
- Chen, H. M. and Meyers, S. P. 1984). A rapid quantitative method for determination of astaxanthin pigment concentration in oil extracts. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61:1045–1047.
- Cuvelier, M. and Berset, C. 2005. Phenolic compounds and plant extracts protect paprika against uv-induced discoloration. *International Journal of Food Science and Technology*, 40(1):67–73.
- Ladrón de Guevara, R., González, M., García-Mesenguer, M., Nieto, J., Amo, M., and Varón, R. 2002. Effect of adding natural antioxidants on colour stability of paprika. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82:1061–1069.
- Handayani, A., Sutrisno, Indraswati, N., and Ismadi, S. 2008. Extraction of astaxanthin from giant tiger (*Panaeus monodon*) shrimp waste using palm oil: studies of extraction kinetics and thermodynamic. *Biores. Technol.*, 99:4414–4419.
- Hernández-Becerra, J., Ochoa-Flores, A., Carrasco-García, K., García-Jiménez, R., Ruiz-Santiago, F. L., Valadez-Villarreal, A., and Méndez-Villegas, R. 2016. Efecto de la adición de tbhq a cefalotórax de camarón sobre el contenido de astaxantina y cambios de color durante su secado solar. In VIII Simposio Internacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos "Dr. Mario Yanes García". Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Hernández-Becerra, J., Ochoa-Flores, A., Valerio-Alfaro, G., Soto-Rodríguez, I., Rodríguez-Estrada, M., and García, H. 2014. Cholesterol oxidation and astaxanthin degradation in shrimp during sun drying and storage. *Food Chemistry*, 145:832–839.
- Higuera-Ciapara, I., Félix-Valenzuela, L., and Goycoolea, F. 2006. Astaxanthin: A review of its chemistry and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46:185–196.
- Honorato, G. C., Oliveira, E. L., Alsina, O. L. d. S., and Magalães, M. M. A. 2005. Estudio del proceso cinético del secado de cefalotórax de camarón. *Información Tecnológica*, 16(4):3–10.
- López-Cervantes, J., Adan-Bante, N., and Sánchez-Machado, D. 2010. Separation and biochemical characterization of the products from fermented shrimp wastes. In Le-Bihan, E., editor, *Sea by-products as a real material: new ways of application*, pages 117–132. Transworld Research Network, Kerala, India.
- Mesnier, X., Gregory, C., Fanca-Berthon, P., Boukobza, F., and Bily, A. 2014. Heat and light colour stability of beverages coloured with a natural carotene emulsion: Effect of synthetic versus natural water soluble antioxidants. *Food Research International*, 65:149–155.
- Rodríguez-Amaya, D. 2001. A guide to carotenoid analysis in foods. ILSI Press.
- Sachindra, N., Bhaskar, N., and Mahendrakar, N. 2005. Carotenoids in different body components of indian shrimps. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85:167–172.
- Sachindra, N., Bhaskar, N., Siddegowda, G., Sathisha, A., and Suresh, P. 2007. Recovery of carotenoids from ensilaged shrimp waste. *Biores. Technol.*, 98:1642–1646.
- SAGARPA. 2010. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2010. Technical report, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca.
- Vignoni, L. A., Cesari, R. M., Forte, M., and Mirabile, M. L. 2006. Determinación de índice de color en ajo picado. *Información Tecnológica*, 17(6):63–67.
- Wu, J. E., Lee, M. H., Ho, C. T., and Chang, S. S. 1982. Elucidation of the chemical structure of natural antioxidants isolated from rosemary. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 59:339–345.

VALIDACIÓN DE MARCADORES LIGADOS A GENES DE RESISTENCIA A *Colletotrichum lindemuthianum* EN GENOTIPOS DE FRIJOL.
VALIDATION OF MARKERS LINKED TO RESISTANCE GENES FOR *Colletotrichum lindemuthianum* IN BEANS GENOTYPES

¹Guerrero Aguilar BZ, ¹Acosta Gallegos JA, ²Rodríguez López DB, ¹Anaya López JL, Montero ¹Tavera V, ¹Jiménez Hernández Y.

¹INIFAP-CE-Bajío. km. 6.5 Carr. Celaya – San Miguel de Allende (38010), Celaya, Gto. México.

² Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, Calle Manuel Gómez Morín 300, Janicho, 38933 Salvatierra, Gto.

Autor de correspondencia; guerrero.brenda@inifap.gob.mx

RESUMEN

El frijol es una leguminosa de gran importancia en la dieta de los mexicanos por su alto contenido de proteína, fibra y vitaminas esenciales. Este cultivo presenta reducción en la producción por enfermedades, entre ellas la antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum*. En esta investigación el objetivo fue identificar marcadores ligados a los genes de resistencia a la antracnosis, Co-4² y Co-5 en 43 genotipos de diferentes tipos de frijol. Los genotipos de frijol analizados incluyen de tipo negro brillantes, flor de junio, flor de mayo y pinto; se utilizaron marcadores moleculares tipo SCAR: SAS13 (Co-4²) y SAB3 (Co-5). De los materiales evaluados se identificaron 24 genotipos con el marcador asociado al gen Co-4²; 12 con el marcador asociado al gen Co-5, y cinco con ambos marcadores. Éstos últimos son candidatos para utilizarse como progenitores en el mejoramiento de la resistencia a la antracnosis.

Palabras clave: Antracnosis, genes de resistencia, frijol, marcadores moleculares

INTRODUCCIÓN

Colletotrichum lindemuthianum es uno de los principales patógenos que afecta al cultivo de frijol causando pérdidas de, un 30 a 90% en su producción, donde las condiciones ambientales es un factor importante para el desarrollo de este patógeno ya que puede afectar cualquier parte de la planta, dependiendo de la época de la infección y la fuente de inóculo.

Hasta el momento la resistencia a *C. lindemuthianum* está condicionada por 21 loci de resistencia identificados por el símbolo Co se han descrito en frijol común: Co-1 a 7, co-8, Co-9 al 14 y Co-u Co-z (Ferreira et al., 2013).

Kelly y Miklas (1999), identificaron marcadores de tipo RAPD (OF10530, OQ41440, B3551000, OH20450, OAS13950, OAL9740, SAS13950, OAB3450, OAK20890, OZ4560) para cinco genes dominantes independientes (Co-1, Co-2, Co-4², Co-5 y Co-6) que condicionan la resistencia a la antracnosis. Adicionalmente, se han desarrollado marcadores SCAR para dos de estos genes (Co-2 y Co-4²). Para América Central, se estima que la combinación más adecuada de genes resistentes a *C. lindemuthianum* es la del andino Co-1 con los genes mesoamericanos Co-2, Co-4², Co-5 y Co-6, junto con estos marcadores se han identificado 12 diferenciales que poseen genes de resistencia a diferentes razas de *C. lindemuthianum*, entre ellos se encuentra la diferencial G2333 que pertenece al acervo mesoamericano y que posee más de un gen para control de la antracnosis en frijol (Young y Kelly, 1996). Pastor-Corrales et al. (1994) encontraron que los genes Co-4 y Co-7 están presentes en G2333. Mientras que Balardin et al. (1997) describieron a uno de los genes de G2333 como Co-4², reportando este alelo como uno de los más efectivos frente a razas de *C. lindemuthianum* con un índice de resistencia del 97%. Young y Kelly (1996) mostraron que esta diferencial también aportaba el gen Co-5. Así que los múltiples genes en G2333 hacen de un parental apropiado como fuente de resistencia para obtener variedades mejoradas, especialmente para los frijoles andinos volubles, ya que G2333 también es voluble. Por lo tanto, se planteó el siguiente objetivo identificar genes de resistencia a la Antracnosis (Co-4² y Co-5) en diferentes tipos de frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se estudiaron 43 genotipos del germoplasma de frijol del Campo Experimental Bajío, que incluye líneas avanzadas, variedades mejoradas de los tipos de frijol pinto, negro brillante, flor de junio, flor de mayo, y las tres de las variedades diferenciales para antracnosis, TO, TU y G2333, las dos últimas contienen los genes ligados a la resistencia a antracnosis Co-5 y Co-4².

Extracción de ADN. Se tomó trifolios jóvenes de los genotipos de frijol y se hizo la extracción de ADN utilizando el método de Doyle and Doyle modificado 1985. Se cuantifico el ADN por medio de espectrofotómetro (nanodrop 8000) para homogenizar la concentración de ADN a 20 ng/μl, se realizó una electroforesis en gel de agarosa al 1% con amortiguador TBE 1X, en donde se visualizó la calidad del ADN en una foto documentador marca Kodak Gel logic 112. Se utilizaron dos marcadores tipos SCAR SAB3 (Co-5) 5'-TGGCGCACACATAAGTTCTCACGG-3', 5'-TGGCGCACACCATCAAAAAGGTT-3' lo cual detecta la presencia del gen Co-5 y amplifica una banda de 450 pb. (Vallejo y Kelly 2001) y el marcador SAS13 (Co-4²) 5'-CACGGACCGAATAAAGCCACCAACA-3', 5'-CACGGACCGACCGAGGATACAGTGAAAG-3', este SCAR permite detectar la presencia del gen Co-4² mediante la amplificación de una banda de 950 pb (Young et al. 1998). La mezcla de reacción fue de 25 μl, preparada con 5 μM de iniciador, 2.5 μM, dNTP, 10X amortiguador de reacción (50 μM KCl, 10 mM Tris-HCl, pH 9.0 [25 °C]) 1U de *Taq* ADN polimerasa; 1.5 mM de MgCl₂, y 45 ng de ADN genómico. Los ciclos para el PCR de los iniciadores fueron: 4 min 94°C, 35 ciclos 0.30 s a 94°C, 1 min a T_m, y 1 min a 72 °C; un ciclo final de 5 min a 72 °C. (Cuadro 1)

Cuadro 1. Marcadores SCAR, genes de resistencia a la antracnosis del frijol.

SCAR	GEN	Banda (pb)	T _m °C	Genotipo (Diferenciales)	Referencia
SAB3	Co-5	400	67	TU	Vallejo y Kelly, 2001
SAS 13	Co-4 ²	950	65	G2333	Young et al. 1998

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los productos de amplificación tipo SCAR se observaron cuatro grupos, uno sin presencia de marcadores, uno con presencia del marcador asociado al gen Co-4², otro con presencia del marcador Co-5 y el tercero con la presencia de ambos marcadores (Cuadro 2). EL Marcador SAS13 amplifico una banda de 950pb lo que concuerda con lo reportado por Young et al. (1998) como se observa en la Figura 1. De los 43 genotipos evaluados, 24 se encontraron con el gen Co-4². Mientas que, entre las diferenciales, solo G2333 lo presentó.



Figura 1. Amplificación de PCR tipo SCAR SAS13 del gen Co-4².

En cuanto al marcador SAB3, este amplifico a una altura de 450 pb. De los 43 genotipos de frijol amplificados, 12 de ellos tienen la presencia del gen Co-5. En las diferenciales el marcador amplifico en el G2333 y TU lo cual concuerda con lo reportado por Vallejo y Kelly (2001) (figura 2)



Figura 2. Amplificación de PCR tipo SCAR SAB3 del gen Co-5

En el cuadro 2 se muestra la presencia/ausencia de los dos marcadores tipos SCAR en los diferentes genotipos de frijol. Sin embargo, se observó que algunos genotipos no son uniformes en cuanto a la presencia de los marcadores, un ejemplo fue la variedad testigo Negro Otomí ya que no todas las plantas

Cuadro 2. Genotipos de frijol identificados con ausencia y presencia de marcadores moleculares ligados a genes de resistencia a *Colletotrichum lindemuthianum* Co-4² y Co-5.

Genotipo	Gen Co-5 SAB3	Gen Co-4 ² SAS 13
Negros		
Negro Otomí	-	+
Negro Otomí-20	-	-
((FJM/FMA-6-4)//Island)-11-1-2/Ng. Otomí	-	-
((FJM/FMA-6-4)//Island)-11-1-1/Ng. Otomí	-	+
Negro Otomí-11	-	-
((FJM/FMA-6-4)//Island)-12-3	-	+
((FJM/FMA-4)//Island)-12-3	-	-
((FJM/FMA-6-4//Island)-3-1/Ng. Otomí-4-3-3-1	+	-
Negro Otomí-3	-	+
((FJM/FMA-6-4)//Island)-35-1/Ng. Otomí -4-2-1-2	-	+
((FJM/FMA-6-4)//Island)-35-1/Ng. Otomí-4-2-1-3-2	-	+
((FMJ/FMA-6-4) //Island)-35-1/Ng. Otomí-2-1-2	+	-
Negro Otomí-4	+	+
Negro Otomí-8	-	-
Negro Otomí-15	+	-
Negro Otomí-5	+	-
Flor de Junio		
FJ -2 (FJB 08064/Island)-M-1-1-1-1	-	+
FJ -3 (FJB 08064/Island)-M-6-2-9-1	-	-
FJ -4 FJM-1	-	+
FJ-6 (FJB 08064/Island)-M-2-2-2	-	+
FJ -7 (FMN/RCVA 3)M-3-1-6	-	+
Dalia	-	+
Junio León	-	-
Flor de Junio Marcela-1	+	+
Pinto		
1(PS/RS)-M-23-1	-	+
2 (PS/RS)-M-1-3-3	-	+
3 (PS/RS)-M-1-4-2	+	+
4 (PS/RS)-M-1-5-3	-	+
5 (PS/RS)-M-1-6-5	-	-
6 ((DON 38/AZ. NAM-5-1)/PT. Saltillo)-M-25-1-1	-	-
7 ((DON38/AZNAM-5-1)/PT. Saltillo)-M-29-3-2	-	+
8 ((DON38/AZ. NAM-5-1)/PT. Saltillo)-M-30-2-1	+	-
9 (DON38/AZ. NAM-5-1)/PT. Saltillo-M-23-2-1	-	-
Pinto Saltillo	-	+
San Rafael	-	+
Rarámuri	-	+
Flor de Mayo		
FM 1 (FMA/Az.26-M-9-7-1-6	+	+
FM 2 (FMA/PTRc-PT. Dgo.	+	-
FM 3 (FMA/Az.26-M-4-3-3-2-1	+	-
FM4 (FMA/Az.26-M-4-3-1-3-1	-	-
FM5 (FJM/FMA/Earlired)-M-1-1-2	-	+
FM 6 (FMB 08004/Island)-M-2-1-2	-	-
Flor de Mayo Dolores	+	+
Diferenciales		
To	-	-
G2333	+	+
Tu	+	-

ostraron el marcador asociado al gen Co-4², por ello, es importante uniformizar esos genotipos con el uso de este marcador o mediante la inoculación con la raza adecuada de antracnosis para verificar la resistencia a *C. lindemuthianum*.

Entre los 43 genotipos se observaron cinco con la presencia de los dos marcadores ligados a los genes Co-4² y Co-5: FJ Marcela-1, Flor de Mayo Dolores, Negro Otomí 4, las líneas avanzadas FM-1 y 3 (PS/RS)-1-4-2, de tipo Flor de Mayo y Pinto, respectivamente. Éstos genotipos resistentes se pueden considerarse para ser utilizados con progenitores para el desarrollo de nuevas líneas y variedades resistentes a la antracnosis. Es importante mencionar que éstos genotipos resistentes incluyen al menos uno de cada uno de los cuatro tipos de frijol caracterizados lo que facilita la incorporación de los genes de resistencia en cada tipo de frijol con la ayuda de los marcadores. La diferencial G 2333 también mostró ambos marcadores, pero es preferible utilizar las líneas avanzadas porque están al haber sido desarrolladas en El Bajío, están adaptadas y poseen las características comerciales de grano demandado en la región, mientras que la diferencial G 2333 es una variedad criolla de Chiapas de hábito de crecimiento trepador y de ciclo largo.

CONCLUSIONES

Se identificaron cinco genotipos de diferente tipo comercial de frijol con los marcadores asociados a los genes de resistencia Co-4² y Co-5: (PS/RS)-M-1-4-2, (FMA/Az.26-M-9-7-1-6, Flor de Junio Marcela-1, Flor de Mayo Dolores y Negro Otomí 4. Éstos se podrán utilizar como progenitores como fuente de resistencia a antracnosis o si reúnen las características agronómicas necesarias, ser registrados como nuevas variedades.

LITERATURA CITADA

- Balardin, R.S., J.S. Smith y J.D. Kelly. 1997. Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum*, from South, Central and North America. *Phytopathol.* 87, 1184-1191.
- Ferreira, J.J., Campa, A. Kelly, J.D. 2013. Organization of genes conferring resistance to anthracnose in common bean. In *Translational Genomic for Crop Breeding*. Edited by: Varshney R., Tuberosa R. John Wiley and Sons: John Wiley and Sons. 151-182 p.
- Kelly, J.D.; Miklas, P.N. 1999. Marker-Assisted Selection. In S. Singh (ed.) *Common Bean Improvement in the Twenty-First Century*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. p 93 – 124.
- Pastor-Corrales, M.A., O.A. Erazo, E.I. Estrada y S.P. Singh. 1994. Inheritance of anthracnose resistance in common bean accession G2333. *Plant Dis.* 78, 959-962.
- Vallejo, V. y J.D. Kelly. 2001. Development of a SCAR marker linked to Co-5 locus in common bean. *Annu. Rep. Bean Improvement Coop.* 44, 121-122.
- Young, R.A. y J.D. Kelly. 1996a. Characterization of the genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean differential cultivars. *Plant Dis.* 80, 650-654.

FERTILIZACIÓN BIOLÓGICA Y ORGÁNICA DE PEPINO *Cucumis sativus* L. EN CULTIVO EN SUELO

BIOLOGIC AND ORGANIC FERTILIZATION OF *Cucumis sativus* L. IN SOIL CROPPING

¹Pliego-Marín L, ¹Herrera-Feria C, ²Robles C

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-Hacienda de Nazareno. Xoxocotlán, Oaxaca, México.

²Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Un. Oaxaca. Laboratorio de Suelos. C/ Hornos 1003. 71230 Xoxocotlán, Oaxaca, México.

Autor para correspondencia: croblesp@ipn.mx

RESUMEN

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) son microorganismos cuyas actividades son de importancia para lograr la sustentabilidad de los sistemas suelo-planta. Muchas especies de estos grupos son comúnmente utilizadas en el mundo para la formulación de biofertilizantes. La vermicomposta ha probado ampliamente su capacidad fertilizante cuando ha sido aplicada a numerosos cultivos en todo el mundo. El objetivo del trabajo es evaluar el efecto de la aplicación conjunta de biofertilizantes y vermicomposta sobre el crecimiento y fisiología de plantas de pepino. La adición de vermicomposta incrementa el valor de las variables de crecimiento en los dos cultivares en que se aplicó. En ambos cultivares se establecieron interacciones microorganismo-planta eficientes. Estas interacciones tuvieron un efecto sinergista con la aplicación de la vermicomposta, sobre todas las variables de crecimiento de las plantas de pepino, así como un incremento en los contenidos de clorofilas y proteínas foliares. La inoculación múltiple con las PGPR produjo una mayor colonización radical del HMA aplicado, en ambos cultivares. El uso simultáneo de vermicomposta y microorganismos rizosféricos es una práctica sustentable y efectiva que promueve el crecimiento y desarrollo de plantas de pepino cultivadas en suelo bajo invernadero.

Palabras clave: *biofertilizante, nutrición vegetal, pepino, vermicomposta*

INTRODUCCIÓN

El uso de comunidades microbianas del suelo como una aplicación biotecnológica para mejorar la nutrición y salud de las plantas, así como recuperar las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, han sido evaluadas y se proponen como prácticas agrotecnológicas amigables con el medio ambiente (Barea *et al.*, 2013). Algunas de las prácticas de manejo sustentable en la producción de cultivos incluyen el uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), ya que mejoran la fertilidad de los suelos agrícolas y naturales (Smith y Read, 2008). Los aislados de HMA utilizados deben tener la capacidad de competir con las poblaciones nativas presentes en los suelos, deben tener la capacidad de infectar al hospedante y ser efectivas en la simbiosis establecida con el mismo. Los HMA, junto con las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), son los microorganismos rizosféricos claves para garantizar la sostenibilidad del sistema suelo- planta. Estos organismos son una importante fuente nutricional para las plantas, mejorando la germinación, crecimiento y rendimiento de los cultivos (Cano *et al.*, 2004; Santillana *et al.*, 2005).

La utilización de estos fertilizantes biológicos no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino permitir que la fertilización sea más eficiente y puedan disminuirse las dosis a aplicar, al incrementar la eficiencia en la absorción de los nutrientes por las plantas. De esta forma, el efecto benéfico de estos organismos sobre el crecimiento y la nutrición vegetal, reportado para la mayoría de las plantas cultivadas, ha provocado que en la última década se haya incrementado su empleo en los principales cultivos económicos en México (Medina, 2002).

La vermicomposta es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que resulta de la interacción entre lombrices, microorganismos del suelo y materiales orgánicos de diverso origen y composición. El efecto de su aplicación al suelo ha sido evaluado en diversos cultivos que incluyen a cereales como sorgo y maíz (Duran-Umañas y Henríquez-Henríquez, 2010; Lazcano *et al.*, 2011), hortalizas como chile y tomate (López *et al.*, 2013; Rodríguez-Dimas *et al.*, 2007), ornamentales como petunia (Arancon *et al.*, 2008).

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) es uno de los más importantes a nivel mundial, en México es de los más rentables, con una producción de 109 210 toneladas (SAGARPA-SIAP, 2014). México es el principal país exportador a nivel mundial (www.trademap.org). Es un cultivo demandante de altas

cantidades de fertilizantes y, debido a esto, son pocos los estudios que se han hecho con la inoculación de microorganismos. El presente trabajo tiene el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de vermicomposta e inoculantes microbianos rizosféricos sobre el crecimiento y la colonización micorrízica, en dos híbridos de pepino.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue instalado en un invernadero con cubierta plástica y de malla antiáfidos. Se estableció en un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con 14 tratamientos y tres repeticiones por tratamiento (Cuadro 1). El registro de las variables de respuesta se realizó a los 25, 50 y 75 días después del trasplante. Los datos obtenidos se sometieron al análisis de la varianza (ANOVA) seguida de la prueba de separación múltiple de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), utilizando el programa estadístico SAS 9.0 (Statistical Analysis System).

Plántulas de 20 días de emergencia fueron transferidas a bolsas con 6 kg de capacidad, utilizando suelo como sustrato. Las plántulas fueron inoculadas ocho días después del trasplante con 3 g de inóculo comercial por plántula. Para el caso de inoculantes de HMA, se utilizó la especie *Glomus fasciculatum*. Los fertilizantes biológicos aplicados en el caso de rizobacterias correspondieron a la especie *Azospirillum brasilense* fijadora de nitrógeno, bajo el nombre comercial de BIOFERTIBUAP, y para el caso de organismos solubilizadores de fósforo se adicionaron las especies *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus*. Los parámetros evaluados fueron: longitud de tallo, longitud de raíz, peso seco de planta, y porcentaje de colonización micorrízica. Se seleccionaron las raicillas más finas para el clareo y conteo de raíces utilizando la metodología de Phillips y Hayman (1970), tomándose aproximadamente 20 raicillas que se colocaron en portaobjetos para su observación al microscopio óptico, de esta manera se determinó el porcentaje de colonización micorrízica por el método de McGonigle *et al.* (1990).

Cuadro1. Tratamientos aplicados a plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) para evaluar el efecto de la fertilización biológica y orgánica

Trat.		Tipo de fertilización
T1	Turbo + Conquistador	Fertilización mineral (FQ)
T2		Vermicomposta (VC)
T3		Vermicomposta+micorriza (VCM)
T4		Vermicomposta+micorriza+ <i>Azospirillum</i> (VCMAz)
T5		Vermicomposta+micorriza+bacteria solubilizadora de fósforo (AVCMB)
T6		Vermicomposta+micorriza+ <i>Azospirillum</i> + bacteria solubilizadora de fósforo (VCMAzB)
T7		Vermicomposta+ <i>Azospirillum</i> +bacteria solubilizadora de fósforo (AVCAzB)
T9	Thunderbird	Fertilización mineral (FQ)
T10		Vermicomposta (V)
T11		Vermicomposta+micorriza (VM)
T12		Vermicomposta+micorriza+ <i>Azospirillum</i> (VMAz)
T13		Vermicomposta+micorriza+bacteria solubilizadora de fósforo (VMB)
T14		Vermicomposta+micorriza+ <i>Azospirillum</i> +bacteria solubilizadora de fósforo (VMAzB)
		Vermicomposta+ <i>Azospirillum</i> +bacteria solubilizadora de fósforo (VAzB)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En plantas fertilizadas con nutrición mineral (T1 y T8) se observó una mayor longitud de tallo para el caso del híbrido Thunderbird (T8) a los 25 y 50 días después del trasplante (ddt), sin embargo, a los 75 ddt las diferencias entre ambos híbridos no se manifestaron (Figura 1).

La adición de vermicomposta al suelo como única fuente nutricional (T2 y T9) favoreció el crecimiento del tallo. Esta respuesta se observó desde la primera evaluación para el caso del híbrido Turbo + Conquistador (T2) con un incremento del 5.5 % y en forma menos evidente (2.4 %) al final del experimento. En el híbrido Thunderbird este efecto solo se mostró en las dos últimas evaluaciones. Esta tendencia ha sido observada en especies hortícolas donde la adición de vermicomposta al suelo permitió un incremento significativo en la altura de las plantas (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007; Galindo-Pardo *et al.*, 2014), y se manifiesta aun a altas

concentraciones de vermicomposta (50 y 100%), esto probablemente atribuido al adecuado pH y al bajo contenido de sales detectado en la vermicomposta (López *et al.*, 2013, Hidalgo *et al.*, 2006).

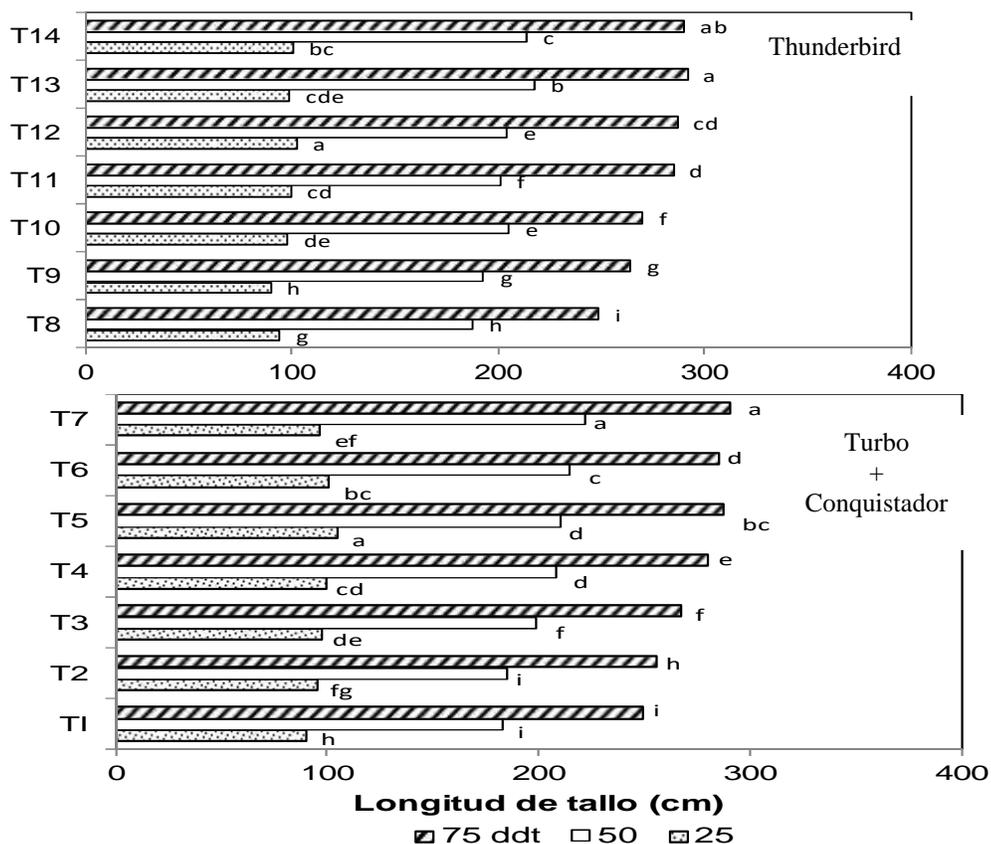


Figura 1. Efecto de la aplicación de vermicomposta y biofertilizantes sobre el crecimiento de tallo de plantas de dos híbridos de pepino cultivadas en suelo bajo invernadero

En plantas biofertilizadas y para el caso de la primera evaluación, los mejores tratamientos correspondieron a los inoculados con rizobacterias (T5, T6, T12 y T14), con incrementos máximos de 16 %. Para las evaluaciones restantes, los mejores tratamientos fueron T7, T13 y T14.

Tanto la inoculación con HMA como la adición de PGPR promovieron el crecimiento de la parte aérea. Una respuesta similar fue observada en otros cultivos como el chile y pepino inoculados con micorrizas (*Glomus* sp. y *Glomus intraradices*) y/o rizobacterias (*Azospirillum* y bacterias solubilizadoras de fósforo). Este efecto es atribuido a la mayor concentración de ácido indol acético y ácido giberélico encontrada en los meristemos apicales de las plantas (Roman-García, 2003; Salhia, 2010; Parmar *et al.*, 2011), pero difieren de lo reportado por otros autores donde se indica que la micorriza no incrementa el crecimiento de la planta (Uribe *et al.*, 2007).

Durante la primera evaluación, la adición de vermicomposta al sustrato (T2) incrementó el desarrollo de la raíz en plantas del híbrido Turbo+Conquistador en un 6 % con respecto al testigo. De igual manera, la inoculación promovió el crecimiento de la raíz en plantas del híbrido desde los 25 ddt, siendo los mejores tratamientos aquellos en los que se aplicaron organismos rizosféricos (T3, T5, T6 y T7), con aumentos que oscilaron entre 13-26 %. Este efecto se hizo más evidente a los 50 ddt en donde sobresalieron los tratamientos T5 y T7 con incrementos de hasta el 63 % (T5), haciéndose extensiva al resto de los tratamientos de inoculación, aunque en menor proporción. Una tendencia similar se observó en la última evaluación.

En relación al crecimiento de la raíz y para el caso del híbrido Thunderbird, no se apreció una tendencia clara del efecto de los diferentes tratamientos aplicados, durante la primera evaluación (Figura 2). En la segunda evaluación, las diferencias entre los tratamientos se hicieron más evidentes, observándose que

la inoculación con PGPR, incluyendo o no la adición de HMA (T13 y T14), favorecieron el crecimiento radical hasta en un 53 % en comparación a plantas fertilizadas con nutrición mineral y al resto de los tratamientos.

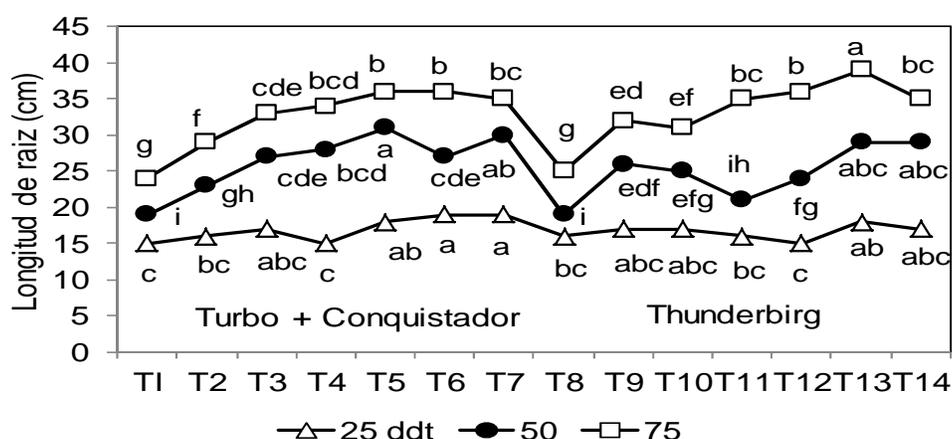


Figura 2. Efecto de la aplicación de vermicomposta y biofertilizantes sobre la longitud de la raíz en plantas de dos híbridos de pepino cultivadas en suelo bajo invernadero.

Si bien se observó el efecto benéfico que la vermicomposta tiene sobre el crecimiento vegetativo (parte aérea y raíz) (Edwards *et al.*, 2004) y se ha corroborado que es debido su alto contenido nutricional (Hidalgo *et al.*, 2006), existen claras evidencias que plantas fertilizadas con vermicomposta incrementan significativamente su crecimiento en comparación a las cultivadas que son complementadas con fertilizante mineral para alcanzar un contenido nutricional similar, esto indica que este efecto pudiera ser debido a la producción de reguladores de crecimiento en planta como consecuencia de las poblaciones microbianas presentes en la vermicomposta (Arancon *et al.*, 2004a, 2004b).

Plantas de ambos híbridos alcanzaron el mismo peso seco en plantas control (Cuadro 2). La adición de vermicomposta como única fuente nutricional favoreció la acumulación de materia seca en ambos híbridos (T2 y T9). En el caso de Turbo + Conquistador favoreció la acumulación de materia seca en todas las evaluaciones. Estos incrementos se hicieron más marcados con la adición de HMA y PGPR ((T4, T5, T6 y T7), con aumentos en materia seca de hasta 21 %. A partir de la segunda evaluación, en Thunderbird se registró un mayor peso seco, lo que indica que el efecto benéfico observado de los biofertilizantes depende también del material vegetal evaluado.

La adición de vermicomposta favoreció la acumulación de peso seco en la parte aérea, esto pudiera ser consecuencia del incremento de la carga de nutrientes, principalmente el nitrógeno, como se observó para el cultivo del pimiento en invernadero (Fortis-Hernández *et al.*, 2012).

Por otro lado, la inoculación con *Glomus clarum*-*Azotobacter chroococcum* permitió un mayor crecimiento, mayor biomasa y producción en los cultivos de tomate, lechuga y frijol, de lo que se deduce que esta asociación resulta una alternativa promisoriosa para la producción de cultivos hortícolas (Terry *et al.*, 2002). El uso de vermicomposta sola (T2 y T9) no promovió la colonización micorrícica en los dos híbridos, ya que los niveles detectados fueron muy bajos respecto a la inoculación simple (T3 y T10, diez veces menor para Turbo y ocho veces para Thunderbird) (Figura 3). Los porcentajes de colonización encontrados (20-39 %) fueron mayores al referido en un sistema de producción similar, en el que se reporta valores de 14 a 15 % como máximo para la producción de tomate en invernadero (Cwala *et al.*, 2010). No obstante, se han logrado valores mayores de porcentajes de colonización en otros sistemas de producción en los que se incluyen plantas de pepino (Ortas, 2010), resultando obvio que las condiciones ambientales influyen en esta respuesta (Uribe-Valle y Dzibe-Echeverría, 2006).

Se observó un efecto sinérgico de la coinoculación de HMA y PGPR en el presente estudio, sobre la colonización de la micorriza. Así, en el híbrido Turbo + Conquistador la adición de *G. fasciculatum* y *Azospirillum* (T4) incrementaron la colonización de este hongo en un 40 %, en comparación a la inoculación simple (T3), en tanto que la adición de *G. fasciculatum* y bacterias solubilizadoras de fósforo la promovieron en un 70 % (T6), y 80 % en T12, que correspondió al uso de *Azospirillum* y bacterias solubilizadoras de fósforo.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de vermicomposta y biofertilizantes sobre el peso seco total en plantas de dos híbridos de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Híbrido	Tratamiento	Días después del trasplante		
		25	50	75
Turbo + Conquistador	T1	19.01 i	33.0 i	45.0 j
	T2	20.0 f	34.0 f	46.3 g
	T3	20.0 f	34.0 f	47.0 f
	T4	22.5 abc	35.0 e	47.8 d
	T5	22.3 cd	35.7 c	47.5 e
	T6	22.4 bc	35.4 d	47.4 e
	T7	23.0 a	36.0 b	48.1 c
Thunderbird	T8	19.3 hi	33.5 h	45.4 i
	T9	19.8 gh	34.4 f	46.0 h
	T10	20.9 f	34.0 g	46.9 f
	T11	21.8 de	34.9 e	47.3 e
	T12	21.7 e	35.1 e	48.0 cd
	T13	22.8 abc	36.5 a	49.3 a
	T14	22.9 ab	36.1 b	48.7 b

El efecto benéfico provocado por las bacterias promotoras del crecimiento sobre la colonización y el crecimiento del micelio dio como resultado que se acuñará el término de bacterias ayudantes de micorrizas (Gryndler, 2000; Garbaye, 1994). Este efecto de la acción combinada de HMA y PGPR ha sido reportado en tomate (Siddiqui y Akhtar, 2008).

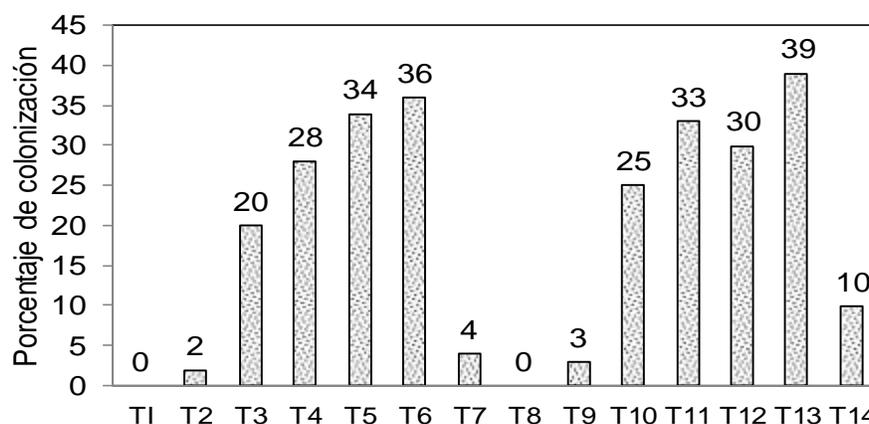


Figura 3. Efecto de la aplicación de vermicomposta y biofertilizantes sobre la micorrización en plantas de pepino crecidas en suelo bajo invernadero.

CONCLUSIONES

La incorporación de vermicomposta como fuente nutricional permitió un mayor crecimiento y desarrollo de plantas de pepino crecidas en suelo bajo invernadero. Los híbridos evaluados presentan capacidad para establecer asociaciones efectivas con la bacteria rizosférica *Azospirillum brasilense* y con el HMA *Glomus fasciculatum*. Estas simbiosis potenciaron el efecto benéfico que se tuvo sobre el crecimiento de las plantas de pepino crecidas en vermicomposta. Además, la coinoculación con rizobacterias favorecieron una mayor colonización micorrícica en ambos híbridos. El uso de desechos agrícolas compostados y de organismos rizosféricos es una práctica sustentable y efectiva que permite un crecimiento y desarrollo adecuado de hortalizas bajo condiciones de invernadero, es una alternativa promisorias para la producción en estos sistemas.

LITERATURA CITADA

- Arancon, N.Q.; Edwards, C.A.; Bierman, P.; Welch, C. y Metzger, J.D. 2004a. Effect of vermicompost produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93: 134-144.
- Arancon, N.Q.; Edwards, C.A.; Bierman, P.; Welch, C. y Metzger, J.D. 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93(2): 145-153.
- Arancon, N.Q.; Edwards, C.A.; Babenko, A.; Cannon, J. O.; Galvis, P. and Metzger, J.O, 2008. Influences of vermicomposts and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination and flowering of petunias in the greenhouse. *Applied Soil Ecology* 39: 91-98.
- Barea, J.M.; Pozo, M.J.; Azcón, R and Azcón-Aguilar, C. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*. 56(417): 1761-1778.
- Cano, R.P.; Moreno, R.A.; Marquéz, C.H. y Rodríguez, D.N. 2004. Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. *Memorias del cuarto Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción*. Torreón, Coahuila, México.
- Cwala, Y.; Laubscher, C.P.; Ndakidemi, P.A. y Meyer, A.H. 2010. Mycorrhizal root colonization and the subsequent host plant response of soil less grown tomato plants in the presence o absenc of the mycorrhizal stimulant Mycotech. *African Journal of Microbiology Research* 4(5): 414-419.
- Fortis-Hernández, M.; Preciado-Rangel, P.; García-Hernández, J. L.; Navarro-Bravo, A.; Antonio-González, J.; y Omaña-Silvestre, J. M. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(6):1203-1216.
- Galindo-Pardo, F.V.; Fortis-Hernández, M.; Preciado-Rangel, P.; Trejo-Valencia, R.; Segura-Castruita, M. A. y Orozco-Vidal, J.A. 2014. Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus*, L.) bajo sistema protegido. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(7): 1219-1232.
- Garbaye, J. 1994. Helper bacteria: a new dimension to the mycorrhizal symbiosis. *New Phytol* 128: 197-210.
- Gryndler, M. 2000. Interactions of arbuscular mycorrhizal fungi with other soil organisms. In: Kapulnik, Y. Douds Jr DD eds. *Arbuscular mycorrhizas: Physiology and function*. Dordrecht. Kluwer Academic Publisher. 239-262.
- Gutiérrez-Miceli, F.A.; Santiago-Borraz, J.; Montes-Molina, J.A.; Carlos-Nafate, C.; Abud-Archeli, M.; Oliva-Llaven-M.A.; Rincón-Rosales, R. and Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource Technology* 98: 2781-2786.
- Hidalgo, P.R.; Matta, F. B.. and Karkess, L. 2006. Physical and chemical properties of substrates containing earthworm castings and effects on marigold growth. *HortScience* 41(6): 1474-1476.
- López-Baltazar, J.; Méndez-Matías, A.; Pliego-Marín, L.; Aragón-Robles, E. y Robles-Martínez, M.L. 2013. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile de onza (*Capsicum annum*) en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6: 1139-1150.
- Mc Gonigle T.P.; Miller, M.H.; Evans, D.G.; Fairchild, G.S.; Swan, J.A. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol*. 115:495-501.
- Medina, N. 2002. Evaluación de diferentes especies de bacterias y hongos MVA y sus combinaciones como biofertilizantes para el tomate cultivado fuera de época. VIII Seminario Científico del INCA. p. 38.
- Ortas, I. 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. *Spanish Journal of Agricultural* 8(S1): S116-S122.
- Palmar, M.K.; Patel, B.N. and Mane, S.R. 2011. Response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to chemical fertilizers and bio-fertilizer. *Vegetable Science* 38(2): 235-236.
- Phillips, J. M.; Haymans D. S. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans Br Mycol Son*. 55: 158-160.
- Rodríguez-Dimas, N.; Cano-Ríos, P.; Favela-Chávez, E.; Figueroa-Viramontes, U.; de Paul-Alvarez, V.; Palomo-Gil, A.; Márquez-Hernández, C. y Moreno-Reséndez, A. 2007. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(2): 185-192.
- Román-García, F. 2003. Concentración de reguladores del desarrollo vegetal inducida por hongos endomicorrizicos en dos cultivares de chile. Tesis de doctorado. Universidad de Colima. Tecomám, Colima, México. p. 103.
- Salhia, B.M. 2010. The effect of *Azotobacter chroococcum* as nitrogen biofertilizer on the growth and yield of *Cucumis sativus*. Tesis de Maestría. The Islamic University-Gaza. p. 94.
- Santillana, N.; Arellano, C. y Zúñiga, D. 2005. Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Ecología Aplicada* 4(2): 47-51.
- Siddiki, S.A. y Akhtar, M.S. 2008. Effect of fertilizer, AM fungus and plant growth promoting rhizobacterium on the growth of tomato and on the reproduction of root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Journal of Plant Interactions* 3(4): 263-271.
- Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal. Symbiosis*. 3er ed. Elsevier.
- Terry, E.; Terán, Z.R.; Martínez-Viera, R. y Pino, M.A. 2002. Biofertilizantes, una alternativa promisoría para la producción hortícola en organopónicos. *Cultivos tropicales*. 23(3): 43-46.
- Uribe-Valle, G. y Dzibe-Echeverría, R. 2006. Micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*), *Azospirillum brasilense*, brassinoesteroides en la producción de maíz en suelo luvisol. *Agricultura Técnica en México*. 32(1): 67-76.

Referencias informáticas

- SAGARPA-SIAP, 2014. <http://www.siap.gob.mx> (consultado el 16 de diciembre de 2016)
- TRADEMAP, 2010. <http://www.trademap.org> (consultado el 16 de diciembre de 2016)

**EFFECTO DEL DIGESTATO EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE BALLICO PERENNE
Lolium perenne L. BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.
EFFECT OF DIGESTATE ON THE YIELD COMPONENTS OF RYE GRASS *Lolium perenne* L. UNDER
GREENHOUSE CONDITIONS.**

Castro Rivera R, Solís Oba MM, Montalvo Aguilar KH, Ramírez Hernández C

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Ex-hacienda de San Juan Molino, carretera Tecuexcomac - Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala, México.
Autor de correspondencia: rcastror@ipn.mx

RESUMEN

Conocer el efecto de los digestatos derivados de la digestión anaeróbica de residuos sólidos de ganado vacuno, sobre el rendimiento de praderas de gramíneas, es una justificante para reducir el uso de agroquímicos en la fertilización de las mismas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la concentración y la frecuencia de riego de digestatos sobre los componentes del rendimiento de Ballico perenne, en un ciclo de crecimiento de 4 semanas en la época de verano. Para ello se aplicaron, tres concentraciones (20, 40 y 60%), dos frecuencias de riego (15 y 30 días). Las variables evaluadas fueron, peso fresco, materia seca, peso de hojas, peso de tallos, altura de la planta y peso por tallo. El digestato fue adquirido en la granja experimental del departamento de zootecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, y se realizaron comparaciones de medias por Tukey (α 0.05), por el procedimiento GLM de SAS. Y los resultados mostraron que el mayor rendimiento de materia seca, peso de hojas, peso de tallos y altura de planta fue con el tratamiento de 40% de digestato y la frecuencia de riego cada 15 días. Se concluye que se debe continuar con la evaluación de la concentración y frecuencias de riego, sobre los componentes del rendimiento de ballico perenne en todas las épocas del año, para conocer la respuesta del mismo a la fertilización con digestatos.

Palabras clave: *Ballico perenne, digestato, rendimiento*

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento adecuado de praderas puras o mixtas, requiere del conocimiento sobre el manejo agronómico, distribución estacional del rendimiento y la respuesta a las frecuencias de defoliación. Sin embargo, el rendimiento de las plantas forrajeras está sujeto a un patrón de crecimiento, influenciado por la temperatura, humedad y nutrientes del suelo que determinan la cantidad de biomasa por ciclo de producción, rendimiento estacional y anual (Castro *et al.*, 2012; Ahmad *et al.*, 2016).

El uso de leguminosas solas o asociadas con gramíneas permite mejorar el rendimiento y calidad nutricional del forraje que, a su vez, mejoran las ganancias de peso, producción de leche, y la fertilidad del suelo por el aporte de nitrógeno atmosférico, así como una mejor intercepción de luz y distribución estacional de la producción de biomasa (Castro *et al.*, 2012, Rojas *et al.*, 2016).

El uso de fertilizantes inorgánicos es cada vez más caro, debido a los altos costos en el proceso de producción, el cual interviene en la producción de gases de efecto invernadero (GEI) y su uso en la contaminación de suelos y agua. La utilización de residuos sólidos orgánicos provenientes de sistemas de producción animal, puede reducir el uso de fertilizantes químicos; sin embargo, también puede haber contaminación de suelos y aguas por la acumulación de nitratos (NH_3) y fosfatos (PO_4^{3-}), y el almacenamiento o acumulación de las excretas, así como la aplicación de los efluentes también produce efectos de GEI (Walsh *et al.*, 2012). Por lo que se debe tener cuidados en la utilización de los mismos.

La digestión anaeróbica, permite maximizar el retorno de nutrientes del suelo, y reducir la dependencia de los fertilizantes químicos. Al respecto Walsh *et al.* (2012) reportaron que, en praderas de ballico perenne, el digestato registró valores superiores ($P < 0.05$), a los fertilizantes con N y NPK, y en praderas con asociación con trébol blanco, donde los fertilizantes no registraron diferencias ($P > 0.05$) a las praderas que no se fertilizaron. Tampere y Viiralt (2014), reportaron que usar digestato en la fertilización incrementó en promedio $2.41 \text{ t MS ha}^{-1}$, con respecto a praderas de clima templado, que no se fertilizaron, a pesar de no haber diferencias ($P > 0.05$) con la fertilización química, se registró una diferencia de 1.3 t MS ha^{-1} . Y concluyen que usar los digestatos puede ser usado como sustituto de los fertilizantes químicos.

La fertilización con digestatos, tiene efectos diferentes en cada especie de pasto (Rancane *et al.*, 2015), y por lo tanto conocer cómo se comportan las especies a este tipo de fertilización es importante para un manejo de la cantidad de biomasa que se produce en el rancho, así mismo, utilizar la biomasa nativa

proveniente de los pastizales y áreas verdes, permite un aprovechamiento integral de ese recurso renovable, que no necesita más que darle manejo para que se conserve y persista en el lugar (Rancane *et al.*, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas de ballico perenne, fueron donadas por el Laboratorio de Forrajes del Posgrado en Ganadería del Colegio de Postgraduados. El digestato líquido se obtuvo de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad de Chapingo, que es alimentado por la unidad de bovinos lecheros. El suelo se obtuvo del campo experimental del CIBA-IPN Tlaxcala ubicado geográficamente a 19°16'50.3" N, 98°21'58.1" O, a 2221 msnm, en la ex Hacienda San Juan Molino carretera estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala, México. En las muestras de suelo se consideró la pendiente, profundidad del suelo, en dos diferentes parcelas del suelo experimental del CIBA; las cuales no habían sido utilizadas antes para experimentos de campo y posteriormente revolver el sustrato ya tamizado.

La siembra de ballico perenne fue colocando 10 semillas en bolsas de plástico de 1.5 kg (unidad experimental), y se dejó que las plantas tuvieran un periodo de 70 días para el establecimiento y posteriormente al inicio del experimento se realizó un corte de uniformización a una altura de cinco cm, para reducir el efecto de covariable. Se delimitaron los tratamientos con base a los criterios a evaluar y bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 X 2; se establecieron 8 tratamientos con 12 repeticiones; los tratamientos fueron concentración de digestato (20%, 40 y 60%), frecuencia de aplicación del digestato (14 y 28 días), más dos testigos que contenían suelo sin fertilización.

El rendimiento de biomasa se midió por maceta, en el cual, se cortó todo el forraje contenido dentro de éste a una altura de cinco cm, el material vegetal cosechado se depositó en bolsas de papel previamente marcadas con el número de tratamiento y la repetición correspondiente, se lavó y se pesó en fresco, posteriormente se secó en una estufa de aire forzado a 70 °C, por 48 horas.

Se registró la altura de forraje antes de cada corte con una regla graduada de un metro de longitud y una precisión de 0.5 cm, en cada repetición de cada tratamiento, en plantas elegidas al azar, con la regla colocada completamente vertical desde la base de la planta hasta la hoja superior más joven (Castillo *et al.*, 2009; Castro *et al.*, 2011).

El forraje cosechado en cada unidad experimental, se separó en sus componentes morfológicos (tallos, hojas y material muerto) y se pesó cada componente en fresco y se registró su peso en base seca.

La tasa de crecimiento (TC) se calculó con los datos de rendimiento de materia seca por corte mediante la siguiente fórmula:

$$T = \frac{F}{t}$$

Donde FC = forraje cosechado (g MV maceta), y t = días transcurridos entre un corte y el siguiente.

La relación hoja: tallo se obtuvo dividiendo el rendimiento por corte del componente morfológico hoja entre el rendimiento por corte del tallo.

Los valores agrupados se graficaron mediante el software estadístico SigmaPlot V.10 y se analizaron con el procedimiento PROC GLM del Software estadístico SAS® Versión 9.0 para Windows®. Las medias de tratamientos fueron estimadas utilizando Tukey a un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables de los componentes del rendimiento evaluadas se muestran en el cuadro 1, donde el mayor peso en fresco ($P < 0.01$) lo registró el tratamiento con el 40% de digestato y con riego cada 15 días, superando en 135% al suelo solo, 53% a la misma concentración a 30 días de riego, y en 55% a la concentración del 20%; mientras que a la mayor concentración la supero en 20%, y al fertilizante químico en 35% a pesar de no existir diferencias estadísticas ($P > 0.05$).

La mayor cantidad de hojas, que en términos prácticos es lo más valioso del forraje, no existió diferencias ($P > 0.05$) entre el fertilizante químico, la mayor concentración (60%) y el tratamiento con el 40% a cada 15 días de aplicación; siendo éste último superior en 20 y 30%, respectivamente; Así mismo, la diferencia entre éste último fue de 133% con respecto al suelo solo. Los tratamientos con las concentraciones extremas (20 y 60%), no registraron diferencias ($P > 0.05$).

El componente tallo registró en todos los tratamientos que fueron fertilizados con el digestato no existió diferencia ($P > 0.05$); Sin embargo, el tratamiento 40% a cada 15 días, fue el más alto (3.5 g tallo por maceta). Y los pesos más bajos ($P < 0.01$) los registraron los testigos, pero estos no fueron diferentes a las

concentraciones extremas.

La altura de la planta a excepción de los tratamientos con 40 y 60% de concentración a cada 30 días de riego, fueron similares a los testigos ($P > 0.05$), en el resto de los tratamientos se presentó este mismo efecto, siendo el tratamiento 40% cada 15 días el mejor de todos con 62 cm.

La relación hoja: tallo que está estrechamente correlacionada con el valor nutritivo del forraje, tomando como referencia que valores superiores a 1 son parámetros de buena calidad, los resultados obtenidos muestran que en todos los tratamientos superaron valores de 6, y el tratamiento 40% cada 15 días, que fue el mejor en el resto de las variables, en está fue el que mostró el valor más bajo (Figura 1).

Cuadro 1. Variables evaluadas en Ballico perenne, a diferentes concentraciones de digestato, en suelo solo y con fertilización química.

Tratamiento	Peso Fresco	Peso de hojas	Material muerto	Peso tallo	Altura de planta
20% 15 días	12.7 bc	11 abc	0.3 ns	2.3 ab	55.4 ab
20% 30 días	11.3 bc	9.6 bc	0.3 ns	2.3 ab	56.1 ab
40% 30 días	12.1 bc	10.1 bc	0.6 ns	2.4 ab	49.2 b
40% 15 días	18.6 a	15.4 a	0.7 ns	3.1 a	61.8 a
60% 15 días	15.1 ab	12.8 ab	0.4 ns	2.7 ab	53.3 b
60% 30 días	15.7 ab	12.9 ab	0.5 ns	2.4 ab	54.5 ab
Químico	13.7 ab	11.8 ab	0.3 ns	1.8 b	51.1 b
Suelo	7.9 c	6.6 c	0.3 ns	1.7 b	49.3 b
Significancia	**	**	NS	**	**

Diferentes literales en columnas son estadísticamente diferentes, ($P < 0.01$ **)

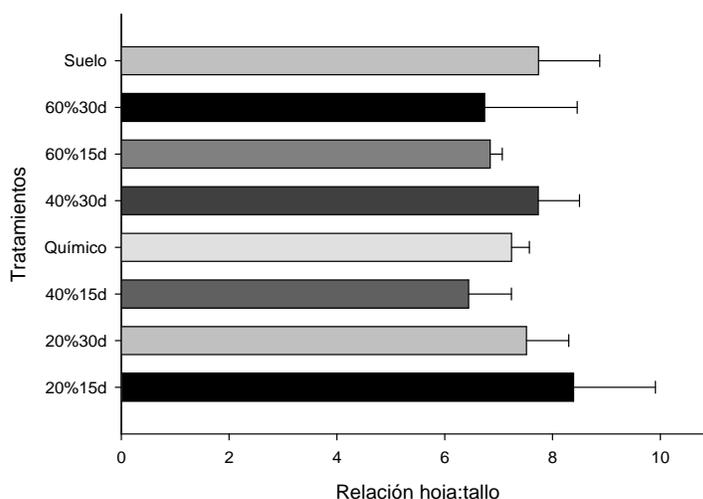


Figura 1. Relación hoja: tallo, a diferentes concentraciones de digestato, en suelo solo y con fertilización química.

La tasa de crecimiento del cultivo (Figura 2), mostró que las mayores concentraciones de digestato independientemente de la frecuencia de riego fueron las que secundaron al mejor tratamiento (40% cada 15 días), en una frecuencia de corte cada 28 días, entonces sería importante conocer cómo se comporta a atrás frecuencias más largas, cada 35 y 42 días. El suelo solo, sin fertilización alguna registró el valor más bajo ($p > 0.05$).

Los resultados observados en el presente trabajo, respaldan lo expuesto por Rancane *et al.* (2015) y Wash (2012), quienes observaron un incremento en el rendimiento del forraje con la adición de digestato; Sin embargo, estos autores solo exponen las diferencias en el rendimiento total, y no describen los componentes del rendimiento, que son más útiles para un programa de manejo, con la finalidad de producir forraje de mejor valor nutritivo, Así mismo, este trabajo no coincide con lo reportado por Tampere y Viral (2014), quienes exponen que la diferencia entre el digestato y el fertilizante químico es de 53%, mientras que en este trabajo solo fue del 35%, esto se debe porque estos autores reportaron el rendimiento

acumulado en un año, por lo que se debe continuar con la evaluación del efecto de los digestatos en el rendimiento acumulado en las 4 épocas del año.

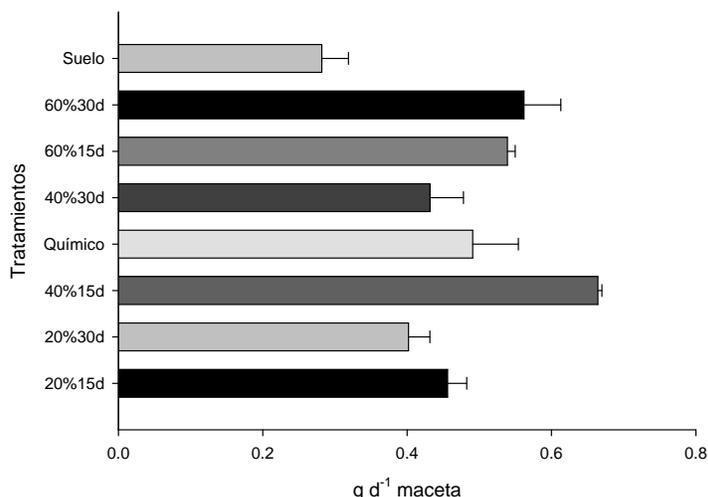


Figura 2. Tasa de crecimiento del ballico perenne a diferentes concentraciones de digestato, en suelo solo y con fertilización química.

CONCLUSIONES

La mayor concentración de digestatos, no representó el mayor rendimiento de forraje, pero si superó a la fertilización química y al suelo sin fertilizar, es por ello que se debe continuar con la evaluación del efecto a más largo plazo y evaluar otros parámetros como la fertilidad de los sustratos, para evidenciar que mineral o nutriente está siendo interviniendo en el rendimiento de forraje.

LITERATURA CITADA

- Ahmad J., Iqbal A., Ayub M., Akhtar J. 2016. Forage yield potential and quality attributes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) Under various agro-management techniques. *The Journal of Animal & Plant Science*. 26 (2): 465-474.
- Castillo EG, Valles MB, Jarillo RJ. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. *Técnica Pecuaria México* 2009; 47(1): 79-92.
- Castro RR, Hernández GA, Aguilar BG, Ramírez RO. 2011. Comparación de métodos para estimar rendimiento de forraje en praderas asociadas. *Naturaleza y Desarrollo*. 2011; 9(1):38-46.
- Castro RR., Hernández GA., Vaquera HH., Hernández GJ, Quero CA, Enríquez QJF, Martínez HPA. Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Rev Fitotec Mex* 2012; 35 (1): 87-95.
- Rancane S., Karklins A., Lazdina D., Berzins P. 2015. Biomass yield and chemical composition of perennial grasses for energy production. *Engineering for rural development*. (20): 546-551.
- Rancane S., Karklins A., Lazdina D., Berzins P., Bardule A., Butlers A., Lazdins A. 2016. The evaluation of biomass yield and quality of *Phalaris arundinacea* and *Festulolium* fertilized with bio-energy waste products. *Agronomy Research* 14(1): 198-210.
- Rojas G. A. R., Hernández G. A., Quero C. A. R., Guerrero R. J. D., Ayala W., Zaragoza R. J. L., Trejo L. C. 2016. Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(4): 885-895.
- Tampere M., Viiralt R. 2014. The efficiency of biogas digestate on grassland compared mineral fertilizer and cattle slurry. *Research for rural development*. (1): 89- 94.
- Walsh J. J., Jones D. L., Edwards-Jones G., Williams A. P. 2012. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. *Journal Plant Nutrition Soil Science*. (175): 840-845.

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CELULOSA A PARTIR DEL TALLO DE PLATANILLOS
Heliconia Latispatha Benth
CELLULOSE FROM PLATANILLOS *Heliconia Latispatha Benth* STEM:
ISOLATION AND CHARACTERIZATION

¹Bolio-López GI, ²Veleva L, ¹García-Fajardo NA, ¹Hernández-Villegas MM, ¹Espinoza-Molar E, ¹López-Martínez A

¹UPCH, Departamento de Ciencias Básicas e Ingenierías, Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km.2.0, 86500 Cárdenas, Tabasco, México.

²CINVESTAV-Mérida, Departamento de Física Aplicada, Carr. Ant. a Progreso Km.6, Cordemex, 97310 Mérida, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: bgloriaivette@gmail.com

RESUMEN

La *Heliconia Latispatha Benth* (platanillos), como especie vegetal no ha sido explotada en el estado de Tabasco, ya que se genera en altas proporciones en potreros y áreas muy húmedas de la entidad. Sin embargo, esta especie representa una fuente de biomasa como alternativa comercial, debido al gran potencial que pueden tener las fibras naturales para la producción de materiales de refuerzo en el diseño, procesamiento y producción de biocompuestos. El objetivo de este estudio fue la obtención y caracterización de celulosa a partir de los tallos del platanillo con el método de Cazaurang modificado y su caracterización. La metodología para la obtención de la celulosa incluyó procedimientos químicos: hidrólisis ácida, cloración, extracción alcalina y blanqueamiento. El producto final tuvo un rendimiento de 46.0% de celulosa a partir de los tallos de platanillo y fue caracterizada por espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) y Difracción de rayos-X (XRD). Los patrones de difracción de rayos-X indicaron $49.7 \pm 2\%$ de cristalinidad de la celulosa y un tamaño de cristal de 4.2 ± 1.1 nm aproximadamente. Los interferogramas de FTIR confirmaron la manera eficiente de la disolución de las regiones amorfas de lignina y hemicelulosa con los tratamientos ácidos. Los resultados demostraron que la celulosa obtenida de este residuo agroindustrial tiene potencial para su aplicación en la industria de materiales.

Palabras clave: celulosa, *Heliconia*, materiales, FTIR, XRD.

INTRODUCCIÓN

La celulosa es un biopolímero compuesto de moléculas de β -glucosa y es un polisacárido estructural en las plantas en donde forma parte de los tejidos de sostén. La pared de una célula vegetal joven contiene aproximadamente un 40% de celulosa (Morán *et al.*, 2008).

Las fibras de celulosa son extremadamente resistentes al estirado, debido a que sus cadenas paralelas se alinean sobre un eje longitudinal y establecen un gran número de puentes de hidrógeno intermoleculares, que da origen a microfibrillas (rodeadas de ligninas y hemicelulosas) altamente estructuradas (Mark *et al.*, 1986), estas microfibrillas de celulosa están formadas por regiones de celulosa amorfa y cristalina, ellas son las principales responsables de las propiedades mecánicas de las fibras naturales (Vignon *et al.*, 2004). Después de las plantas alimenticias, las productoras de fibra son las de más importancia económica y social, para los países desarrollados y subdesarrollados. Las fibras de celulosa han sido obtenidas a partir de raíces, tallos, hojas, frutos y semillas (Ratikanta, 1995). Bledzki y Gassan (1999) identifican que la composición química de las fibras naturales varía en función del tipo y origen de la fibra ellas contienen principalmente distintas proporciones de celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina. Usualmente, la composición está dada por un 60 – 80% de celulosa y hemicelulosa, un 5 – 20% de lignina, hasta un 5% de pectina y agua. Además, las fibras contienen bajos porcentajes de cera. Las *Heliconias* son hierbas de 1 a 7 metros de altura, de hojas simples, alternas, generalmente el pecíolo, de 15 a 50 cm de largo, envuelve al tallo (WP, 2013), esta especie representa una fuente de biomasa como alternativa comercial, debido al gran potencial que pueden tener las fibras naturales para la producción de materiales poliméricos, razón del enfoque principal del presente estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección del tallo de la planta *Heliconia Latispatha Benth* (platanillo) se efectuó en el municipio de Cárdenas, Tabasco México en la Av. Las Flores, Colonia El Bajío 1^{ra} sección con coordenadas GPS: Longitud (dec): -93.362778 y Latitud (dec): 17.968333. las muestras, se cortaron en secciones de 30 cm

de longitud y un corte longitudinal a la mitad. Posteriormente se lavaron con agua corriente para eliminar impurezas y se pusieron a secar en la estufa durante 12 h a 60°C para eliminar el exceso de humedad.

Pretratamiento

El material seco fue introducido en una solución de 10% NaOH a ebullición durante 10 min., posteriormente se bajó la temperatura y se agitó continuamente durante 20 min, al finalizar el tiempo, las muestras se dejaron enfriar, se lavaron con agua corriente y se secaron en una estufa a 60°C durante 12 horas.

Obtención de celulosa

Se realizó usando la técnica de pulpeo (Cazaurang *et al.*, 1990), que consta de cuatro pasos: (1) hidrólisis ácida suave con H₂SO₄ al 0.4% por una hora y un lavado posterior; (2) cloración con 3.5% NaClO con agitación continua de la solución, en un baño de agua a 30°C hasta alcanzar un pH 9.2, seguido por lavado con agua destilada hasta la neutralidad; (3) extracción alcalina con 20% NaOH en agitación por 1 h, seguido por un proceso de lavado; (4) blanqueo con una solución de 0.5% NaClO, agitando continuamente por 1 hora y un lavado final hasta pH neutro. Seguidamente, el material se esparció en una charola de aluminio durante 1 día, a temperatura ambiente y posteriormente en una estufa durante 24 h a 60°C. La masa de la celulosa se determinó con una balanza analítica, para determinar el rendimiento del proceso de obtención a partir de los tallos de platanillo y por último, la celulosa se pulverizó por medios mecánicos.

Métodos de caracterización

Visualización estereoscópica

La caracterización estereoscópica del tallo de la *Heliconia Latispatha* Benth “Platanillos” y de la celulosa obtenida se realizó en un microscopio estereoscópico Leica EZ5 para pruebas ópticas de gran precisión. Con una amplitud de zoom de 5:1 (10x– 50x), y con un ángulo de observación de 60°.

Espectroscopía de infrarrojo (FTIR)

La caracterización química de las muestras de platanillo (sin procesar) y celulosa se llevó a cabo utilizando la técnica de espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), con un Espectrómetro de Infrarrojo “FTIR Nicolet Magna Protegé 460” en el modo de absorbancia, con una resolución de 4 cm⁻¹ y 100 barridos. Las pastillas para manejo con el FTIR se prepararon con 1 mg de muestra de celulosa en 100 mg de KBr.

Difracción de Rayos-X (XRD)

La determinación de la cristalinidad de las muestras de platanillo (muestra sin procesar) y celulosa fue basada analizando los espectros de difracción de rayos-X, método de polvos (PXR), obtenidos con un equipo “Siemens D 5000 Difractometer”, espectro de CuK (λ = 1.5418 Å y de energía 8.047 keV). El porcentaje de cristalinidad (Xc%) de las muestras de celulosa fue calculada con la ecuación (1), por el método desarrollado por Segal *et al.* (1959):

$$Xc\% = 100[1 - (I_1/I_2)] \quad (1)$$

dónde: I₁ es la intensidad del pico mínimo y I₂ es la intensidad máxima del pico cristalino, respectivamente. El tamaño del cristal (t) fue calculado con la ecuación (2), propuesta por Scherrer (Cullity, 1978):

$$t = 0.9 \lambda / B \cos \theta \quad (2)$$

dónde: λ es la longitud de onda de la radiación utilizada (Cu), B - el ancho a la altura media del pico de difracción de la muestra, θ - la posición del pico de difracción y 0.9 es el factor de forma del cristal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento.

En este estudio un rendimiento de la celulosa de 46% fue obtenido, a partir de platanillo (*Heliconia Latispatha* Benth), con el tratamiento químico aplicado, valor ligeramente menor al 66% de rendimiento reportado para residuos agroindustriales del banano (Bolio *et al.* 2011), y similar al 47.91% de celulosa reportado por Cruz *et al.* (2006), a partir de la vaina del frijol pelón (*Vigna Unguicuada* L. WALAP).

Estereoscopia.

En la figura 1 se muestran las imágenes estereoscópicas de la muestra inicial (a) *Heliconia Latispatha* Bent (Platanillo) y (b) la celulosa extraída.

a



Figura 1. Muestra (a) no tratada *Heliconia Latispatha* Bent (platanillo) y (b) celulosa extraída.

Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR).

En la figura 2 se muestran los interferogramas de (a) la muestra *Heliconia Latispatha* Bent (platanillo) (*Heliconia* "cero") y (b) la celulosa extraída.

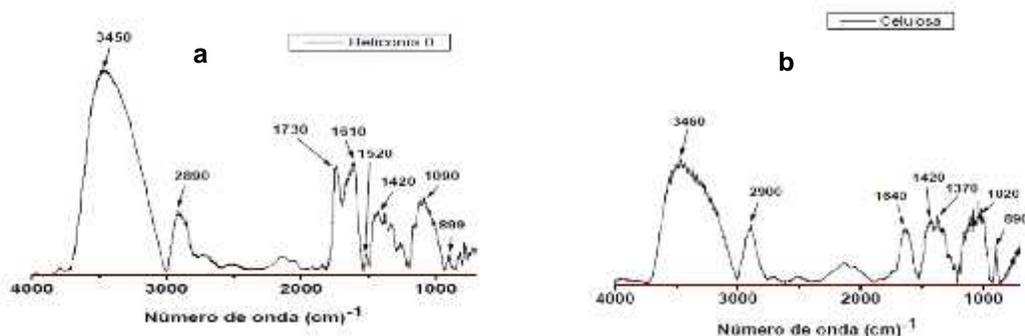


Figura 2. FTIR de (a) muestra no tratada de *Heliconia Latispatha* Benth (platanillos) y (b) de la celulosa extraída.

La figura 2(a) muestra el interferograma del platanillo antes del tratamiento (*Heliconia* "cero"), el pico de 3450 cm^{-1} , es atribuido a los estiramientos de los grupos funcionales OH del grupo hidroxilo, presentes en la celulosa, hemicelulosa y lignina (Morán *et al.*, 2008; Arceo, 2006; Coates, 2000 y Brandrup *et al.*, 1975). Asimismo, la intensidad de la banda 2890 cm^{-1} , representa las vibraciones de estiramientos de los enlaces H-C-H (CH_2) con compuestos alquilo, alifático (Morán *et al.*, 2008 y Arceo, 2006). El pico de 1730 cm^{-1} se relaciona con los enlaces C=O de cetonas no conjugadas, presentes en las hemicelulosas correspondientes a la deformación o vibraciones de estiramientos de diferentes hidratos de carbono (Popescu *et al.*, 2011 y Morán *et al.*, 2008). La banda a 1610 cm^{-1} se le atribuye al agua adsorbida (Morán *et al.*, 2008). El pico de 1520 cm^{-1} se relaciona con el enlace C=C y a la presencia de anillos del ácido cumarílico, correspondiente a la lignina (Morán *et al.*, 2008; Arceo, 2006 y Ram *et al.*, 2003). La banda a 1420 cm^{-1} representa las vibraciones de flexión/asimétrico de estiramientos de los enlaces CH_2 (Arceo, 2006 y Coates, 2000). Consecuentemente, el pico de 899 cm^{-1} muestra las vibraciones de estiramiento de los enlaces C-H de los compuestos hidrógenos aromáticos de flexión fuera de plano presentes en la lignina (Coates, 2000 y Morán *et al.*, 2008). Y por último un pico débil de 801 cm^{-1} representa el enlace de anillos ácido cumarílico (Arceo, 2006 y Ram *et al.*, 2003). En la figura 2(b), el Interferograma de la celulosa extraída ya no se observan las bandas a 1730 cm^{-1} (C=O de hemicelulosas), y a 1520 cm^{-1} relacionado con el enlace C=C (anillos de ácido cumarílico de lignina). Se observa con mayor intensidad el pico 1420 cm^{-1} , correspondiente a los enlaces C-O-H presentes en la celulosa, y el pico a 890 cm^{-1} propio de enlaces C-H aromáticos, muestra residuos de lignina presentes en la celulosa.

Difracción de Rayos-X.

La figura 3 presenta el difractograma de Rayos-X de 3(a) muestra de platanillo 0 (sin tratar) y 3(b) de la celulosa obtenida después del tratamiento químico. El tamaño de cristal de la celulosa fue calculado utilizando la ecuación (2) de Scherrer. El porcentaje de cristalinidad se obtuvo mediante el análisis de los difractogramas de Rayos-X (ec.1), donde I_1 es el área amorfa de la celulosa bajo la curva y I_2 el pico cristalino de mayor intensidad $2\theta = 22^\circ$.

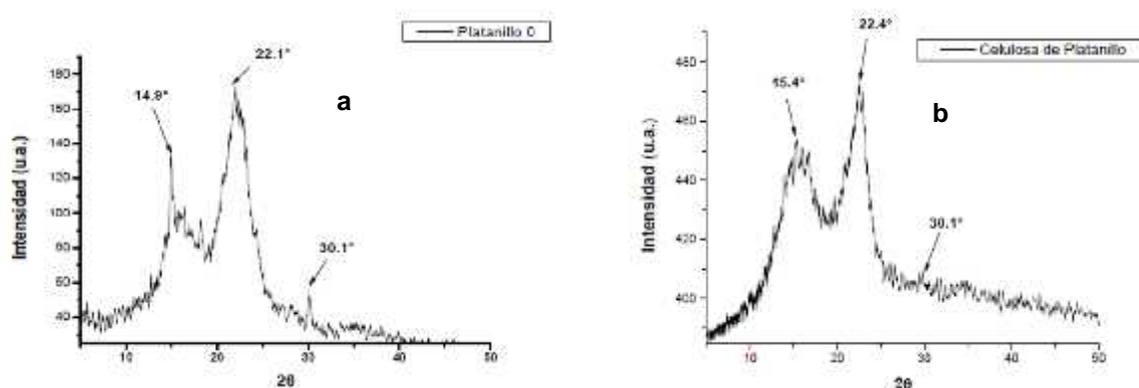


Figura 3. Difractogramas XRD de (a) muestra no tratada de *Heliconia Latispatha* Benth (platanillos) y (b) de la celulosa extraída.

En la figura 3 se observan los picos cercanos a $2\theta = 22.1^\circ$ (a) y 22.4° (b) son de celulosa (Wang *et al.*, 2007), así como los picos a $2\theta = 14.9^\circ$ (a), 15.4° (b), y el pico a 30.1° (a y b), que son característicos correspondientes a la estructura de la celulosa I (Visakh *et al.*, 2010; Isogai *et al.*, 1989).

El porcentaje de cristalinidad de la celulosa de "platanillo" no tratada químicamente ha sido de 16.5%, mientras que la tratada obtiene una cristalinidad casi tres veces mayor (49.7%), después del tratamiento ácido de las fibras y la hidrólisis que se ha llevado a cabo preferentemente en la región amorfa. Este aumento de cristalinidad después del tratamiento ácido ha sido reportado anteriormente (Azizi *et al.*, 2004). El tamaño promedio del cristal fue de 4.22 ± 1.13 nm. Los cristales de celulosa, de acuerdo Alexander (1969) y Cullity (1978), poseen una forma monoclinica. En las muestras analizadas en este estudio se observó un patrón correspondiente a celulosa tipo I, comúnmente encontrada en las fibras vegetales naturales (Isogai *et al.*, 1989), específicamente celulosa tipo I estable con cristales monoclinicos.

CONCLUSIONES

La celulosa fue obtenida utilizando un tratamiento químico de hidrólisis ácida, aplicado a los tallos de *Heliconia Latispatha* Benth (platanillos). Los patrones de difracción de Rayos-X sugieren una alta cristalinidad de la celulosa extraída (49.7%), debido probablemente a la manera eficiente de disolución de las regiones amorfas por los tratamientos ácidos. Estos resultados fueron apoyados con el análisis infrarrojo (FTIR), cuyos interferogramas demostraron la desaparición de bandas típicas de lignina y la extracción parcial de hemicelulosas no cristalinas. En este estudio se obtuvo una eficiencia de extracción de celulosa de platanillos de 46% de extracción de celulosa. Por lo tanto, se puede considerar que los tallos de *Heliconia Latispatha* Benth (platanillos), una especie vegetal de la región de Tabasco, es viable la producción de celulosa, mediante un tratamiento químico de hidrólisis ácida aplicada a las fibras de celulosa. Las características de la celulosa obtenida representan una fuente promisoría en el área de materiales biodegradables.

Agradecimientos

Los análisis de difracción de rayos-X fueron realizados en el Laboratorio Nacional de Nano y Biomateriales (Financiado por Fomix-Yucatán y Conacyt), CINVESTAV-IPN Unidad-Mérida. Agradecemos a la Dra. Patricia Quintana por el acceso a LANNBIO y al M.C. Daniel Aguilar Treviño por el soporte técnico en la obtención de los difractogramas, así como al M.C. Isaías Peraza por la obtención de las imágenes estereoscópicas.

LITERATURA CITADA

- Arceo, V. E. L. 2006. "Extracción y caracterización física de celulosa a partir de vainas de la leguminosa *Vigna unguiculata* L. Walp". Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería Química. Mérida, Yucatán, México. pp. 5-27.
- Azizi Samir, M. A. S., Alloin F., Paillet M., y Dufresne A. 2004. Tangling Effect in Fibrillated Cellulose Reinforced Nanocomposites. *Macromolecules*, 37: 4313- 4316.
- Bledzki, A.K., Gassan J. 1999. Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in Polymer Science*. pp. 54-24.

- Bolio, L.G., Valadez, G.A., Veleza, L y Andreeva. A. 2011. "Whiskers de celulosa a partir de residuos agroindustriales de banano: obtención y caracterización". Revista mexicana de ingeniería química. Yucatán México. pp. 9291-299.
- Brandrup, J., Immergut, E.H. y Grulke, E.A. 1975. "Polymer Handbook". Vol. 1 4ta Edición. John Wiley & Sons. New York, U.S.A. pp 136-144.
- Cazaurang, M., Peraza, S. y Cruz, R. C. A. 1990. Dissolving grade pulps from henequen fiber. Cellulose Chemistry and Tecnology. pp.24:629-638.
- Coates, J. 2000. "Interpretation of infrared spectra, A practical Approach". Encyclopedia of Analytical Chemistry. Ed. R.A. Meyers. pp. 1-23.
- Cruz, L.C., Pérez, F.V., Domínguez, E.R. y Madera, S.T. 2006. "Extracción y caracterización fisicoquímica de celulosa extraída de la vaina del frijol pelón (*Vigna Unguiculata* L. WALP)". Semana de divulgación y video científico UJAT. Tabasco, México. pp 208-299.
- Cullity, B.D. 1978. Elements of X-Ray Diffraction, second edition, Addison- Wesley, New York.
- Isogai, A., Makoto, U., Kato, T., Uryu, T. Y Atalla, R. 1989. "Solid-State CO/MAS ¹³Cnmr Study of Cellulose Polymorphs". Macromolecules 22:3168-3172.
- Mark, H.F., Bikales, N.M., Overberger, C.G. y Menges, G. 1986. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. Vol. 3. Cellulose Structure and Properties. John Wiley&Sons. New York. Pp. 116-117.
- Morán, J., Vázquez, A. y Cryas, V.P. 2008. "Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers". Univeridad Nacional del Mar de Plata. Argentina. pp. 149-159.
- Popescu, M.C., Popescu, C.M., Lisa, G. y Sakata, Y. 2011. "Evaluation of morphological and chemical aspects of different wood species by spectroscopy and thermal methods". Journal of molecular structure. Romania. pp 66-72.
- Ratikanta, M.M. 1995. Fibras vegetales en el mundo. Aspectos botánicos, calidad y utilidad. Ed. Trillas S.A. de C.V. 1ra edición. pp. 13-221.
- Segal, L., Creely, J., Martin, A. y Conrad, C. 1959. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer, Textile Research J. pp. 786-794.
- Vignon, M.R.; Heux, L.; Malainine, M.E. y Mahrouz, M. 2004. Arabinan-cellulose composite in *Opuntia ficus-indica* prickly pear spines Carbohydrate Research. pp 8-339.
- Visakh, P.M., Thomas, S. 2010. Preparation of Bionanomaterials and their Polymer Nanocomposites from Waste and Biomass. Waste Biomass Valor. 1:121-134.
- Wang, B., Sain, M., Oskman, K. 2007. Study of Structural Morphology of Hemp Fiber from the Micro to the Nanoscale. Appl Compos Mater.14:89-103.
- WP. 2013. <http://es.wikipedia.org/wiki/Heliconia>. Heliconia. Licencia Creative Commons Atribución Compartir Igual 3.0

USO DE COMPOSTA EN EL DESARROLLO DE LECHUGA Y SU CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES USE OF THE COMPOST OVER LETTUCE DEVELOPMENT AND ITS ANTIOXIDANT CONTENT

Hernández Rivadeneyra JI, Solís Oba MM, Castro Rivera R, Carvajal Avalos J

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Carretera Estatal Santa Ines Tecuexcomac-Tepetitla, Km. 1.5, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, C.P. 90700, México.

Autor para correspondencia: myrobatlx@yahoo.com.mx

RESUMEN

La composta se obtiene por la transformación microbiana de diversos residuos orgánicos, entre sus propiedades están su alto contenido de materia orgánica que permite la mejora en el desarrollo de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de composta en el desarrollo y producción de antioxidantes en cultivo de lechuga. Se preparó composta con residuos vegetales y rastrojo, semanalmente se midió la temperatura y pH y al finalizar el proceso de compostaje se cuantificó su contenido de N, P, K, pH y materia orgánica. La composta se usó para cultivar lechuga, en un diseño de bloques al azar, como control se usó urea y suelo sin adición de fertilizantes. En bolsas con un kilo de sustrato (10% composta y 90% suelo agrícola) se trasplantaron plántulas de lechuga, semanalmente se midió el desarrollo de las plantas y el contenido de antioxidantes a los 45 y 60 días de cultivo. Los resultados mostraron que con la composta crecieron más las plantas, tuvieron mayor biomasa y número de hojas; en cuanto al contenido de antioxidantes fue similar al obtenido en las plantas donde se adicionó urea y mayores al control usando sólo suelo. La composta puede sustituir a los fertilizantes químicos obteniéndose mayor rendimiento y con el mismo contenido de antioxidantes.

Palabras clave: *composta, lechuga, fertilizantes químicos, antioxidantes*

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos orgánicos, como son los estiércoles, los residuos vegetales y residuos agrícolas va en incremento, dado que se requiere la producción de una mayor cantidad de alimentos para la creciente población. Dichos residuos si no se disponen de una manera adecuada ocasionan contaminación en el agua, suelo y aire. Estos materiales tienen componentes que pueden aprovecharse para el cultivo, mediante su tratamiento con procesos microbiológicos como es el compostaje.

Por otro lado, en Latinoamérica los vegetales que han reportado una mayor actividad antioxidante han sido calabacita, betabel, aguacate, berro, chile, tomate, verdolaga, chaya, y lechuga (Gutiérrez et al., 2007). Acorde con ello, estudios recientes han mostrado que la lechuga tiene efectos benéficos a la salud para la prevención de problemas cardiovasculares en ratas y humanos, atribuidos a la cantidad de compuestos antioxidantes, principalmente de vitamina C, polifenoles (Nicolle et al., 2004).

Los antioxidantes son compuestos que se utilizan como mecanismos de defensa de los organismos para impedir la acción nociva de los radicales libres. El sistema de defensa antioxidante está constituido por un grupo de sustancias que al estar presente en concentraciones bajas con respecto al sustrato oxidable, retrasan o previenen significativamente la oxidación de este. La determinación de la actividad antioxidante no puede ser medida directamente, pero puede determinarse por los efectos del compuesto antioxidante en un proceso de oxidación controlado, utilizando intermediarios o productos finales para valorar la actividad antioxidante. Existen dos modelos principales de ensayo para determinar la actividad antioxidante de un compuesto. Los ensayos basados en la reacción por transferencia de átomos de hidrógeno (HAT) monitorean una reacción cinética competitiva, generalmente están compuestos de un generador de radical libre sintético, una prueba molecular oxidable y un antioxidante. Los ensayos basados en la reacción por transferencia de electrones (ET) involucran una reacción redox con el oxidante como un indicador del punto final de reacción (Huang et al., 2005). El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de composta en el desarrollo y producción de antioxidantes en cultivo de lechuga, comparando con el desarrollo y cantidad de antioxidantes que se obtienen al aplicar urea a dicho cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de composta. La composta se preparó utilizando 83% de estiércol de vaca, 14% de residuo vegetal proveniente del mercado y 3% de rastrojo de maíz. Se hizo una pila y se humedeció y volteo

manualmente cada dos semanas hasta completar 6 meses. Se analizó el pH, conductividad, contenido de N, P y K.

Cultivo de lechuga. Se utilizaron bolsas negras de 2 kg de capacidad, se llenaron según los siguientes tratamientos: E/RV 10% con 10% de composta y el resto suelo agrícola, E/RV5% con 5% de composta y el resto suelo agrícola, C+ suelo agrícola al que se le adicionó urea, en proporción de 250 kg/ha se aplicó a las dos y cuatro semanas, C- suelo agrícola sin adición de ningún nutriente. Se mantuvieron en invernadero durante dos meses. Semanalmente se midió la altura y se contó el número de hojas.

Cuantificación de antioxidantes. DPPH se midió mediante el cambio de color monitoreado espectrofotométricamente a 517nm (Ojha et al., 2012). Polifenoles totales, mediante el ensayo Folin-Ciocalteu midiendo el cambio de coloración a 760 nm (García et al., 2015). Índice de poder reductor midiendo cambios espectrofotométricos a 700 nm (Roginsky y Lissi, 2005). El contenido de flavonoides se determinó mediante el ensayo de Liu et al. (2011).

Se hizo un diseño de bloques al azar, los resultados que se muestran son promedio de tres repeticiones, se hizo una prueba de ANOVA y Tukey con alfa de 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de las compostas.

Se puede observar en el Cuadro 1, que el pH de los tratamientos adicionados con composta y de los controles es básico, el mayor aporte de nutrientes en cuanto a nitrógeno se obtuvo en el control adicionado con composta, el P y K en mayor cantidad se encontró en los tratamientos donde se usó la composta.

Cultivo de lechuga.

El cuadro 2 muestra las alturas medidas a las plantas de lechuga, se observa que al inicio fueron más altas donde se aplicó 5% de composta E/RV y en las fertilizadas, pero al finalizar el cultivo las plantas de mayor altura fueron donde se aplicó la composta E/RV ya sea al 5 o al 10% y las menores alturas promedio fueron las del control negativo donde sólo se utilizó suelo agrícola sin la adición de ningún fertilizante.

Cuadro 1. Análisis químico del sustrato, de los tratamientos y controles usados

Tratamiento	pH	N g/kg	P g/kg	K g/kg
E/RV 10%	9.0	0.23	0.074	1.26
E/RV 5%	8.7	0.16	0.044	1.12
C+	8.8	0.42	0.016	1.1
C-	8.2	0.10	0.016	1.1

E/RV composta de estiércol y residuo vegetal,
C+ aplicación de urea,
C- suelo agrícola sin adición de fertilizante

Cuadro 2. Alturas promedio de las plantas de lechuga

Tratamiento	Semana					
	3	4	5	6	7	8
E/RV10%	7.8 b	10.3 b	12.5 a	12.6 ab	13.5 a	13.8 a
E/RV5%	10.5 a	11.1 a	12.2 ab	12.9 a	13.7 a	14.0 a
C+	10.1 a	10.8 a	11.5 b	11.6 b	12.2 b	12.7 b
C-	7.6 b	8.3 c	8.9 c	9.0 c	9.5 c	9.8 c

Letras iguales en columna indican que no hay diferencia estadística significativa

El cuadro 3 muestra el número de hojas de las plantas de lechuga durante los dos meses de cultivo, al inicio se reportó mayor número en las plantas donde se adicionó 5% de composta E/RV y en las fertilizadas con urea, pero al final del cultivo, las plantas donde se aplicó composta E/RV tuvieron mayor número de hojas promedio que con los dos controles. Lo cual indica que las compostas aportaron mayor cantidad de nutrientes.

Cuadro 3. Número de hojas promedio

Tratamiento	Semana					
	3	4	5	6	7	8
E/RV5%	10.3 a	11.2 a	11.5 a	13.2 a	14 a	15.0 a
E/RV10%	8.0 c	9.6 b	10.9 b	12.5 b	13.4 b	14.8 a
C+	9.9 b	11.2 a	11.9 a	12.6 b	13.5 ab	14 b
C-	8.4 c	8.7 c	8.3 c	9.8 c	10.5 c	12.3 c

Letras iguales en columna indican que no hay diferencia estadística significativa

El cuadro 4 muestra el peso fresco y peso seco promedio de las plantas, este parámetro fue obtenido al final del cultivo. Se puede apreciar que también en estos parámetros se obtuvo más biomasa en las plantas donde se aplicó composta, fue mayor donde se aplicó el 10% de la misma, ya que de esta forma se adicionaron mayores cantidades de nutrientes. Las biomásas de las plantas fertilizadas con urea fueron similares al control donde no se adicionó fertilizante.

Hasta este punto se puede analizar que la adición de la composta tuvo un efecto positivo en el desarrollo de las plantas de lechuga, estas crecieron más altas, tuvieron mayor número de hojas y por ende mayor biomasa, superando a las plantas donde se aplicó urea. Las que reportaron menor desarrollo fueron donde no se adicionó ningún fertilizante.

El cuadro 5 muestra el contenido de antioxidantes a los dos meses de edad de las plantas. En % de inhibición (DPPH) el mayor se detectó en las plantas crecidas con la composta, seguido de las plantas donde se aplicó urea. En índice de poder reductor, en polifenoles totales y en flavonoides totales se obtuvo una mayor cantidad donde se aplicó fertilizante químico, seguido de las plantas donde se aplicó composta. Los valores menores se obtuvieron en el suelo donde no se aplicó ningún abono o fertilizante.

Cuadro 4. Peso fresco y seco promedio (g) de plantas de lechuga

Tratamiento	Peso fresco	Peso seco
E/RV 10%	11.4 a	0.91 a
E/RV 5%	8.7 b	0.47 b
C+	3.4 c	0.16 c
C-	2.0 d	0.14 c

Letras iguales en columna indican que no hay diferencia estadística significativa

Cuadro 5. Contenido promedio de antioxidantes

Tratamiento	inhibición (% DPPH)	Índice de poder reductor	Polifenoles totales	Flavonoides totales
E/RV10%	61.0 a	132.4 b	1.68 b	3.95 c
E/RV5%	57.5 ab	140.4 b	1.49 c	4.72 b
C+	53.0 b	155.2 a	1.99 a	5.68 a
C-	44.6 c	120.8 c	1.38 c	3.44 c

Letras iguales en columna indican que no hay diferencia estadística significativa

CONCLUSIONES

Las compostas ayudaron a que las plantas de lechuga crecieran más, con mayor altura, mayor número de hojas y mayor biomasa. Todo esto se explica porque las compostas aportaron una buena cantidad de nutrientes en específico P y K. En el caso del contenido de antioxidantes, se obtuvieron más en las plantas que fueron adicionadas con urea, seguidas de las plantas fertilizadas con compostas.

LITERATURA CITADA

- García, R., Gallardo, J. (junio de 2008). Compostaje Artesanal y Activo de Estiércoles y Residuos de Cosecha de Pequeñas Fincas Agropecuarias del estado de Guanajuato (México). En I. Vidales (presidencia), Por la sensibilización de una cultura ambiental. Conferencia llevada a cabo en el Primer Congreso Nacional de Mitigación del daño ambiental en el Sector Agropecuario de México, Guanajuato, México.
- Gutiérrez, A., Rivero, L., García, I. y Grajales, O. (2007). Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, México. *Revista Cubana de Salud Pública*, 33(1). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/214/21433108.pdf>
- Barbezan, M. 1998. Análisis de plantas, y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Facultad de Agronomía. Universidad de la Republica Montevideo-Uruguay.
- Huang, D., Ou, B. y Prior, R. (2005). The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 1841–1856. DOI: 10.1021/jf030723c.
- Liu, P., Kallio, H. y Yang, B. (2011). Phenolic compounds in hawthorn (*Crataegus grayana*) fruits and leaves and changes during fruits ripening. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 59(20), 11141- 11149. DOI: 10.1021/jf202465u
- Nicolle, C., Cardinault, N., Gueux, E., Jaffrelo, L., Rock, E., Mazur et al.. (2004). Health effect of vegetable-based diet: Lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. *Clinical Nutrition*, 23(4), 605–614. DOI: 10.1016/j.clnu.2003.10.009.
- Ojha H., Mishra K. y Chaudhury N. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Journal Food Chemistry*, 130(4), 1036–1043. Doi: 10.1016/j.foodchem.2011.07.127
- Roginsky V. y Lissl, E. (2005). Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Journal of Food Chemistry*, 92(2), 235-254. Doi: 10.1016/j.foodchem.2004.08.004

Sección E:
Tecnología
de Alimentos

**ELABORACIÓN DE MERMELADA A BASE DE CORAZÓN DE CACAO *Theobroma cacao* L. DE LA
VARIEDAD TRINITARIO TIPO GUAYAQUIL**
ELABORATION OF CACAO THEOBROMA CACAO L. HEART-BASED JAM OF THE GUAYAQUIL
TRINITY TYPE VARIETY

Almeida López L, Aguilar Arpaiz JC, Arévalo Osorio RC, Bastard Mazariego AM.

Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra (ITSS). Carretera Teapa-Tacotalpa km 4.5 Francisco
Javier Mina, Teapa, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: jcaguilar_81@hotmail.com

RESUMEN

La razón por la cual se utilizó el corazón de cacao del tipo Guayaquil para la elaboración de la mermelada aparte de ser una alternativa para su utilización, es porque en el mes de septiembre se realiza la quiebra de esa variedad de cacao específicamente, es por ello que fue viable su adquisición debido a la gran cantidad de producción que tiene la Hacienda Napaná. El objetivo es elaborar mermelada a base del corazón de cacao de la variedad trinitario tipo Guayaquil. El procedimiento fue fundamentado y basado en la metodología descrita por Jiménez y Bonilla (2012) en su proyecto que lleva por nombre Aprovechamiento de mucílago y maguey de cacao fino de aroma para la elaboración de mermelada, cabe mencionar que varios pasos se omitieron con la finalidad de adaptarla y obtener el producto deseado, de igual manera algunas operaciones se tomaron de Romero (2014), quien describe la forma de hacer mermelada de cacao pero al igual que Jiménez y Bonilla (2012) se utilizó el mucílago para la obtención de una mermelada. De un total de 6000 g de corazón de cacao y azúcar se obtiene 4020 g de mermelada teniendo una pérdida o merma de 1980 g (33 %). Se concluye que el producto es viable en todos los aspectos, ya que aparte de cumplir con los estándares de calidad fisicoquímico y microbiológico, es también aceptado por las personas, siendo un proyecto innovador y de total aprovechamiento.

Palabras clave: *Corazón de cacao, mermelada, análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales.*

INTRODUCCIÓN

México ocupa el séptimo lugar como productor de cacao a nivel mundial, aporta el 1.6% de la producción total, genera aproximadamente 40 mil toneladas de cacao fino al año con valor de 551 millones de pesos, el cual se extrae y produce en Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Guerrero y Veracruz (Ocampo & Ríos, 2012). Por su parte Tabasco y Chiapas producen el 99.45 % del total nacional del cacao, aproximadamente 60,324.80 ha y 35, 014 ha, respectivamente (Martínez, 2005).

Es por ello que se llevó a cabo el proceso de elaboración de una mermelada a partir del corazón del mismo fruto de la variedad forastero del tipo Guayaquil, porque en la explotación cacaotera solo se aprovecha económicamente la semilla, que representa aproximadamente un 10 % del peso del fruto fresco (Ocampo & Ríos, 2012).

Camacho (2002), afirma que las legislaciones de casi todos los países establecen para las mermeladas un contenido mínimo de sólidos solubles que varía desde 60 a 68.5 %. También la cantidad de azúcar invertido en el producto final debe ser menor a la de sacarosa presente, para obtener el valor de 65 °Brix el óptimo de inversión está comprendido entre el 20 y el 25 % del peso total del producto terminado (30-40 % de los azúcares totales).

La razón por la cual se utilizó el corazón de cacao del tipo Guayaquil para la elaboración de la mermelada aparte de ser una alternativa para su utilización, es porque en el mes de septiembre se realiza la quiebra de esa variedad de cacao específicamente, es por ello que fue viable su adquisición debido a la gran cantidad de producción que tiene la Hacienda Napaná. La mermelada de corazón de cacao "Kakua" (de la lengua zoque, que significa "Cacao"), lleva su nombre debido a que el lugar de donde fue obtenida la materia prima, es decir, de la Hacienda Napaná, pertenece a la Ruta Zoque.

MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento para la elaboración de la mermelada anteriormente dicha, fue fundamentado y basado en la metodología descrita por Jiménez y Bonilla (2012). En su proyecto que lleva por nombre Aprovechamiento de mucílago y maguey de cacao fino de aroma para la elaboración de mermelada. Cabe mencionar que varios pasos se omitieron con la finalidad de adaptarla y obtener el producto deseado, de igual manera algunas operaciones se tomaron de Romero (2014), quien describe la forma de hacer

mermelada de cacao, pero al igual que Jiménez y Bonilla (2012) se utilizó el mucílago para la obtención de una mermelada.

Obtención de la materia prima: El corazón de cacao fue obtenido de la Hacienda Napaná ubicada en el municipio de Pichucalco, Chiapas. El proceso de recolección durante la quiebra del cacao trinitario tipo Guayaquil fue llevado a cabo por los trabajadores de dicha hacienda, quienes iban colocando el corazón del cacao en “hojas blancas”, pues cabe mencionar que en esta hacienda todos los procesos se realizan de manera artesanal. Posteriormente fue almacenado y recolectado en recipientes previamente lavados y esterilizados para evitar cualquier tipo de contaminación. La materia prima se conservó en refrigeración hasta el momento de su procesamiento.

Selección de la materia prima: Se limpió bien el área donde se realizó todo, de igual manera se lavaron y desinfectaron perfectamente los materiales con los que se llevó a cabo cada proceso. También se cuidó que las personas que manipularon la materia prima tuvieran la indumentaria correcta. Al ser parte de los residuos generados al momento de la quiebra, el corazón de cacao trae consigo semillas del mismo fruto, es por ello que en este paso se trató de separar lo mejor posible las semillas del cacao y hebras más gruesas del corazón que pudieran dar una textura o sabor indeseable en la mermelada.

Pesado: Teniendo la materia prima previamente seleccionada, los ponemos en un recipiente de acero inoxidable para su pesado. En este proceso se determinan rendimientos y se calcula la cantidad de los demás ingredientes y también la cantidad de materia prima (corazón de cacao) que se va utilizar, porque de esto dependerá el cálculo del resto de ingredientes. En este caso se contaba con 3 kg de corazón de cacao, los cuales se utilizarían para obtener la mermelada. Por lo tanto, de acuerdo a las proporciones la cantidad de azúcar a utilizar será la misma que la cantidad de materia prima, el ácido cítrico según la NMX-F-131-1982 se especifica que se puede adicionar hasta 0.2 % en masa de este, la cantidad de pectina a usar es variable según el poder gelificante de ésta y la fruta empleada en la elaboración de la mermelada. Debe tomarse en consideración que la pectina alimenticia posee 150 grados de gelificación y que la cantidad a utilizar se debe calcular mediante la siguiente fórmula (INFOAGRO, 2001): $CP=CTZ/(^{\circ}GP)$. Donde: CP = Cantidad de pectina en kilogramos a utilizar, CTZ = Cantidad total de azúcar en kilogramos de la fórmula y $^{\circ}GP$ = Grados de gelificación de la pectina (Referencia: 150).

Cocción de la materia prima: Se cocció con una cantidad igual de agua, es decir, por cada kilogramo de pulpa o materia prima se necesitó 1 litro de agua para su cocimiento, este proceso ayuda a eliminar la carga microbiana que pudiera tener el corazón de cacao y al previo ablandamiento del mismo lo cual facilita los pasos siguientes. El proceso de cocción termina hasta que la mezcla comienza a hervir.

Licuada: Este proceso se realizó con la ayuda de una licuadora industrial en un lapso de 5-6 minutos hasta obtener un homogeneizado sin residuos muy grandes, es decir que tuviera la consistencia de una papilla. Es importante medir el pH y $^{\circ}Brix$ del mosto, los valores obtenidos se encuentran en el capítulo VII.

Colado: La mezcla o papilla obtenida del proceso de licuado se vierte sobre un colador, este proceso tiene como finalidad separar el jugo obtenido de la pulpa sólida. Realizar este procedimiento con toda la papilla. Es importante guardar la materia sólida restante.

Cocción: El jugo obtenido del corazón de cacao se calentó, adicionando 45 % de la materia sólida anteriormente separada, esto según la NORMA DEL CODEX PARA LAS CONFITURAS, JALEAS Y MERMELADAS (CODEX STAN 296-2009) para evitar que la mermelada final tenga una textura muy grumosa, es decir, de la materia prima inicial sólo se agregó 1.350 kg del corazón o materia sólida separada en el proceso de colado. La cocción es la fase más importante y delicada del proceso de fabricación de la mermelada. Durante esta los ingredientes agregados en una secuencia adecuada son transformados en el producto final.

La cocción produce los siguientes efectos: Ablandamiento de los tejidos de la fruta a fin de hacerla capaz de absorber el azúcar, eliminación por evaporación de las eventuales trazas de productos químicos usados para la conservación de la pulpa como el dióxido de azufre, asociación íntima de los componentes, transformación de parte de la sacarosa en azúcar invertido y eliminación por evaporación del agua necesaria, hasta alcanzar un contenido de sólidos solubles preestablecidos.

El primer procedimiento ofrece la ventaja del fácil control de la rapidez, el segundo permite trabajar a bajas temperaturas y grandes cantidades de producto; el tercero que es el más reciente, permite conservar casi intactas las características organolépticas y los aromas de la fruta fresca. En caso la cocción debe ser efectuada el más breve tiempo posible para no comprometer el éxito de la elaboración.

Durante el proceso de cocción se deberá ir agregando de poco a poco el azúcar, es importante que esta se mezcle previamente con el ácido cítrico (0.2 % de la masa total), posteriormente se le deberá agregar la pectina para lograr obtener la consistencia deseada. El proceso de cocción termina cuando dos tercios

de la mermelada se han evaporado o en su caso que se haya llegado a la consistencia y °Brix ideales (mínimo 64, según la NMX-F-131-1982). Por lo tanto, durante todo el proceso es importante ir midiendo la cantidad de sólidos solubles.

Lavado, secado y llenado de envases: se esterilizó los envases en una olla de acero inoxidable, con una temperatura de 100 °C. Su objetivo es asegurar que los envases estén exentos de suciedad y microorganismos, antes de ser llenados. Evitando con este proceso posibles contaminaciones de la mermelada. Se secaron para eliminar los residuos de agua existente en los envases de la operación anterior, quedando preparados para ser llenados. Esta operación se realizó a una temperatura no menor a los 85 °C. Por lo que mejora la fluidez del producto durante el llenado y a la vez permite la formación de un vacío adecuado dentro del envase por efecto de la contracción de la mermelada una vez que ha enfriado. La mermelada, por otro lado está preparada en la cacerola, se dosifica con la medida justa para llenar los envases que posteriormente son cerrados, quedando los envases con un contenido de 250 gramos.

Etiquetado y almacenamiento: Reflejó los valores nutricionales, fecha de elaboración e ingredientes de la misma. El producto se debe almacenar en un lugar fresco y seco (bajo sombra) evitando la luz directa.

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos: se realizó °Brix y pH a través de la norma NMX-F-131-1982 y la NORMA DEL CODEX PARA LAS CONFITURAS, JALEAS Y MERMELADAS (CODEX STAN 296-2009), proteínas NMX-F-068-S1980, extracto etéreo NMX-F-089-S-1978, fibra NMX-F-090-S-1978 y la microbiología NOM-130-SSA1-1995, NOM-110-SSA1-1994, NOM-113-SSA1-1994, NOM-092-SSA1-1994 y NOM-111-SSA1-1994.

Elaboración de la tabla nutrimental: Una vez que se tienen los valores necesarios, es decir, los resultados de los análisis fisicoquímicos en cuanto a los datos de su contenido nutricional, se procede a la elaboración y su esquematización de la tabla nutricional propia para el producto final. Calculando las proporciones necesarias, puesto que se utilizaron 3000 gramos de materia prima (corazón de cacao de la variedad trinitario tipo Guayaquil) y 3000 gramos de azúcar.

Análisis sensoriales: Para poder determinar el nivel de satisfacción de la mermelada se realizó una prueba sensorial considerando la opciones de me gusta mucho, me gusta bastante, me gusta ligeramente, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta ligeramente, me disgusta bastante y me disgusta muchísimo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De un total de 6000 g de materia prima y azúcar se obtiene 4020 g de mermelada teniendo una pérdida o merma de 1980 g (33 %).

El mosto o pulpa de corazón de cacao del tipo Guayaquil presentó un °Brix de 5 y pH de 3.9. Por su parte la mermelada de corazón de cacao presento un °Brix de 66 y un pH de 4.1 resultados que concuerdan con los especificados en la NMX-F-131-1982 y con la Norma del Codex para las Confituras, Jaleas y Mermeladas (CODEX STAN 296-2009). En las proteínas se obtuvo un 0.6 % en base seca, de extracto etéreo 0.0 %, de fibra un 6.26 %.

La mermelada en los análisis microbiológicos se contabilizó bacterias mesofílicas aerobios de 11 UFC, mohos y levaduras 8 UFC y coliformes totales de 0 UFC, estando dentro de los parámetros permitidos por la norma NOM-130-SSA1-1995, porque establece para mesofílicos aerobios 50 UFC, mohos y levaduras, y coliformes totales menos de 10, respectivamente.

Realizando los cálculos pertinentes, esto es, haciendo una regla de tres primero para calcular de cada uno de los valores nutricionales totales para 100 gramos de mermelada, tomando como base los 4020 gramos obtenidos de mermelada. Y posteriormente realizando lo mismo pero para una porción de 20 gramos, se tiene que la tabla nutricional de la mermelada de corazón de cacao Kakua (Cuadro 1).

Se aplicó una encuesta para determinar la aceptabilidad o rechazo de la mermelada de corazón de cacao a 19 personas de la carrera de Ingeniería en Electromecánica del Instituto tecnológico superior de la Región Sierra, obteniéndose. El 47.4 % de las personas dijeron que “les gustaba bastante”, el 47.4 % dijeron que “les gustaba ligeramente” y solo un 5.2 % dijo que “ni les gustaba ni les molestaba”. Siendo así aceptada por un 94.8 % de las personas que fueron encuestadas.

Entre los comentarios más comunes aportados por ellos están los siguientes: Buen sabor, delicioso,

Cuadro 1. Tabla nutricional de la mermelada de corazón de cacao.

Porción: 1 cucharada: 20 g		
Porciones por envase: 25		
	100 g	1 porción
Energía (kcal)	96	19.5
Proteínas (g)	0	0
Grasa Total (g)	0	0
Hidratos de carbono (g)	25	4
Fibra (g)	0.1	0

apetitoso, sabor y olor agradable, consistencia un tanto grumosa, muy dulce, interesante y quedan algunos residuos en el paladar.

CONCLUSIONES

Como se observó durante el trabajo, el cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad trinitario tipo Guayaquil es uno de los más cosechados en la región del sureste; por lo tanto, se presenta la elaboración de la mermelada de corazón de cacao para esta variedad como una alternativa para el aprovechamiento a esta materia prima. Cabe mencionar que parámetros como el pH se encuentran fuera del rango de la norma, pero como tal se acepta como viable al no haber una mermelada de este tipo en el mercado, ya que como datos de referencia se tuvo como base la NMX-F-131-1982. En los análisis microbiológicos los resultados obtenidos en esta parte fue que el producto está dentro de los parámetros de higiene para su consumo. De igual manera se llevó a cabo el análisis sensorial correspondiente por lo tanto resultó un valor muy alto de satisfacción. Con esto se puede concluir que el proyecto de la Elaboración de mermelada a base de corazón de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la variedad trinitario tipo Guayaquil, es viable en todos los aspectos, ya que aparte de cumplir con los estándares de calidad fisicoquímico y microbiológico, es también aceptado por las personas, siendo un proyecto innovador y de total aprovechamiento del corazón de cacao producido durante la quiebra o cosecha del mismo. Es por ello que se logra cumplir con los objetivos establecidos, el poder elaborar una mermelada a base el corazón de cacao, siendo una alternativa viable en los estados de Tabasco y Chiapas.

LITERATURA CITADA

- Jiménez, F., & Bonilla, M. 2012. Aprovechamiento de mucílago de y maguey de cacao fino de aroma para la elaboración de mermelada. Ecuador: Universidad Estatal de Bolívar.
- Martínez, A. (2005). Producción y comercialización de cacao y chocolate orgánico en Tabasco. Tabasco: Colegio de postgraduados, Campus Tabasco.
- NMX-F-068-S-1980. Alimentos. Determinación de proteínas. Foods. Determination of Proteins. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-089-S-1978. Determinación de Extracto etéreo (Método Soxhlet) en Alimentos. Foodstuff-Determination of ether extract (Soxhlet). Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos. Foodstuff Determination of crude fiber. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-131-1982. Alimentos para Humanos. Frutas y derivados. Mermelada de fresa. Foods for humans. fruits and derivatives Strawberry marmalade. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- Norma del Codex para las confituras, jaleas y mermeladas (CODEX STAN 296-2009)
- Norma oficial mexicana NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos Envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y Especificaciones Sanitarias.
- Ocampo, E., & Ríos, J. 2012. La producción de cacao en México. México: FCA UNAM.
- Romero, R. (2014). Delicias de cacao, Recetario. Guatemala: RUTA
- Secretaría de Salud. NOM-110-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Preparación y Dilución de Muestras de Alimentos para su Análisis Microbiológico. Norma Oficial Mexicana. México.
- Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana. NOM-111-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- Secretaría de Salud. NOM-113-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Métodos para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Norma Oficial Mexicana. México.
- Secretaría de Salud. NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la Cuenta de Bacterias Aerobias en Placa. Norma Oficial Mexicana. México.

**DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE CLEMBUTEROL EN CARNES DE BOVINO
COMERCIALIZADAS EN LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO**
CLEMBUTEROL RESIDUES IN BOVINE MEAT MARKETED IN LA CHONTALPA REGION, TABASCO,
MÉXICO.

¹Oseguera-Soberano MF, ¹Ramos-Juárez JA, ¹Zaldívar-Cruz, JM, ²Sauri-Duch E

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n, C.P 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

²Instituto Tecnológico de Mérida. Av. Tecnológico s/n km 4.5, C.P 97118. Mérida, Yucatán, México
Autor de correspondencia: zaldivar@colpos.mx

RESUMEN

El clembuterol es un β -2-AA usado ilegalmente como promotor de crecimiento en el ganado vacuno debido a que altera la composición de la canal, favoreciendo el aumento de las masas musculares y la disminución de los depósitos de grasa. La administración de altas dosis ocasiona que se almacene en tejidos y órganos del animal, el consumo de estos puede representar un riesgo para la salud debido a que ocasiona aparición de una serie de síntomas. El objetivo de este estudio fue determinar y cuantificar residuos de clembuterol en carnes de bovino comercializados en dos municipios del estado de Tabasco, México. Las muestras se obtuvieron en dos tipos de establecimientos; carnicerías y supermercados. 37 muestras de carne fueron analizadas por medio de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC-UV). 59.4% de las muestras analizadas presentaron residuos de clembuterol con valores de 2-14 ng/g. Las muestras que resultaron positivas estuvieron por encima del LMR establecido por el Codex Alimentarius.

Palabras claves: *residuos, agonistas, salud, consumo, calidad.*

INTRODUCCIÓN

El clembuterol es un compuesto que pertenece a la familia de los Agonistas β -2-Adrenérgicos (β -AA) (Choo et al., 1992). Es usado para el tratamiento de obstrucciones en las vías respiratorias en caballos en dosis de 0.8 μ g/kg (Kearns y McKeever, 2009) y como agente tocolítico para prevenir la contracción uterina en el ganado vacuno (Robison, 2000). Ocasiona cambios en la composición de la canal de los animales cuando se administra en dosis superiores a la terapéutica y por periodos de tiempo prolongados. Es usado ilegalmente como agente promotor de crecimiento en la producción animal, debido a que el clembuterol incrementa el contenido de proteína corporal a la vez que causa una disminución en el contenido de grasa epididimal, razón por la cual se le denomina agente repartidor de energía. Aunque se ha probado su efectividad en diversos animales de granja se observa una mejor respuesta en bovinos y ovinos (Williams et al., 1987).

El clembuterol se excreta principalmente a través de la orina, sin embargo, cuando no se le da un periodo de descanso a los animales, se acumula en los tejidos en concentraciones elevadas, por lo que su uso ilegal puede confirmarse a través del análisis de muestras de hígado, músculo, riñón, pelo, retina y plasma u orina (Meza-Marquez et al., 2012)

La ingesta de carne contaminada con residuos de clembuterol ocasiona efectos en el sistema nervioso y cardiovascular de los consumidores, los síntomas de intoxicación son; taquicardia, temblores musculares, dolor de cabeza, palpitations, ansiedad, vomito, agitación, mareos, sudoración (Chodorowski y Sein, 1996). Como resultado de sus efectos tóxicos, el clembuterol está autorizado únicamente para uso terapéutico y se ha prohibido su uso para incrementar la ganancia de peso en animales destinados al consumo humano.

En México, el uso del clembuterol en la producción animal se encuentra prohibido, la Comisión de Codex Alimentarius (2015) recomienda un Límite máximo de residuos (LMR) para ganado de 0.2 ng/g en músculo y grasa, pero únicamente cuando se asocia con un uso terapéutico. A pesar de eso en la última década el uso del clembuterol ha cobrado importancia debido a la aparición de casos de intoxicación asociadas al consumo de tejidos contaminados, principalmente hígado. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la presencia de residuos de clembuterol en carnes de bovinos destinadas al consumo humano en dos municipios del Estado de Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras.

Las muestras de carne de bovino fueron obtenidas de carnicerías locales y supermercados ubicados en los municipios de Cárdenas y Huimanguillo del estado de Tabasco. Se seleccionaron todas las carnicerías registradas por la Secretaría de Desarrollo Municipal (2016), ubicados en la cabecera municipal de los municipios de Cárdenas y Huimanguillo, además, de tres supermercados situados en el municipio de Cárdenas. 36 establecimientos fueron muestreados, se colectaron 250 g de músculo de ganado bovino en cada establecimiento, los cuales fueron conservados en congelación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis. Las muestras se recogieron en la mañana la primera semana de julio del 2016.

Condiciones cromatográficas.

Las muestras se analizaron en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) marca Agilent 1220 infinity LC acoplado a un detector de UV-VIS calibrado a 214 nm. La separación cromatográfica se llevó a cabo en una columna C18 con partículas de $25\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro, 150 mm de longitud y 4.7 mm de diámetro. Se inyectaron $20\text{ }\mu\text{L}$ de cada muestra, filtrados a través de una membrana de nylon con poro de $0.45\text{ }\mu\text{m}$ y 47 mm de diámetro (Millipore Co.). La fase móvil consistió en una solución de NaH_2PO_4 (0.05 M) /Acetonitrilo en proporción de 85:15, con flujo isocrático de 1 mL/min a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo de 30 min.

Procedimiento Analítico.

Se utilizó la metodología propuesta por Morales-Trejo *et al.*, (2013) para la extracción de residuos de clenbuterol en matrices de carne. Para la identificación y cuantificación del compuesto, se utilizó un estándar de clenbuterol con un 95% de pureza (Sigma Aldrich) y se realizó una curva de calibración de 4 puntos. Los resultados se expresaron en ng de clenbuterol por g^{-1} de muestra.

Análisis estadístico.

Se calculó el número y el porcentaje de muestras contaminadas por municipio, tipo de establecimientos, así como las concentraciones máximas y mínimas en cada caso. Las concentraciones de clenbuterol por municipio y por centro de distribución fueron comparadas usando la prueba t de Student ($p \leq 0.05$) del programa estadístico SAS versión 9.4 (2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las muestras recolectadas, el 54 % resultó positivas al análisis de clenbuterol en niveles superiores al LMR del Codex Alimentarius de la FAO el cual es de 0.2 ng g^{-1} para grasa y músculo de bovino. El 5.4 % de las muestras estuvo por debajo del LMR y en las muestras restantes no se detectó el compuesto. La concentración máxima y mínima encontrada fue de 1.23 y 14.8 ng g^{-1} , respectivamente (Cuadros 1 y 2).

En el municipio de Huimanguillo, de 63.6 % de las muestras analizadas dieron positivas al análisis de clenbuterol (Cuadro 3), la concentración más baja fue de 2.27 ng g^{-1} y la más alta de 14.8 ng g^{-1} , mientras que, para el municipio de Cárdenas, el rango estuvo de 1.23 - 8.85 ng g^{-1} con de 57.7 % de muestras positivas (Cuadros 3).

Los dos municipios mostraron concentraciones por encima de LMR ($>0.2\text{ ng g}^{-1}$), sin embargo, en el municipio de Cárdenas se encontraron las concentraciones más altas. Ninguna de las muestras provenientes de supermercados resultó positivas al análisis de clenbuterol, mientras que en las carnicerías el 64.7% de las muestras dio positivo al análisis. Estos resultados son similares a los reportados por Olaya-Fernández (2012) quien encontró diferencias entre muestreos realizados en tianguis, carnicerías y supermercados, siendo las concentraciones más altas las encontradas en tianguis y carnicerías locales

La prueba de media muestra que no existe diferencia entre los residuos de clenbuterol encontrados en los dos municipios ($p < 0.05$), sin embargo, cuando se compararon los datos de las concentraciones por tipo de establecimiento se encontró diferencias entre las carnicerías y los supermercados.

Cuadro 1. Concentraciones de clenbuterol en muestras analizadas en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Muestra	Concentración ng g^{-1}
H1	8.91 ± 0.17
H2	ND
H3	2.07 ± 0.08
H4	ND
H5	ND
H6	ND
H7	2.27 ± 0.16
H8	3.44 ± 0.24
H9	14.92 ± 0.74
H10	3.39 ± 0.24
H11	2.83 ± 0.66

ND: No detectado

Cuadro 3. Muestras contaminadas.

Origen	Positivo (%)	No detectado (%)
Cárdenas	57.7	42.3
Huimanguillo	63.6	36.4

Las concentraciones encontradas en este estudio son similares a datos reportadas por otros autores en México quienes también analizaron muestras de carne con un alto porcentaje de muestras contaminadas, no obstante, las concentraciones más altas han sido reportadas en muestras de hígado. En este estudio, la concentración más alta encontrada fue de 14.8 ng g⁻¹, otros autores han reportado concentraciones superiores, Flores *et al.*, (2010) reportó concentraciones de hasta 637 ng g⁻¹ y Morales-Trejo *et al.*, (2013) concentraciones de 150 ng g⁻¹ ambos casos representan las concentraciones más altas reportadas en el país en la última década en muestras hígado.

Para el caso de muestras de carne, Estrada-Montoya *et al.*, (2008) en Michoacán y Hernández-Sánchez *et al.*, (2013) en Texcoco, México reportaron concentraciones de 3 y 4.5 ng g⁻¹ respectivamente, las cuales son inferiores a las encontradas en nuestro estudio.

En los últimos años la Secretaría de Salud Pública ha clausurado rastros asociados al uso de clenbuterol, sin embargo, en estos casos las concentraciones encontradas no han sido publicadas por lo que no se puede comparar.

La ausencia de casos de intoxicación reportados puede ser atribuida debido a que las concentraciones encontradas en músculo son menores a las necesarias para generar síntomas de intoxicación. En este estudio las concentraciones encontradas son menores a las reportadas por otros autores en brotes de intoxicación humana asociados consumo de carne y/o hígado contaminado, Barbosa *et al.*, (2005) reportó concentraciones de 300-1400 ng g⁻¹ en la cual dos personas resultaron intoxicadas por el consumo de carne.

En Tabasco ya se había reportado el uso de clenbuterol: entre 2013-2014 se reportó la presencia de muestras contaminadas (4%) provenientes de rastros, matanzas rurales y tiendas de autoservicio, sin embargo, no se mencionaron los niveles encontrados. A nivel nacional, el uso de clenbuterol en el ganado bovino ha sido utilizado con fines diferentes a los terapéuticos a pesar de estar prohibido en la legislación nacional y, aún continúa utilizándose por algunos productores de ganado debido a sus efectos sobre las características de la canal, lo cual ha sido registrado en la literatura científica.

Como menciona Signorini (2007) y Vilaboa-Arroniz *et al.*, (2009), un alto porcentaje de la carne que se comercializa en México, así como en el sureste del país, proviene del sistema de comercialización denominado tradicional, por lo que existe menos vigilancia y no se garantiza el cumplimiento de la normatividad vigente en la cadena productiva. Las carnicerías locales en su mayoría pertenecen a este sistema, mientras que, en el caso de los supermercados, la carne que se comercializa en este tipo de establecimientos cuenta con la certificación TIF, lo cual puede explicar la ausencia de residuos de clenbuterol en las muestras de carnes adquiridas en supermercados a diferencia de la obtenida en carnicerías.

CONCLUSIONES

Existe la presencia de residuos de clenbuterol en la carne de bovino que se comercializa en los municipios de Cárdenas y Huimanguillo del Estado de Tabasco. En las muestras de carne de bovino analizadas se detectaron niveles de clenbuterol superiores a los Límites Máximos de Residuos establecidos por el Codex Alimentarius de la FAO, lo que puede implicar un riesgo para la salud de los consumidores. No se encontraron diferencias estadísticas en las concentraciones de residuos de clenbuterol en los dos municipios estudiados. No se encontró residuos de clenbuterol en las carnes de bovino provenientes de los supermercados. El número de muestras positivas al análisis de clenbuterol, así como las concentraciones presentes en las carnes analizadas sugieren que el clenbuterol posiblemente se utilizó ilegalmente como promotor de crecimiento.

Cuadro 2. Concentraciones de clenbuterol en muestras del municipio de Cárdenas, Tab.

Muestra	Concentración ng g ⁻¹
C1	2.48 ± 0.05
C2	ND
C3	ND
C4	ND
C5	ND
C6	3.64 ± 0.57
C7	3.69 ± 0.14
C8	9.48 ± 1.37
C9	ND
C10	1.23 ± 0.18
C11	5.56 ± 0.24
C12	ND
C13	2.63 ± 0.58
C14	2.29 ± 0.06
C15	2.42 ± 0.32
C16	2.55 ± 0.08
C17	2.55 ± 0.30
C18	ND
C19	1.85 ± 0.10
C20	2.29 ± 0.49
C21	3.57 ± 0.20
C22	ND
C23	ND
C24	ND
C25	ND
C26	3.07 ± 0.25

ND: No detectado

LITERATURA CITADA

- Barbosa, J., Cruz, C., Martins, J., Silva, J. M., Neves, C., Alves, C., ... Da Silveira, M. I. (2005). Food poisoning by clenbuterol in Portugal. *Food Additives and Contaminants*, 22(6): 563–566.
- Chodorowski, Z., & Sein, A. J. (1996). Acute poisoning with clenbuterol - a case report. *Przeglad Lekarski*, 54(10): 763–764.
- Choo, J. J., Horan, M. A., Little, R. A., & Rothwell, N. J. (1992). Anabolic effects of clenbuterol on skeletal muscle are mediated by β_2 -adrenoceptor activation. *The American Journal of Physiology*, 263(1): E50–E56.
- Codex Alimentarius Commission. (2015). Maximum Residue Limits for Veterinary Drugs in Foods Updated as at the 35 th Session of the Codex Alimentarius Commission (July 2015). CAC/MRL 2-2015.
- Estrada-Montoya, M. C., González-Córdova, A. F., Torrecano, G., Camou, J. P., & Vallejo-Córdova, B. (2008). Screening and confirmatory determination of clenbuterol residues. *Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 6(2): 130–136.
- Flores, R., Pacheco, C., Campos, C. A., Caraveo, J. M., & Carrión Gutiérrez, M. (2010). Clenbuterol en hígado de bovinos de un matadero municipal de Michoacán, México. *Ciencia Y Tecnología de los Alimentos*, 20(1): 1–4.
- Hernandez Sanchez, D., Francisco Martínez, A., Osorio Reyes, J. P., Cobos Peralta, M. A., & Crosby Galvan, M. M. (2013). Niveles de clenbuterol detectados en carne de bovino distribuidos en Texcoco, Estado de México. *Agroproductividad*, 6(1): 17–22.
- Kearns, C. F., & McKeever, K. H. (2009). Clenbuterol and the horse revisited. *Veterinary Journal*, 182(3): 384–391.
- Meza-Marquez, O. G., Gallardo-Velazquez, T., Osorio-Revilla, G., & Dorantes-Ávarez, L. (2012). Detection of clenbuterol in beef meat, liver and kidney by mid-infrared spectroscopy (FT-Mid IR) and multivariate analysis. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(11): 2342–2351.
- Morales-Trejo, F., Leon, S. V. Y., Escobar-Medina, A., & Gutierrez-Tolentino, R. (2013). Application of high-performance liquid chromatography-UV detection to quantification of clenbuterol in bovine liver samples. *Journal of Food and Drug Analysis*, 21(4): 414–420.
- Olaya Fernandez, E. (2012). Residuos de clenbuterol en tejidos comestibles de bovino. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Ortiz, M., Valdivia, F. J., Martínez, R., & Martínez de A. A. (2000). Effect of clenbuterol on growth performance in broilers. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, 52(3): 256–260.
- Robison, N. E. (2000). Clenbuterol and the horse. *AAEP Proceedings*, 46(3): 229–223.
- Signorini, M. (2007). Evaluación de los riesgos de los rastros y mataderos municipales. *Nacaneh*, 1(2): 118–141.
- Vilaboa-Arroniz, J., Díaz-Rivera, P., Platas-Rosado, D. E., & Juárez Lagunas, F. (2009). Estructura de comercialización de bovinos destinados para el abasto de carne en la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 13(31): 831–854.
- Williams, P. E., Pagliani, L., Innes, G. M., Pennie, K., Harris, C. I., & Garthwaite, P. (1987). Effects of a beta-agonist (clenbuterol) on growth, carcass composition, protein and energy metabolism of veal calves. *The British Journal of Nutrition*, 57(3): 417–28.

**CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DE SEMILLA Y ACEITE DE XUTA *Jatropha curcas* L.
PROVENIENTE DE PLANTACIONES DEL ESTADO DE TABASCO**
CHARACTERIZATION OF SEED BIOCHEMISTRY AND XUTA *Jatropha curcas* L. OIL FROM
PLANTATIONS OF THE STATE OF TABASCO

¹González Méndez E, ²Martínez Herrera J, ³Arguello García E, ¹Montes Roa G

¹Instituto Tecnológico de Huimanguillo

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria (INIFAP) C.E. Huimanguillo, Km 1
Carr. Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco.

³Universidad Popular de la Chontalpa. Departamento de Química Petrolera.
Autor de correspondencia: martinez.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

La planta de *Jatropha curcas* L. pertenece a la familia Euphorbiaceae, es nativa de México y Centro América. Se han reportado en México dos ecotipos la tóxica y la no tóxica. El interés de indagar en el cultivo de piñón es que cuenta con características que favorecen el desarrollo de nuevas aplicaciones, donde puede ser utilizada como alimento para consumo animal o humano y que no han sido aprovechadas en Tabasco, además, ofrece ventajas como cultivo bioenergético. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la semilla y aceite de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) en plantaciones de Tabasco. A las semillas provenientes de los municipios de Huimanguillo y Cunduacán, se les determinó el contenido químico proximal (humedad, proteína, lípidos y cenizas), además, se evaluó la calidad del aceite mediante la medición del índice de acidez, saponificación, iodo y peróxido. Los resultados obtenidos, mostraron que la composición química de las semillas de Huimanguillo y Cunduacán, presentaron valores muy bajos de proteína (8-11%), comparado con los reportados para otras semillas; el contenido lipídico alcanzó valores entre 41-54%, siendo comparables a los reportados para otras semillas. Referente a la calidad del aceite, el índice de acidez para Cunduacán fue 7.93 y 8.3 mg KOH/g, para Huimanguillo. Estos valores son muy altos en el aceite de *Jatropha*, requiriendo forzosamente una esterificación ácida, seguido de la transesterificación para la obtención de biodiesel. En tanto, los índices de saponificación encontrados, están en el rango de 190-192 mg KOH/g para Cunduacán y Huimanguillo, respectivamente. El índice de Yodo fue 98.29 g/100g para aceite de Cunduacán y Huimanguillo de 89.9 g/100 g. finalmente, el índice de peróxido de Cunduacán fue de 8 meq/kg, y para Huimanguillo fue de 10 meq/kg. El aceite de estos municipios, cuenta con la calidad para su aplicación industrial.

Palabras clave: piñón mexicano, Xuta, Tabasco, Aceite, índices

INTRODUCCIÓN

El piñón es una oleaginosa de porte arbustivo con más de 3500 especies agrupadas en 210 géneros. Es originaria de México y Centroamérica, pero crece en la mayoría de los países tropicales, actualmente el cultivo está siendo desarrollado principalmente en África y la India, con la finalidad de transformar el aceite extraído de sus semillas en biodiesel. La palabra *Jatropha* proviene del griego “Iatrós” que significa médico y “Trophé” alimento. En la República Mexicana se encuentra distribuida en los estados Chiapas, Guerrero, Quintana Roo, Hidalgo, Morelos, San Luis Potosí, Jalisco, Nayarit Oaxaca, Veracruz, Tamaulipas, Puebla, Sinaloa y Yucatán (Zamarripa et al., 2014; Martínez et al., 2010).

En la actualidad el cultivo de piñón o Xuta (*Jatropha curcas* L.) ha tenido poco impacto por sus bajos rendimientos de semilla, sin embargo, dado sus características agronómicas e industriales, es objeto de nuevas investigaciones para su aprovechamiento. De tal manera que el piñón cuenta con características químicas que ayuda a la fabricación de biodiesel y otros subproductos para la industria farmacéutica e industrial. El arbusto de piñón, es una planta que pertenece a la familia Euphorbiaceae, es multipropósito por su fácil adaptación en el medio donde se encuentra, es considerada una planta silvestre. Se han reportado dos ecotipos la tóxica y la no tóxica (Martínez et al., 2010). Esta planta presenta una gran ventaja para el país y en el Estado. El interés de indagar en el cultivo de piñón es que cuenta con ciertas características que favorece en el desarrollo de nuevas investigaciones en donde puede ser utilizada como alimento para consumo animal o humano, otras de las ventajas es que cuenta con propiedades bioquímicas que la mantienen como un cultivo bioenergético. Estudios realizados por González et al., (2014), indican que Tabasco es una región que muestra rangos con aptitud edafoclimática favorables que abarcan una superficie de 833,181 ha siendo cuatro los municipios con mayor potencial: Balancán (256,201 ha),

Huimanguillo (131,596 ha), Tenosique (130,708 ha) y Cárdenas (68,267 ha). El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la composición química de la semilla de *Jatropha curcas* L. y determinar las propiedades del aceite, así mismo estudiar las necesidades de la planta con potencial para la producción de energía renovable, contado con las características para la elaboración de biocombustible, asimismo disminuir la energía fósil, permitiendo el buen manejo de la semilla de piñón como una nueva alternativa; mitigando los daños ecológicos contribuyendo con nuevas investigaciones del cultivo. Por otra parte; la pasta residual obtenida después del prensado, puede ser utilizada con fines alimenticios para consumo animal por su alto contenido proteico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los municipios de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco, entre las latitudes 18°21' y 17°31' N y las longitudes de 94°13' y 93°30' W, respectivamente a una altitud de 30 msnm.

La colecta de piñón se realizó en tres fechas diferentes que abarcaron los meses de mayo a septiembre del 2016 en plantaciones con tres años de establecidas, sin manejo agronómico.

Obtención de la semilla

La extracción de las semillas del fruto se realizó de manera manual el mismo día de su cosecha. Las semillas extraídas se colocaron en charolas para un secado a temperatura ambiente en el laboratorio durante cuatro días, permitiendo el almacenaje sin problemas de humedad, (principal causa de hongos), el descascarado se realizó de forma manual utilizando unas pinzas para facilitar la ruptura de la testa.

Caracterización física de la semilla

Las características físicas evaluadas fueron: Número de semillas por Kg, peso de semillas, largo y ancho. Dimensiones y peso: Se pesaron 30 semillas de manera aleatoria para calcular el peso promedio. Posteriormente se pesó 1 Kg de las dos muestras, se contaron el número de semilla por Kg. El ancho y largo fue medido con un vernier digital.

Acondicionamiento de la semilla

La almendra (sin testa) fue molida en una licuadora. A esta harina y a la semilla se le realizaron los análisis correspondientes, contenido de proteína, lípidos totales, cenizas y humedad de acuerdo a la AOAC (1995). La caracterización química del aceite se realizó mediante la metodología de la AOAC (1985) consistiendo en índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación e índice de peróxido. Las cuáles se describen a continuación: Determinación de humedad: Se pesó un crisol previamente tarado de 1 a 2 g de muestra, seguidamente se colocó el crisol en la estufa previamente a peso constante, y se mantuvo la temperatura a 105°C, durante 4 horas. Transcurrido el tiempo se trasladó el crisol al desecador y se esperó a que se enfriara para pesar el crisol, por diferencia de peso, se determinó el porcentaje de humedad. Determinación de ceniza: Se pesó 2 g de muestra en un crisol de porcelana (previamente tarado), se pre-calcinó la muestra, con un mechero de Bunsen y después se colocó en la mufla, cuidando que la temperatura no pase 550°C, se suspendió el calentamiento cuando las cenizas se tornaron blancas o grises, después de 4 horas. Después se introducen al desecador por una hora, transcurrido se pesaron se anotó el peso final. Determinación de proteína: se pesó de 0.3 a 0.4 g de muestra, la cual es vertida en un matraz MicroKjedahl, con un gramo de tableta catalítica y 4 ml de ácido sulfúrico concentrado, debidamente se colocaron en el digestor; transcurrido el tiempo se obtiene un color azul- verde cristalino. Posteriormente, se lleva a la destilación con 6 ml de ácido bórico con 4 gotas del indicador Weslow. Se titula con ácido clorhídrico 0.1N. Determinación de lípidos: se colocaron 10 gramos de la muestra en un cartucho de extracción previamente pesado y se colocó en el extractor Soxhlet, durante 12 h empleando éter de petróleo. El cartucho se colocó en una campana de extracción durante 24 h para eliminar los residuos del disolvente, y se llevó a un desecador por 1 h y se pesó en una balanza. El resultado fue expresado como porcentaje de aceite en materia seca.

Análisis químico del aceite

Índice de saponificación: Se pesó 5 g de lípido, añadir 50 mL de hidróxido de potasio 0.5 N en solución alcohólica, medido con bureta y adaptar al refrigerante. Calentar a reflujo durante 30 min agitando ocasionalmente, efectuar a la vez un blanco, posteriormente añadir 1ml de fenoltaleína, cuando la solución esta tibia, titular con ácido clorhídrico 0.5 N antes de que solidifique la muestra.

Índice de acidez: Pesar 7 g de muestra en un matraz Erlenmeyer, al cual se añade 75 ml de etanol previamente neutralizado y se calienta en baño de agua en ebullición agitando durante 2 min. Posteriormente se valora en caliente agitando vigorosamente, con el hidróxido de potasio 0.1 N en

presencia de 5 gotas de fenolftaleína, hasta que aparezca un color ligeramente rosa que permanece durante 1 min.

Índice de yodo: Pesar 250 mg de aceite en un matraz de 500 ml, se añadió 10 ml de cloroformo o tetracloruro de carbono y 25 ml de reactivo de Hanus, medido con bureta. Se efectúa blanco con las mismas condiciones, se deja reposar durante 30 minutos; al cabo de este tiempo añadir 10 ml de yoduro de potasio al 15% y 75mL de agua destilada. Se titula con la solución de tiosulfato de sodio 0.1 N, al observar el cambio de color de café rojizo a amarillo paja, se añade 1mL de almidón al 1% como indicador y se continúa la valoración, agitando vigorosamente en cada adición, hasta la completa desaparición del color amarillo. Índice de peróxido: fue determinado de acuerdo al método AOAC (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas de las semillas.

El peso promedio de 30 semillas fue de 0.9 g para Huimanguillo y 0.7 g para Cunduacán, sus dimensiones fueron de largo 19.8 mm y ancho 10.92 mm para Huimanguillo y de 19.86 mm de largo y 10.65 de ancho para Cunduacán. El peso por kilogramo fue 1,750 y 1,514 semillas para Cunduacán y Huimanguillo, respectivamente (Cuadro 1). No existe, reportes previos del número de semillas por kilogramo, se ha observado que el número de semillas dependerá del momento y mes de cosecha realizado. Por otro lado, el peso promedio, su largo y ancho de las semillas provenientes de Tabasco fueron superiores comparadas a las reportadas para semillas silvestres provenientes de Veracruz y Morelos (Martínez *et. al.*, 2006).

Caracterización química de la semilla de piñón.

En el cuadro 2, se muestra la composición química de la semilla de piñón en el Estado de Tabasco del municipio de Cunduacán, tomando como datos tres cosechas C1, C2 y C3 en diferentes fechas de corte. El contenido de proteína se encuentra en un rango de 8 al 9.7% en harina entera y lípidos 45.9 al 41.52%.

Cuadro 1. Caracterización física de semillas de piñón *Jatropha curca L.* obtenidas en Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.

Parámetros	Huimanguillo	Cunduacán
Semillas por Kg	1,514	1,750
Peso de semilla en g	0.9±0.09	0.82±0.07
Largo mm	19.7±0.6	19.86±0.9
Ancho mm	10.92±0.3	10.65±0.4

*promedio de 30 semillas (n=30); ± desviación estándar

Cuadro 2. Composición química de la semilla de piñón *Jatropha curca L.* de Tabasco en 2016.

Determinaciones	Cunduacán			Huimanguillo		
	1 (24 jun)	2 (20-jul)	3 (9-ago)	1 (18 May)	2 (7- jun)	3 (30-sep)
Fecha Cosecha	1 (24 jun)	2 (20-jul)	3 (9-ago)	1 (18 May)	2 (7- jun)	3 (30-sep)
Proteínas (%)	8.2±0.03	8.4±0.1	9.7±0.06	11.21±0.06	11.5±0.09	11.7±0.09
Lípidos (%)	41.52±0.5	44.49±0.2	45.92±0.02	46.50±0.02	52.39±0.04	54.79±0.04
Humedad (%)	3.7±0.07	3.8±0.01	3.8±0.03	4.0±0.02	4.4±0.07	4.6±0.2
Ceniza (%)	4.5±0.1	4.8±0.1	5.0±0.2	3.60±0.1	3.8±0.2	4.5±0.01

*promedio de tres repeticiones, ± desviación estándar

Los contenidos proteicos encontrados en las semillas de Cunduacán y Huimanguillo son muy bajos comparados con semillas silvestres de otros estados de Veracruz, Morelos, Sinaloa, Puebla, entre otros (proteína 18-32%) (Martínez *et. al.*, 2010; Araiza *et al.*, 2014) y su contenido de lípidos estuvo en el promedio con un 41-55% comparado con otras semillas de piñón mexicanas (Martínez *et al.*, 2010); al igual que los valores de humedad y cenizas. Exceptuando por el porcentaje de proteínas, todos los demás valores lípidos, cenizas y humedad son similares a los reportados para otros países como: Cabo Verde, Senegal, India, Tanzania, Kenia, Nigeria, Burkina Faso, Ghana, Costa Rica, Nicaragua (Makkar *et al.*, 1997).

Características químicas del aceite de piñón

En el cuadro 3, se presentan la composición química del aceite de piñón, de los municipios de Cunduacán y Huimanguillo del Estado de Tabasco. El índice de acidez fue 7.93 y 8.3 mg KOH/g, para Cunduacán y Huimanguillo, respectivamente. El contenido de ácidos grasos libres en el aceite de *Jatropha* en los dos sitios de estudio son completamente altos. En aceites con acidez mayor al 1% requieren de una esterificación ácida para disminuir el porcentaje de ácidos grasos libres, seguida de una transesterificación alcalina, mientras que valores menores al 1% se consideran como óptimos y se realiza directamente la transesterificación (Canakci, 2007). Se han reportado índices de acidez menores del 1% para semillas silvestres provenientes de Sinaloa (Araiza *et al.*, 2015), Veracruz y Morelos. No obstante reportes en países

de África, han encontrado valores de acidez superiores a 9.48 mg KOH/g (Ugbogu *et al.*, 2014); de Malasia 3.76 mg KOH/g (Abdullah *et al.*, 2013). En Tabasco, los suelos en donde están establecidas las plantaciones de *Jatropha* son ácidos los que probablemente influyen en los valores de acidez del aceite y además no tienen ningún manejo agronómico, son plantaciones a temporal.

Cuadro 3. Propiedades químicas del aceite de piñón proveniente de Cunduacán y Huimanguillo, Tabasco.

Índices	Cunduacán	Huimanguillo
Acidez (mg KOH/g)	7.93±0.1	8.3±0.1
Saponificación (mg KOH/g)	192.98±5	190.33±2
Peróxido (meq/kg)	8.0±0.4	10.0±2
Yodo	98.29±0.01	89.9±0.1

El índice de saponificación se encuentra entre un rango de 190 al 192 mg KOH/g para los dos municipios al igual que los reportados para otros aceites de *J. curcas* de Nigeria 195.10 mg KOH/g (Ugbogu *et al.*, 2014); de Malasia 193.55 mg KOH/g, valores altos de saponificación indican que el aceite de *J. curcas* posee triglicéridos normales y puede ser útil en la producción de jabones y shampoo líquidos (Ugbogu *et al.*, 2014).

El índice de Yodo fue 98.29 g/100g para aceite de Cunduacán y Huimanguillo de 89.9 g/100g, De acuerdo Araiza *et al.*, (2015) cuando el índice de yodo es bajo (26 a 48 g/100g), el aceite está saturado y tiende a solidificarse, pero cuando el índice de yodo aumenta (94 a 135 g/100g), el nivel de insaturaciones en las cadenas de carbono aumenta, el aceite permanece líquido y esto repercute en la viscosidad. El aceite de piñón mostro contenidos mayores de ácidos grasos insaturados que le da mejor estabilidad para evitar la oxidación del mismo. Los valores de yodo encontrados en los aceites de *J. curcas* de las regiones de Sinaloa (98-102 índice de yodo) (Araiza *et al.*, 2015) y Morelos (índice de iodo 93.00) (Martínez *et al.*, 2016) fueron similares a estos y se encuentra dentro del rango (120 g/100g) de la ASTM D6751, que establece los límites permisibles de aceptabilidad del biodiesel. Por otro lado, índices de yodo similares, han sido reportados para aceites de otros países como Malasia 104.90 (Abdullah *et al.*, 2013); Nigeria de 95.0 (Ugbogu *et al.*, 2014).

El índice de peróxido de Cunduacán fue de 8 meq/kg, y para Huimanguillo fue de 10 meq/kg. El índice de peróxido mide el grado de oxidación del aceite (Dorsa, 2004) y si éste es elevado (mayor de 5 meq/ kg) (Aminul *et al.*, 2012) repercutirá en la formación de polímeros de alto peso molecular (gomas) en el biodiesel, ocasionando problemas en el funcionamiento del motor; sin embargo, valores menores a 1.93-2.0 proveen estabilidad oxidativa del aceite en la semilla (Akbar *et al.*, 2009). No obstante, aceites frescos tienen valores menores a 10 meq/kg. Valores entre 20 y 40 resultando en sabores rancios (Ugbogu *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Este es el primer reporte, en donde se cuantifica el contenido químico proximal a semillas de *J. curcas* en tres fechas diferentes de corte provenientes de plantaciones establecidas en Tabasco, es importante destacar que, en ninguna de ellas, se realizó fertilización química o manejo agronómico, además que en Tabasco se presenta una fructificación anticipada desde el mes de mayo-junio, lo que no sucede en estados como Morelos, Chiapas, Puebla, Veracruz, Michoacán, Sinaloa; dadas la temperaturas y humedad idóneas para el desarrollo del piñón, incluso la cosecha se amplía hasta los meses de septiembre-octubre. Probablemente, la falta de fertilización induce al bajo contenido de proteína en la semilla, observador para otras semillas silvestres de piñón. Por otro lado, la calidad del aceite, en cuanto a los índices de saponificación, yodo, y peróxido se encuentran dentro los parámetros reportados para aceites de piñón de otras entidades y países. No obstante, se tendrá que disminuir el valor de acidez al aceite, pues interfiere directamente en la obtención de biodiesel mediante tranesterificación u otras aplicaciones por la formación de jabón. Es importante, implementar el manejo agronómico para el cultivo, el cual ha sido generado por INIFAP, por lo que en estos momentos se está participando en convocatorias para conseguir los fondos pertinentes para su validación y transferencia.

LITERATURA CITADA

- Abdullah, B.F., Yusop, R.M., Salimon, J., Yousif, E., Salih, N. 2013. Physical and Chemical Properties Analysis of *Jatropha curcas* Seed Oil for Industrial Applications. *International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering*. 7:893-896.
- Akbar, E., Yaakob, Z., Kamarudin, S.K., Ismail, M., Salimon, J. 2009. Characteristic and Composition of *Jatropha Curcas* Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock. *European Journal of Scientific Research*. 29:396-403.
- Aminul, K. M.; Yaakob, Z.; Anuar, N.; Primandari, P.; Osmann, M. 2012. Physicochemical properties of *Jatropha curcas* seed oil from different origins and candidate plus plants (CPPs). *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 89:293-300.
- A.O.A.C. 1985. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemist, 14th Ed. Washington D.C.
- A.O.A.C. 1995. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemist, 15th Ed. Washington D.C.
- Araiza, L. N. 2016. Evaluación morfológica, Bioquímica y diversidad genética del germoplasma *Silvestre Jojoba (simmondsia chinensis)* y (*Jatropha curcas*) del noroeste de México. Centro de investigaciones biológicas del noroeste, S.C. p (8-12).
- ASTM D6751-11 a. Standar specification for biodiesel fuel blend stock (B100) for middle distillate fuels.
- Canakci, M. 2007. The potential of restaurant waste lipids as biodiesel feedstock's. *Bioresource Technology Journal*. 98:183-190.
- Dorsa, R. 2004. Vegetable oil technology. Campiñas, Brasil: Magazine Westfalia Separator do Brasil. p (58).
- Makkar, H.P.S., Becker K., Sporer, F., y Wink, M. 1997. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:3152-3127.
- Martínez, H., J., Martínez, A.L., Makkar, H., Francis, G., Becker, K. 2010. Agroclimatic conditions, chemical and nutritional characterization of different provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *European Journal of Scientific Research*. 39:396-407.
- Martinez, H., J., Siddhuraju, P. Francis, G., Dávila, O. y Becker, K. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effect of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry*. 96:80-89.
- Martínez-Herrera, J., Argüello, G.E., Ovando, M.I., Salvador, F.M., Adriano, A.M.L. 2016. Extracción de aceite de *Jatropha curcas* L no tóxica vía enzimática para la producción de biodiesel. En: *El Piñón*. (Editores Isidro Ovando Medina, Ma. De Lourdes Adriano Anaya, Miguel Salvador Figueroa). Editorial Trillas. p (317-329).
- Ugbogu, A.E., Akubugwo, E.I., Uhegbu, F.O., Chinyere, C.G., Ugbogu, O.C. y Oduse, K.A. 2014. Quality assessment profile of *Jatropha curcas* (L) seed oil from Nigeria. *International Food Research Journal* 21:735-741.

Sección F: Manejo y Conservación de Recursos Naturales

GENERACIÓN DE MODELOS ALTURA TOTAL – DIÁMETRO NORMAL PARA T´ZALAM *Lysiloma latisiliquum* EN QUINTANA ROO, MEXICO
GENERATION OF TOTAL HEIGHT - NORMAL DIAMETER MODELS FOR T´ZALAM *Lysiloma latisiliquum* IN QUINTANA ROO, MEXICO

¹Tamarit Urias JC, ²Hernández Ramos J, ²García Cuevas X, ³Hernández Ramos A

¹Campo Experimental San Martinito, Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). km 56.5 Carretera México-Puebla. C.P. 04010 San Martinito, Tlahuapan, Puebla, México. ²Campo Experimental Chetumal, CIRSE-INIFAP. km 25 Chetumal, Quintana Roo, México. C.P. 77930, ³Campo Experimental Saltillo, CIRNE-INIFAP. km 342+119 Carretera Saltillo-Zacatecas. C.P. 25315 Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Autor para correspondencia: tamarit.juan@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Lysiloma latisiliquum (L.) Benth (T´zalam) es una especie forestal maderable perteneciente al grupo de comunes tropicales en el sureste de México, por su distribución y abundancia es importante para su aprovechamiento comercial por lo que es considerada en la elaboración de programas de manejo forestal; sin embargo, no se disponen de modelos alométricos actuales que estimen con precisión variables básicas a nivel de árbol individual. El objetivo fue generar un modelo alométrico que estime la altura total en función del diámetro normal para árboles de *L. latisiliquum*. Se trabajó una muestra de 110 árboles seleccionados en predios bajo manejo en cuatro ejidos forestales de los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco, en Quintana Roo, México. Con mediciones de diámetro normal y altura total de cada árbol se evaluó el ajuste estadístico de seis modelos de crecimiento, usando máxima verosimilitud con el procedimiento Model del paquete estadístico SAS 9.3. El mejor modelo se seleccionó tomando en cuenta los siguientes estadísticos de bondad de ajuste: el coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros (R^2_{adj}), la raíz del cuadrado medio del error (RCME), el sesgo, el criterio de información de Akaike (AIC) y la verosimilitud (logLik). El modelo de Hossfeld I modificado presentó la mejor calidad de ajuste y se seleccionó para estimar con precisión la altura total en función del diámetro normal, es una herramienta técnica de uso práctico y operativo inmediato de utilidad para realizar inventarios forestales maderables con esta especie.

Palabras clave: especie maderable, inventario forestal, modelo de crecimiento, relación alométrica.

INTRODUCCIÓN

Para los aprovechamientos forestales maderables de bosques tropicales es necesario que se disponga de herramientas silvícolas cuantitativas que fundamenten y apoyen las decisiones de manejo técnico de las especies forestales de importancia comercial. Modelos basados en relaciones alométricas y de crecimiento a nivel de árbol individual por especie, tales como altura – diámetro, diámetro del tocón – diámetro normal, diámetro normal – diámetro de copa, entre otros, son solo algunos ejemplos de tales herramientas que el técnico encargado del manejo debe de disponer, por lo que su generación es de alta importancia y urgencia. *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth (T´zalam) es una especie de importancia comercial representativa de la selva mediana subperennifolia en el sureste de México, puede sobrepasar ligeramente los 20 m de altura total y llega a alcanzar hasta 70 cm de diámetro normal. Es particularmente abundante y de alta regeneración natural principalmente en sitios con vegetación secundaria (acahuales) y puede mediante tratamientos silvícolas inducirse a conformar rodales coetáneos monoespecíficos con fines de aprovechamiento maderable, sobre todo porque su madera es altamente decorativa, fácil de trabajar con elementos de corte, de fácil pulido y acabado, resistente al deterioro y puede usarse para producir chapa decorativa y para manufacturar muebles de alta calidad (López y Tamarit, 2005; Tamarit y López, 2007). La altura total de los árboles es una de las variables más importantes para caracterizar atributos dasométricos de un rodal, es de utilidad para estimar el crecimiento, producción y rendimiento de estos en términos de volumen o biomasa (Pece *et al.*, 2006). No obstante, su importancia, se tienen serios inconvenientes para medirla en campo, ya que resulta poco práctico el uso de aparatos para su medición, sobre todo cuando el dosel es muy cerrado, dificultándose lanzar con claridad visuales a la punta o copa de los árboles al momento de medirla; además, el tiempo y por lo tanto el costo para obtener tales mediciones se incrementa, lo que encarece el trabajo de campo para realizar inventarios forestales

maderables. En cambio, el diámetro normal es una de las variables de los árboles de más fácil y eficiente medición en campo, al grado que puede ser medido en la totalidad de los árboles que se encuentren dentro de sitios de muestreo; en este caso, el tiempo y costo para medirlos es comparativamente bajo (Ahmadi *et al.*, 2013). El análisis y estudio de la relación alométrica entre las diferentes dimensiones de los árboles han demostrado que la altura total y el diámetro normal son dos variables fuertemente correlacionadas entre sí, en ese sentido Husch *et al.*, (1982) y VanderSchaaf (2014) refieren que esas relaciones pueden ser expresadas mediante ecuaciones matemáticas a manera de relaciones funcionales.

Estas relaciones para diferentes especies y en diferentes regiones se han reportado en la literatura forestal especializada (Prodan *et al.*, 1997; Fang y Bailey, 1998; Juárez de Galindez *et al.*, 2006) en los que se sugieren diferentes modelos alternativos que consideran y enfatizan esta relación alométrica. De modo similar, se han desarrollado y evaluado diferentes técnicas y procedimientos para el ajuste estadístico por regresión de los modelos altura-diámetro, así como establecido diferentes criterios para seleccionar a los mejores que representen en forma adecuada la referida relación (Arabatzis y Burkhart, 1992; VanderSchaaf, 2014). A estas relaciones, en donde la variable dependiente (altura total) solo está en función de una sola variable independiente (diámetro normal) se les conocen comúnmente como modelos locales altura-diámetro (Prodan *et al.*, 1997; Diéguez *et al.*, 2009) y pueden ser lineales o no lineales (Huang *et al.*, 1992; Fang y Bailey, 1998; Peng, 1999) de dos y hasta de cuatro parámetros (Peng *et al.*, 2001). A partir de la evaluación de seis modelos de crecimiento, el objetivo del presente trabajo fue generar un modelo alométrico de tipo local que estime la altura total en función del diámetro normal para árboles de *L. latifolia* (Tzalám) que crecen en bosques tropicales de Quintana Roo, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de la muestra analizada.

Para generar los modelos locales altura-diámetro se procesó y analizó una muestra representativa de 110 árboles de *L. latifolia* libres de defectos, sanos, bien conformados, dominantes y codominantes; fueron seleccionados en predios forestales que tienen programa de manejo forestal en los ejidos Caobas, Carrillo Puerto, Chan Santa Cruz y Naranja Poniente pertenecientes a los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco en Quintana Roo, México. La muestra de árboles se seleccionó de manera que se cubrieron todas las condiciones de crecimiento (calidades de sitio), así como clases de edad, dada por sus dimensiones en diámetros y alturas. En cada árbol se tomaron mediciones de diámetro normal (Dn) usando una forcípula con aproximación al centímetro, la altura total (At) se midió utilizando un telerelascopio de Bitterlich. Con ambas variables por árbol se conformó una base de datos. En el Cuadro 1 se presentan un resumen con los estadísticos básicos descriptivos de las variables de la muestra analizada.

Cuadro 1. Estadísticos básicos descriptivos de las variables analizadas para *L. latifolia*.

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	CV
Dn (cm)	110	37.32	7.70	92.00	16.09	43.10
At (m)	110	16.76	5.71	26.20	4.16	24.84

DE es la desviación estándar; CV es el coeficiente de variación.

Modelos de crecimiento evaluados.

Un análisis gráfico relativo a la dispersión de los datos observados evidenció una relación y tendencia no lineal entre la altura total con respecto al diámetro normal, lo que condujo a evaluar por regresión estadística a seis modelos de crecimiento no lineales (Cuadro 2) reportados en la literatura forestal especializada (Kiviste *et al.*, 2002) para ajustar la relación altura-diámetro. Este tipo de modelo de acuerdo con Lumbres *et al.* (2011), Ahmadi *et al.* (2013) y Cruz (2016) han sido utilizados anteriormente con éxito para modelar la relación altura-diámetro y otros atributos tanto a nivel de árbol como de rodal, la principal diferencia entre ellos es el número de parámetros a estimar que varía entre dos y tres. La estructura matemática de los modelos es de la forma general $At_i = f(Dn_i, b) + \varepsilon_i$, con $i=1, \dots, n$ y en donde At_i es la i -ésima observación de la variable respuesta o dependiente que corresponde a la altura total del árbol (m), Dn_i es la i -ésima observación de la variable independiente o predictora que corresponde al diámetro normal (cm) del árbol, b es el vector de parámetros del modelo, ε_i es el error no explicado que se asume que es independiente y normalmente distribuido con media cero y varianza constante.

Cuadro 2. Modelos de crecimiento evaluados para árboles de *L. latifolium* (T'zalam).

Nombre	Modelo
Schumacher (M1)	$A = a e^{-bD^{-1}}$
Gompertz (M2)	$A = \frac{a}{1 + e^{-cD}}$
Logístico mod. (M3)	$A = \frac{a}{1 + \frac{e^{-bD}}{D}}$
Hossfeld I mod. (M4)	$A = D^2 / (a + bD^2)$
Kövesy (M5)	$A = a \left[\frac{1 - e^{-bD}}{b} - \frac{1 - e^{-cD}}{c} \right]$
Weber (M6)	$A = a [1 - e^{-bD}]$

a, b, c: son los parámetros a estimar por regresión;
exp: es la función exponencial;
mod.: modelo modificado.

Estimación de parámetros y selección del mejor modelo.

El ajuste estadístico de los modelos se realizó usando máxima verosimilitud con información completa (FIML) con el procedimiento Model del paquete estadístico SAS 9.3 (Statistical Analysis System Institute Inc., 2011). El mejor modelo se seleccionó tomando en cuenta, además de la significancia de los parámetros estimados ($p < 0.05$), los siguientes estadísticos de bondad de ajuste: coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros (R^2_{adj}), la raíz del cuadrado medio del error (RCME), el sesgo, el criterio de información de Akaike (AIC) y el valor de la verosimilitud (logLik), mismo que son calculados en la forma siguiente.

$$R^2_{adj} = 1 - (1 - R^2) \frac{(n-1)}{(n-p)}$$

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-p}}$$

$$A = 2p + n \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n} \right)$$

$$\text{siendo } R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2}$$

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i - \bar{Y}_i}{n}$$

Donde \bar{Y}_i , Y_i y \bar{Y} son los valores estimados, observados y promedios de la altura total (A_t) respectivamente, n es el número total de observaciones usadas en el ajuste de los modelos, p es el número de parámetros del modelo a estimar.

Adicionalmente, para apoyar la evaluación de la calidad de ajuste y seleccionar al mejor modelo, sobre estos estadísticos se implementó un criterio de calificación relativa consistente en jerarquizar cada estadístico de cada modelo, asignando valores consecutivos del 1 al 5 en función al orden de importancia (1 correspondió al mejor valor del estadístico y 5 al valor más pobre), sumando los valores se obtuvo una calificación total a cada modelo y por comparación se identificaron los mejores que fueron los del más bajo valor en la calificación total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se presenta el resultado del ajuste estadístico de los modelos probados, se observa que los parámetros en todos los casos fueron significativos (excepto el parámetro c del modelo M3), por lo que en primera instancia se asumiría que el ajuste en todos los modelos fue bueno y por tanto serían adecuados para usarse en la estimación de la altura total en función del diámetro normal para árboles de T'zalam.

Un análisis con mayor nivel de detalle utilizando los valores de los estadísticos de bondad de ajuste de cada modelo junto con el resultado del sistema de calificación implementado (Cuadro 4), sugiere que comparativamente el modelo M4 que corresponde al de Hossfeld I mod. tuvo las mejores propiedades y la mayor calidad de ajuste al obtener la más baja calificación total, dado por presentar el valor más alto en el R^2_{adj} que es indicativo que el modelo explica en mayor grado la variabilidad total presente en la variable dependiente. También tuvo la más alta precisión en las estimaciones dado por su menor valor en la RECM; adicionalmente, presentó el tercer menor sesgo, que es indicativo que se tiene la mínima desviación del modelo con respecto a los valores observados. Sus valores en el AIC y logLik también fueron superiores, además de que sus dos parámetros fueron altamente significativos. Por estas razones, se consideró como

el modelo apropiado para estimar la altura total de los árboles de T´zalam. El segundo mejor modelo fue el M1 seguido por el M3 que corresponden a los de Schumacher y Logístico mod., respectivamente.

Cuadro 3. Valores de los parámetros resultados del ajuste de los modelos de crecimiento evaluados.

Modelo	Parámetro	Estimado	EE	Valor de t	Significancia
Schumacher (M1)	a	22.673100	1.1577	19.58	<.0001
	b	9.485788	1.6588	5.72	<.0001
Gompertz (M2)	a	3.008532	0.0636	47.30	<.0001
	b	1.250786	0.4185	2.99	0.0035
	c	0.058627	0.0208	2.82	0.0058
Logístico mod. (M3)	a	23.631410	5.4048	4.37	<.0001
	b	2.902104	1.3652	2.13	0.0358
	c	1.091801	0.6173	1.77	0.0798
Hossfeld I mod. (M4)	a	1.220287	0.2001	6.10	<.0001
	b	0.206137	0.0061	33.68	<.0001
Kövessy (M5)	a	1.180591	0.1178	10.02	<.0001
	b	0.059337	0.0081	7.37	<.0001
	c	4.54E+41	7.75E-85	5.86E+125	<.0001
Weber (M6)	a	19.896300	0.8337	23.86	<.0001
	b	0.059338	0.0081	7.37	<.0001

EE es el error estándar.

Para corroborar la calidad predictiva del modelo seleccionado se realizó un análisis gráfico de las curvas ajustadas de cada modelo sobrepuestas a los datos observados (Figura 1), se determinó que prácticamente todos los modelos predicen la altura total en forma idéntica en el intervalo de 10 a 75 cm de diámetro normal, esto evidencia nuevamente que bien podría usarse indistintamente cualquier modelo.

Cuadro 4. Estadísticos de bondad de ajuste de los seis modelos de crecimiento evaluados y calificación por criterio y total para cada modelo.

Modelo	RCME	Sesgo	logLik	AIC	R ² _{adj}	Calif. Total
Schumacher (M1)	3.3294	0.001527	-287.3803	266.60	0.3609	
	(2)	(4)	(3)	(2)	(2)	13
Gompertz (M2)	3.3706	-0.003009	-288.2239	270.29	0.3450	
	(6)	(2)	(6)	(6)	(6)	26
Logístico mod. (M3)	3.3446	-0.003177	-287.3699	268.57	0.3551	
	(3)	(1)	(2)	(4)	(3)	13
Hossfeld I mod. (M4)	3.3273	-0.00128	-287.3101	266.45	0.3617	
	(1)	(3)	(1)	(1)	(1)	7
Kövessy (M5)	3.3658	0.01219	-288.0648	269.96	0.3469	
	(5)	(6)	(5)	(5)	(5)	26
Weber (M6)	3.3502	0.012150	-288.0648	267.96	0.3529	
	(4)	(5)	(4)	(3)	(4)	20

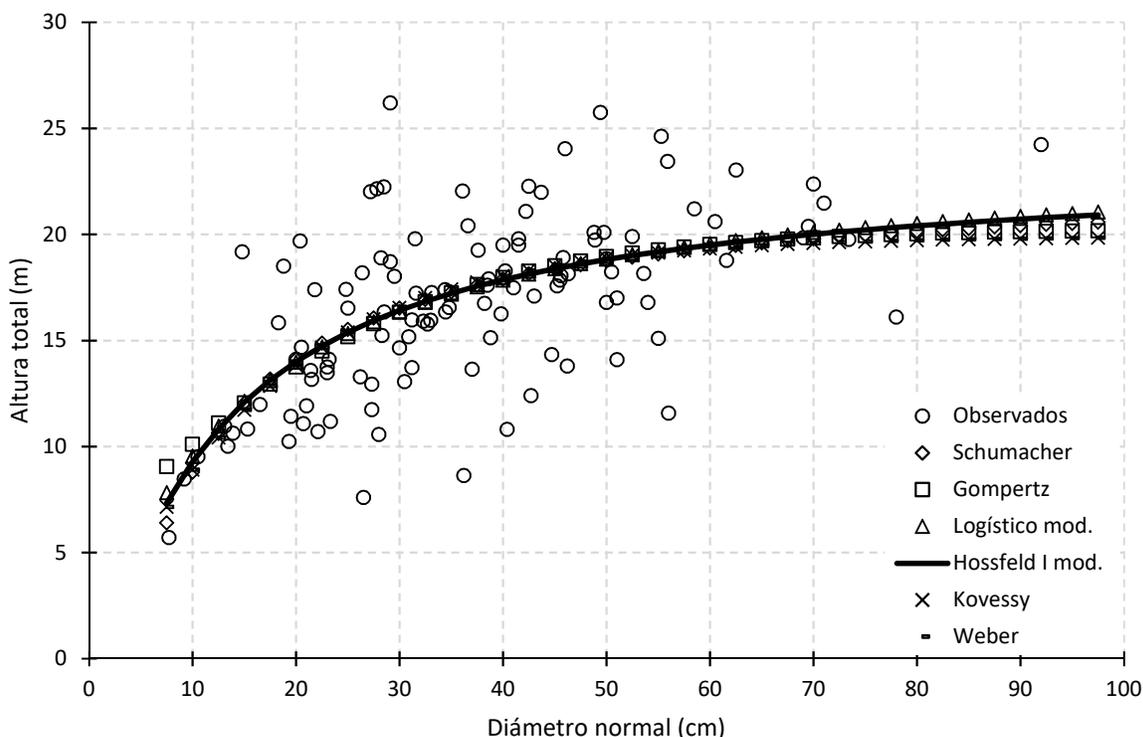


Figura 1. Comportamiento gráfico de la capacidad predictiva (altura total en función del diámetro normal) de los seis modelos de crecimiento evaluados en árboles de T'zalam.

Sin embargo, en ambos extremos del rango del diámetro normal analizado, es claro que los modelos M4, M3 y M1 tienen un mejor comportamiento ya que sus predicciones son biológicamente más realistas; en particular el modelo M4 ofrece en ese sentido la mejor aptitud pues la tendencia del crecimiento en altura que proyecta revela una lógica consistente, toda vez que en el extremo inferior (etapa temprana de crecimiento) la tasa de crecimiento incrementa hasta un cierto límite de diámetro normal, en tanto que en el extremo superior (etapa tardía de crecimiento) el crecimiento en altura tiende a declinar con el incremento en diámetro normal. Este aspecto reafirma el criterio cuantitativo utilizado que dio lugar a que fuera seleccionado; en este contexto Sharma (2009) refiere que los modelos con comportamientos biológicos razonables tienen mayor importancia por sobre aquellos que tienen los mejores estadísticos de bondad de ajuste. En este estudio para seleccionar el mejor modelo se encontró un balance entre consideraciones estadísticas y biológicas.

El modelo de Hossfeld I mod. seleccionado tiene adicionalmente la ventaja de ser parsimonioso con solo dos parámetros y de tener un techo asíntótico (asíntota horizontal superior) para los mayores diámetros normales observados, condición necesaria para no sobreestimar las alturas totales en diámetros normales grandes. Por su parte el valor de la prueba de White de 0.8645 reveló ausencia de heterocedasticidad tanto en el modelo seleccionado como en el resto de los modelos, sin que se presentara la necesidad de corregir mediante un ajuste ponderado, situación que garantiza que los parámetros estimados son insesgados, que se tiene normalidad, así como homogeneidad de varianza y residuales independientes. De esta manera el modelo M4 puede ser utilizado para predecir la altura total dentro del intervalo de datos observados (Cuadro 1), cuya estimación es importante debido a que en línea con lo referido por Trincado y Leal (2006), su mayor utilidad se encuentra en actividades de inventarios forestales, en donde el uso de las alturas totales junto con los diámetros normales de los árboles hacen posible predecir con mayor exactitud los volúmenes totales y comerciales de los árboles en pie y con ello proyectar el volumen y rendimiento maderable por unidad de superficie para esta especie, así como para estimar el peso y la biomasa respectivos. El modelo seleccionado que corresponde al de Hossfeld I mod. quedó con la estructura matemática final siguiente:

$$A = D^2 / (1.220287 + 0.206137D)^2 \quad (M4)$$

CONCLUSIONES

El modelo de crecimiento M4 que corresponde al de Hossfeld I mod. fue generado y seleccionado como el mejor para estimar la altura total en función del diámetro normal de árboles de *L. latifolium* en Quintana Roo, México, es una herramienta de silvicultura cuantitativa de utilidad práctica para los técnicos forestales encargados del manejo, que les permitirá realizar estimaciones precisas con comportamiento biológicamente realista, tiene su principal aplicación operativa inmediata para realizar inventarios forestales maderables por muestreo que contribuye a reducir el tiempo y el costo por realizarlo. También puede utilizarse como un importante componente de entrada en sistemas de crecimiento y rendimiento maderable, así como para describir la dinámica de rodales con esta especie.

LITERATURA CITADA

- Ahmadi, K., Jalil A.S., Tabari K.M., and Aertsen, W. 2013. Non-linear height-diameter models for oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the Hyrcanian forests, Iran. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 17(3): 431-440.
- Arabatzi, A., and Burkhart, H. 1992. An evaluation of sampling methods and model forms estimating height-diameter relationships in Loblolly pine plantations. *Forest Science*, 38: 192-198.
- Cruz, C.R. 2016. Modelos de altura – diámetro y de diámetro normal - diámetro del tocón para *Pinus patula* y *Pinus pseudostrobus* en la región de Chignahuapan-Zacatlán, Puebla. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco Estado de México. 74 p.
- Diéguez, A.U., Rojo, A.A., Castedo, F., Álvarez, G.J.G., Barrio, A.M., Crecente, C.F., González, G.C., Pérez, C.R., Rodríguez, S.C.A., López, S.M.Á., Balboa, M.J.J., Gorgoso, V., y Sánchez, R. 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia, España. 259 p.
- Fang, Z., and Bailey, R. L. 1998. Height-diameter models for tropical forests on Hainan Island in southern China. *Forest. Ecology Management*, 110(1): 315-327.
- Huang, S., Titus, S.J., and Wiens, D. 1992. Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22(1): 1297-1304.
- Husch, B., Miller, Ch.I., and Beers, T.W. 1982. *Forest mensuration*. Krieger Publishing Company. Malabar. Florida. U.S.A. 402 p.
- Kiviste, A., Álvarez, J.G., Rojo, A., y Ruiz, A.D. 2002. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal. INIA. Madrid, España. 190 p.
- Juárez de Galindez, M., Pece, M.G., Gaillard, C., Sanguedolce, J., Mariot, V., y Mazzuco, R. 2006. Ecuaciones altura-diámetro para *Ziziphus mistol*, Griseb. en Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho*, 13: 36-43.
- López, T.J.L. y Tamarit, U.J.C. 2005. Crecimiento e incremento en diámetro de *Lysiloma latifolium* (L.) Benth. en bosques secundarios en Escárcega, Campeche, México. *Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XI(2): 117-123.
- Lumbres, R.I.C., Lee, Y.J., Seo, Y.O., Kim, S.H., Choi J.K., and Lee, W.K. 2011. Development and validation of nonlinear height-DBH models for major coniferous tree species in Korea. *Forest Science and Technology*, 7(3): 117-125.
- Peng, C., Zhang, L., Liu, J. 2001. Developing and validating nonlinear height-diameter models for major tree species of Ontario's Boreal Forests. *Northern Journal of Applied Forestry*, 18(3): 87-94.
- Peng, C.H. 1999. Nonlinear height-diameter models for nine tree species in Ontario boreal forests. Ontario Forest Research Institute, Ministry of Natural Resources. For. Res. Report No. 155. 28 p.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., y Real, P. 1997. *Mensura forestal*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)/Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). San José, Costa Rica. 586 p.
- Pece, M.G., Benítez, C., Juárez, M., Mariot, V., Sanguedolce, J., y Prazoni, O. 2006. Modelación de la altura total para *Quebracho colorado santiagueño* (*Schinopsis quebrachocolorado*). *Foresta Veracruzana*, 8(1): 1-7.
- SAS Institute Inc. 2011. *SAS/STAT® 9.3 User's Guide*. Cary, NC. SAS Institute Inc.
- Sharma, R.P. 2009. Modelling height-diameter relationship for Chir pine trees. *Banko Janakari*, 19(2): 3-9.
- Tamarit, U.J.C. y López, T.J.L. 2007. *Xilotecología de los principales árboles tropicales de México*. Libro Técnico No. 3. INIFAP CIR-Golfo Centro, Campo Experimental San Martinito. Tlahuapan, Pue., México. 264 p.
- Trincado, G. y Leal, D.C. 2006. Ecuaciones locales y generalizadas de altura-diámetro para pino radiata (*Pinus radiata*). *Bosque*, 27(1): 23-34.
- VanderSchaaf, C.L. 2014. Mixed-effects height-diameter models for ten conifers in the inland Northwest, USA. *Southern Forests*, 76 (1): 1-9.

**INFLUENCIA DE LA BIOMASA MICROBIANA Y RAÍCES DEL SUELO EN LAS EMISIONES DE CO₂
EN SISTEMAS GANADEROS EN TACOTALPA, TABASCO**
INFLUENCE OF MICROBIAL BIOMASS AND SOIL ROOTS ON CO₂ EMISSIONS IN CATTLE SYSTEMS
IN TACOTALPA, TABASCO

¹Villanueva López G, ²Pérez Corzo AJ, ²Contreras Pérez MG, ³Casanova Lugo F, ¹Jarquín Sanchez A

¹El Colegio de la Frontera Sur, Carretera a Reforma km 15.5 s/n Ra. Guineo 2ª Sección, C.P. 86280, Villahermosa, Tabasco, México.

²Instituto Tecnológico Superior de Centla. Calle Ejido S/N. Col. Siglo XXI. Frontera, Centla, Tabasco. C.P. 86750

³Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Tecnológico Nacional de México. Carretera Chetumal–Escárcega km 21.5, Ejido Juan Sarabia, C.P. 77960. Othón P. Blanco, Quintana Roo, México.

Autor para correspondencia: gvillanueva@ecosur.mx

RESUMEN

Los sistemas de producción ganaderos contribuyen con cerca del 30% de las emisiones de bióxido de carbono (CO₂) atmosférico contribuyendo con el cambio climático. Además, contribuyen con grandes pérdidas del carbono (C) contenido en la masa vegetal y en los suelos, dando lugar a una considerable emisión de CO₂, que afectan la diversidad biológica de los microorganismos del suelo. Por lo que se planteó el siguiente estudio con el objetivo evaluar la influencia de la biomasa microbiana y de la biomasa de raíces del suelo en las emisiones de CO₂, en sistemas ganaderos con cercas vivas (CV), árboles dispersos en potreros ADP y en sistemas ganaderos en monocultivo de pasto (MP). Se encontró los flujos de CO₂ del suelo mostraron un comportamiento similar entre los tres sistemas ganaderos evaluados 2.1, 2.3 y 2.0 μmol/m²/s para sistemas ganaderos con CV, ADP y MP. En relación a las raíces finas tampoco se encontraron diferencias significativas entre los sistemas evaluados ($P = 0.776$). En el sistema ganadero con CV la cantidad de biomasa de raíces fue de 2.27, los sistemas con ADP 1.47 y el sistema en MP 0.82 mg MS/cm³. En el caso de la biomasa microbiana tampoco hubo diferencias significativas ($P = 0.898$) entre los sistemas ganaderos evaluados. En el sistema ganadero con CV la cantidad de biomasa microbiana fue de 206 10³ UFC g.s.s., en el MP de 194 10³ UFC g.s.s. y en el sistema ganadero con ADP de 189 10³ UFC g.s.s. Finalmente, los análisis de las correlaciones de Pearson muestran que no hubo correlación entre la biomasa microbiana y de raíces del suelo con los flujos de CO₂ del suelo. Sin embargo, humedad se correlaciona con la biomasa de raíces finas ($P = 0.003$). Asimismo, los flujos de CO₂ se correlacionaron con la temperatura del suelo ($P = 0.007$), y con la humedad relativa ($P = 0.0001$). Concluimos que la biomasa microbiana y de las raíces del suelo no influyó en las emisiones de CO₂ del suelo. Asimismo, la presencia de los árboles en diferentes densidades y tipologías no fue un factor clave en las emisiones de CO₂ del suelo en sistemas ganaderos.

Palabras clave: *Sistemas silvopastoriles, flujos de CO₂ del suelo, dinámica microbiana trópica.*

INTRODUCCIÓN

En los últimos 150 años las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en especial, las de dióxido de carbono (CO₂), han tenido un aumento significativo en el nivel de concentraciones pasando de 280 ppm en la época pre-industrial a 397 ppm en 2013 (NOAA, 2013), contribuyendo con el cambio climático de origen antropogénico (Montagnini y Nair, 2004; Thornton *et al.* 2008). Cerca del 20 a 25% de las emisiones de este gas proviene de los cambios en el uso del suelo particularmente de la deforestación de los bosques tropicales para establecer pasturas para la ganadería extensiva (Wang *et al.* 2009).

Se prevé que para el año 2020, la ganadería abarcará más de la mitad del valor de la producción agrícola mundial y tendrá como consecuencia la pérdida de grandes cantidades del carbono (C) contenido en la masa vegetal y en los suelos, dando lugar a una considerable emisión de CO₂ (Matos *et al.* 2012), afectando incluso la diversidad biológica de los microorganismos del suelo. Asimismo, diversos estudios señalan que los animales en pastoreo modifican substancialmente las propiedades físicas y químicas del suelo, aceleran la erosión, favorecen la compactación y reducción del volumen de los espacios porosos e influyen en la disminución de la velocidad del flujo del agua y modifican el balance de los nutrientes. Asimismo, disminuyen el contenido de materia orgánica (MO) y favorecen la pérdida de diversidad y la caída de la fertilidad del suelo (Singh *et al.* 2009; La Scala *et al.* 2012).

De acuerdo con Edwards y Riggs, (2003) y Wu *et al.* (2006), la respiración del suelo conocido también como emisión de CO₂ del suelo, es la producción de CO₂ resultado de la actividad biológica en el suelo. En los ecosistemas terrestres, la gran mayoría de éste CO₂ es emitido a la atmósfera en el proceso conocido como respiración del suelo, flujo de CO₂ o evolución del CO₂ en el suelo (Raich y Schlesinger, 1992). La respiración del suelo es una fuente importante del flujo de CO₂ atmosférico observándose la mayor intensidad en el horizonte superficial edáfico. Una cantidad sustancial de las emisiones totales de CO₂ mundial viene de la tierra a través de la mineralización y la descomposición de la MO por los organismos del suelo (Respiración Heterótrofa) tales como lombrices, nemátodos o insectos y de la respiración de las raíces vivas de las plantas y las micorrizas asociadas (Respiración Autótrofa) Edwards y Riggs, 2003; Wu *et al.* 2006).

En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la actividad microbiana del suelo y de la biomasa de raíces en las emisiones de CO₂, en sistemas ganaderos con cercas vivas, árboles dispersos en potreros y en sistemas ganaderos en monocultivo de pasto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

El estudio se realizó en la Sierra de Tacotalpa, Tabasco, la cual se localiza en el sur del estado, entre las coordenadas 17° 15' y 17° 45' N y los 90° 38' y 93° 46' O. El clima de la región está clasificado dentro de los cálidos húmedos Af (m) w" (i') g, con altas temperaturas y precipitaciones todo el año. La temperatura media anual es de 25 °C, siendo la máxima media mensual en junio de 43 a 45 °C y la mínima media en diciembre de 18 a 21 °C (De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García, 1998). El régimen de precipitaciones se caracteriza por un promedio de caída de agua de 3,000 a 4,000 mm por año, siendo un promedio máximo mensual de 569.7 mm en el mes de septiembre y un mínimo mensual de 167.4 mm en el mes de abril (Información meteorológica de la estación de Tapijulapa, Tacotalpa, Tabasco, Villanueva-López et al. 2014).

Características de los sistemas y parcelas de estudio.

Tres sistemas de producción ganaderos fueron seleccionados: 1) sistema ganadero con cercas vivas (CV) conformado en más del 95% por árboles de *G. sepium* asociados con pasto señal (*Brachiaria decumbens* (Stapf); 2) sistemas ganadero con árboles dispersos en potreros (ADP) conformado por árboles como: bojón, cedro, ceiba (*Ceiba petandra* L.), naranja, aguacate (*Persea americana* M.), Mango (*Mangifera indica* L.), palo mulato (*Bursera simaruba* L.), amargoso (*Vatairea lundelli* S.), limoncillo (*Garcinia intermedia* F.), chipilcoi (*Diphysa robinoidea* J.), asociados con pasto señal; 3) sistemas ganaderos basados en monocultivo de pasto señal (MP), así como de gramíneas nativas, entre los que destacan los géneros: *Axonopus* y *Paspalum*. Cabe señalar que en todos los sistemas la principal actividad es la cría intensiva de ganado para la producción de carne, basados en un sistema de pastoreo rotacional, con un tiempo de ocupación de 8 días, 15 días de descanso y una carga animal promedio de 4.0 UA/ha.

Diseño experimental y parcelas de estudio.

Se seleccionaron dos ranchos por cada sistema a estudiar, dos con CV de *G. sepium*, dos con ADP y uno bajo el MP. Con excepción del sistema ganadero en MP en los demás tratamientos se seleccionaron seis parcelas de muestreo (repeticiones). En todos los casos la distancia entre parcelas fue de 30 metros. El tamaño de las parcelas fue de 1000 m² (50 x 20 m). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar donde se analizó el efecto del sistema, la influencia de la actividad microbiana y de las raíces del suelo, sobre las emisiones de CO₂ del suelo.

Muestras de suelo.

Las muestras para identificar y cuantificar la biomasa microbiana y raíces del suelo se tomaron cada mes en los mismos sitios donde se tomaron las mediciones de CO₂ del suelo.

Se usó un tubo de acero de 8.5 cm de diámetro por 30 cm de altura (Page-Dumroese et al. 1999). En cada sitio se introdujo el tubo de acero a una profundidad de 20 cm del suelo y se tomó una muestra, la cual se envolvió en plástico adherible. Todas las muestras fueron etiquetadas con claves que incluían al sistema, rancho, parcela, fecha, entre otros. Posteriormente las muestras fueron llevadas al laboratorio de Biogeoquímica de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR Unidad Villahermosa) en una nevera con hielo y enseguida colocadas en un refrigerador a una temperatura de 5 °C hasta el momento de ser procesadas para extraer los organismos vivos (autótrofos y heterótrofos) del suelo.

Biomasa microbiana del suelo. Se utilizó la técnica de la cuenta microbiana por dilución de placa (Lorch *et al.* 1995; Bossert y Kossom, 1997), la cual consiste en la preparación de una serie de diluciones de una muestra de suelo en un diluyente apropiado, esparciendo una alícuota de una disolución sobre la superficie

de un medio de cultivo sólido e incubando la placa de agar bajo condiciones ambientales propias. La dilución debe permitir generar colonias separadas, cada colonia puede proceder de una sola célula o de una agrupación (unidad viable), la cual se contará como una bacteria (Ramírez *et al.* 1992). En este sentido, se colocaron cajas Petri en grupos de 9 y se envolvieron en papel estraza para su esterilización en la estufa durante 24 horas a una temperatura de 110 °C. Antes de realizar las diluciones de las muestras se preparó una solución salina y agar de la siguiente forma:

- a) Se agregó agua destilada en una jarra de 5 litros y se le vertió 29.75 g de cloruro de sodio (NaCl) previamente pesado.
- b) Se mezcló el NaCl (cloruro de sodio) con el agua destilada hasta su dilución total, posteriormente se vertió la solución en dos matraces aforados de 2 y 1 L respectivamente, se aforo un matraz de 500 mL y se colocó agua destilada. Luego se mezcló los 3 L de solución con los 500 mL de agua destilada para luego verter en dos matraces Erlenmeyer de 2 L.
- c) Se pesaron 40 gr de agar bacteriológico.
- d) Se agregaron 1.5 L de agua destilada en el matraz Erlenmeyer y se colocaron en el Stacey Cochiara (parrilla eléctrica) para calentar el agua, una vez llegado al punto de ebullición se colocó el agar para su disolución.
- e) Se llevaron los matraces de NaCl y agar al autoclave para su esterilización, se esperó 20 minutos más o menos hasta que la presión llegara a 120 Kg/cm y de ahí otros 20 minutos hasta apagar el autoclave.
- f) Una vez esterilizado el medio de cultivo se dejó enfriar unos 10 minutos.
- g) Se vació el medio en cajas Petri en condiciones estériles en una campana de flujo laminar.
- h) Se dejó enfriar y gelificar el medio

De las muestras obtenidas en campo se tomaron 10 gr de suelo para realizar una dilución con 90 ml de solución salina (10^1). Posteriormente se realizó una dilución en tubos de ensayos con 9 mL de agua salina y 1 mL de la dilución anterior para lograr la repartición 10^2 de la misma forma se logra el 10^3 y 10^4 , obteniendo tres réplicas de cada muestra a sembrar. Para la siembra de los microorganismos se utilizaron cajas Petri previamente llenas de medio de cultivo (agar), en las cuales se vertió 1 mL de cada tubo de ensayo en la caja Petri esparciéndolo con una varilla de vidrio (inmersa en alcohol y pasándola por la flama del mechero permitiendo su enfriamiento), asegurando una distribución homogénea por toda la superficie del medio, logrando un total de 189 cajas Petri por las 21 muestras. Después se guardaron las cajas en un lugar aislado y descontaminado para que el crecimiento de los microorganismos sean correctos, se esperaron dos días para contar las colonias de bacterias que hayan crecidas y reportar como unidades formadoras de colonias (UFC)/ g de suelo seco. El conteo de los microorganismos se capturo en una base de datos (Excel) y así poder determinar la biomasa microbiana.

Biomasa de raíces.

Las muestras fueron lavadas, separadas por medio de un tamiz de 0,5 mm de apertura. Después de una inmersión en agua, fueron pesadas y colocadas en bolsas de papel cada una con su etiqueta de identificación. Posteriormente, se separaron las raíces más gruesas y otros residuos procurando dejar en la muestra solamente las raíces inferiores. Después se colocaron en una estufa de secado a una temperatura de 60 °C durante 24 horas hasta su secado total. Después se volvieron a pesar en una balanza granataria para determinar su peso gravimétricamente tanto seca como húmeda (materia seca-biomasa).
Medición de flujos de CO₂ del suelo.

Los flujos de CO₂ del suelo fueron medidos con una cámara cerrada dinámica EGM-4 (PP Systems Reino Unido), el cual contiene un analizador de gases infrarrojo (IRGA) y una cámara de respiración del suelo (SRC-1) que es la encargada de captar y transportar el aire hasta el IRGA. Las mediciones se hicieron durante una semana cada mes en la estación de seca que comprendió los meses de abril a junio, en la estación lluviosa de julio a septiembre y durante el periodo de invierno de noviembre a febrero. En cada fecha de muestreo se realizaron mediciones 2 veces al día: 06:00 horas y de 14:00 horas. Para cada tiempo de muestreo se tomaron 3 mediciones (repeticiones) aleatorizadas para registrar los flujos de CO₂ del suelo en cada parcela. Previo a las mediciones en cada sitio de estudio se retiró la capa de mantillo en todas las ocasiones. Posteriormente se colocó la cámara de respiración de suelo a 1 cm de profundidad de la superficie del suelo, por un tiempo de aproximadamente 120 segundos. Simultáneamente se midió la temperatura del suelo (°C) a 5 cm de profundidad, se instaló adyacente a la cámara de respiración del suelo un HOBO data logger digital portátil con sensor externo durante los tiempos de medición. El data logger se programó para registrar lecturas cada 30 segundos. Respecto a la humedad relativa (ambiental) las lecturas se tomarán con el mismo HOBO y con la misma frecuencia a una altura de 1 m de la superficie

del suelo. Adicionalmente, los datos de precipitación (mm) fueron obtenidos de una estación meteorológica ubicada a 20 km del sitio de estudio.

Análisis estadísticos.

Se realizó un ANOVA de dos vías para analizar el efecto de la época del año, el horario de muestreo y la interacción entre ambos factores sobre las emisiones de CO₂ entre sistemas. Además, los datos obtenidos fueron sometidos a un ANOVA de una vía para detectar diferencias entre las medias de biomasa microbiana y de raíces del suelo entre sistemas. También se realizaron análisis de correlación de Pearson para relacionar las variables de estudio (i.e. flujos de CO₂, temperatura, humedad del suelo, humedad relativa, unidades formadoras de colonias y biomasa de raíces finas), para todos los sistemas evaluados (i.e. análisis global). Posteriormente, se realizaron correlaciones de Pearson para cada uno de los sistemas evaluados con las variables de interés. En ambos casos cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas se procedió a utilizar una prueba de Tukey al 95% de confianza. Los análisis fueron realizados con el paquete estadístico Sigmaplot® versión 11.0 para Windows® (SYSTAT, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Flujos de CO₂ del suelo y variables ambientales en sistemas ganaderos.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró que los flujos de CO₂ del suelo mostraron un comportamiento similar entre los tres sistemas ganaderos evaluados. Asimismo, la temperatura y humedad del suelo, y la humedad relativa mostraron un comportamiento similar (Cuadro 1). Estos resultados son similares a los reportados por Villanueva *et al.* (2016) en sistemas ganaderos con CV y en MP en esta misma región.

Cuadro 1. Valores medios de los flujos de CO₂, humedad y temperatura del suelo, y humedad relativa en sistemas ganaderos en Tacotalpa, Tabasco.

Sistemas	Flujos de CO ₂ del suelo (μmol/m ² /s)	Humedad del Suelo (%)	Temperatura del Suelo (°C)	Humedad Relativa (%)
CV	2.1 a	71.3 a	28.7 a	36.5 a
ADP	2.3 a	74.9 a	29.1 a	36.9 a
MP	2.0 a	73.2 a	30.4 a	38.3 a
EEM	0.2	1.2	1.5	3.1
Valor de <i>P</i>	ns	ns	ns	ns

CV, cercas vivas; ADP, árboles dispersos en potreros; MP, monocultivo de pastos; EEM, error estándar de la diferencia de medias.

Literales similares en cada columna indican que no existen diferencias entre medias de acuerdo a tukey al 95% de confianza. ns, no significativo ($P > 0.05$).

Biomasa de raíces finas en sistemas ganaderos.

En la figura 1 se muestran los valores de la densidad de biomasa de raíces finas. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sistemas evaluados ($P = 0.776$). En el sistema ganadero con CV la cantidad de biomasa de raíces fue de 2.27, los sistemas con ADP 1.47 y el sistema en MP 0.82 mg MS/cm³.

Biomasa microbiana en sistemas ganaderos.

Los análisis estadísticos indican que no hubo diferencias significativas ($P = 0.898$) entre los sistemas ganaderos evaluados (Figura 2). En el sistema ganadero con CV la cantidad de biomasa microbiana fue de 206 10³ UFC g.s.s., en el sistema ganadero en MP de 194 10³ UFC g.s.s. y en el sistema ganadero con ADP de 189 10³ UFC g.s.s. Según Olivares, (1998) entre más plantas hay en el sistema, la situación de los microorganismos cambia drásticamente, ya que las plantas son las principales suministradoras de sustratos energéticos al suelo, de los que los microorganismos se aprovechan cuando se encuentran en la zona próxima a la raíz. Sin embargo, en este estudio los resultados muestran lo contrario, el sistema ganadero sin arboles (MP) fue similar a los sistemas ganaderos con CV y con ADP. Numéricamente, ésta mayor cantidad de biomasa microbiana en el sistema ganadero con CV puede ser por la gran cantidad de hojarasca que se acumula en la superficie del suelo, que favorece una mayor acumulación de humedad

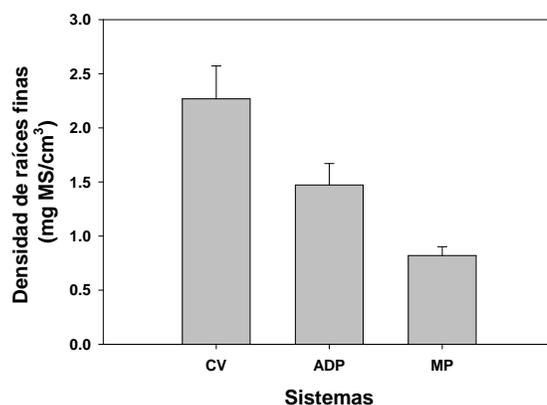


Figura 1. Densidad de raíces finas en sistemas ganaderos en la Sierra de Tacotalpa, Tabasco.

producto de esta acumulación de hojarasca, que en consecuencia permite una mayor disponibilidad de alimentos para los microorganismos del suelo. También, esta mayor cantidad de biomasa microbiana en el sistema ganadero con CV podría deberse a que la especie de árbol presente en la cerca viva (*G. sepium*), es una especie leguminosa la cual se caracteriza por tener la capacidad de fijar el N del aire y llevarlo al suelo quedando disponible para los microorganismos. Al respecto, Villanueva *et al.* (2015) reportó que las cercas vivas de cocoíte aportan anualmente 0.561 toneladas por hectárea.

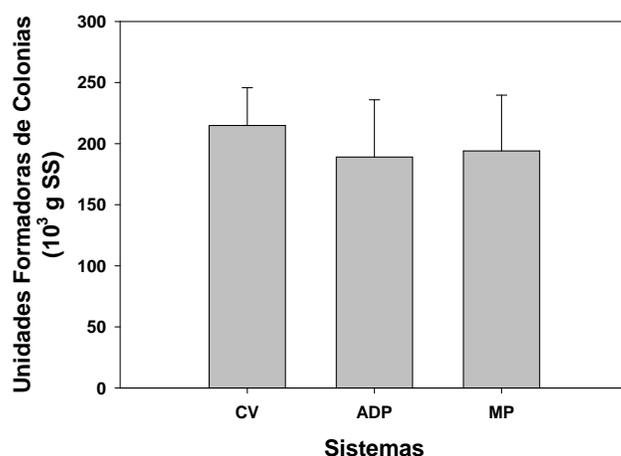


Figura 2. Biomasa microbiana en sistemas ganaderos en la Sierra de Tacotalpa, Tabasco.

Por otra parte, la mayor cantidad biomasa microbiana en sistemas ganaderos en MP respecto al sistema ganadero con ADP, probablemente se debió a que en el primero, la altura del pasto era menor con respecto al del sistema ganadero con ADP, por lo que la entrada de luz también era mayor. Diversos estudios indican que el ingreso de la intensidad lumínica a los pastos de porte bajo, influye en la biomasa microbiana, debido a que las raíces son un sustrato esencial para la flora microbiana y su parcial inmovilización en la biomasa microbiana del suelo (WingChing y Uribe, 2015). Sumado a esta situación, la capa de material orgánico en la superficie del suelo, está más expuesta a las condiciones de luz y precipitación, que en la superficie del suelo boscoso, donde la degradación de estos materiales se ve reducida. Otra razón de dicho comportamiento pudo ser a que el sistema ganadero en MP se encontraba en un terreno plano y con mayor cobertura de pastizales, mientras que el sistema ganadero con ADP el sitio de muestreo se encontraba en terrenos con ligera pendiente lo que contribuyó para que no se almacenara la misma cantidad de humedad que en los ranchos de CV y MP.

Influencia de la biomasa microbiana y de raíces del suelo en las emisiones de CO₂ del suelo. Los análisis de las correlaciones de Pearson muestran que no hubo correlación entre la biomasa microbiana y de raíces del suelo con los flujos de CO₂ del suelo (Cuadro 2). Estos resultados contradicen lo reportado por Lee *et al.* (2003); Fisk *et al.* (2004); Xu *et al.* (2006), quienes han reportado relación entre la respiración del suelo y los factores bióticos como la biomasa de la raíz, el C de la biomasa microbiana del suelo, la disponibilidad de N en el suelo, los niveles de organismos de la población en el suelo, las propiedades físicas y químicas del suelo y el drenaje del suelo. Sin embargo, la temperatura se correlacionó con la humedad del suelo ($P=0.04$) al igual que la humedad con la biomasa de raíces finas ($P = 0.003$). Asimismo, los flujos de CO₂ se correlacionaron con la temperatura del suelo ($P = 0.007$), y con la humedad relativa ($P = 0.0001$), contrario a lo reportado por Villanueva *et al.* (2015; 2016), pero similar a lo reportado por Tang *et al.* (2006); Yuste *et al.* (2007). Esto nos hace suponer que tal vez otros factores fueron más importantes, en particular la presencia de árboles de *G. sepium* que a través de la caída de la hoja acumulada una gran cantidad de hojarasca en la superficie del suelo contribuyen a mejorar el contenido de MO, el pH, N y la textura del suelo (Li *et al.* 2008) y esto a su vez influyeron en las emisiones de CO₂.

Cuadro 2. Influencia de la biomasa microbiana y de raíces del suelo sobre los flujos de CO₂ en sistemas ganaderos.

	Temperatura Suelo	Humedad Relativa	Flujos CO ₂ del suelo (µmol/m ² /s)	UFCs (10x3 g SS)	Biomasa de Raíces (mg MS/cm ³)
Humedad del Suelo	-0.395 0.0416 27	-0.0457 0.821 27	-0.252 0.205 27	0.268 0.176 27	-0.545 0.00328 27
Temperatura del Suelo		0.739 0.0000106 27	0.503 0.00751 27	-0.364 0.0618 27	0.0205 0.919 27
Humedad Relativa			0.676 0.000108 27	-0.243 0.222 27	-0.0700 0.729 27
Flujos CO ₂ del suelo (µmol/m ² /s)				-0.0326 0.872 27	0.0473 0.815 27
UFC 10 ³ g.s.s.					-0.130 0.519 27

CONCLUSIONES

La biomasa microbiana y de las raíces del suelo no influyó en las emisiones de CO₂ del suelo. Asimismo, la presencia de los árboles en diferentes densidades y tipologías no fue un factor clave en las emisiones de CO₂ del suelo en sistemas ganaderos.

LITERATURA CITADA

- Edwards, N. T. y Riggs, J. S. 2003. Automated monitoring of soil respiration: a moving chamber design. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67: 1266-1271.
- Fisk, M. G., Fahey, T. J., Groffman, P. M., Bohlen, P. J. 2004. Earthworm invasion, fine-root distributions, and soil respiration in North temperate forests. *Ecosystems* 7:55-62.
- La Scala, J. N.; De Figueiredo, E. B.; Panosso, A. R. 2012. A review on soil carbon accumulation due to the management change of major Brazilian agricultural activities. *Braz. J Biol*, 72: 775-785.
- Lee, M. S., Nakane, K., Nakatsubo, T., Koizumi, H. 2003. Seasonal changes in the contribution of root respiration to total soil respiration in a cool-temperate deciduous forest. *Plant Soil* 255:311-318.
- Li, Y. L., Otieno, D., Owen, K., Zhang, Y., Tenhunen, J., Rao, X. Q. Lin. Y. B. 2008. Temporal variability in soil CO₂ emission in an orchard forest ecosystem. *Pedosphere* 18:273-283.
- Matos, ES., Freese, D., Mendonca, ES., Slazak, A., and Reinhard. FH. 2012. Carbon, nitrogen and organic C fractions in topsoil affected by conversion from silvopastoral to different land use systems. *Agroforestry Systems* 81:203-211.
- Montagnini, F. and Nair, P. K. R. 2004. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 61: 281-295.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2013. U. S. Department of commerce. Consultado el 17 de agosto de 2013 en <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html>

- Singh, K. P; Ghoshal, N; Singh, S. 2009. Soil carbon dioxide flux, carbon sequestration and crop productivity in a tropical dry land agroecosystem: Influence of organic inputs of varying resource quality. *Applied Soil Ecology* 42 243–253.
- Tang, X. L., Zhou, G. Y., Liu, S. G., Zhang, D. Q., Liu, S. Z. y Li, J. 2006. Dependence of soil respiration on soil temperature and soil moisture in successional forests in Southern China. *J Integr Plant Biol* 48(6):654–663.
- Thornton, P. K; Jones, P. G; Algarswamy, G; Andreson, J. 2008. Spatial variation of crop yield response to climate change in East Africa. *Global Environmental Change*, 19(1), 54–65.
- Villanueva-López, G., Martínez-Zurimendi, P., Ramírez-Avilés, L., Aryal, D.R., Casanova-Lugo, F., 2016. Live fences reduce the diurnal and seasonal fluctuations of soil CO2 emissions in livestock systems. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 1–8.
- Villanueva-López, G., Martínez-Zurimendi, P., Casanova-Lugo, F., Ramírez-Avilés, L. and Montañez-Escalante, P.I. 2015. Carbon storage in livestock systems with and without live fences of *Gliricidia sepium* in the humid tropics of Mexico. *Agroforestry systems* 23: 123 132.
- Villanueva-López, G., Martínez-Zurimendi, P., Ramírez-Avilés, L., Casanova-Lugo, F., Jarquín-Sánchez, A. 2014. Influence of livestock systems with live fences of *Gliricidia sepium* on several soil properties in Tabasco, Mexico. *Cien Inv Agr* 41(2):175–186
- Wang, Q., Zhang, L., Li, L., Bai, Y. Cao J. y Han, X. 2009. Changes in carbon and nitrogen of Chernozem soil along a cultivation chronosequence in a semi-arid grassland. *European Journal of Soil Science*. 60, 916–923.
- WingChing, R., Uribe, L. 2015. Biomasa y actividad microbiana en suelos de uso ganadero y en regeneración de bosque.
- Wu, J., Guan, D., Wang, M., Pei, T., Han S. y Jin, Ch. 2006. Year-round soil and ecosystem respiration in a temperate broad-leaved Korean pine forest. *For. Ecol. Manage.*, 223:35-44.
- Xu, X. K., Inubushi, K., Sakamoto, K. 2006. Effect of vegetations and temperature on microbial biomass carbon and metabolic quotients of temperate volcanic forest soils. *Geoderma* 136:310–319.
- Yuste, J. C., Baldocchi, D. D., Gershenson, A., Goldstein, A., Misson, L., Wong, S. 2007 Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. *Glob Change Biol* 13:2018–2035.

**ECUACIÓN DE AHUSAMIENTO Y MODELO DE VOLUMEN TOTAL IMPLÍCITO PARA SACCHAKÁH
Dendropanax arboreus (L.) DECNE & PLANCH EN QUINTANA ROO, MÉXICO**
TAPER EQUATION AND MODEL OF THE TOTAL IMPLICIT VOLUME FOR SACCHAKÁH *Dendropanax
arboreus* (L.) DECNE & PLANCH IN QUINTANA ROO, MÉXICO

¹ Hernández-Ramos A, ² Hernández-Ramos J, ² García-Cuevas X, ³ Tamarit-Urias JC, ⁴ Flores-López C,
⁵ Martínez-Salvador M

¹INIFAP-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 #9515.
Hacienda de Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila.

²INIFAP-Campo Experimental Chetumal. km. 25, Carretera Chetumal-Bacalar, C.P. 77900, Chetumal,
Quintana Roo.

³INIFAP-Campo Experimental San Martinito. km. 56.5 Carretera Federal México-Puebla, San Martinito,
Tlahuapan Puebla, México. C.P. 74100.

⁴Departamento Forestal, UAAAN. Hacienda de Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila.

⁵Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Av. Universidad y Pascual Orozco s/n, Universidad, C.P.
31110 Chihuahua, Chih.

Autor de correspondencia: hernandez.adrian@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En el sureste de México, el manejo y la investigación forestal se centra principalmente en especies con mayor importancia económica, limitando así la información sobre especies de mediana producción y costo de venta menores. Por lo anterior, se planteó el objetivo de evaluar la calidad de ajuste de funciones de ahusamiento y sus respectivos modelos de volumen total implícitos para árboles de *Dendropanax arboreus* en Quintana Roo, México. Con datos de diámetros y alturas de 153 árboles muestreados en pie, donde se midió el diámetro normal (D_n a 1.30 m) y los diámetros a 0.30, 0.60, 0.90 y 2.5 m de altura sobre el fuste fueron medidos directamente, mientras que el resto de diámetros (d) y alturas (h_i) se realizaron de forma indirecta mediante segmentación visual hasta la altura total (H) con un Telerelascopio de Bitterlich. Se analizaron seis modelos de ahusamiento en el programa SAS 9.2 mediante la técnica de máxima verosimilitud (FIML). El mejor modelo se seleccionó con base al mayor valor del coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) y el menor valor de la raíz cuadrada media del error (RCME), además de la significancia de sus parámetros. La precisión de las estimaciones se evaluó con el sesgo. El modelo con mejor ajuste estadístico fue Cielito 3, ya que presentó normalidad en los datos, homocedasticidad en los residuales y la autocorrelación se corrigió con un modelo auto-regresivo de segundo orden. El modelo explica el 96 % de la variabilidad de la muestra y tiene un sesgo de estimación promedio de 0.018 cm equivalente al 0.09% para la muestra. Los resultados son confiables para estimar el diámetro y la altura a diferentes secciones del árbol, así como para realizar la distribución y clasificación de productos maderables o valoraciones económicas.

Palabras clave: *especies tropicales, manejo forestal, perfil fustal, volumen total*

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales proveen de bienes y servicios a la población, los cuales, se han perdido a causa de la deforestación, principalmente en los bosques tropicales que son los más diversos en flora y fauna (Román *et al.*, 2014); además, éstos presentan una de las tasas de pérdida y degradación mayores en el mundo, en comparación con otros ecosistemas (FAO, 2006). En Quintana Roo este problema es muy agudo, a tal grado que sus superficies han sufrido una reducción del 30% (Rebollar *et al.*, 2002). Aunado a la deforestación, las prácticas de manejo selectivas hacia un grupo de especies de maderas preciosas y otras comerciales, han tenido un sobre aprovechamiento maderable han generado la degradación de las existencias volumétricas y de la diversidad de especies en las selvas tropicales (Negreros-Castillo y Martínez-Salazar, 2011).

A pesar de la diversidad de especies arbóreas en las selvas de Quintana Roo, el aprovechamiento forestal maderable se ha centrado en dos especies de maderas preciosas, la Caoba (*Swietenia macrophylla* King) y el Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.), debido a lo atractivo de su madera y a su alto costo de venta (Acosta-Ramos y Martínez-López, 2012). Esto ha generado que todas las técnicas de manejo y estudios de investigación sean marginales en otras especies tropicales maderables de importancia comercial en el estado como lo es *Dendropanax arboreus* (L.) Decne & Planch (Sacchakáh) y que se han aprovechado a

la par de estas especies preciosas (Negreros-Castillo y Martínez, 2011; Silva-Guzmán, 2011). La limitada información de este tipo representa una de las mayores deficiencias en la elaboración y ejecución de los programas de manejo forestal en Quintana Roo que se ha visto reflejado en la reducción de las existencias volumétricas de la especie en su distribución natural. Además, la información para estimar el volumen total y/o comercial de un árbol no está actualizada a las condiciones actuales de forma y dimensiones de los árboles que se desarrollan en bosques naturales (Hernández *et al.*, 2016).

La cubicación del volumen maderable de los árboles genera información indispensable para tomar decisiones en el manejo forestal de estas especies. Esta variable se puede estimar en forma confiable mediante tablas y ecuaciones de volumen y funciones de ahusamiento (Rentería-Anima y Ramírez-Maldonado, 1998). Por lo anterior y a la falta de técnicas de cubicación para el manejo, se planteó el objetivo de evaluar la calidad de ajuste de funciones de ahusamiento y sus respectivos modelos de volumen total implícitos para árboles de *D. arboreus* en Quintana Roo, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó dentro de áreas forestales permanentes de ejidos en los municipios de Bacalar, Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo, entre las coordenadas 20° 04' a 18° 21' N y 88° 43' a 87° 56' O (Figura 1), a una altitud promedio de 25 msnm. El clima es del tipo Cálido Subhúmedo (Aw1), con una precipitación media anual de 1,300 mm (INEGI, 2007). La vegetación en el área de estudio es selva mediana subperennifolia (INEGI, 2013).

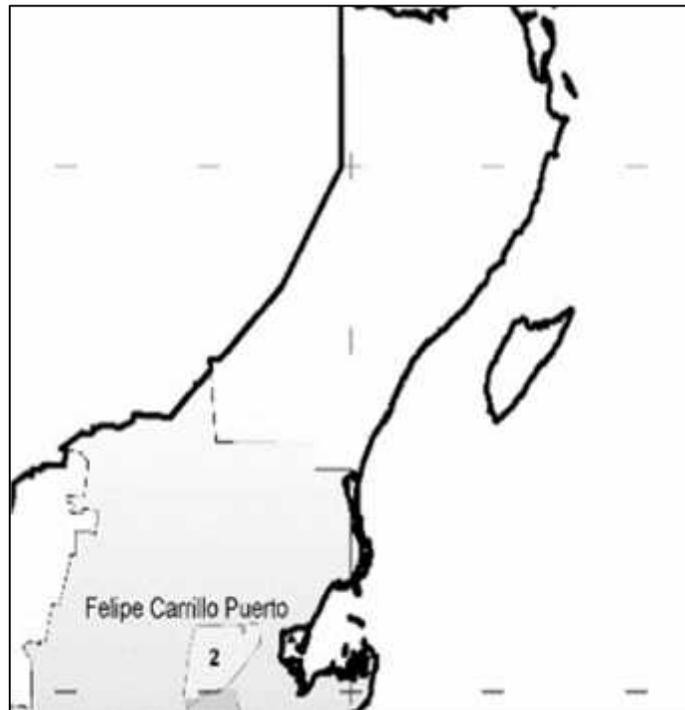


Figura 1. Ubicación geográfica de los ejidos en el estado de Quintana Roo, México.

Obtención de los datos en campo

La muestra constó de 153 árboles medidos mediante un muestreo selectivo que abarcó la mayor variabilidad en tamaños, formas y condiciones de crecimiento en la región. La muestra se distribuyó en los ejidos de Chan Santa Cruz, Felipe Carrillo Puerto, X-Hazil y Anexos, Naranja Poniente, Bacalar y Caobas. A cada árbol se le midió de forma directa el diámetro normal (D_n , 1.30 m) y los diámetros a 0.30, 0.60, 0.90 y 2.5 m de altura, mientras que el resto de diámetros (d) y alturas (h_i) se realizaron de forma indirecta mediante segmentación visual hasta la altura total (H) con un Telereloscopio de Bitterlich. Con los datos de d y h_i se ajustaron seis modelos de ahusamiento seleccionados de la literatura por ajustes adecuados a diferentes condiciones de crecimiento y especies (Corral *et al.*, 1999; Rentería-Anima y Ramírez-Maldonado, 1998; Maldonado-Anaya y Návar, 2000; Pompa *et al.*, 2009; Lara, 2011) (Cuadro 1). El ajuste

de los modelos se realizó en el programa estadístico SAS 9.2 (SAS Institute Inc., 2008) mediante la técnica de máxima verosimilitud (FIML).

Cuadro 1. Modelos de ahusamiento seleccionados para describir el perfil del fuste de *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch. en Quintana Roo, México.

No.	Modelo	Estructura
1	Polinomial 5°	$d = Dn \left(a_0 + a_1 \left(\frac{h_i}{H} \right) + a_2 \left(\frac{h_i}{H} \right)^2 + a_3 \left(\frac{h_i}{H} \right)^3 + a_4 \left(\frac{h_i}{H} \right)^4 + a_5 \left(\frac{h_i}{H} \right)^5 \right)$
2	Cielito 3	$d = Dn \sqrt{S_1 \left(\frac{H - h_i}{H} \right) + S_2 \left(\frac{H - h_i}{H} \right)^{S_3}}$
3	Daemerschalk	$d = dn \sqrt{S_1 \left(\frac{1}{Dn^2 H} \right) \left(\frac{H - h_i}{H} \right)^{S_2} + S_3 \left(\frac{H - h_i}{H} \right)^{S_4}}$
4	Kozak	$d = Dn \sqrt{S_1 \left[\left(\frac{h_i}{H} \right) - 1 \right] + S_2 \left[\left(\frac{h_i}{H} \right)^2 - 1 \right]}$
5	Clutter	$d = a_1 Dn^2 H^3 (H - h_i)^4$
6	Newnham	$d = Dn \left[S_1 \left(\frac{H - h_i}{H - 1.3} \right)^{S_2} \right]$

B_i: parámetros del modelo, *H*: altura total (m), *h_i*: altura variable, *Dn*: diámetro normal (cm), 1.3: constante del modelo.

El modelo con la mejor calidad de ajuste se seleccionó con base en los estadísticos de coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros (R^2_{aj}) y la raíz del cuadrado medio del error (RCME) y se verificó la significancia de sus parámetros ($p < 0.05$). La precisión de las estimaciones se evaluó mediante el sesgo absoluto (*E*). Los supuestos de regresión del modelo se analizaron con la prueba de Shapiro-Wilk para la normalidad, la de White para detectar la heterocedasticidad y la prueba de Durbin-Watson para la autocorrelación, esta última se corrigió aplicando un modelo auto-regresivo de segundo orden (CAR-2). La ecuación de volumen total (*V*) implícita se obtuvo mediante integración matemática del modelo de ahusamiento con mejor ajuste (Rentería-Anima y Ramírez-Maldonado, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general todos los modelos de ahusamiento presentaron ajustes adecuados para describir el perfil fustal de *D. arboreus* (Cuadro 2). Los modelos 1 y 2 sobresalieron con estadísticos superiores sobre el resto siendo mejor el modelo 2, ya que al aplicar la corrección por autocorrelación mediante el modelo auto regresivo CAR 2 fue el que mejor se corrigió, con un valor del estadístico de Durbin-Watson igual a 1.97, además, de que sus parámetros fueron altamente significativos.

La ecuación 2 se utilizó para modelar el perfil fustal de *D. arboreus*, el cual gráficamente presentó ajuste adecuado, al mostrar semejante dispersión de los valores predichos vs los observados, con un sesgo promedio de 0.018 cm (Figura 2). La estructura del modelo queda de la siguiente manera

$$d = Dn \sqrt{0.764679 \left(\frac{H - h_i}{H} \right) + 0.692557 \left(\frac{H - h_i}{H} \right)^{8.474789}}$$

Cuadro 2. Estadísticos de ajuste de los modelos de ahusamiento para *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch. en Quintana Roo, México.

No.	Modelo	CME	RCME	R ² _{aj}	B _i	Estimación	Pr> t
1	Polinomial 5°	8.168	2.858	0.962	B ₀	1.204715	<.0001
					B ₁	-3.418560	<.0001
					B ₂	3.646462	<.0001
					B ₃	-3.094200	<.0001
					B ₄	2.341847	<.0001
					B ₅	-1.630790	<.0001
2	Cielito 3	8.213	2.866	0.961	B ₁	0.764679	<.0001
					B ₂	0.692557	<.0001
					B ₃	8.474789	<.0001
3	Daemerschalk	8.412	2.9	0.961	B ₁	183659.30	0.0197
					B ₂	234.8655	<.0001
					B ₃	1.145763	<.0001
					B ₄	1.480740	<.0001
4	Kozak	9.533	3.088	0.955	B ₁	-2.250090	<.0001
					B ₂	1.000000	<.0001
5	Clutter	8.712	2.952	0.959	B ₁	1.542308	<.0001
					B ₂	0.953157	<.0001
					B ₃	0.770487	<.0001
					B ₄	-0.831300	<.0001
6	Newnham	8.882	2.98	0.958	B ₁	1.031487	<.0001
					B ₂	0.775966	<.0001

RCME: raíz del cuadrado medio del error,
R²_{aj}: coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros del modelo,
B_i: parámetros del modelo,
Pr>|t|: significancia de los parámetros.

La tendencia de los valores observados vs los predichos es semejante a la obtenida por Lara (2011), el cual reporta una tendencia deseable con el modelo polinomial de 5°, ya que mostró una tendencia a una línea recta, lo que indica estimaciones precisas y con menor sesgo. Los estadísticos de ajuste de este trabajo son similares a los obtenidos por Maldonado-Ayala y Nívar (2000), quienes reportan para especies de pino ajustes adecuados con los modelos de Newnham (R²_{aju} = 0.95) y Biging (R²_{aju} = 0.98). Pompa *et al.* (2009), modelaron el fuste de *P. arizonica* Engelm con los modelos de Biging y Rentería, los cuales explicaron el 97 y 94 % de la variabilidad del ahusamiento, respectivamente.

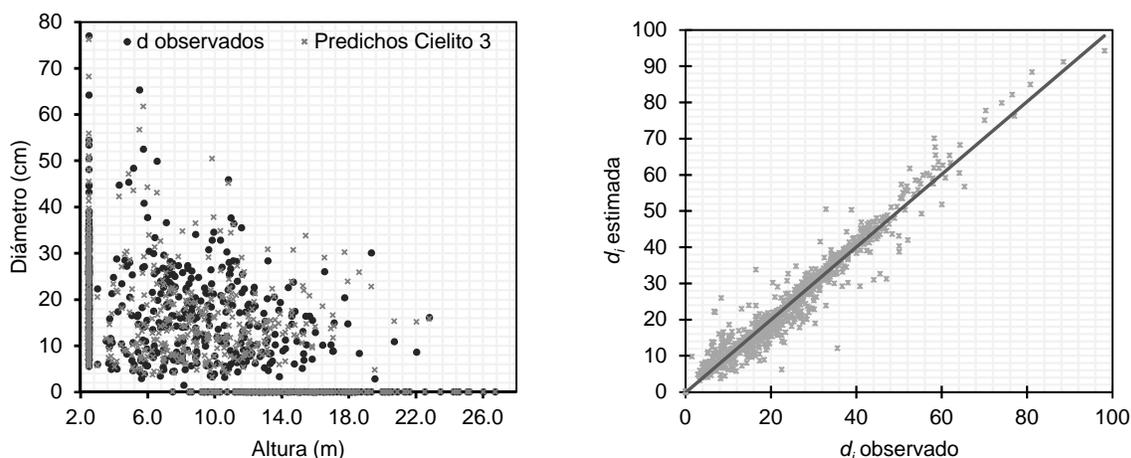


Figura 2. Comportamiento gráfico de los valores de diámetro observados y predichos con el modelo Cielito 3 para *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch. en Quintana Roo, México.

El modelo de volumen total implícito, resultado de la integración matemática de la ecuación de ahusamiento Cielito 3 está basado en el modelo de la variable combinada (Rentería-Anima y Ramírez-Maldonado, 1998), tiene la siguiente expresión $V=0.45543421(Dn^2H)$, donde el valor de Dn y H están expresados en metros (m). Como se puede observar, la ecuación también indica que la especie tiene un coeficiente de forma igual a 0.46, correspondiente al tipo paraboloides.

CONCLUSIONES

El modelo Cielito 3 presentó resultados de ajuste adecuados para modelar el perfil fustal de *D. arboreus* en Quintana Roo, el cual es útil para estimar el diámetro a cualquier altura comercial deseada o la altura a cualquier diámetro comercial, valores útiles para realizar una distribución de productos en base a los requerimientos de la industria del aserrío. El modelo de volumen total implícito en la función de ahusamiento presenta estimaciones con bajo sesgo, lo que lo hace confiable para estimar el volumen de los árboles.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Ramos, A., y Martínez-López, J. 2012. Productividad del aserrado de machice (*Lonchocarpus castilloi* Standl) en Tres Garantías, Quintana Roo, México. *Madera y Bosques* 18(2): 7-26.
- Corral, R. S., Návar, C. J. J., y Fernández, S. F. 1999. Ajuste de funciones de ahusamiento a los perfiles fustales de cinco Pináceas de la región de El Salto, Durango. *Madera y Bosques* 5(2): 53-65.
- FAO. 2006. Tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y el Caribe. FAO: Dirección de productos y economía forestal, Departamento Forestal. FAO. Roma, Italia. 178 p.
- Hernández, R. J., Hernández, R. A., García, C. X., Tamarit, U. J. C., Martínez, A. L., y García, M. J. J. 2016. Volumen comercial a través de modelos de razón para *Swietenia macrophylla*. In: XXIX Reunión científica y tecnológica forestal y agropecuaria Veracruz 2016. Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Córdoba, Veracruz. 5 p.
- INEGI. 2007. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000, Unidades climáticas <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267551> (Consulta: 01 de junio de 2017).
- INEGI. 2013. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación escala 1:250 000, serie V, escala: 1:250000. Edición: 2a. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes.
- Lara, V. C. E. 2011. Aplicación de ecuaciones de conicidad para teca (*Tectona grandis* L.F.) en la zona costera ecuatoriana. *Ciencia y Tecnología* 4(2): 19-27.
- Maldonado-Ayala, D., y Návar, J. 2000. Ajuste de funciones de ahusamiento de cinco especies de pino en plantaciones en la región del Salto, Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6(2): 159-164.
- Negreros-Castillo, P., y Martínez-Salazar, I. 2011. Crecimiento y regeneración avanzada de *Lysiloma latissiliquum* (L) Benth. en una selva de Quintana, Roo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(5): 15-28.
- Pompa, G. M., Corral, R. J. J., Díaz, V. M. A., y Martínez, S. M. 2009. Función de ahusamiento y volumen compatible para *Pinus arizonica* Engelm. en el suroeste de Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 34(105): 119-136.
- Rebollar, D. S., Santos, J. V., y Sánchez, A. R. L. 2002. Estrategias de recuperación de selvas en dos ejidos de Quintana Roo, México. *Madera y Bosques* 8(1): 19-38.
- Rentería-Anima, J. B., y Ramírez-Maldonado, H. 1998. Sistema de cubicación para *Pinus cooperi* Blanco mediante ecuaciones de ahusamiento en Durango. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 4(2): 315-321.
- Román, M. M. L., Gallegos, R. A., Mora, S. A., Sánchez, D. M., González, C. G. A., y Hernández, A. E. 2014. Productos maderables y no maderables de tres especies del sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(24): 40-55.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide Second Edition. SAS Institute Inc. Raleigh, NC USA. s/p. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statugmcmc/63125/PDF/default/statugmcmc.pdf> (Consulta: Mayo, 2017).
- Silva-Guzmán, J. A. 2011. Diagnóstico de la Industria Forestal de Transformación Primaria del Sureste Mexicano (Informe). Proyecto ITTO PD 385/05 Rev.4 (I,F) "Industrialization, Marketing, and Sustainable Management of Ten Native Species". ITTO, U de G, CONAFOR. Agencia Ejecutora: Universidad de Guadalajara - Departamento de Madera, Celulosa y Papel. México. 68 p.

EVALUACIÓN DE TRES EXTRACTOS PARA EL CONTROL DEL GORGOJO DEL MAÍZ *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY
EVALUACIÓN OF THREE EXTRACTS FOR THE CONTROL OF CORN WEEVIL *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY

¹Tucuch-Haas JI, ²Basto-Barbudo DC, ¹Rangel-Fajardo MA, ¹Burgos-Díaz JA, ³Villalobos-González A, ⁴Nava-García JR, ⁵Tucuch-Haas CJ

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mochochá. km 25 antigua carretera Mérida-Motul. C. P. 97454. Mochochá, Mérida, Yucatán, México.

²Instituto Tecnológico de Conkal, km. 16.3 carretera Mérida-Motul, C.P. 97345. Conkal, Yucatán,

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Edzná,

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Chetumal.

⁵Instituto Tecnológico Superior del Sur del estado de Yucatán (ITSSY)

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

RESUMEN

La pérdida de los granos almacenados es ocasionada por el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motsch) una de las plagas más importantes a nivel mundial, el gorgojo es una especie de plaga que ataca en campo y en almacén. Aproximadamente el 30% y 50% de los granos producidos pueden estar dañados al cabo de seis meses, ya que mientras más tiempo pase en campo o en almacén el porcentaje de daño va en aumento, sin que exista algún producto que controle al 100% a dicha plaga, orillando a los productores a incrementar las dosis de los insecticidas ocasionando un impacto a la salud humana y al medio ambiente, además de ejercer mayor presión de selección y acelerar el desarrollo de la resistencia hacia los insecticidas usados de manera indiscriminada. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta de tres extractos para el control del gorgojo de maíz. Para poder llegar al objetivo, se usó tres métodos de aplicación (grano tratado, disco tratado e insecto tratado), para cada extracto, además se probaron tres dosis (1, 2.5 y 5g) y se midió la mortalidad de los gorgojos a las 24, 48 y 72h. Siendo el epazote el que registró mayor porcentaje de mortalidad (90%) cuando el grano fue tratado con 5g del extracto.

Palabras clave: *Extracto vegetal, Métodos de aplicación, Índice de mortalidad, ventana biológica.*

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen y debido a sus múltiples usos se ha convertido en el cultivo más importante entre los cereales a nivel mundial por su producción (795.935.000 de toneladas, en la temporada 2009-2010, superando al trigo y al arroz), donde se comercializan en el mercado internacional más de 90 millones de toneladas de maíz (Fenalce, 2010). México es el mayor consumidor de maíz en el mundo, pues este grano representa alrededor del 30% del consumo diario calórico de los mexicanos, lo cual se explica por el consumo per cápita anual de 120 kg, una cifra muy por encima del consumo promedio mundial de 17 kg (Ortiz *et al.*, 2015). En Yucatán la siembra y la cosecha de maíz son actividades tradicionales del estado, con mucha importancia en el ámbito alimenticio y económico. La cosecha está destinada en su mayor parte para el autoconsumo, posteriormente el grano es almacenado y el resto vendido (Palafox *et al.*, 2008). Uno de los principales problemas que enfrenta el productor al almacenar el grano es la pérdida ocasionada por plagas y enfermedades. Uno de las plagas más importantes es *Sitophilus zeamais* (Motsch), una de las especies de gorgojos que más pérdida causa en el grano almacenado en todo el mundo. Aproximadamente el 10% de los granos pueden presentar signos de infestación por el gorgojo al momento de la cosecha y si la infestación continúa en el almacenaje, alrededor del 30 al 50% de los granos puede estar dañados al cabo de seis meses (Cerna *et al.*, 2010). Hasta la fecha el control químico sigue siendo el método más usado para el control de plagas (Cortes-Nicolás, 2011), sin embargo, el uso indiscriminado de plaguicidas sintéticos ha ocasionado la aparición de poblaciones de insectos cada vez más resistentes, además causa un impacto negativo a la salud humana, ecosistemas y al medio ambiente, que cada día es más notorio, motivo por el cual se buscan métodos alternativos que sustituyan el uso de productos químicos para el

control de plagas. Es por eso, que es de suma importancia buscar nuevas alternativas de control para poder disminuir las poblaciones de gorgojos en almacén y de esta manera contribuir en la reducción de pérdidas de granos almacenados, además de reducir el uso de productos químicos en beneficio de la salud humana y del medio ambiente. Dentro de esas alternativas se encuentra la gran variedad de plantas vegetales con propiedades entomo-toxicas que se pudiera usar para el control de plagas y enfermedades, que a pesar de los esfuerzos realizados en lo últimos años aún falta mucho por hacer, debido a lo antes mencionado el objetivo de este trabajo es evaluar las propiedades entomo-toxicas de las plantas: *Neem* (*Azadirachta indica* A. Juss), *Chicalote* (*Argemone mexicana* L.) y *Epazote* (*Chenopodium ambrosioides* L.) para el control de gorgojo en grano almacenado

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento. El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el Km. 25 antigua carretera Mérida–Motul, Mocochoá, Yucatán.

Granos de maíz. Para el presente trabajo se utilizó granos de maíz de la variedad mejorada Sac-Beh, dichos granos fueron recolectados en plantaciones reciente del cultivo de maíz, en el sitio experimental Uxmal, posteriormente, los granos recolectados fueron trasladados a los laboratorios del campo experimental Mocochoá, lugar donde se seleccionaron los granos en buen estado y sin presencia de plagas, seguidamente, los granos de maíz en buen estado se colocaron en frascos de capacidad de 1kg (limpios y seco), evitando la entrada de plagas, enfermedades y humedad, así se mantuvieron hasta el momento de su uso.

Población de insectos. Los gorgojos adultos utilizados para el presente trabajo fueron recolectados en los almacenes de granos básicos del sitio experimental Uxmal, dichos gorgojos fueron trasladados a los laboratorios del campo experimental Mocochoá, lugar donde se puso en cuarentena y observación para la eliminación de los insectos enfermos, infectados o no deseados.

Mantenimiento y reproducción de gorgojos. Una vez que los gorgojos recolectados hayan pasado por cuarentena las medidas preventivas de sanidad, seguidamente fueron trasladados a las cámaras de crías para su reproducción sin presión de selección, donde se mantuvieron a temperatura ambiente (28 ± 3 °C) y cada 15 días se les ofreció maíz limpio para su alimentación, dichas cámaras de crías se mantuvieron en observación hasta el momento de las evaluaciones.

Recolección, secado y triturado de las semillas de Neem. Las semillas de neem fueron recolectados en los campos del INIFAP y en el Instituto Tecnológico de Conkal, y con la ayuda de bolsas ventiladas (sabucán) se trasladaron al laboratorio de centro experimental de Mocochoá para su selección y eliminación de semillas no deseadas, posteriormente las semillas se colocaron en charolas de aluminio para ser metidas en un horno de secado (BLUE M, 0V-490A-2) a una temperatura de 60° C, durante 24 horas. Ya con las semillas secas, se procedió a eliminar la testa o cualquier residuo no deseado, seguidamente y con la ayuda de un molino eléctrico (IKA®-WERKE, M20) se molieron las semillas hasta dejarlo en lo mayor posible a manera de polvo, dicho polvo se metió en un frasco limpio y seco (capacidad de 1kg) para su conservación y solamente se abrió hasta el momento de su uso.

Recolección, secado y triturado de las hojas de Epazote. Las hojas de epazote se recolecto en los patios familiares de Mocochoá y en la central de abasto de Mérida, la hoja de epazote se colocó en bolsas de papel para su traslado al laboratorio de centro experimental de Mocochoá para su selección y eliminación de las hojas no deseadas, posteriormente las hojas se colocaron en charolas de aluminio para que fueran metidas en un horno de secado (BLUE M, 0V-490A-2) a una temperatura de 60 °C, durante 24 horas. Ya con las hojas secas y con la ayuda de un molino eléctrico (IKA®-WERKE, M20) se procedió a moler las hojas secas hasta dejarlo en lo mayor posible a manera de polvo, dicho polvo se metió en un frasco limpio y seco (capacidad de 1kg) para su conservación y solamente se abrió hasta el momento de su uso.

Recolección, secado y triturado de las hojas de Chicalote. Las hojas de chicalote se recolecto en los patios y montes de los municipios de Mocochoá, hacienda Tekat y Baca, para la recolección de las hojas se utilizó guantes de cuero y tijera para podar ya que dicha plantas presentan espinas, una vez recolectadas las hojas se colocó en bolsas con ventilación para su traslado al laboratorio de centro experimental de Mocochoá, donde se realizó la selección y eliminación de las hojas no deseadas, posteriormente las hojas se colocaron en charolas de aluminio para que fueran metidas en un horno de secado (BLUE M, 0V-490A-2) a una temperatura de 60 °C, durante 24 horas. Ya con las hojas secas y con la ayuda de un molino eléctrico (IKA®-WERKE, M20) se procedió a moler las hojas secas hasta dejarlo en lo mayor posible a

manera de polvo, dicho polvo se metió en un frasco limpio y seco (capacidad de 1kg) para su conservación y solamente se abrió hasta el momento de su uso.

Preparación de cajas Petri. Se usaron cajas Petri de 3cm de diámetro y 1.5cm de altura, a esas mismas se les confecciono unos orificios en sus costados que se cubrieron con maya metálica, funcionando como ventana la cual permite la entrada y salida de aire.

Dosis de los extractos vegetales. Se usaron tres dosis (1, 2.5 y 5g), de cada uno de los extractos (Neem, Chicalote y Epazote), dichas dosis y de manera separada se colocaron en bolsitas previamente bien etiquetadas y ya listas para su aplicación.

Recolecta de gorgojo en la cámara de cría. Los gorgojos usados en los ensayos fueron provenientes de las cámaras de crías en observación, para la captura de los insectos se usó un aspirador entomológico diseñado para dicho proceso, seguidamente los gorgojos fueron anestesiados con CO₂ (1 minuto) y se colocaron en grupos de a 10 insectos por caja Petri para su posterior aplicación del tratamiento.

Tratamiento-Insecto tratado: Este método consistió en anestesiarse a un grupo de 10 gorgojos y seguidamente se le aplico de manera directa al insecto la dosis y extracto correspondiente, posteriormente los insectos anestesiado y tratados se introdujeron en su caja Petri junto con 10 granos de maíz en buen estado (sanos o limpios), dicha caja se mantuvo cerrada hasta el momento de su evaluación.

Tratamiento-Grano tratado: Este método consistió en aplicar el tratamiento y la dosis correspondiente a 10 granos de maíz en buen estado (sanos o limpios), posteriormente se anestesiaron a un grupo de 10 gorgojos y se depositaron en su caja Petri junto con los granos tratados, dicha caja se mantuvo cerrada hasta el momento de su evaluación.

Tratamiento-Efecto de evaporación: Este método consistió en diluir la dosis correspondiente en 10ml de H₂O y asperjarlo en un disco de papel absorbente, dicho disco, se colocó en la parte inferior de la tapa de la caja Petri, posteriormente se anestesiaron a un grupo de 10 gorgojos y se depositaron en su caja Petri junto con los 10 granos de maíz en buen estado (sano o limpio), dicha caja se mantuvo cerrada hasta el momento de su evaluación.

Todos los tratamientos contaron con un testigo sin tratar y la respuesta de mortalidad de los tratamientos se evaluó a las 24, 48 y 72h.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo se evaluaron tres extractos de plantas con propiedades entomo-toxicas, todo con la finalidad de encontrar nuevas alternativas de control para el gorgojo en granos de maíz almacenado, a continuación, se muestran los resultados obtenidos.

En la figura 1, podemos observar que los tres extractos presentaron propiedades entomo-toxicas para el control de *S. zeamais* en granos almacenados, siendo el epazote y el neem los que presentaron mayor mortalidad cuando se aplicó el tratamiento de manera directa al grano o al insecto. En la figura 1A se demuestra que el epazote obtuvo el 100% de control en comparación con el testigo y con las otras alternativas de control, de igual manera se observa que el mejor método de aplicación de las diferentes alternativas fue cuando se trató el grano de manera directa, obteniendo el 100% de mortalidad cuando se aplicó extracto de epazote al grano y 90% de mortalidad cuando se le aplico extracto de neem al grano. El método de disco tratado o de evaporación fue la que menos mortalidad causo sin importar el extracto aplicado, ya que en este método de aplicación de los extractos no entran en contacto con el grano ni con el insecto (Figura 1B). El método de aplicación "insecto tratado" fue otro de los métodos que dieron buenos resultados, alcanzando el 97.7% de mortalidad cuando se aplicó de manera directa al insecto el extracto de epazote y 91.1% cuando se aplicó extracto de neem (Figura 1C). El chicalote fue el extracto que menos mortalidad registro sin importar cual fuera el método de aplicación 3.3% (Figura 1B).

En la figura 2, se confirma que el extracto de epazote fue el que demostró mejores resultados de mortalidad de gorgojos, igualmente se puede apreciar que conforme se aumentaba la dosis y mientras más tiempo en exposición tenga el insecto con el producto se aumentaba significativamente el porcentaje de mortalidad. El extracto de epazote es el que demostró mayor propiedades entomo-toxicas para el control del gorgojo, de tal manera que a las 24h después de haber aplicado 1 g del producto, este extracto registro una mortalidad arriba del 50% y conforme aumentaba la dosis, aumentaba el porcentaje de mortalidad, tanto así que a las 48h registraba arriba del 87% de mortalidad de gorgojos y se observa el mismo comportamiento de mortalidad cuanto más tiempo este expuesto el insecto con el extracto mayor porcentaje de mortalidad. Con el extracto de chicalote se registró el mismo patrón de mortalidad, que conforme aumentaba la dosis y el tiempo de exposición del extracto con el insecto el porcentaje de mortalidad aumentaba, sin embargo, el extracto de chicalote fue el que menos porcentajes de mortalidad

registro (1% a las 24h y 28% a las 72h). El extracto de neem es otro de los que registro aceptables porcentaje de mortalidad (69% de mortalidad a las 72h de haberle aplicado 5g del extracto) y de igual forma, se repite el mismo patrón de mortalidad (a mayor dosis y mayor tiempo de exposición del insecto con el extracto se obtiene mayor porcentaje de mortalidad).

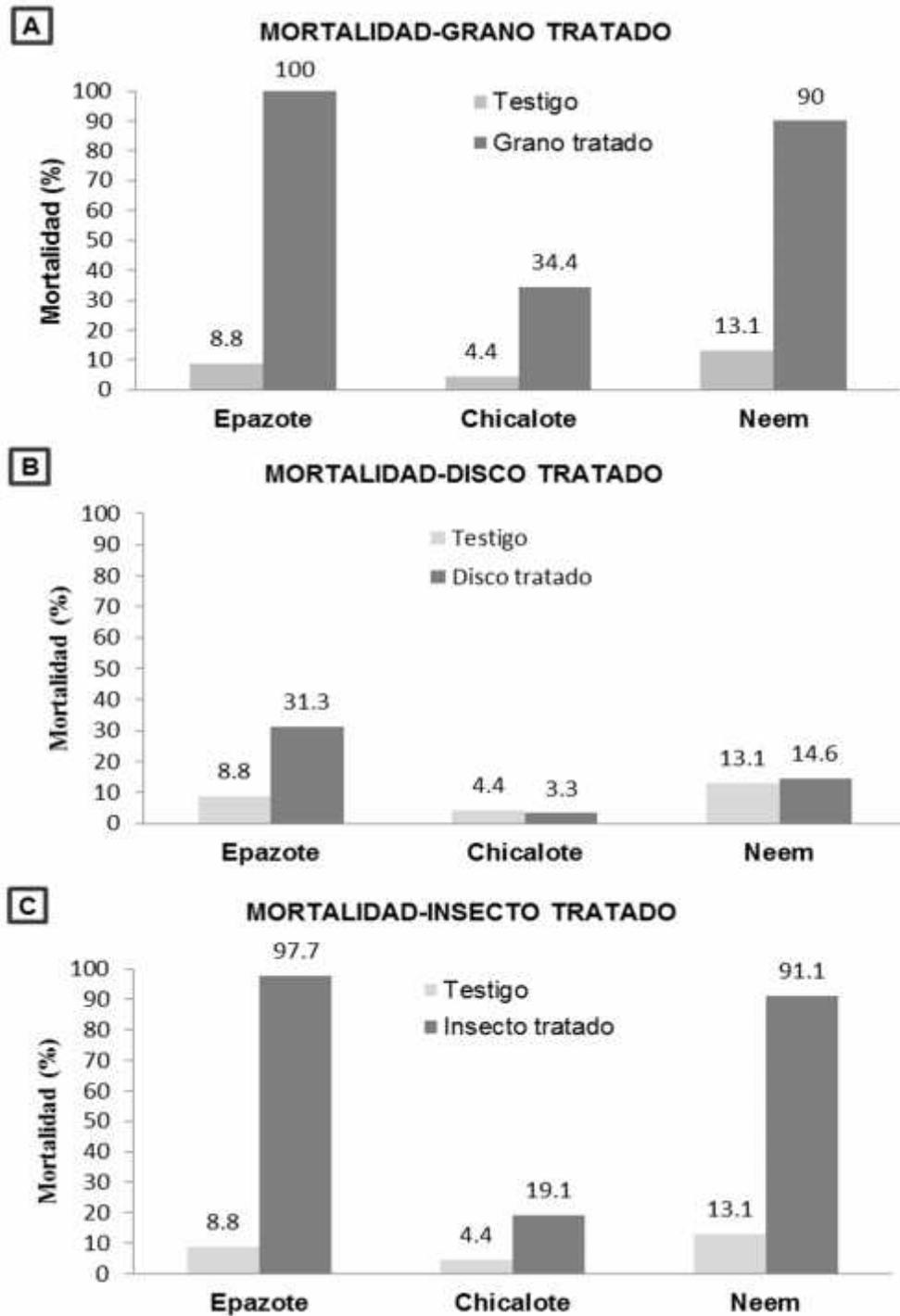


Figura 1. Porcentaje de mortalidad de cada uno de los extractos en combinación con el método de aplicación

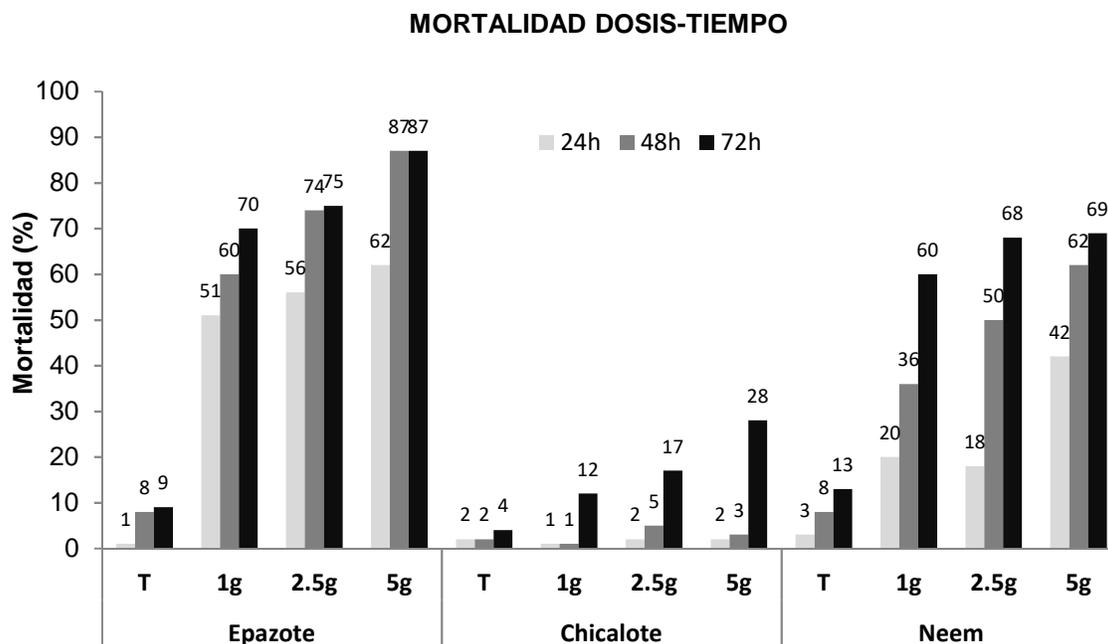


Figura 2. Porcentaje de mortalidad y respuesta entomo-toxica de las posibles alternativas.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y en las condiciones que se realizó el experimento se concluye que: El extracto de epazote tiene propiedades entomo-toxicas para el control de *S. zeamais* y es una buena opción para usarlo en granos almacenados, usando el método de aplicación de grano tratado.

LITERATURA CITADA

- Cerna, E., Landeros, J., Ochoa, M., Guevara, L., Baddi, M., y Olalde, V. (2010). Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz. *Rev. FCAcuyo*. Tomo 41, 135-145.
- Cortes, H. (2011). Ventajas y desventajas de los insecticidas químicos y naturales. (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana, Poza Rica de Hgo., Veracruz.
- Fenalce (2010). El cultivo del maíz, historia e importancia. *Revista finagro*, 10, Bogotá; Colombia.
- Ortiz, M., Ramírez, O., González, J., y Velázquez, A. (2015). Almacenes de maíz en México; tipología y caracterización. *Estudios sociales*, 163-184. ISSN: 0188-4557.
- Palafox, A., Sierra, M., Espinosa, A., Rodríguez, F., y Becerra, E. (2008). Tolerancia a infestación por gorgojos (*Sitophilus* spp.) en genotipos de maíz comunes y de alta calidad proteica. *Agronomía mesoamericana* 19(1), 39-46. ISSN: 1021-7444.

ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR CON PARÁMETROS DE LA HOJA EN CULTIVO DE MALANGA *Colocasia esculenta* (L) SCHOTT
LEAF AREA INDEX ESTIMATION WITH LEAF PARAMETERS IN MALANGA *Colocasia esculenta* (L) SCHOTT CROPS

López-López R¹, Rodríguez-Cuevas M¹, Ramírez-Guillermo MA, Duran-Prado A²; Sumano-López D¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400. Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP.

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

RESUMEN

El índice de área foliar (IAF) es una variable útil para caracterizar la dinámica y productividad de los cultivos, tiene una relación directa entre el área foliar y la capacidad de la planta para realizar la fotosíntesis. Se define como el área de las hojas por unidad de área de superficie del suelo y es uno de los parámetros útiles para caracterizar la vegetación, evaluar la densidad, biomasa de la cubierta vegetal y las necesidades de riego en cultivos. El objetivo de este estudio fue estimar el índice de área foliar a partir de parámetros de la hoja en el cultivo de malanga con riego por aspersión. El cultivo se sembró a doble hiera con una densidad de 38,200 plantas por hectárea. El cálculo del IAF se realizó mediante el conteo y medición del área foliar de 10 plantas muestreadas por la densidad de población sembrada. Los resultados mostraron que el ancho máximo (W_x) y la longitud senoidal al ápice de la hoja (L_s) presentan una alta correlación ($R^2=0.92$ y 0.90) con el IAF, dichos parámetros pueden ser utilizados para estimar de manera directa y no destructiva el IAF en el cultivo de malanga. El IAF en el cultivo de malanga presenta una tendencia de ser bimodal en condiciones de riego por aspersión, factor relevante para la determinación de coeficientes de cultivo para el riego.

Palabras claves: Modelos de regresión, riego por aspersión

INTRODUCCIÓN

La producción nacional de malanga es de cerca de 5,989 t producidas en 453 ha de superficie plantada en 2014 con un rendimiento promedio de 42.4 t ha⁻¹ (SIAP, 2015). Sin embargo, un rendimiento de 20 t ha⁻¹ es aceptable sin el uso de agroquímicos, lo cual se podría considerar al cultivo de bajo impacto ambiental y alto rendimiento (Viloria y Córdova 2008).

La predicción de la producción de biomasa de cultivos es importante para programar las operaciones de cosecha y molienda (Goenaga, 1995, Chan, 1996). El índice de área foliar es un parámetro útil para identificar crecimiento y desarrollo de la planta. Está relacionado con la intercepción de luz, transpiración y fotosíntesis y, por lo tanto, considerado el factor más importante de la acumulación de materia seca y el rendimiento en malanga (Satou et al., 1978, 1988; Jacobs y Chand, 1992; Chan et al., 1995, 1998).

La determinación del índice de área foliar (IAF) constituye un parámetro fundamental en la evaluación del desarrollo y crecimiento de los cultivos, en estudios de requerimientos hídricos y eficiencia bioenergética y en la determinación de daños producidos por patógenos y plagas. Por su estrecha relación con la intercepción de la radiación solar, con la fotosíntesis y con los procesos de transpiración, aspectos fuertemente vinculados a la acumulación de biomasa y a la productividad, constituye una información básica para la modelación del crecimiento, desarrollo y rendimiento agronómico de los cultivos (Elings, 2000; De Oliveira et al., 2007), en la determinación de las etapas fenológicas, en la estimación del potencial de rendimiento biológico y agronómico, en el cálculo del uso eficiente de la radiación solar y en el cálculo del uso eficiente del agua y de la nutrición de los cultivos (Sonnentag et al., 2008).

Para la medición del IAF se dispone de variados métodos destructivos y no destructivos, cuya elección dependerá de las características del cultivo, de la cantidad de material a evaluar, del tamaño de muestras, del nivel de precisión requerido y de la disponibilidad de tiempo, personal y equipos. En este contexto, surge la necesidad de generar métodos no destructivos, simples, de bajo costo y técnicamente precisos para medir el área foliar del cultivo. A tal efecto, el empleo de modelos de regresión, establecidos entre una o más variables simples medidas en la planta y su área foliar real, acelera sensiblemente el tiempo de las determinaciones, reduce el esfuerzo y los costos y permite trabajar con una precisión adecuada evitando la destrucción del material, el que se puede muestrear varias veces a lo largo del tiempo (Elings, 2000).

Goenaga (1995) concluyó que en los primeros 80 días después del trasplante, el cultivo de malanga se caracterizó por tasas bajas de acumulación de materia seca, mostrando un crecimiento sustancial con solo hojas, peciolos, raíces. El incremento de la materia seca total fue debido principalmente al crecimiento del cormo y los hijuelos. El peso máximo del cormo se logró después de alcanzar el máximo IAF. La partición de materia seca de los cormos en dos cultivares de malanga (blanca y lila) permaneció casi constante especialmente a los 150 días después del trasplante. Este proceso fue contrario a la partición de materia seca de los hijuelos, la cual incrementó significativamente hasta el final del ciclo de cultivo.

Miyasaka *et al.* (2003) encontraron un IAF en plantaciones de malanga de primavera verano un valor máximo de 3.8 en 11 meses después del trasplante (MDT) mientras que el IAF de otoño invierno alcanzaron un máximo de 3.4 de 5 a 7 MDT. En Puerto Rico, Goenaga (1995) encontró un IAF de 2.2 tanto de la planta principal como de los nuevos brotes de dos cultivares.

Se han propuesto varios modelos para estimar el área foliar (A) de malanga usando mediciones no destructivas de longitud y anchura. Lu *et al.*, (2004) evaluaron diversos modelos para la estimación de IAF mediante métodos no destructivos, así como algunas versiones modificadas y se analizaron las variaciones en los coeficientes de área foliar (K) a lo largo de las etapas de desarrollo foliar, estaciones de cultivo y variedades. Encontraron modelos para estimar el área foliar $A=K L_x W_x$. donde L_x es la longitud máxima de la hoja; W_x es el ancho máximo de la hoja, y $A=K L_p W_s$ donde L_p es la longitud del peciolo al ápice de la hoja y W_s es el ancho senodal de la hoja. Los modelos proporcionaron las estimaciones más exactas del área foliar de malanga. Sin embargo, el modelo que sólo usó la variable longitud desde el seno al ápice de la hoja (L_s), podría ampliarse para la estimación de área foliar de plantas no desarrolladas en la fase inicial de marchitamiento. Los modelos expresados anteriormente y $A=K L_s^2$ dieron valores de K consistentes a lo largo de las etapas de desarrollo foliar, estaciones de cultivo y variedades. Concluyen que la estimación del área foliar con los modelos utilizados podría hacerse sin el uso de instrumentos.

De Oliveira *et al.* (2011) señalan que el área foliar (A) es importante en la intercepción de la radiación solar y para la producción de biomasa. El coeficiente de extinción de la luz (K) está relacionado con el ángulo de inclinación de la hoja, disposición de las hojas, con respecto al IAF. Proporcionan un índice de la eficiencia de las plantas en la intercepción de la radiación solar. Los estudios proporcionan respuestas importantes en el uso de la radiación solar por las plantas. Con el objetivo de estimar el área foliar por medidas lineales de la hoja para determinar el K y el IAF se midieron la radiación fotosintéticamente activa (RFA) y el IAF arriba y abajo del dosel del cultivo, en 15 puntos aleatorios. Las ecuaciones obtenidas por mediciones lineales de la hoja para estimar el área foliar del cultivo de malanga pueden ser usadas de manera precisa. La ecuación $S_f = 7,9012 + 0,8437 * (C_2 \times L)$ fue el que mejor representó el área foliar real y el coeficiente de extinción de la luz fue considerado bajo. El objetivo del presente estudio fue estimar el índice de área foliar a partir de parámetros de la hoja del cultivo de malanga en condiciones de riego por aspersión mediante la obtención de modelos de regresión.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en una parcela de una hectárea con productores cooperantes de la Asociación de Productores de malanga de la Ranchería Morelitos (Cumuaapa 1ª. Sección) del municipio de Cunduacán, Tabasco, ubicado geográficamente a los 18° 01' 23.2" LN y 93° 01' 11.2" LO. El clima de la zona es identificado como cálido húmedo. Según la clasificación de Köppen modificado por E. García (2004) es: $Am(f)w''(i')g$, donde Am , significa que es un clima cálido-húmedo tropical con lluvias abundantes en verano, f , significa que ocurre un porcentaje de lluvias invernales mayor del 10.2 con respecto a la precipitación total anual, w'' , significa que existe una estación seca y corta en primavera, i' , significa que existe en el área una diferencia de temperatura entre la máxima y la mínima de aproximadamente 6 °C, g , indica que el mes más caliente es antes del solsticio de verano.

Los suelos son Fluvisoles éutricos que se caracterizan por tener una saturación de bases igual o mayor que 50 %, al menos entre los 20 y 50 cm de profundidad, sin que sean calcáreos a esta profundidad, además no tienen horizontes sulfúricos, ni materiales sulfídicos dentro de los 125 cm de profundidad. Son suelos con buena permeabilidad, profundos, texturas medias o medias sobre gruesas, de poco desarrollo (presentan únicamente horizontes A y C diferenciados por el grosor del sedimento aluvial), suficientemente ricos en nutrimentos y materia orgánica, con buena agregación, muy buena actividad biológica y buen drenaje superficial.

El experimento fue establecido el 5 de diciembre de 2016, se preparó el suelo con un barbecho profundo, luego se dieron dos pasos de rastra y finalmente se construyeron las camas con una sanjeadora. La separación entre camas fue de 1.1 m x 0.50 m entre plantas en forma de *tres bolillos*, a doble hilera para

obtener una densidad de plantación de 38,200 plantas ha⁻¹. La fertilización de fondo consistió en la aplicación de 100 Kg del fertilizante 18-46-00 un mes después de la siembra. La fórmula de fertilización aplicada en el fertirriego será de 120-100-80, distribuida en función del crecimiento del cultivo. Las fuentes de fertilizantes solubles fueron a base de urea (46-00-00), fosfato monoamónico (12-60-00), nitrato de potasio (13-00-46), nitrato de calcio y ácido fosfórico.

La aplicación de láminas de riego fue por aspersion con cañones, en un sistema fijo, basada en la evapotranspiración del cultivo. La separación entre laterales y aspersores son de 36 x 21 m, el gasto del aspersor es de 6 Ls⁻¹ a una presión de 3.5 kg cm⁻², el diámetro de mojado es de 36 m, sin embargo, para garantizar un área de mojado uniforme se utilizó dicha separación. El tiempo de riego fue de 40 minutos por posición, considerando que el intervalo de riego es de 5 días, de acuerdo con las necesidades hídricas del cultivo, la lámina de riego aplicada en promedio fue 5 mm por día en días completamente despejados. Para la generación de los modelos de IAF se midieron la longitud máxima de la hoja (L_x), la longitud desde la base sinodal hasta el ápice de la hoja (L_s), la longitud desde el punto de fijación del peciolo hasta el ápice de la hoja (L_p), ancho de la hoja que pasa por la base sinodal (W_s) y perpendicular a L_s , Ancho de la hoja que pasa en el pedúnculo (W_p) perpendicular a L_p , ancho máximo de la hoja (W_x) (Figura 1). Las mediciones se hicieron cada 22 días, iniciando desde los 38 (12 de enero de 2017) hasta los 193 (15 de junio de 2017) días después del trasplante. Se midieron además la altura de planta, número de hojas, número de hijuelos y diámetro de tallos.

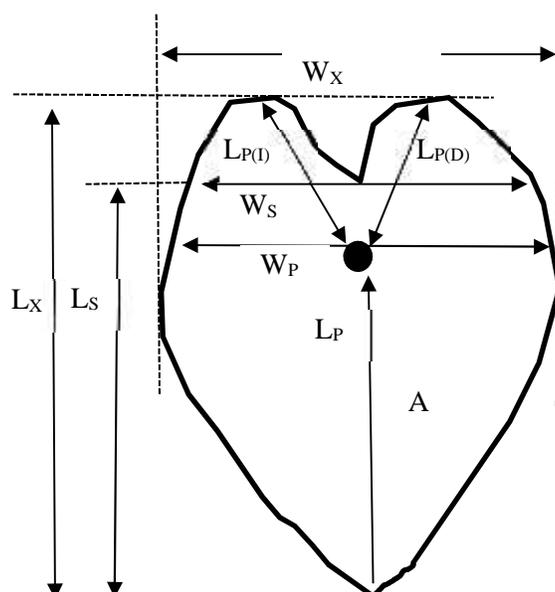


Figura 1. Diagrama de hoja de malanga mostrando las variables medidas (A, área foliar; L_x , longitud máxima; L_s , longitud de la base sinodal al ápice; L_p , longitud del punto fijo del peciolo al ápice; $L_{p(I)}$, longitud desde el punto del peciolo a la punta del lóbulo izquierdo; $L_{p(D)}$ longitud desde el punto del peciolo a la punta del lóbulo derecho; W_x , ancho máximo; W_p , ancho de hoja basado en el punto del peciolo, perpendicular a L_p ; W_s , ancho basado en el punto sinodal de la hoja, perpendicular a L_s .

Con el propósito de determinar la eficiencia con la que se está manejando el sistema y la uniformidad con la que se está aplicando el agua de riego, se realizó una evaluación hidráulica para conocer si se está satisfaciendo los requerimientos de riego del cultivo. El coeficiente de uniformidad de riego fue definido por Christiansen (1942) para el riego por aspersion se usa para medir la uniformidad de la pluviometría dada por un aspersor o sistema de aspersores (Ec. 1).

$$CU_c = 100 \left(1 - \frac{\sum_1^n |x_i - \bar{x}|}{n\bar{x}} \right) \quad (1)$$

donde: $|x_i - \bar{x}|$ representa, en valor absoluto, las desviaciones con relación a la media \bar{x} del agua captada por n pluviómetros.

Para la evaluación de los sistemas de riego por aspersión se utilizó el método propuesto por la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE) Standard S330.1 (ASAE, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó la uniformidad de distribución de agua del sistema de riego por aspersión semiportátil con cañones, midiendo el caudal y la presión en puntos estratégicos, en las posiciones de riego. El resultado del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen fue del 82 %, valor que se considera como uniformidad de riego aceptable, lo cual indica que la distribución espacial del agua sobre el terreno es satisfactoria.

De acuerdo con el análisis de los parámetros medidos en las hojas y el cálculo del IAF a partir de los muestreos realizados, se obtuvieron los modelos de regresión lineal y sus respectivos coeficientes de determinación (R^2). Además de estas mediciones de la hoja se midió la altura de planta y el diámetro del tallo. No se midió el peso del corno debido a que el cultivo no se encuentra en la etapa de maduración.

De las variables de las hojas medidas, el ancho máximo de la hoja y la longitud senoidal resultaron ser los mejores estimadores del índice de área foliar de acuerdo con la Figura 2, al obtenerse un coeficiente de determinación (R^2)= 0.92 y 0.90, respectivamente.

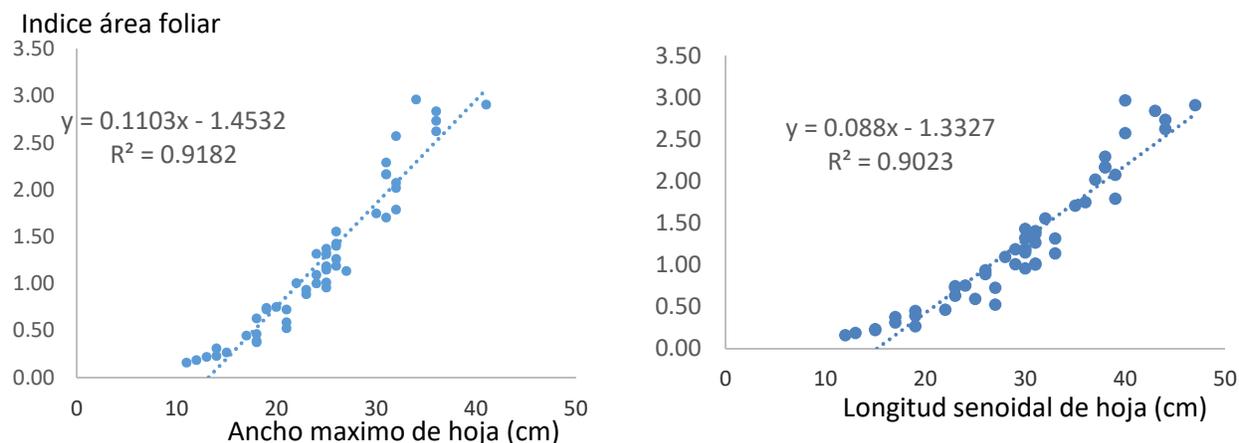


Figura 2. Modelos de regresión lineal para la estimación del Índice de Área Foliar y su relación con la longitud senoidal y ancho máximo de la hoja de malanga.

Con base en los modelos de regresión obtenidos, se puede estimar el IAF a partir de la medición del ancho máximo de la hoja (W_x) o la longitud senoidal de la hoja (L_s), sin embargo, es importante cuantificar con precisión el área foliar mediante los métodos directos no destructivos en menor tiempo posible y ahorro de mano de obra. Por otra parte, se sugiere el uso de herramientas como la cámara fotográfica con lentes de “ojo de pez”, el cual se encuentra en proceso de calibración para la estimación directa del IAF.

Una de las aplicaciones más importantes de la medición del área foliar es la determinación de coeficiente de cultivo (K_c) para el cultivo de malanga en condiciones de riego. Existe una estrecha relación del IAF con los K_c , el cual depende de la etapa fenológica y características del cultivo en su crecimiento y desarrollo. En la Figura 3 se presenta la variación del IAF de acuerdo con los días de desarrollo. Se puede observar que a los 108 días después de la siembra alcanza un valor máximo de IAF, esto es debido a que las hojas primarias alcanzan la senescencia y la planta tiende a generar brotes nuevos a través de sus hijuelos. A los 171 días, el cultivo reduce su IAF para que después nuevamente tiende a incrementarse por el crecimiento del área foliar de los brotes nuevos.

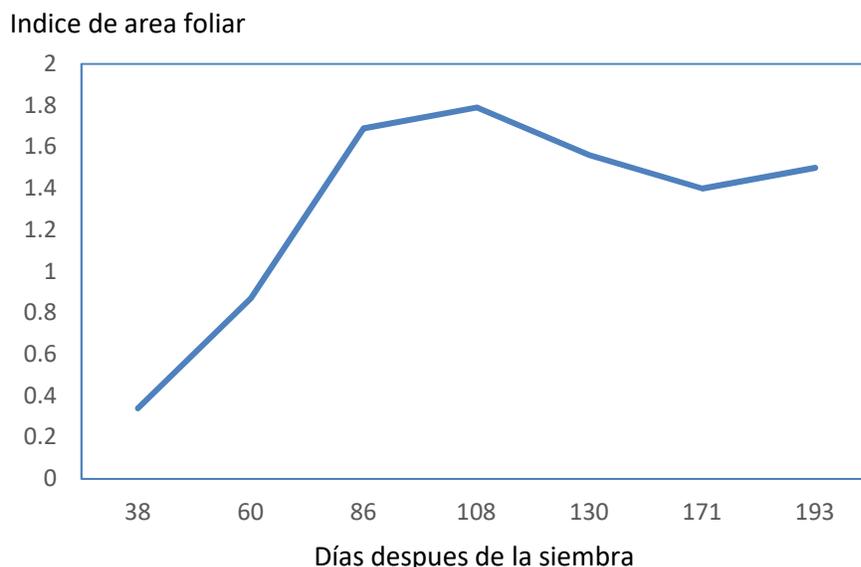


Figura 3. Índice de área foliar (IAF) promedio en el cultivo de malanga durante el desarrollo del cultivo.

Se identificaron en el campo daños causados por *Fusarium* sp. Este hongo fue aislado en el laboratorio de fitopatología del C.E. Huimanguillo. Para el control, se hicieron aplicaciones de Oxiclورو de cobre y carbendazín, en dosis de 1 kg/ha y 1 L/ha, respectivamente.

A los 80 días después de la siembra se presentó en el cultivo la bacteria *Erwinia* sp., causando la muerte de plantas, esta enfermedad entra por la base del tallo y penetra hacia el cormo de las plantas provocando pudrición del mismo hasta causar la muerte. La bacteria se disemina por el agua de riego, por lo que es importante aplicar la dosis optima requerida del riego para un mejor control y se hicieron aplicaciones de estreptomycin más oxiclورو de cobre durante 21 días, cada semana, logrando el control de la enfermedad.

CONCLUSIONES

Los parámetros de la hoja ancho máximo (W_x) y la longitud senoidal al ápice de la hoja (L_s) resultaron los mejores estimadores del IAF. Estos parámetros pueden ser utilizados para estimar de manera directa y no destructiva el IAF en el cultivo de malanga. La variación del IAF durante el crecimiento y desarrollo del cultivo de malanga presenta una tendencia de ser bimodal en condiciones de riego por aspersión, factor relevante para la determinación de coeficientes de cultivo para el riego.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento al proyecto con No.1043833989 PN 1153: Generación De Tecnología para la producción sustentable y uso Integral de malanga y Yuca en Tabasco y Veracruz, México.

LITERATURA CITADA

- ASAE Standards 1991. Standards, engineering practices and data. American Society of Agricultural Engineers. 38th. Ed.
- Christiansen, J.E. 1942. Irrigation by Sprinkling. California Agricultural Experiment Station. Bulletin No. 670. Berkeley.
- De Oliveira B. C., da Silva M. C.A., Santos L. F., Reis da R. M.J, Teixeira X. T.M. 2011. Leaf Area, Leaf Area Index and Light Extinction Coefficient for Taro Culture. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 7 (12): 1-9
- De Oliveira, R. A.; E. Daros; J. L. Camargo Zambon; H. Weber; O. Teruyo Ido; J. C. Bepalhok-Filho; K. C. Zuffellato-Ribas y D. K. Tramujas da Silva. 2007. Área foliar en tres cultivares de caña de azúcar y su correlación con la producción de biomasa. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. 37: 71-76.
- Daughtry, C. 1990. Direct measurements of canopy structure. Remote Sens. Rev. 5:45-60. Elings, A. 2000. Estimation of leaf area in tropical maize. Agron. J. 92: 436-444.
- García E.2004. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Kööpen. Universidad Nacional Autónoma de México. 98 p.

- Goenaga, R. 1995. Accumulation and partitioning of dry matter in taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott]. *Annals of Botany*. 76:337–341
- Lu H.Y., Lu C.T., and Wei M.L. 2004. Comparison of different models for nondestructive leaf area estimation in Taro. *Agronomy Journal*. 96:448–453.
- Miyasaka, C.S. Ogoshi, M.R. Tsuji, Y.G. and Kodani, S.L. 2003. Site and Planting Date Effects on Taro Growth: Comparison with Aroid Model Predictions. *Agronomy Journal*, 95:545-557.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. 2015. En: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> y www.siap.gob.mx/malanga/ (consultado 26/01/2015).
- Sonnentag, O., Talbot, J.; Chen, J.M.; Roulet, N.T. 2008. Using direct and indirect measurements of leaf area index to characterize the shrub canopy in an ombrotrophic peatland. *Agric. Forest. Meteorol.* 144:200-212.
- Viloria H. y Córdova C. 2008 Sistema de producción de ocumo chino (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en la parroquia Manuel Renaud del municipio Antonio Díaz del estado Delta Amacuro, Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 8 (1): 98-106.

EVALUACIÓN DE PIÑÓN MEXICANO *Jatropha curcas* L. EN TUXTLA CHICO, CHIAPAS. EVALUATION OF MEXICAN PINION *Jatropha curcas* L. IN TUXTLA CHICO, CHIAPAS.

¹Solís Bonilla JL, ²Martínez Valencia BB, ¹Hernández Gómez E, ³Ramírez Guillermo MA,
⁴Zamarripa Colmenero A

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa. Carretera Tapachula-Cacahoatán km 18. Tuxtla Chico, Chiapas, México.

² Universidad Federal de Paraná, Centro Politécnico - Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 – Jardim das Américas. Curitiba – Paraná-Brasil.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Huimanguillo. Carretera km 1 Huimanguillo-Cárdenas. Huimanguillo, Tabasco, México.

⁴ RD2 Visión, Camino a Calance S/N C. P. 30870, Tuxtla Chico, Chiapas.
Autor para correspondencia: solis.joseluis@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue conocer el comportamiento agronómico de accesiones de *Jatropha curcas* del Banco Nacional de Germoplasma del INIFAP. La colección está compuesta de 425 accesiones colectadas en diferentes ambientes y está ubicada en el Campo Experimental Rosario Izapa en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas. Para la evaluación agronómica se trabajó en 112 accesiones, se registró el número de inflorescencias, número de flores masculinas y femeninas, porcentaje de prendimiento de frutos, número de frutos, peso de fruto, peso, largo y ancho de semilla, rendimiento por planta de fruto y semilla y toxicidad. Se realizó la evaluación bioquímica en donde se registró el contenido de aceite y proteína en la semilla. El máximo valor de flores masculinas fue de 17 833 flores por planta. El valor máximo de flores femeninas fue de 1 064 flores por planta. Se detectaron árboles con flores completamente femeninas. El valor máximo para rendimiento de fruto y semilla por planta fue de 8.6 y 1.7 kg, respectivamente. La diversidad genética que existe en *J. curcas* representa una base importante para obtener cultivares de alto rendimiento agroindustrial para la producción de biocombustibles en México.

Palabras claves: *Producción, diversidad, adaptación, biocombustible.*

INTRODUCCIÓN

México ocupa el noveno lugar como país contaminante del planeta ya que emite alrededor del 2 % del total mundial de gases con efecto invernadero y se estima que para los próximos años sea el doble si no se toman las medidas para la reducción de gases contaminantes (Cervantes, 2006). Aunado a los problemas ambientales, el agotamiento de las reservas probadas del petróleo del país, cuya duración se estima en 8 años, y el aumento constante del precio del petróleo, justifican sobremanera la necesidad de explorar nuevas fuentes de energía renovables como el Etanol y Biodiesel a partir de especies agropecuarias y forestales. Ante esta situación, México está impulsando el uso de energías renovables más eficientes y limpias como los Biocombustibles para disminuir los efectos del cambio climático y contribuir a la conservación del ambiente. Para ello, el Gobierno de México decreto en febrero del año 2008, la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos que considera, entre otros propósitos la diversificación energética mediante fuentes renovables de energía como los Biocombustibles y el impulso a la Investigación e Innovación Tecnológica, así como a la agroindustria para la producción de Biodiesel y Etanol (Zamarripa *et al.*, 2009). Entre los Biocombustibles más estudiados se encuentra el Biodiesel que es un combustible renovable que comparado con los combustibles derivados del petróleo, permite la reducción de emisiones de gases contaminantes producidos por los motores de combustión interna (Ugolini, 2000).

En este contexto el INIFAP estableció desde hace más de ocho años un Programa Nacional de Investigación en Bioenergía para generar conocimientos y desarrollar tecnología sobre Biocombustibles con énfasis en la obtención de Biodiesel y Bioetanol. Una de las alternativas para la producción de biodiesel en México es *Jatropha curcas* L. conocida comúnmente en Chiapas y otros estados del sureste como Piñón. En el marco de este programa y considerando la amplia diversidad observada en el sureste mexicano y el potencial de su utilización, se desarrolló investigación para estudiar y evaluar la factibilidad técnica del piñón mexicano como productor de materia prima para la producción de Biodiesel en México.

El piñón es nativo de México con un gran potencial como Biocombustible por su alto rendimiento de aceite. El aceite puede ser usado como materia prima para la producción de Biodiesel o bioturbosina para el transporte terrestre y aéreo, respectivamente. También tiene usos ecológicos por su capacidad regenerativa de los suelos y por su eficiencia en la reducción de la erosión hídrica y eólica. La gran ventaja de *J. curcas* en relación a otras especies como soya, girasol o cártamo es el hecho de no usarse para la alimentación humana. Este factor y sus ventajas agronómicas han posicionado al piñón en varios países del mundo como la mejor alternativa para la producción de Biodiesel (Zamarripa y Solís 2013).

La investigación sobre cultivos energéticos en México obedece a la necesidad de diversificar la matriz energética y reducir la emisión de gases de efecto invernadero mediante el uso de biocombustibles líquidos. Sin embargo, para que se constituyan como una fuente de energía renovable, los cultivos energéticos deben de ser eficientes desde el punto de vista agronómico. El objetivo del presente estudio fue conocer el comportamiento agronómico de piñón mexicano del Banco Nacional de Germoplasma del INIFAP, como fuente de materia prima para la obtención de Biocombustibles en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir del año 2007 se realizó la colecta nacional de genotipos de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) en los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Morelos, Guerrero, Michoacán, San Luis Potosí, Puebla y Yucatán bajo diferentes condiciones de suelo, clima y altitud, registrando los datos de pasaporte correspondientes. En los sitios de colecta la precipitación varió de 400 a 4 200 mm anuales, la temperatura fluctuó entre 18 y 28 y la altitud varió de 0 a 1950 msnm. Se estableció el banco nacional de germoplasma integrado por 425 accesiones de cuatro a seis plantas por accesión. El banco de germoplasma está ubicado en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas a una altitud de 400 msnm, bajo condiciones de selva tropical húmeda con 26 °C de temperatura media y precipitación media anual de 4 194 mm. En la evaluación agronómica se trabajó en 112 accesiones, se registró el número de inflorescencias, número de flores masculinas y femeninas, porcentaje de prendimiento de frutos, número de frutos, peso de fruto, peso, largo y ancho de semilla, rendimiento por planta de fruto y semilla y toxicidad. Se realizó la evaluación bioquímica en donde se registró el contenido de aceite y proteína en la semilla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la caracterización agronómica los resultados mostraron diferencias significativas entre las accesiones en el número de inflorescencias, número de frutos, peso de fruto, peso de la semilla y longitud y grosor de las semillas (Cuadro 1).

El número de inflorescencias varió de 1 a 230 por planta. El máximo valor de flores masculinas fue de 17, 833 flores por planta. El valor máximo de flores femeninas fue de 1, 064 flores por planta. Se detectaron árboles con flores completamente femeninas. El número de frutos varió de 1 a 1,018 frutos por planta. El prendimiento de fruto expresado en porcentaje fluctuó de 0.4 a 90 %. El peso de semilla vario de 0.3 a 1.3 g. El rendimiento de fruto presentó grandes variaciones en función del genotipo encontrando valores que fluctuaron entre 12 g y 8.6 kg de fruto por planta. El rendimiento de semilla presento variaciones de 4 g a 1.7 kg por planta. Estos datos demuestran la necesidad de realizar selección varietal para alto rendimiento con el objetivo de disponer de los mejores genotipos para la producción de materia prima.

El análisis de toxicidad mostró contenidos de ésteres de forbol de 0 a 3.56 mg/g. El análisis bioquímico mostró valores en el contenido de aceite que variaron entre 26 y 59 % y valores en el contenido de proteína de 25 a 51 % (Cuadro 2). Se encontró una gran variación en las diferentes variables registradas, lo que indica que existe una gran diversidad genética en las accesiones del banco de germoplasma del INIFAP como fue demostrado por Zamarripa *et al.* (2010)

Cuadro 1. Variación de características de flor, fruto, semilla y rendimiento de accesiones de *Jatropha curcas* L. establecidas en el banco nacional de germoplasma del INIFAP.

Características	Variación
Número de inflorescencias	1 - 230
Número de flores masculinas	6 - 17,883
Número de flores femeninas	1 - 1064
Prendimiento de frutos (%)	0.4 – 90
Número de frutos	1 - 1018
Peso promedio de frutos(g)	4.9 - 30
Numero de semillas	1-1198
Peso de semilla (g)	0.3 - 1.3
Largo de semilla(cm)	1.1 - 2.1
Ancho de semilla (cm)	0.7 - 1.6
Rendimiento de fruto por planta (kg)	0.012 – 8.6
Rendimiento de semilla por planta (kg)	0.004 -1.7
Toxicidad ésteres de forbol (mg/g)	0 - 3.56

y por Pecina *et al.* (2010) (2011 a) (2011 b) (2014) a través de estudios morfológicos y genéticos usando marcadores moleculares en *Jatropha curcas* L..

CONCLUSIONES

La evaluación realizada en este estudio permitió demostrar que existe gran variación en el comportamiento agronómico de los genotipos establecidos en el banco de germoplasma nacional de *J. curcas* del INIFAP. La variación en los componentes del rendimiento evaluados indica que es necesario realizar mejoramiento genético de la especie para seleccionar genotipos de alto rendimiento agroindustrial que le den rentabilidad a la obtención de biocombustibles en México. La presencia de plantas completamente pistiladas y de alto rendimiento representan una nueva alternativa en la selección de variedades.

LITERATURA CITADA

- Cervantes, S., M. A. 2006. Proyecto MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio). Presentación electrónica. Reunión INIFAP-SEMARNAT sobre producción de biodiesel en México.
- Ugolini, J. 2000. Biodiesel. Estudio para determinar la factibilidad técnica y económica del desarrollo del biodiesel. Santa Fé, Argentina., 25 p.
- Pecina Q.V. Anaya L.J.L. Zamarripa C. A., Montes G.N., Núñez C. C.A., Solís B. J.L., Aguilar R. M.R., 2010. Caracterización molecular de accesiones de *Jatropha curcas* L. de Chiapas México utilizando marcadores AFLP. En memoria REDBIO, México.
- Pecina Q.V., Anaya L. J.L., Zamarripa C.A., Montes G. N., Solís B. J. L. y Aguilar R. M R. 2011 a. Análisis del germoplasma de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) usando marcadores AFLP. En Memoria VI reunión nacional de investigación agrícola-INIFAP. Pág. 251.
- Pecina Q.V. Anaya L.J.L. Zamarripa C. A., Montes G.N., Núñez C. C.A., Solís B. J.L., Aguilar R. M.R., Gil L. H.R. y Mejía B. D.J. 2011 b. Molecular characterisation of *Jatropha curcas* L. genetic resources from Chiapas, México through AFLP markers. Biomass and Bioenergy; 35. Pp. 1897-1905
- Pecina Q. V., Anaya L. J. L., Zamarripa C. A., Nuñez C.C.A., Montes G.N. Solís B.J.L., Jiménez B.M.F. 2014 Genetic structure of *Jatropha curcas* L. in México and probable centre of origin. biomass and bioenergy (6 0) 147-155.
- Zamarripa C. A.; Ruíz C. P. A.; Solís B. J.L.; Martínez H.J.; Olivera S. A, y Martínez V.B.B. 2009. Biocombustibles: perspectivas de producción de biodiesel a partir de *Jatropha curcas* L. en el trópico de México. Folleto Técnico núm. 12. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México., 46 p.
- Zamarripa, C. A.; Pecina, Q. V.; Avendaño, A. C. H.; Solís, B. J. L.; y Martínez, V. B. B.; 2010. Genetic diversity of Mexican germplasm collection of *Jatropha curcas* L. In: Proceedings 18th European biomass conference and exhibition 2010. Lyon, France. pp 542-543.
- Zamarripa C. A. y Solís B. J. L. 2013. *Jatropha curcas* L. Alternativa bioenergética en México. Libro científico No. 1. Primera Edición. México. 159 p.

Cuadro 2. Relación del contenido (%) de aceite y proteína de accesiones de *Jatropha curcas* L. establecidas en el banco nacional de germoplasma del INIFAP.

Genotipos	Contenido de Aceite	Contenido de proteína
48	59.64	25.34
47	55.28	22.18
136	52.95	29.05
51	51.93	26.26
122	51.65	26.34
46	51.33	25.86
140	49.56	35.43
106	49.51	33.48
110	48.07	32.62
68	26.32	51.81

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE HIGUERILLA *Ricinus communis* L. AGRONOMIC BEHAVIOR OF CASTOR BEAN VARIETIES *Ricinus communis* L.

¹Solís Bonilla JL, ²Martínez Valencia BB, ¹Hernández Gómez E, ³Ramírez Guillermo MA

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa. Carretera Tapachula-Cacahoatán km 18. Tuxtla Chico, Chiapas, México.

²Universidad Federal de Paraná, Centro Politécnico - Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 – Jardim das Américas. Curitiba – Paraná-Brasil.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Huimanguillo. Carretera km 1 Huimanguillo-Cárdenas. Huimanguillo, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: solis.joseluis@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento agronómico de un grupo de variedades de higuierilla en condiciones de trópico húmedo partiendo de materiales élite, para condiciones de temporal, con alto rendimiento y buena calidad de aceite. Se valoraron las variedades en las características de racimos, fruta y rendimiento biológico y agronómico. El material genético constó de ocho variedades mejoradas del INIFAP originarias de Chiapas y Michoacán. De acuerdo a los resultados obtenidos el genotipo TUX2015 es un buen arquetipo con influencia en porte bajo de la planta, sin embargo, es de baja producción. Dentro de la evaluación de selecciones individuales en este ambiente de Tuxtla Chico, destacó en el rendimiento agronómico las variedades V2 (INIFAP MX *Riric19*) de Villa Corzo y V7 (INIFAP MX *Riric29*) de Villaflores con rendimientos superiores a los 2000 kg ha⁻¹. Las variedades V2 (INIFAP MX *Riric19*) de Sierra Morena, Villa Corzo, Chiapas, V5 (*Riric265-1*) de Barranca Honda, Michoacán y V7 (INIFAP MX *Riric29*) de La Garza, Villaflores, Chiapas fueron las de mejor adaptación a las condiciones de siembra de Tuxtla Chico, Chiapas. Estos resultados indican que existen materiales promisorios para la formación de futuras variedades de higuierilla para incrementar los rendimientos y la calidad de tal manera que el cultivo pueda ser rentable y competitivo.

Palabras claves: *Evaluación, producción, adaptación, biocombustible.*

INTRODUCCIÓN

La demanda de biocombustibles a nivel nacional e internacional se incrementa constantemente debido a la necesidad de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y al agotamiento de las reservas de petróleo. Por lo anterior diversos países en el mundo se han orientado a la búsqueda de nuevas fuentes de energía a partir de especies vegetales (Zamarripa *et al.*, 2012). Una de las especies para la producción de biocombustibles que no compite con la alimentación humana es la Higuierilla (*Ricinus communis* L.), planta oleaginosa que se encuentra ampliamente distribuida en México (Zamarripa *et al.*, 2012; Solís *et al.*, 2014; Solís *et al.*, 2016) la cual es rústica y posee potencial para la producción de aceite. Además, el aceite de higuierilla reúne características fisicoquímicas que la posicionan como una opción en la producción de biocombustibles (Martínez *et al.*, 2012). Al ser una especie vegetal se desarrollará una tecnología que dará alternativas para proporcionar bienestar a las familias rurales y cuidado al medio ambiente a través de la producción de energía sustentable, además que esta especie tiene muchos usos en cuanto al aceite y subproductos de uso como combustibles como los pellets y briquetas, también para la alimentación animal. En México se necesita desarrollar y validar variedades de alto rendimiento de semilla y aceite adaptadas a las diversas condiciones del país. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento agronómico de un grupo de variedades de dicha especie en Tuxtla Chico, Chiapas bajo condiciones de clima tropical húmedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental Rosario Izapa, con coordenadas geográficas 92° 09' longitud Oeste y 14° 58' latitud Norte a una altitud de 435 msnm, área de selva tropical húmeda con 26 °C de temperatura media, precipitación media anual de 4 194 mm con promedio de 188 días de lluvia. Se evaluaron ocho variedades de higuierilla en un experimento de selecciones individuales. El experimento se estableció el 8 de agosto de 2015. La parcela experimental fue de 4 metros de largo por 2 metros de ancho (8 m²), con tres plantas por surco, en rectángulo a 3 x 2 m. La densidad de población fue de 1,666 plantas ha. Las variedades del INIFAP fueron seleccionados de acuerdo a resultados previos obtenidos por

Zamarripa *et al.* (2010) y Solís (2015), además se utilizó un control con características de porte enano (Cuadro 1). El experimento se desarrolló en un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones. Los análisis se hicieron a través del programa estadístico SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) y las medias comparadas por la prueba de Duncan, con un nivel de significación del 5%.

Cuadro 1. Origen de las variedades de higuierilla utilizadas en el ensayo de selecciones individuales.

Variedad	Origen	Altitud (msnm)	Color de semilla
INIFAP MX <i>Riric10</i>	Unión Juárez, Chiapas	878	Crema veteadada
INIFAP MX <i>Riric19</i>	Sierra Morena, Villa Corzo, Chiapas	1070	Crema veteadada
INIFAP MX <i>Riric274</i>	San Jerónimo, Unión Juárez, Chiapas	776	Crema veteadada
INIFAP MX <i>Riric1</i>	Unión Roja, Cacahoatán, Chiapas	519	Café veteadado
INIFAP MX <i>Riric265-1</i>	Barranca Honda, Michoacán	872	Crema veteadada
INIFAP MX <i>Riric267-2</i>	Tipitio, Uruapan, Michoacán	2101	Crema veteadada
INIFAP MX <i>Riric29</i>	La Garza, Villaflores, Chiapas	605	Café veteadado
<i>TUX2015</i>	CERI, Tuxtla Chico, Chiapas	60	Gris veteadado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectó significancia en variedades en siete de nueve características de racimo evaluadas, no se detectó significancia solo para número de racimos (NR) y Número de frutos por racimo (NF). El número de racimos varió de 8 a 16. El peso fresco de racimo fluctuó de 33.10 a 399 g, siendo las variedades *Riric265-1* y *Riric19* quienes obtuvieron los valores más altos. La longitud de racimo más corta la presentó la variedad *TUX2015* (Cuadro 2).

Las variedades con mayor número de frutos por racimo son la INIFAP MX *Riric29* e INIFAP MX *Riric 19* con 42 y 44, respectivamente. En cuanto al peso de frutos por racimo la variedad *TUX2015* presentó el peso más bajo. El peso de cascara varió de 6.88 a 86.03 g. El peso de semillas por racimo fluctuó de 8.57 a 104.47 g siendo la variedad INIFAP MX *Riric29* la de mayor valor. El número de semillas por racimo varió de 68.7 a 132.50 siendo las variedades INIFAP MX *Riric274*, INIFAP MX *Riric19* e INIFAP MX *Riric29* quienes presentaron el mayor NS con 116, 128 y 132, respectivamente (Cuadro 3).

Se detectó significancia en variedades en cuatro de cinco características evaluadas de los componentes del rendimiento biológico y agronómico, no se detectó significancia solo para número de semillas por planta (NSP). El número de semillas por planta (NSP) varió de 985 a 1914. El rendimiento por planta fluctuó de 125 a 1336 g, siendo las variedades INIFAP MX *Riric29* e INIFAP MX *Riric19* quienes obtuvieron los valores más altos. El índice de semilla que se define como el peso promedio de semilla seca varió de 0.12 a 0.85 g, las variedades con mayor IS fueron INIFAP MX *Riric 29*, INIFAP MX *Riric 19* e INIFAP MX *Riric265-1* con valores de 0.79, 0.80 y 0.85 g, respectivamente. El índice de racimo, que se define como el número de racimos necesarios para obtener un kilogramo de grano seco, fluctuó de 10 a 131, es decir, que mientras que la variedad *Riric19* necesita 10 racimos para obtener un kilogramo de semilla con la variedad *TUX2015* se requiere de más de 100 racimos para completar esa misma producción de semilla. El rendimiento agronómico fluctuó de 209 a 2,226 kg por hectárea siendo las variedades INIFAP MX *Riric29* e INIFAP MX *Riric19* de los valores más altos (Cuadro 4).

Cuadro 2. Comparación de medias de las características de racimo de las variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, Chiapas.

Variedad	NR	PFR	LGR	PSR
INIFAP MX <i>Riric10</i>	15.1a	243.38b	25.94a	109.30c
INIFAP MX <i>Riric19</i>	13.3ab	399.16a	29.02a	192.08a
INIFAP MX <i>Riric274</i>	15.3a	227.85b	31.37a	111.29c
INIFAP MX <i>Riric1</i>	15.7a	310.42ab	26.11a	134.71bc
INIFAP MX <i>Riric265-1</i>	8.8b	398.86a	25.57a	182.66ab
INIFAP MX <i>Riric267-2</i>	14.6ab	279.36ab	28.63a	123.59c
INIFAP MX <i>Riric29</i>	13.4ab	387.83a	27.14a	213.58a
<i>TUX2015</i>	13.9ab	33.10c	13.11b	15.74d
Media	13.76	285.00	25.86	135.37
CV	18.73	20.57	10.04	19.38

NR=Número de racimos; PFR=Peso fresco de racimo (g);
LGR=Longitud de racimo (cm); PSR=Peso seco de racimo (g);
Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales según la prueba de Duncan (P 0.05).

Cuadro 3. Comparación de medias de las características de fruto y racimo de las variedades de higuera en Tuxtla Chico, Chiapas.

Variedad	NF	PF (g)	PC (g)	PS (g)	NS
INIFAP MX <i>Riric10</i>	27.65bc	99.47b	45.30c	53.79b	79.97bc
INIFAP MX <i>Riric19</i>	44.21a	171.86a	71.87ab	99.48a	128.33a
INIFAP MX <i>Riric274</i>	39.59abc	100.57b	40.33c	59.01b	116.26ab
INIFAP MX <i>Riric1</i>	31.90abc	115.21b	53.01bc	63.00b	88.76abc
INIFAP MX <i>Riric265-1</i>	37.54abc	164.83a	69.84ab	92.88a	108.75abc
INIFAP MX <i>Riric267-2</i>	31.23abc	106.23b	48.45c	56.37b	89.77abc
INIFAP MX <i>Riric29</i>	42.60ab	191.15a	86.03a	104.47a	132.50a
<i>TUX2015</i>	25.07c	14.83c	6.86d	8.57c	68.73c
Media	34.97	120.52	52.71	67.20	101.63
CV	18.56	18.99	18.27	19.77	19.16

NF=Número de frutos por racimo; PF=Peso de frutos por racimo;
PC=Peso de cascara por racimo; PS=Peso de semillas por racimo;
NS=Número de semillas por racimo.
Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales según la prueba de Duncan (P 0.05).

Cuadro 4. Comparación de medias de los componentes del rendimiento biológico y agronómico en Tuxtla Chico, Chiapas.

Variedad	NSP	RP (g p)	IS	IR	REN (kg ha ⁻¹)
INIFAP MX <i>Riric10</i>	1243.7a	833.0a	0.68bc	21.0b	1387.7a
INIFAP MX <i>Riric19</i>	1748.0a	1336.2a	0.80a	10.2b	2226.1a
INIFAP MX <i>Riric274</i>	1914.4a	969.8a	0.51d	21.1b	1615.8a
INIFAP MX <i>Riric1</i>	1389.7a	978.8a	0.71b	16.9b	1630.7a
INIFAP MX <i>Riric265-1</i>	985.8a	857.9a	0.85a	14.6b	1429.2a
INIFAP MX <i>Riric267-2</i>	1312.3a	823.2a	0.64c	21.2b	1371.4a
INIFAP MX <i>Riric29</i>	1700.9a	1333.1a	0.79a	12.9b	2220.9a
<i>TUX2015</i>	998.5a	125.8b	0.12e	131.5a	209.5b
Media	1411.7	907.2	0.64	31.2	1511.4
CV	29.36	29.52	4.58	24.61	29.52

NSP=Número de semillas por planta; RP=Rendimiento por planta; IS=Índice de semilla;
IR=Índice de racimo; REN=rendimiento agronómico.
Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales según la prueba de Duncan (P 0.05).

CONCLUSIONES

Dentro de la evaluación de selecciones individuales en este ambiente de Tuxtla Chico, destacó en el rendimiento agronómico las variedades INIFAP MX *Riric19* de Villa Corzo e INIFAP MX *Riric29* de Villaflores con rendimientos superiores a los 2000 kg ha⁻¹. De acuerdo a los resultados obtenidos las variedades INIFAP MX *Riric19* de Sierra Morena, Villa Corzo, Chiapas, INIFAP MX *Riric265-1* de Barranca Honda, Michoacán e INIFAP MX *Riric29* de La Garza, Villaflores, Chiapas fueron las de mejor adaptación a las condiciones de siembra de Tuxtla Chico, Chiapas. Las variedades que destacaron fueron mejoradas en este ambiente lo que indica que el mejoramiento ha sido efectivo, pero es necesario encauzar la fenología del cultivo con la concurrencia del potencial de los regímenes termoplumiométricos, mejorando la resistencia a enfermedades, estudiando las relaciones fisiológicas adaptativas y explorando el germoplasma en esa dirección. Los resultados han demostrado que las variedades mejoradas se adaptaron satisfactoriamente a las condiciones del Trópico Húmedo de Chiapas con rendimientos que van desde los 1300 a 2226 kg ha⁻¹ en los materiales de origen Chiapaneco y de 1300 a 1429 kg ha⁻¹ en las variedades de origen Michoacano en comparación con la no mejorada de Tuxtla Chico con rendimiento de 209 kg ha⁻¹.

LITERATURA CITADA

- Martínez V. B. B., Hernández M, Solís J L, Zamarripa A. 2012. Calidad agroindustrial del aceite de higuera (Ricinus communis L.) para la producción de bioenergéticos en México. In: V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, Guarapari (ES). 2 p.
- Solís B. J. L., Muñoz O. A., Escalante E. J. A., Zamarripa C. A. 2014. Crecimiento de variedades de higuera (Ricinus communis L.) en dos ambientes contrastantes. In: Memoria XXV Congreso Nacional y V Congreso Internacional de Fitogenética. SOMEFI. 45 p
- Solís B. J. L. 2015. Variabilidad genética y adaptación de variedades de higuera para la producción de biocombustibles. Tesis de Maestría. Colegio de posgraduados, México.
- Solís B. J. L., Muñoz O. A, Escalante E. J. A., Zamarripa C. A. 2016. Crecimiento de variedades y componentes del rendimiento de higuera (Ricinus communis L.) en Montecillo, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.7:311-323.
- Zamarripa C. A., Solís B. J. L, Martínez V. B. B, Cotoc B. J C. 2010. Evaluación y selección de materiales elite de higuera (Ricinus communis L.), para la obtención de biocombustibles en México. In: Memoria V Reunión Nacional de Innovación Agrícola, INIFAP. 245 p.
- Zamarripa C. A, Solís B. J. L, Riegelhaupt E, Martínez V. B.B., Hernández C. M, 2012. Balance de emisiones de gases de efecto invernadero del cultivo de higuera en la producción de biodiesel en México. In: V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, Guarapari (ES). 1 p.

DIAGNÓSTICO DE LA COMPACTACIÓN EN SUELOS CULTIVADOS CON MAÍZ EN LA REGIÓN FRAYLESCA, CHIAPAS

DIAGNOSIS OF COMPACTION IN SOILS CULTIVATED WITH MAIZE IN THE REGION FRAILESCA, CHIAPAS

¹López Báez W, ¹Reynoso Santos R, ¹López Martínez J, ¹Camas Gómez R, ²Tasistro A

¹Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP. Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, km 3, A. P. Núm. 1, C. P. 29140. Ocozocoautla, Chiapas.

²Director, México y América Central International Plant Nutrition Institute (IPNI) 3500 Parkway Lane, Suite 550 Peachtree Corners, GA 30092-2844

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

RESUMEN

La compactación del suelo es un problema identificado recientemente como una de las principales limitantes en la superficie maicera del municipio de Villaflores en la región de la Frailesca, Chiapas, debido a ello, requiere ser estudiado con mayor precisión. El objetivo de este estudio fue caracterizar el problema de compactación en la superficie mecanizable cultivada con maíz en el ejido Nuevo México. Se estudiaron 177 predios, en los cuales se determinó la densidad aparente, materia orgánica y textura a las profundidades de 0-20 y de 20-40 cm. Se entrevistaron a los dueños de los predios para obtener información sobre sus prácticas de cultivo y niveles de productividad del maíz. Los resultados muestran que el 83.3% del área estudiada presentó compactación superficial y el 94.6% compactación en el subsuelo (piso de arado). Los productores señalaron que en años con períodos críticos de sequía los rendimientos se reducen en 58%, lo cual está correlacionado con la disminución de la porosidad a consecuencia de la compactación. Se identificaron como causas principales de la compactación al laboreo intensivo con maquinaria en el 100% de los sitios, el contenido muy bajo de materia orgánica en el 100% y el tipo de suelo (luvisoles y acrisoles). La atención del problema de compactación requiere de una estrategia integral de carácter correctivo y preventivo que debe tomar como elemento central la elevación de los contenidos de materia orgánica, para revertir la actual gestión insostenible de la tierra.

Palabras clave: *Gestión insostenible, Tierra, Agricultura.*

INTRODUCCIÓN

Se han identificado los principales limitantes de los sistemas de producción de maíz del municipio de Villaflores en base a los diagnósticos con productores realizados por el programa MasAgro en los años 2010, 2013 y 2014; entre las que destacan, la baja fertilidad generalizada de los suelos con alrededor del 25% de los predios con porcentaje de saturación de aluminio superior al 20%, considerado como crítico para el cultivo de maíz (Tasistro, 2012), la compactación subsuperficial, inadecuada nutrición del cultivo, el monocultivo de maíz con quema de residuos de cosecha, erosión de los suelos y la realización de prácticas inadecuadas de manejo agronómico que limitan el potencial productivo, ecológico y económico de los sistemas de producción de maíz.

En lo que respecta a la compactación, los diagnósticos detectaron en los suelos mecanizables cultivados con maíz, la presencia de una capa dura a una profundidad promedio de 12.4 cm (± 4.1). Para atender este problema desde el año 2010 el INIFAP, CIMMYT e IPNI han establecido en campos de productores ensayos exploratorios con diferentes tecnologías disponibles en la zona, destacando el subsoleo como una alternativa inmediata para romper la capa compactada, implementado como parte de una estrategia integral para la rehabilitación productiva de los suelos (López *et al.*, 2016). Esta tecnología mostró sus máximos efectos benéficos en el ciclo de cultivo Primavera-Verano del 2015 caracterizado por problema severo de sequía (con registro del 60% promedio histórico) que provocó pérdida total de la producción en la mayoría de las parcelas de maíz en comparación con las parcelas subsoleadas que sólo fueron afectadas parcialmente. Este hecho generó un gran interés en los productores por aplicar la tecnología en sus parcelas, especialmente en el ejido de Nuevo México, municipio de Villaflores, donde se tienen establecidos los módulos con el Programa MasAgro.

En este contexto, y con el propósito de apoyar al diseño e implementación de un programa piloto de transferencia de tecnología para rehabilitar productivamente los suelos compactados, se realizó el presente diagnóstico en el ejido Nuevo México, municipio de Villaflores, para definir la magnitud espacial del problema de compactación, sus causas y posibles soluciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió el problema de compactación en las áreas maiceras planas donde los productores laborean los suelos con el uso de maquinaria (tractor) y equipo (arado y rastra de disco), por esta razón se excluyeron los terrenos de laderas o de montañas con pendientes mayores de 20%. Las actividades se realizaron después de la temporada de lluvia durante el primer trimestre del año 2016. En una cuadrícula de 500 m X 500 m, se distribuyeron geográficamente 177 puntos, en los cuales se midieron a las profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm, la densidad aparente (Blanco, 2009), materia orgánica y textura de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NON-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002). Los productores de los predios muestreados fueron entrevistados para obtener información sobre sus prácticas de cultivo y niveles de productividad del maíz.

Los datos fueron analizados mediante SAS con medidas de centralidad y de dispersión, análisis de varianza, análisis de correlación y de regresión (Gómez y Gómez, 1984; Steel y Torrie, 1986).

Para identificar posibles afectaciones de la compactación sobre el crecimiento radicular de las plantas, los valores de densidad aparente se agruparon por clase textural del suelo, tomando como referencia criterios de USDA (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En promedio la densidad aparente en el subsuelo fue de 1.6 (± 0.16) gr/cm³ y en la superficie de 1.4 (± 0.22) gr/cm³ y la diferencia entre ambas fue estadísticamente significativa (Prob. 0.00006).

En el Cuadro 2 se observa que el 65.5% de los sitios presentan compactación superficial debido a que el valor de densidad aparente determinado, es mayor que el valor considerado como ideal para cada clase textural (USDA, 1999). El 12% se ubica en una situación, donde podría haber afectaciones para el crecimiento radicular y en el 1.7% la compactación presenta restricciones para el crecimiento de las raíces de los cultivos.

Cuadro 2. Relación general entre la densidad aparente (da) en la superficie del suelo (0-20 cm) y el crecimiento radicular en base a la textura del suelo.

Textura superficial	Total casos	da ideal		da que pueden afectar crecimiento radicular		da que restringe crecimiento radicular	
		g/cm ³	Casos	g/cm ³	Casos	g/cm ³	Casos
Franco	172	<1.4	59	1.55-1.80	20	>1.80	2
Arcillo	3	<1.1	0	1.39-1.58	2	>1.58	1
Limoso	2	<1.3	2	1.60-1.75	0	>1.75	0
Total	177		61		22		3
%	100		34.5		12.4		1.7

Cabe señalar que en la totalidad de los sitios se observó un encostramiento en los primeros 5.0 cm de profundidad, el cual está relacionado con la débil estructura que tiene el suelo, los bajos contenidos de materia orgánica y el excesivo laboreo. Todas estas causas al combinarse con el efecto disgregante de la lluvia, hacen que el suelo se compacte e impermeabilice restringiendo la entrada de agua en el perfil. La FAO (2016), cataloga como “encostramiento del suelo” a la formación de una delgada capa impermeable en la superficie.

Entre los efectos negativos del “encostramiento” los productores señalaron la inhibición de la emergencia de las plántulas y la disminución de la infiltración del agua en el suelo, lo cual es causa de encharcamiento, escurrimientos y erosión. Esto reduce la capacidad de conservación de humedad en el suelo, y según los productores, provoca que el rendimiento de maíz se reduzca hasta en un 58% cuando se presenta períodos críticos de sequía. La magnitud de los efectos del “encostramiento” dependen de la textura del suelo, la estabilidad de los agregados, la topografía y las características de precipitaciones pluviales (FAO, 2016; Pfister, 2000).

Con respecto a la profundidad de 20-40 cm, el valor de densidad aparente (Cuadro 3), muestra que el 86.4% de los sitios están por encima del valor considerado como ideal. De igual manera, los porcentajes de sitios en donde podría haber afectaciones y restricciones en el crecimiento radicular aumentan hasta 29 y 24.4%, respectivamente. Este problema es reportado por la FAO (2016) como “piso de arado” causado por la disminución del volumen de poros como consecuencia de la compactación, lo cual se refleja en una mayor densidad aparente.

Cuadro 3. Relación general entre la densidad aparente (da) en la superficie del suelo (20-40 cm) y el crecimiento radicular en base a la textura del suelo.

Textura superficial	Total casos	da ideal		da que pueden afectar crecimiento radicular		da que restringe crecimiento radicular	
		g/cm ³	Casos	g/cm ³	Casos	g/cm ³	Casos
Franco	160	<1.4	23	1.55-1.80	46	>1.80	35
Arcillo	14	<1.1	0	1.39-1.58	4	>1.58	8
Limoso	2	<1.3	1	1.60-1.75	0	>1.75	0
Arenoso	1	<1.6	1	1.69-1.80	0	>1.80	1
Total	177		25		50		43
%	100		14.1		28.2		24.3

En lo que respecta al “piso de arado”, tanto su presencia como sus efectos no son percibidos por los productores debido a su dificultad para localizarla. Sin embargo, este tipo de compactación es un problema que limita el crecimiento radicular y la cantidad de aire y agua de que disponen las raíces (Herrick and Jones, 2002). También empeora las condiciones de vida para el conjunto de organismos que viven en el suelo al formar capas impermeables dentro del suelo e inhiben los ciclos de nutrientes y de agua (Benzing (2001). La presencia del sellado y encostramiento, de erosión y compactación en el subsuelo, han sido señalados por la FAO (2016) como indicadores globales de una mala salud del suelo. Se identificaron las causas del problema de compactación en la zona de estudio, en primer orden resaltan el laboreo de los suelos con maquinaria, el pisoteo del ganado, los bajos contenidos de materia orgánica y el origen de los suelos (Figura 1).

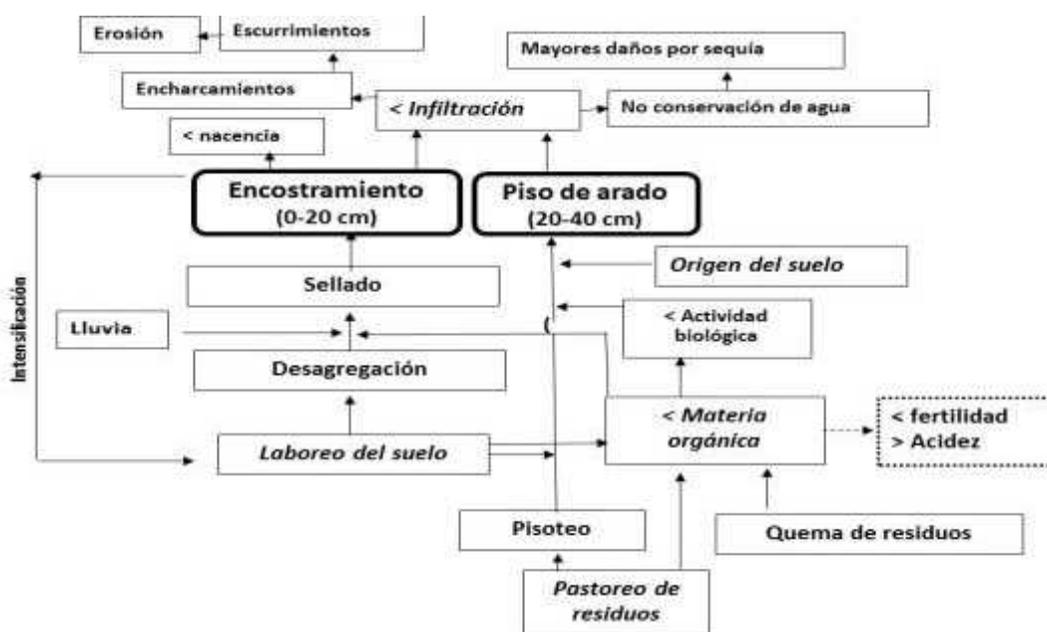


Figura 1. Diagrama de causa-efecto del problema de compactación del suelo

Laboreo del suelo con maquinaria

Es una de las prácticas más arraigada en el ejido Nuevo México, al ser practicada por el 100% de los productores. El 72% realiza un paso de rastra y el 22% un arado y una rastra, o bien, dos rastros. Están bastantes documentados los efectos negativos que genera la labranza sobre la estructura del suelo, especialmente los efectos destructivos de los implementos de disco. Mientras que una buena estructura requiere del equilibrio entre poros finos, medianos y, en menor grado, gruesos, la labranza genera exclusivamente poros gruesos (Benzing, 2001). La labranza intensiva a través de los años tiene un efecto sobre la composición de las partículas minerales (reducción de la fracción arcillosa) y en la disminución del contenido de materia orgánica (Nacci y Páez, 1995). Por su parte Verhulst et al. (2015) señala que la

labranza tiene efecto muy importantes directos e indirectos sobre la agregación de las partículas del suelo, tales como: rompimiento directo de los agregados y un incremento en el reemplazo de agregados; rompimiento de fragmentos de las raíces e hifas de micorrizas, las cuales son los principales agentes de unión para los macroagregados; se genera una redistribución de la materia orgánica del suelo que influyen en la estabilidad de los macroagregados y al reducir las poblaciones de macrofauna (por ejemplo, lombrices de tierra) disminuye sus efectos potenciales sobre la agregación del suelo. Otro factor que contribuye a la compactación por laboreo, son las fuerzas de las ruedas de la maquinaria (Usaborisut y Niyamapa, 2010) y los implementos agrícolas usados. Debido a que la preparación del terreno se realiza cuando el suelo esta humedecido, el laboreo tiene un potencial máximo para generar compactación en el suelo. La maquinaria agrícola compacta el suelo en terrenos agrícolas y ganaderos a mayor profundidad que la lluvia y la carga animal. El arado deja una capa superficial suelta y un subsuelo denso debido a que aplica una presión que oscila entre 0,76 y 0,95 kg/cm² (Agüero y Alvarado, 1983).

La labranza del suelo ha adquirido en las áreas maiceras el carácter de espiral destructiva. El laboreo al destruir la estructura del suelo y reducir la materia orgánica, provoca el sellado superficial y la falta de porosidad, en consecuencia, el suelo se endurece y se forma el "encostramiento" cuyos efectos son fácilmente identificados por los productores. Para romper este "encostramiento" recurrente los productores se han visto en la necesidad de mover todos los años el suelo con maquinaria, convirtiéndose esta práctica, en un mal necesario con efectos benéficos de corta duración y dañinos para los suelos conforme pasan los años. La nula adopción de la labranza cero promovida por los programas de gobierno en años pasados, en gran parte se explica por la presencia de la espiral destructiva. Según los productores con las cero labranzas se generan encharcamientos y el cultivo sufre mayores daños cuando se presentan períodos de fuerte sequía. En este sentido, FAO (1993) señala que los sistemas de labranza cero son menos eficaces en suelos con drenaje interno pobre y en aquellos con problemas de compactación, por lo que sugiere eliminar previamente estas limitantes.

El pastoreo del ganado

El 71% de los productores practican el sistema maíz-ganadería, que consiste en sembrar el maíz al inicio de la temporada de lluvias e introducir al final del ciclo de cultivo y durante el período de estiaje (enero a abril), ganado bovino a pastorear los residuos de cosecha. No se encontró diferencia estadística en los promedios de densidad aparente por efecto del pastoreo de ganado en las dos profundidades estudiadas, lo cual es probable que se deba al bajo contenido hídrico del suelo cuando es pastoreado en la época seca. En este contexto, el tránsito y pisoteo del ganado tienen un efecto negativo más severo en el desprendimiento de las partículas del suelo y en la poca integración de materia orgánica al suelo por efecto del consumo de los residuos de cosecha (Taboada, 2007).

El origen del suelo

De las 1,170.4 hectáreas agrícolas con que cuenta el ejido Nuevo México, el 63.3% (740.8 ha) se ubican en terrenos que son laboreados con maquinaria, y de estos, el 64.4% (477 ha) se ubican en suelo de tipo Luvisol y el 24.4% (180.75 ha) en Acrisoles. Estos tipos de suelos son muy susceptibles de compactarse y formar "piso de arado" cuando son laboreados por mucho tiempo con maquinaria e implementos de discos, ya que sus características de acumular arcilla en el horizonte subsuperficial "Árgico" (FAO, 1988) facilitan el proceso de compactación cuando están humedecidos. Los análisis de suelos corroboraron una mayor densidad aparente en el subsuelo asociada a la presencia de un mayor porcentaje de arcilla; de hecho, en el subsuelo un mayor porcentaje de sitios se agruparon en suelos con texturas franco arcilloso, franco arcillo limoso, arcilloso, y arcillo limoso, con un mayor contenido de arcillas.

La materia orgánica (MO)

Los valores de MO clasificados de acuerdo con los criterios señalados en la Norma Oficial Mexicana NON-021-RECNAT-2000 para los suelos volcánicos, indicaron que tanto en la superficie como en el subsuelo, la totalidad de los sitios muestreados se ubican en la clase de muy baja materia orgánica. El valor promedio encontrado en la profundidad de 0-20 cm fue de 1.0% (± 0.51) y de 0.73% (± 0.47) para la de 20-40 cm respectivamente, sin haber diferencia estadística entre ambos grupos. El muy bajo contenido de MO es un factor estrechamente relacionado con el círculo vicioso generado con el laboreo del suelo y la compactación en la superficie y el subsuelo. Su excesiva mineralización por el laboreo, no solo lleva al endurecimiento, sino también a una menor actividad biológica, al sellado superficial del suelo y a un aumento de la erosión. Se detectaron un conjunto de prácticas inadecuadas de cultivo que realizan los productores. El pastoreo de ganado bovino consume en promedio del 80% de los residuos de cosecha del cultivo de maíz y ocurre en el 71% de los sitios estudiados. Después del pastoreo el 88% de los productores incorporan el rastrojo que queda con un paso de rastra. La quema de residuos es realizada aún por el 14% de los productores,

y con ella, se elimina totalmente la posibilidad de incorporar materia orgánica al suelo. A lo anterior se suma la mineralización excesiva provocada por el laboreo del suelo que realizan los productores año con año.

Las prácticas anteriores aunadas a la no incorporación de otras fuente de MO, ha generado un reciclaje insuficiente de residuos orgánicos, que ha traído como consecuencia, un deterioro progresivo del suelo que evidencia una gestión insostenible de la tierra, en virtud que la MO se relaciona con todos los aspectos del suelo, como estructura, capacidad de retener agua, aireación, contenido y disponibilidad de nutrientes, pH, capacidad de intercambio catiónico y a largo plazo incluso en la textura (Benzing, 2001; Carter, 2002).

Las posibles soluciones

Para detener y/o revertir la gestión insostenible de la tierra que presentan los productores del ejido Nuevo México y de zonas similares, se requiere de una estrategia integral de carácter correctivo y preventivo que debe tomar como elemento central la elevación de los contenidos de materia orgánica. Basado en el análisis de las causas (Figura 1), se analizaron las posibles alternativas de solución para una rehabilitación productiva de los suelos, colocando en primer orden a las medidas correctivas acompañadas de manera permanente por las medidas preventivas.

Dentro de las medidas de remediación al problema actual de compactación particularmente el “piso de arado”, se proponen realizarse de manera inmediata la práctica del subsuelo, o de manera gradual con la rotación de cultivos y siembra de cultivos de cobertura, o con la combinación de ambas.

El subsuelo tiene como finalidad romper las capas compactas de suelo para reducir el escurrimiento de agua, incrementar la infiltración de agua, promover aireación, estimular el crecimiento de raíces y el rebrote de plantas ya establecidas, así como promover el establecimiento de nuevas plántulas (Barton et al., 1996; Ibarra et al., 2004). El subsolador debe penetrar, como mínimo, hasta 1,5 veces la profundidad del límite inferior de la capa limitante del crecimiento de las raíces y el espacio entre brazos o púas no debe ser mayor que este valor. Por ejemplo, si la capa se encuentra a 10 - 24 cm de profundidad, los brazos del subsolador deben penetrar hasta 36 cm y el espacio entre los brazos no debe ser mayor de 36 cm. Si los brazos están más espaciados, existe la probabilidad que la capa no sea completamente removida en el centro de la distancia entre los brazos.

El subsuelo debe ser llevado a cabo en forma perpendicular a la dirección normal de labranza y el suelo debe estar seco a la profundidad de subsolado para obtener una buena rotura. Si el suelo está húmedo o saturado, no habrá rotura, sino solamente la formación de canales por donde han pasado las puntas del subsolador. El subsuelo no debe ser considerado como una actividad periódica sino como una excepción. Después del subsolado se toman medidas para estabilizar la estructura que se ha aflojado poniendo atención para no recompactar el suelo.

Es necesario establecer medidas preventivas, en primer lugar, se requiere romper el círculo vicioso suprimiendo o regulando el laboreo del suelo con maquinaria con la práctica de la cero labranza. En segundo lugar, incrementar los niveles de materia orgánica en el suelo, a través de buscar fuentes alternativas de forrajes para evitar el pastoreo de los residuos de cosecha y sensibilizar a los productores para no quemar las parcelas y sembrar cultivos de cobertura. Las especies promisorias de cultivos de cobertura que han dado muestras de ser potenciales subsoladores biológicos son el pasto Bahía (*Paspalum notatum*), la gramínea festuca (*Festuca elatior*), el pasto Guinea (*Panicum maximum*), la alfalfa (*Medicago sativa*), el gandul (*Cajanus cajan*) y el caupí (*Vigna unguiculata*). El rábano forrajero (*Raphanus sativus*) y los arbustos fijadores de nitrógeno *Tephrosia vogelii*, *Sesbania sesban* y *Gliricidia sepium* han sido también identificados como potencialmente útiles (Barber y Navarro, 1994).

CONCLUSIONES

Existe un problema generalizado de compactación tanto en la superficie (encostramiento) como en el subsuelo (piso de arado), originado principalmente por el laboreo intensivo de los suelos y el contenido muy bajos de materia orgánica. El mayor contenido de arcilla en los suelos Luvisol y Acrisol los hace más susceptibles a la compactación del subsuelo. A diferencia de la compactación superficial que es atendida año con año con el laboreo del suelo, la compactación del subsuelo por su “invisibilidad” hasta ahora ha recibido poca atención en las áreas maiceras tanto por los productores como por las instituciones de gobierno. La nula adopción de la labranza cero promovida por los programas de gobierno en años pasados, en gran parte se explica por la presencia de este problema de compactación. La atención del problema de compactación requiere de una estrategia integral de carácter correctivo y preventivo que debe tomar como elemento central la elevación de los contenidos de materia orgánica, que permita revertir la actual gestión insostenible de la tierra.

Literatura citada

- Barton H., McCully W.G., Taylor H.M., Box J. E. 1996. Influence of soil compaction on emergence and first-year growth of seeded grasses. *J Range Manage.* 19:118-121.
- Barber, R. G. y Navarro, F. 1994. The rehabilitation of degraded soils in eastern Bolivia by subsoiling and the incorporation of cover crops. *Land Degradation and Rehabilitation.* 5:247-259.
- Benzing A. 2001. *Agricultura orgánica. Fundamentos para la región Andina.* Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen, Alemania. 682 p.
- Blanco, S. R. 2009. La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo. *Agrociencia.* 43:3.
- FAO. 1988. *Soil Map of the World. Revised legend with corrections and updates.* World Soil Resources Report 60. FAO, Rome. Reprinted with updates as Technical Paper, ISRIC, Wageningen, 1997. 146 p.
- Gómez K. A., Gómez, A. A. 1984. *Statistical procedures for agricultural research.* 2nd ed. John Wiley & Sons. New York, NY., USA. 680 p.
- Herrick, J.E., Jones, T.L. 2002. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 1320-1324.
- López B. W., Camas G. R., Villar S. B. López M. J. 2016. Rehabilitación productiva de suelos compactados de la frailesca, Chiapas. *Desplegable Informativo No 2.* Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. México.
- Nacci S., Páez M. L. 1995. Influencia de la pulverización del suelo y el tiempo de uso en la emergencia del ajonjolí en Inceptisoles. *Alcance. Revista de la Facultad de Agronomía.* Maracay. Venezuela. 47, 95-104.
- Pfister, Oliver.; Gutiérrez, H.; Venialgo, N. y Crispín A. 2000. Universidad nacional del nordeste. Facultad de Ciencias Agrarias. *Conservación y Manejo de Suelos. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.*
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1986. *Principles and procedures of statistics.* McGraw-Hill Book New York, USA. 481 p.
- Tasistro, A. 2012. Uso de líneas límite para el diagnóstico de campo y la investigación agrícola-avances en México. *Informaciones Agronómicas de Hisoanoamérica.* 5:20.
- Usaborisut P., Niyamapa T. 2010. Effects of Machine-Induced Soil Compaction on Growth and Yield of Sugarcane. *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, 5: 269-273.
- USDA. 1999. *Guía para la evaluación de la calidad y la salud del suelo.* Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Departamento de Agricultura de Estados Unidos. 82 p.
- Verhulst N., François I., Govaerts B. 2015. *Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables?* Programa de Agricultura de Conservación. CIMYYT, El Batán, México. 18 p.
- Ibarra F. F. A., Martín R. M. H., Felipe Ramírez M. F. 2004. El subsuelo como práctica de rehabilitación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. *Técnica Pecuaria en México.* 2004; 42 (1):1-16.

Referencias informáticas

- FAO.1993. Soil tillage in África: needs and challenges. *FAO Soils Bulletin* 69. <http://www.fao.org/docrep/t1696e/t1696e00.HTM>, consultado el 29 de junio de 2017.
- FAO. 2016. Portal de Suelos de la FAO. Evaluación de los indicadores globales de la salud del suelo. El manejo y procesos naturales que impactan las propiedades físicas del suelo. En: <http://www.fao.org/soils-portal/degradacion-del-suelo/evaluacion-de-los-indicadores-globales-de-la-salud-del-suelo/salud-del-suelo-fisica/es/>, consultado el 29 de junio de 2017.
- DOF. 2002. Norma Oficial Mexicana NON-021-RECNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, Muestreo y Análisis. *Diario Oficial de la Federación* del 31/12/2002. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002, consultado el 29 de junio de 2017.
- Taboada M. A. 2007. Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa. 4º Simposio de Ganadería en Siembra Directa, Aapresid, Potrero de los Funes, San Luis, 71-83. Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía UBA. http://www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/49-efectos_pisoteo.pdf, consultado el 29 de junio de 2017.

MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MÉXICO
INTEGRAL MANAGEMENT BASINS FOR ADAPTING TO CLIMATE CHANGE IN THE SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MEXICO

Báez López W, Santos Reynoso R

Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Km 3 carretera Ocozocoautla-Cintalapa, A. P. Núm. 1, CP 29140 Ocozocoautla, Chiapas.

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

RESUMEN

Con el fin de mitigar y mejorar la capacidad de adaptación al cambio climático (CC) de la población y los ecosistemas, se diseñó una propuesta integrada que incluye: (i) la gestión integral del desarrollo; (ii) la cuenca hidrográfica como unidad de planificación y acción; (iii) proceso de planeación que considera las necesidades familiares, los medios de vida, la base de recursos naturales, el suministro de servicios ecosistémicos y los efectos del CC; (iv) el desarrollo de los capitales humano y social y; (v) un mecanismo de financiamiento público y privado. La propuesta se implementó en la microcuenca La Suiza dentro de la Reserva de la Biósfera El Triunfo con 1,300 habitantes y una superficie de 6,083 ha de las cuales 3,695 ha son de bosques y 2,262 ha de café. De 2010-2016 se realizaron diagnósticos participativos, talleres de capacitación, acuerdos comunitarios e intercomunitarios de conservación, restauración de bosques, mejoramiento productivo del maíz, frijol y café, pagos por servicios ambientales proteger el bosque natural, zonificación de las zonas con riesgo de desastre, monitoreo de la calidad del agua, limpieza de envases vacíos de agroquímicos, eventos deportivos y se creó el grupo intercomunitario de acción Territorial (GIAT). En estas acciones se invirtieron \$ 8'886,109 equivalente a \$481/ha de bosque conservado con la participación entusiasta de la población. Los resultados confirman que la adaptación al CC debe ser de carácter integral, territorial y construido con la población local. El mecanismo financiero público-privado garantizó oportunidad y continuidad en el desarrollo de las acciones y potencia la acción del gobierno. El enfoque de cuencas permite una planificación más eficiente y la implementación de las acciones teniendo en cuenta la relación entre las zonas altas y bajas de la cuenca, así como identificar las interacciones entre los servicios de los ecosistemas diferentes que ofrece el territorio.

Palabras clave: *Paisaje, Sistemas, Desarrollo.*

INTRODUCCIÓN

En el estado de Chiapas, en especial en la Sierra Madre, la orografía accidentada, la geología de los suelos y el deterioro en las partes altas de las cuencas, hacen que los efectos adversos del Cambio Climático (CC) se manifiesten en mayor magnitud cuando ocurren eventos extremos de precipitación (USAID & US Forest Service, 2007; Schroth et al., 2009). Los efectos están relacionados con la pérdida de vida de las personas, la seguridad alimentaria, el ingreso familiar, el suministro de agua, el desarrollo económico local y con la oferta de servicios ecosistémicos. Sin medidas de adaptación, estos impactos continuarán siendo perjudiciales y crecientes, especialmente para la agricultura y para los recursos hídricos (Stern, 2007; SHCP, 2009).

Con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y antropogénicos frente a los efectos del CC, en el año 2010 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el Fondo de Conservación El Triunfo (FONCET), Fomento Ecológico Banamex, Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA), Comisión Federal de Electricidad (CFE), The Nature Conservancy (TNC) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), unieron recursos y esfuerzos para diseñar e implementar una estrategia de adaptación al CC, enfocada en el manejo integral de cuencas.

Como resultado se desarrolló un modelo alternativo para administrar de forma integral los recursos naturales con la participación de la sociedad usuaria y de los gobiernos federal, estatal y municipal, a través de un enfoque integrado y amigable con el medio natural en un territorio común y con potencial de ser replicado en otras cuencas. La hipótesis planteada fue que el modelo permitiría que las comunidades tuvieran mayor capacidad de adaptación al cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo de adaptación al CC

El modelo propuesto (Figura 1) se sustenta en los estudios realizados por López *et al.* (2007), FAO (2007) sobre manejo de cuencas, la experiencia de los organismos participantes en proyectos de conservación y en los resultados de otros proyectos internacionales sobre adaptación al CC como el implementado por Bahadur y Bhandari (2009).

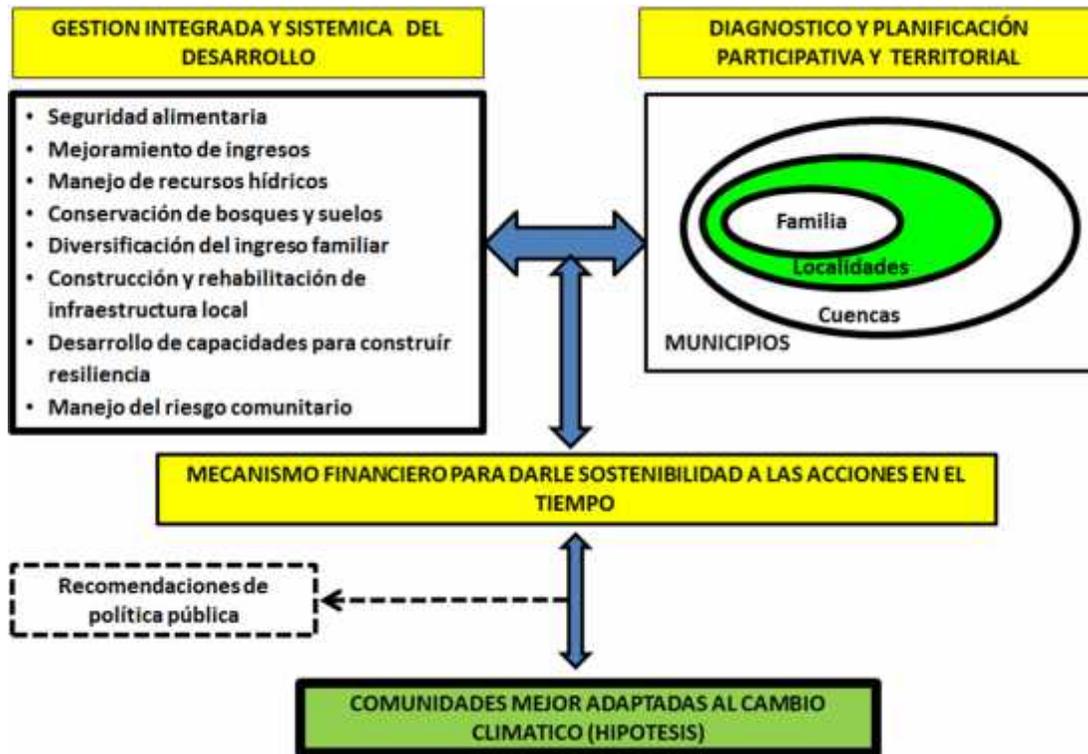


Figura 1. El modelo de adaptación al CC

El modelo considera los siguientes componentes:

- La gestión integrada y articulada del desarrollo en el territorio, reconociendo que si el CC afecta todas las áreas de la vida humana no puede atenderse con acciones sectoriales aisladas y dispersas.
- El uso de la cuenca hidrográfica como la unidad de planificación y acción, reconociendo que el agua es uno de los recursos más afectados por el CC.
- Un proceso de planificación que incluye las necesidades familiares, los medios de vida, la base de recursos naturales, la oferta de servicios ambientales y las afectaciones del CC en la cuenca.
- El desarrollo de capacidades de la población, organizándolos en Grupos Intercomunitarios de Acción Territorial (GIAT), para posibilitar la gestión del desarrollo basado en la acción colectiva, el interés común y la participación organizada y;
- Un mecanismo de financiamiento público-privado que garantiza la continuidad de las acciones bajo la premisa de corresponsabilidad, concurrencia, participación y resultados en la aplicación de recursos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área piloto de aplicación del modelo

El modelo se aplicó en la microcuenca La Suiza, ubicada en el municipio de Montecristo de Guerrero dentro del polígono de la Reserva de la Biósfera el Triunfo (REBITRI), la cual es representativa de las condiciones socioeconómicas y circunstancias agroclimáticas que prevalecen en la Sierra Madre de Chiapas.

La Suiza cuenta con una superficie total de 6,000 hectáreas, 1,300 habitantes, una precipitación entre 2,300 y 2,600 mm anuales y altitudes entre 1,000 y 2,600 m (Figura 2). El café en 2,262 ha es el principal medio de vida y representa más del 95 % del ingreso familiar, por su parte el maíz y frijol son la base de la

seguridad alimentaria con un consumo per cápita de 192 y 44 kg por año respectivamente. Es una microcuenca importante por la provisión de bienes y servicios ambientales; sus 3,695 ha cubiertas de bosques la posicionan como zona estratégica de biodiversidad, recarga hídrica y de regulación de riesgos por inundaciones aguas abajo.

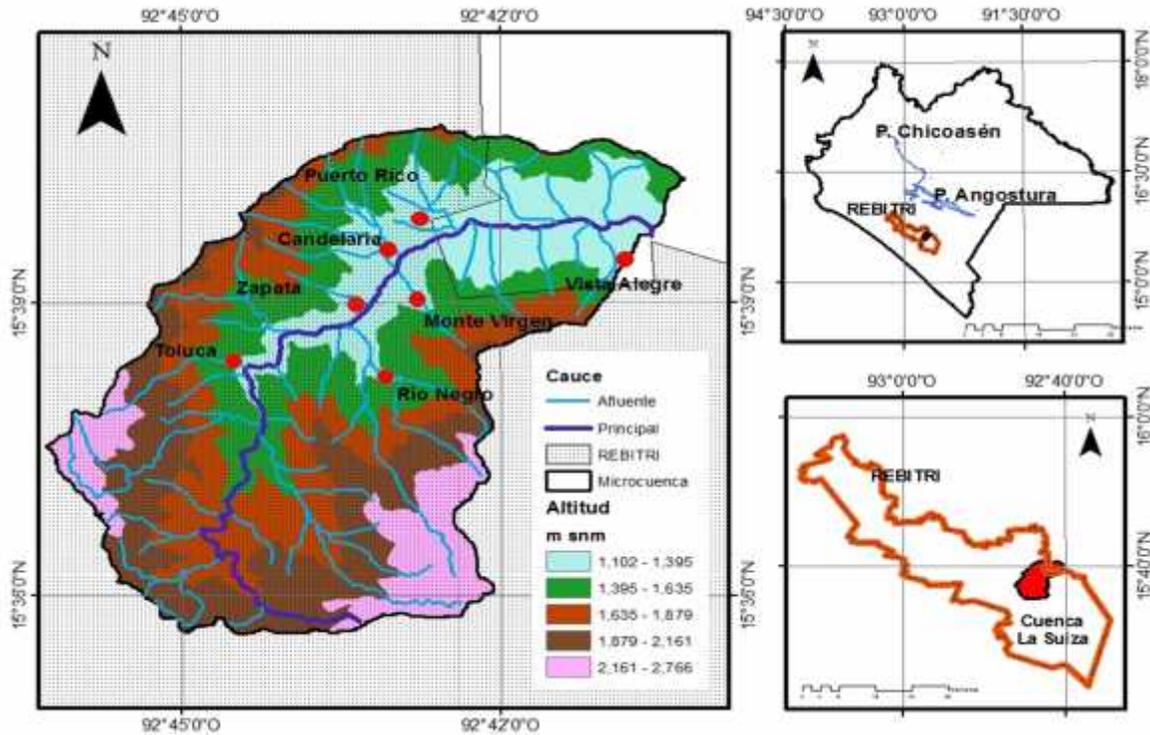


Figura 2. Ubicación de la microcuenca La Suiza

La percepción comunitaria de los efectos del CC

La percepción que tiene la población sobre los efectos del CC, visualizada en la Tabla 1, fue una base fundamental para la aplicación del modelo y poder involucrar a la población con el enfoque de manejo de cuencas y el proceso de planeación intercomunitaria. Las lluvias con mayor intensidad es el cambio en el clima que más afectaciones causa en la microcuenca y el cultivo de café es la parte más afectada.

Cuadro 1. Afectaciones por el CC

Cambio en el clima	Lugar y nivel de afectación					
	Granos básicos	Café	Agua	Suelo	Bosque	Infraestructura
Patrón de lluvia	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
Intensidad de lluvias	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Aumento de temperatura	Medio	Alto				

El uso de la cuenca hidrográfica como unidad de planificación y acción

La relación entre la pendiente del terreno, la acción de la gravedad y el uso de suelo, aunado a los efectos del aumento de la intensidad de lluvia y su afectación en las comunidades, facilitó la introducción del enfoque de cuencas como unidad de estudio al establecer los procesos de planificación intra e intercomunitaria. Debido a esto, la población está familiarizada con algunos efectos negativos que se presentan en las partes bajas como consecuencia de una mala gestión del suelo en las partes altas de la cuenca, particularmente cuando se presentan precipitaciones extremas.

El mecanismo de financiamiento público-privado

El mecanismo ha sido estratégico para la realización oportuna del plan de adaptación al CC. Su funcionamiento independiente a los cambios gubernamentales permite la continuidad de los procesos, aspecto fundamental para generar credibilidad y confianza en las comunidades.

Por iniciativa de The Nature Conservancy, recientemente se creó el Fondo Semilla de Agua a través de la asociación entre los sectores público, privado y organizaciones de la sociedad civil interesados en la conservación de la naturaleza y el desarrollo sostenible en las cuencas del Alto Grijalva, Sierra Madre y Costa de Chiapas.

Principales acciones de adaptación realizadas

- a) Desarrollo de capacidades locales: Es el componente soporte del plan de adaptación al CC. Hasta la fecha se han realizado 30 talleres de capacitación y sensibilización en los cuales se capacitaron más de 1,000 personas.
- b) Creación del Grupo Intercomunitario de Acción Territorial (GIAT): Desde el 2014 la microcuenca cuenta con una organización institucional conformada por delegados de 6 comunidades que posibilita la gestión del desarrollo del territorio de la cuenca hidrográfica cuyo lema es “Salvando el pulmón del Triunfo”. La apuesta del proyecto es que esta organización continúe con las acciones de adaptación y desarrollo, una vez que los impulsores actuales se retiren.
- c) Seguridad alimentaria: Se usa semillas de maíz y frijol de ciclos más cortos que se adaptan al nuevo patrón de lluvias. En promedio han aumentado en 2 y 2.5 veces los rendimientos históricos de maíz y frijol, garantizando la seguridad alimentaria de la población.
- d) Diversificación productiva de las parcelas de maíz y café: Se diversificaron 200 ha de maíz y café con árboles frutales de acuerdo con las características agroecológicas de las comunidades. Los primeros frutales sembrados en el año 2010 iniciaron producción y representan otra fuente de ingresos para algunas familias
- e) Conservación de suelos: Se suscribieron 6 acuerdos comunitarios para no quemar los terrenos agrícolas y realizar acciones de conservación; se establecieron 11.1 km de barreras vegetativas y 5.3 km de presas filtrantes vegetativas. En una primera evaluación se estimó que estas prácticas habían retenido 354.2 m³ de suelo.
- f) Mejoramiento productivo del café: Se capacitaron 200 productores en diagnóstico y control de la roya, se establecieron 206 viveros para producir 500 mil plantas de variedades resistentes a la roya, se realizaron análisis de suelos de 156 parcelas, se transfirió tecnología en nutrición orgánica y conservación de suelos.
- g) Salud de la población: Se instaló una planta purificadora de agua que redujo en 95 % los casos de diarrea, en 30 % el consumo de leña por no hervir agua y eliminó posibles accidentes de niños quemados por agua caliente.
- h) Manejo del recurso hídrico: Se realiza un monitoreo (bacteriológico y físico-químico) comunitario mensual de la calidad del agua en 16 puntos del río principal y sus afluentes. Se elaboraron en cada comunidad los mapas de las cuencas de captación que abastecen de agua a la población y se promovió dejarlas como zona de exclusión de actividades agropecuarias.
- i) Identificación de áreas de riesgos: Se generó un mapa donde se ubican las zonas de mayor peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo a los deslizamientos de ladera con recomendaciones para la planificación del uso del suelo y la prevención de desastres.
- j) Restauración de zonas críticas degradadas: Se reforestaron 60 h con plantas nativas producidas por las mismas comunidades. Para asegurar el cuidado de las plantaciones las comunidades reciben un apoyo de pago por servicios ambientales por un período de 10 años. Adicionalmente se promueve la diversificación de la sombra de café con especies nativas.
- k) Conservación de áreas con vegetación natural: Se conservaron 729.95 ha con pagos por servicios ambientales. Las comunidades beneficiadas eliminaron las quemas agrícolas. Un porcentaje de los incentivos se destinó para una obra de interés colectivo en la comunidad.
- l) Campo limpio: Se instaló una campaña permanente de recolección de envases vacíos de agroquímicos en las áreas agrícolas. En el primer evento se retiraron 900 envases que se entregaron a un centro de acopio municipal.
- m) Formación de recursos humanos: 30 estudiantes recibieron entrenamiento sobre el modelo a través de prácticas profesionales y trabajos de investigación de tesis sobre temas prioritarios del proyecto.
- n) Otras acciones: Se han realizado torneos inter-comunitarios de fútbol y baloncesto en la microcuenca La Suiza, con el lema “Jugando y conservando la Reserva de la Biósfera El Triunfo”. Los jugadores participantes asistieron previamente a talleres de capacitación sobre manejo integral de cuencas.

Empoderamiento de las mujeres, inclusión social y gobernabilidad

El modelo facilitó la inclusión de las mujeres en los procesos de planificación, ejecución de acciones y representación dentro del Consejo Directivo del GIAT. La toma de decisiones participativas y sustentadas

en reuniones de asamblea ha promovido el empoderamiento de las comunidades en la iniciativa. El GIAT es un instrumento que promueve la inclusión social y la gobernabilidad dentro de la cuenca al estar integrado por representantes de las mismas comunidades.

Difusión y potencial de replicamiento del modelo

El FONCET, CFE, Fomento Ecológico Banamex, la FGRA, TNC y el INIFAP iniciaron en el 2016 el replicamiento del modelo en la microcuenca Palenque en el municipio de Montecristo de Guerrero, Chiapas. En particular, la CFE tiene interés en replicar el modelo en la cuenca del nuevo proyecto hidroeléctrico Chicoasén II y las autoridades de los municipios Villaflores, Arriaga y Tonalá, Chiapas han solicitado apoyo para su implementación. A nivel nacional e internacional los avances se han difundido en la Semana Mundial de Agua celebrada en Estocolmo en septiembre de 2012 y en los Congresos Nacionales de Cuencas celebrados en 2014 y 2016.

Los costos de proyecto

En términos globales el proyecto ejecutó un total de \$11'795,453.31 durante el período de Julio del 2010 a mayo 2016, de los cuales \$8'886,109.31 (75.3%) fueron destinados para financiar y dar acompañamiento técnico a las diferentes líneas de trabajo y el 24.6% (\$2'909,355.00) restante fueron recursos gestionados y operados directamente por el GIAT, organización creada dentro de la cuenca como parte del componente desarrollo de las capacidades locales.

El monto total de \$ 8'886,109.31 equivale a una inversión de \$292.15/año por cada hectárea de la microcuenca, a \$481/ha por cada hectárea de bosque cuidado y a \$1,300/habitante.

CONCLUSIONES

Abordar el desarrollo local con un enfoque integral, sistémico, participativo, territorial e inter disciplinario, tal y como lo plantea el modelo aplicado, permite una mayor capacidad adaptación de las comunidades a los afectos adversos del cambio climático. Además, se logran mejores impactos de las acciones que se realizan y una mejor eficiencia en la aplicación de los recursos.

El mecanismo de cooperación público-privado desarrollado entre las comunidades, centros de investigación, universidades, gobierno y las ONG ha sido estratégico para integrar recursos y esfuerzos en un fin común que garantiza continuidad de las acciones y credibilidad de los procesos por parte las comunidades.

El uso de la cuenca hidrográfica para el manejo integral del paisaje es una herramienta esencial para planificar y desarrollar proyectos estratégicos territoriales, en sustitución de las acciones sectoriales aisladas y dispersas de poco o nulo impacto. La constitución del GIAT es un ingrediente fundamental para promover la integración intercomunitaria como parte del proceso del manejo integral de las cuencas.

El modelo tiene potencial de aplicación en todo el país, sobre todo en cuencas importantes en la provisión de servicios ecosistémicos que presentan problemas de deterioro y mayor frecuencia de desastres por derrumbes e inundaciones, sin embargo, para lograr impactos debe aplicarse con todos los componentes que lo sustentan.

LITERATURA CITADA

- Bahadur G. G., Bhandari D. 2009. Una propuesta integrada para la adaptación del cambio climático. Respuestas al cambio climático. *Leisa Magazine*, 24 (4): 25-28.
- FAO 2007. La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Roma, Italia. 143 p.
- López B. W., Villar S. B., López M. J., Faustino M. J. 2007. El manejo de cuencas hidrográficas en el estado de Chiapas: diagnóstico y propuesta de un modelo alternativo de gestión. Publicación especial No.3. Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 63 p.
- SHCP. 2009. La economía del cambio climático en México: Síntesis. SHCP-SEMARNAT. 67 pp.
- USAID and US Forest Service, 2007. Landslides, Channel Erosion, and Sedimentation in the Western Sierra Madre, Chiapas, Mexico, During Hurricane Stan in 2005: A Brief Field Review with Recommendations. 24 p.
- Schroth, G.; Laderach, P.; Dempewolf, J.; Philpott, S.; Hagggar, J.; Eakin, H.; Castillejos, T.; Moreno, J.G.; Pinto, L.S.; Hernandez, R. 2009. Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 14 (7): 605-625.

Referencias Informáticas

- Stern, N. 2007. Stern Review on the Economics of Climate Change. En: www.sternreview.org.uk. Consultado 15 junio de 2017.

ESTUDIO BOTÁNICO Y TOXICOLÓGICO DE LA LEGUMINOSA CHIPILÍN *Crotalaria* spp. EXPUESTA A PETRÓLEO CRUDO MEDIANO

BOTANIC AND TOXICOLOGICAL STUDY OF RATTLEPOD LEGUMINOUS *Crotalaria* spp EXPOSED TO MEDIUM CRUDE OIL

¹Rivera-Cruz MC, ²Trujillo-Narcía A

¹Laboratorio de Microbiología Agrícola y Ambiental. Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. Periférico Carlos A. Molina km 2, H. Cárdenas, Tabasco, México. CP 86570

²Cuerpo Académico Energía y Medioambiente. Universidad Popular de la Chontalpa. Carretera Cárdenas-Huimanguillo km 2, Ra. Paso y Playa. H. Cárdenas, Tabasco, México. CP 86500

Autor para correspondencia: mariari@colpos.mx

RESUMEN

Se realizaron durante 2017 tres experimentos bajo condiciones de micro-túnel con el objetivo de caracterizar tres especies de la leguminosa *Crotalaria*, y cuantificar la biomasa de la raíz y la cantidad de nódulos en plántulas establecidas, durante 28 días, en suelo contaminado hasta con 3% de petróleo crudo fresco mediano. El experimento se realizó con la metodología de la OECD (2006). El estudio botánico se realizó con las claves taxonómicas de la subfamilia Papilionoideae de Standley y Steyermark (1946) y Rzedowski *et al.* (2016). Se aplicó arreglo factorial 1x11, una especie de *Crotalaria* y 11 dosis de petróleo (0 a 30,000 mg kg⁻¹) y se utilizó diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Se sembraron las semillas en charolas de vidrio con 1500 g de suelo seco, por triplicado, en cada unidad experimental se establecieron 100 semillas, la humedad del suelo se mantuvo a 30%. Las medias de la biomasa radical y del número de nódulos muestran diferencias estadísticas (Duncan, p 0.05) entre dosis de petróleo. Se sugiere utilizar ambas variables para la vigilancia de la calidad de descontaminación de suelos afectados por petróleo crudo.

Palabras clave: *bioindicador, estrés, planta centinela, toxicidad.*

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas son especies vegetales distribuidas en todos los hábitats y regiones climáticas de nuestro planeta; son hierbas, enredaderas, arbustos y árboles; poseen hojas simples o compuestas; la flor es diversa, puede ser simple o inflorescencia; el fruto es una vaina o legumbre dehiscente, rara vez indehiscente. Las leguminosas forman una familia botánica importante por los beneficios ecológico, agrícola, industrial, forestal, farmacológico, artesanal y en la industria (Cano y Marroquín, 1994). Las leguminosas en el mundo agrupan alrededor de 727 géneros y 19325 especies clasificadas dentro de las subfamilias Caesalpinoideae, Mimosoideae y Papilionoideae, en México se han reportado 139 géneros y 1850 especies (Rzedowski *et al.*, 2016). *Crotalaria* es uno de los géneros de la subfamilia Papilionoideae, el nombre se deriva del griego antiguo *κροτάλη*, significa castañuela, y según Miranda (2015a) alude al sonido de las castañuelas que producen los frutos secos cuando se agitan. Corzo (1978) menciona que el nombre chipilín se deriva del vocablo maya *tsi-iplil li*, se traduce como hierba de la fuerza. Estudios botánicos realizados en Tabasco (Cowan, 1983; Magaña, 1995) reportan la presencia de nueve especies de *Crotalaria*: *acapulcensis*, *cajanifolia*, *incana*, *longirostrata*, *maypurensis*, *quercetorum*, *retusa*, *sagittalis* y *vitellina*. El nombre común se relaciona con el uso y con el sonido de las vainas y granos secos. El más frecuente en Tabasco es chipilín, en el sureste de México y en Centroamérica se denomina de manera diversa: chipilincillo, chipilín de monte, chipilín cimarrón, chipilín de conejo, chipilín de coyote, chipilín de culebra, chipilín de zope; por el sonido de la vaina se conoce como cascabelillo, chinchín, sonaja, sonajilla o tronadora (Magaña, 1995; Miranda, 2015ab; Standley y Steyermark, 1946). El uso de las diferentes especies de *Crotalaria* es variado, el principal es alimenticio, otros son medicinales, forraje, ornamental, fijación de nitrógeno a través de los nódulos, mejoramiento del suelo mediante incorporación de abono verde, maleza invasora en campos agrícolas y es tóxica (Magaña, 1995; Matos, 1978; Miranda, 2015ab; Ponce y Zuart, 2013; Ponce-Díaz *et al.*, 2013; Rzedowski *et al.*, 2016; Standley y Steyermark, 1946). La importancia de *Crotalaria* en materia ambiental se asocia con estudios de toxicidad vegetal en suelos contaminados con petróleo crudo fresco e intemperizado (Chablé, 2014; Ramírez, 2007; Ramírez, 2013; Rivera-Cruz *et al.*, 2005; Sierra, 2016; Vázquez-Luna *et al.*, 2010). El enfoque de estas investigaciones experimentales ha sido conocer la capacidad de adaptación de la planta al estrés derivada de la exposición crónica a 0.3 a 8% de petróleo crudo mediano. La vigilancia ambiental, de suelos contaminados con

petróleo y de suelos descontaminados, mediante bioindicadores sensibles como las cantidades de raíz y nódulos de leguminosas, se propone como una opción complementaria al criterio químico de límites máximos permisibles indicados en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Bajo este contexto se realizó la presente investigación con el objetivo de caracterizar tres especies de *Crotalaria*, y cuantificar la biomasa de la raíz y la formación de nódulos en suelo contaminado hasta con 3% de petróleo crudo mediano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental.

El sitio experimental se localiza en un micro-túnel establecido en las instalaciones del Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. Las coordenadas UTM son 541006 y 1987652, Zona N46.

Caracterización y clasificación botánica de la leguminosa *Crotalaria*.

Se colectaron en Tabasco semillas de tres poblaciones de la leguminosa *Crotalaria*. Este género es inconfundible por la inflorescencia tipo espiga, flores amariposadas amarillas y llamativas, vaina globosa y con sonido inequívoco de sonaja cuando secas. La semilla reniforme de *C. longirostrata*, conocido como chipilín comestible, se colectó en un solar en el área urbana de Cárdenas, Tabasco. La vaina seca de *C. incana*, especie ruderal conocida como *chipilín silvestre*, se encontró a orillas del camino que comunica la ciudad de Paraíso a la Barra de Tupilco, en las UTM 529950 y 2037551. La de *C. retusa*, denominada *sonajilla*, se colectó en terrenos del ejido José Narciso Roviroso, municipio de Huimanguillo, cerca de Villa La Venta. La planta, con vainas y semillas secas, se encontró en el sitio ubicado en las coordenadas UTM 610414 y 1994028. La descripción y clasificación morfológica de la planta se realizó con las claves de Rzedowski *et al.* (2016) y de Standley y Steyermark (1946), se complementó con fotografías e información consultadas en las páginas electrónicas de Missouri Botanical Garden, The Plant List y de The International Plant List. Se consultó la información de Cowan (1983) y de Magaña (1995) para cotejar el nombre común y científico de la planta. Las medidas de diámetro del tallo; largo y diámetro de peciolo, pedicelo y de pedúnculo; largo y ancho de la lámina de la hoja o foliolo; largo y ancho del cáliz y sépalos, estandarte, alas y quilla de flores; y, largo, ancho y grosor la vaina y granos de semilla, se calcularon con vernier digital con precisión de 0.01 mm.

Multiplicación de la semilla.

Se sembraron, durante el año 2016, semillas de las tres especies bajo las mismas condiciones ambientales, en terrenos del Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco y también en la Universidad Popular de la Chontalpa. La vaina con semillas secas se colectó y se conservó a 4 °C.

Planta y factores de estrés.

Se realizaron durante 2016 observaciones de la adaptación de las tres especies de *Crotalaria* a las condiciones ambientales del sitio. Se evaluó la incidencia de plagas y enfermedades en la raíz, hojas, flores y frutos. Se relacionó la época del año con la aparición de daños en la planta. El factor de estrés es todo efecto biológico, químico o ambiental que inhibe el crecimiento y desarrollo de la planta. También es toda situación en la que el factor ambiental resulta desfavorable para el desarrollo óptimo de la planta (Escaso *et al.*, 2010).

Pruebas de toxicidad.

El experimento se realizó mediante el procedimiento indicado en el protocolo OECD 208 (2006), la duración de la prueba fue 28 días. La emergencia de la semilla sin tratamiento fue 10%, tratada con H₂SO₄ puro durante 15 min incrementó a 90%. Se realizaron tres experimentos independientes, en cada especie se aplicó arreglo factorial 1x11 y diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Se sembraron las semillas en charolas de vidrio con 1500 g de suelo seco, por triplicado, en cada unidad experimental se establecieron 100 semillas, la humedad del suelo se mantuvo a 30%. Las plántulas se expusieron a 11 concentraciones secuenciales de petróleo crudo mediano fresco: 0 (testigo), 3000, 6000, 9000, 12000, 15000, 18000, 21000, 24000, 27000 y 30000 mg·kg⁻¹ HTP, relación peso-peso. El petróleo utilizado es de la Batería no. 5 del campo petrolero Cinco Presidentes, localizado en Huimanguillo, Tabasco. Las características del petróleo mediano son 30.3 grados API, 0.91 g/cm³ de densidad, 56.4% de saturados, 23.7% aromáticos y 19.4% de asfáltenos y resinas (González-Moscoso *et al.*, 2017). Las variables evaluadas fueron biomasa seca de la raíz y cantidad de nódulos. La raíz de cada planta se separó del suelo y de la planta, se lavó con agua y se secó durante 48 h en horno a 72 °C, después se pesaron en balanza analítica. La cantidad de nódulos se obtuvo por conteo directo. Se aplicó el procedimiento GLM para el análisis estadístico y se utilizó la prueba de Duncan para determinar diferencias estadísticas de las medias de los tratamientos (p 0.05) (SAS, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización botánica.

El Cuadro 1 y las Figuras 1 y 2 muestran las características morfológicas de la planta, hoja, flor y fruto de *C. longirostrata*, *C. incana* y de *C. retusa*. La altura fue mayor en el chipilín silvestre, rebasó los dos metros, su posición es erecta; en cambio *C. retusa* es de menor porte y con tendencia a postración por efecto del peso de las vainas globosas (Figura 1). El diámetro del tallo también es mayor (20.31 mm) en la planta de *C. longirostrata*, casi es el doble respecto a las otras dos especies (11.71 y 11.76 mm) (Cuadro 1). Esta diferencia del vigor vegetal posiblemente se explica porque es una planta cultivada en los solares donde reciben cuidado de riego y manejo fitosanitario (Ponce y Zuart, 2013; Ponce-Díaz *et al.*, 2013). El tallo tiene numerosas estrías longitudinales, de color claro y rugosa, de 2 a 18 mm de longitud. Contrasta con la menor cantidad de estrías de color un poco oscuras y más grandes (5-33 mm) formadas en el tallo de *C. retusa*. Las hojas son compuestas, trifoliadas, oblanceoladas y enteras (Figura 2), con largos (31 a 47 mm) peciolo delgados en *C. incana* y *C. longirostrata*; en cambio, son simples, sésiles, enteras y orbiculares en *C. retusa*, la longitud promedio del peciolo es 2.29 mm. El color del haz es verde oscuro (Figura 2) en *C. longirostrata*, según la Tabla de Munsell es 7.5GY 4/4, cambia a verde claro (5GY4/8) en la hoja de *C. incana*. El pedicelo floral es pequeño, varía de 3.9 a 7.8 mm, el más grande sostiene la flor de *C. retusa*. El diámetro del pedicelo tiene la misma tendencia que su longitud (Cuadro 1). La inflorescencia de las tres especies es un racimo (Standley y Steyermark, 1946; Rzedowski *et al.*, 2016), es atractiva porque tiene numerosas flores en posición helicoidal y opuestas, el tamaño del racimo fluctúa de 36.4 a 41.4 cm (Cuadro 1). Las flores del racimo varían de 18 en *C. retusa* a 28 en chipilín comestible (*C. longirostrata*). Es una inflorescencia llamativa de color amarilla, con visitas frecuentes de abejas, avispas y a veces gorrioncillos. El tamaño del estandarte/bandera de la flor es grande y llamativo en *C. retusa*, mide 24.1 mm de ancho y 21.31 de largo, su color es atractivo en el reverso (parte más visible), es amarillo (5Y8/10) combinado con un círculo rojo (10R4/10) localizado en la parte terminal (Figura 1). La flor de *C. longirostrata* es menos grande, el tamaño del estandarte es 10.31 mm de ancho por 11.95 de largo; posee también un círculo rojizo más intenso (5R5/10) localizado en la parte central del reverso del pétalo, que sobresale dentro del color amarillo (5Y8/12) del estandarte. Una característica propia de la corola zigomórfica de *C. incana* es que la quilla tiene matriz amarilla (5Y8/12) y posee líneas paralelas longitudinales rojas (2.5R6/6) que se unen en el extremo terminal (Figura 1). El racimo floral produce de 10 vainas en *C. incana* a 18 en *C. longirostrata* (Cuadro 1). El pedúnculo que sostiene al fruto mide de 4.3 mm en *C. longirostrata* y 8.17 en *C. retusa*. El fruto es una vaina glabra, globosa o inflada, cilíndrica (Standley y Steyermark, 1946; Rzedowski *et al.*, 2016). El tamaño de la vaina varía de 17.3 mm a 36.3 en la planta de chipilín comestible y de chipilín silvestre, respectivamente. La vaina con mayor diámetro –de forma globosa- corresponde a la planta de chipilín sonajilla (10.25 mm) y la más delgada –cilíndrica- en la de chipilín silvestre. *C. longirostrata* sólo forma cuatro semillas por vaina, en cambio la de *C. incana* tiene 47 semillas, que representa 11 veces mayor cantidad de semillas. El tamaño de la semilla es pequeña, oscila de 1.84 a 3.2 mm, la mayor correspondió a *C. retusa* (Cuadro 1 y Figuras 1 y 2) y la menor fue de chipilín silvestre, *C. incana*. La emergencia de la semilla en suelo húmedo no rebasó el 12%.

Planta y factores de estrés.

El Cuadro 1 especifica factores biológicos y ambientales desfavorables que inhiben el crecimiento y diferenciación de la planta de *Crotalaria*. La planta de chipilín comestible (*C. longirostrata*) es la que tiene mayor cantidad de factores de estrés de naturaleza biológica, en términos económicos de denominan plagas porque causan pérdidas, en el campo ecológico se identifican como procesos de las cadenas tróficas: un consumidor se alimenta de un productor. Las larvas de insectos lepidópteros y de dípteros son los más frecuentes que penetran en el envés, realizan agujeros semejantes a minas subterráneas. Otro grupo de insectos que se alimentan de las hojas de chipilín comestible son adultos de insectos que penetran con su aparo picador y succionan líquido, causan áreas blancuzcas irregulares abundantes que se aprecian en la hoja.

Otro factor de estrés de la planta es un coleóptero adulto de 5 mm, tiene en los élitros dos líneas delgadas longitudinales rojas y una café intermedia; es voraz, su hábito de consumo inicia a partir del borde del foliolo de *C. longirostrata*. La planta de chipilín sonajilla (*C. retusa*) sólo tiene el factor de estrés de una larva de insecto de 3 cm de longitud que perfora las vainas jóvenes, es la fase juvenil de un lepidóptero. El efecto es daño a la vaina y la inhibición de la formación de los granos. La planta de chipilín silvestre (*C. incana*) no es consumida por insectos pero es afectada por la humedad del suelo, disminuye el crecimiento, la coloración de los foliolos cambia de verde a amarillo claro, después la planta se marchita y muere.

Cuadro 1. Características morfológicas de la planta, hoja, flor, fruto y semilla, y factores de estrés de tres especies de la leguminosa chipilín. Junio de 2017.

Variable	Chipilín comestible (<i>C. longirostrata</i>)	Chipilín silvestre (<i>C. incana</i>)	Chipilín sonajilla (<i>C. retusa</i>)
Planta			
Forma biológica	Hierba, arbusto	Hierba	Hierba
Altura hierba o arbusto (m)	2.37 ± 0.15 [§]	1.27 ± 0.12	1.22 ± 0.19
Tall diámetro (mm)	20.31 ± 8.33	11.71 ± 0.77	11.76 ± 1.78
Tallo estrías longituds. (mm)	Abundantes, 2-18	Regulares, 2-5	Regulares, 5-33
Hoja			
Peciolo largo (mm)	47.4 ± 11.7	31.84 ± 9.82	2.29 ± 1.5
Peciolo grueso (mm)	0.74 ± 0.12	0.84 ± 0.25	1.01 ± 0.17
Foliolo central largo (mm)	47.20 ± 5.89	48.06 ± 11.92	61.28 ± 12.10 (hoja)
Foliolo central ancho (mm)	16.08 ± 8.42	32 ± 9.24	23.68 ± 4.65 (hoja)
Foliolo lateral largo (mm)	34.98 ± 4.89	41.12 ± 13.26	No tiene
Foliolo lateral ancho (mm)	16.28 ± 3.21	25.86 ± 7.89	No tiene
Foliolo haz color	7.5GY4/4	5GY4/8	5GY4/6
Flor/ inflorescencia			
Cáliz largo (mm)	4.14 ± 0.45	5.81 ± 0.39	11.99 ± 1.10
Pedicelo largo (mm)	3.92 ± 0.61	4.24 ± 0.9	7.84 ± 0.82
Pedicelo grosor (mm)	0.44 ± 0.12	0.54 ± 0.08	0.76 ± 0.06
Inflorescencia largo (mm)	374.17 ± 67.78	414.68 ± 13.84	364.0 ± 20.66
Estandarte largo (mm)	14.41 ± 0.52	11.95 ± 0.70	21.31 ± 1.26
Estandarte ancho (mm)	14.43 ± 0.70	10.31 ± 0.80	24.10 ± 1.74
Ala largo (mm)	12.11 ± 0.42	7.35 ± 1.07	15.47 ± 0.54
Ala ancho (mm)	6.48 ± 0.63	3.92 ± 0.17	10.73 ± 0.73
Quilla largo (mm)	12.52 ± 0.52	10.25 ± 0.81	16.97 ± 0.71
Quilla ancho (mm)	6.99 ± 0.27	4.27 ± 0.21	9.47 ± 0.70
Flores/ racimo	28.2 ± 3.77	19.4 ± 1.14	18.4 ± 2.88
Estandarte color	5Y8/12, 5Y8/12-10R5/10	5Y8/12, 5YR7/10	5Y8/10, 10R4/10
Ala color	5Y8/10, 2.5Y7/6	5Y8/12, 5YR7/10	5Y8/10, 5Y8/6
Quilla color	5Y8/6	2.5R6/6	
Fruto			
Vainas/ racimo	18.2 ± 4.09	10 ± 2.35	10.6 ± 2.51
Pedúnculo largo	4.30 ± 0.40	4.62 ± 0.62	8.17 ± 0.76
Pedúnculo grueso	0.34 ± 0.04	0.75 ± 0.08	0.97 ± 0.16
Vaina largo (mm)	17.28 ± 1.46	36.28 ± 1.13	35.67 ± 2.26
Vaina ancho (mm)	6.68 ± 0.69	6.24 ± 0.24	10.25 ± 0.39
Semillas/ vaina	4.2 ± 1.09	47.2 ± 2.49	17.4 ± 1.34
Grano largo (mm)	2.68 ± 0.16	1.84 ± 0.28	3.2 ± 0.16
Grano ancho (mm)	2.97 ± 0.07	2.24 ± 0.19	3.47 ± 0.28
Grano grueso (mm)	1.24 ± 0.08	1.07 ± 0.19	1.48 ± 0.80
Semilla emergencia (%)	12	9	10
Grano forma	Reniforme	Reniforme	Reniforme
Grano color	Amarillo, ocre	Amarillo, ocre	Amarillo, ocre
Semilla origen	Cultivo	Ruderal	Ruderal
Factor de estrés			
Insecto minador hoja	+++++ [†]	+	
Insecto picador-chupador hoja	+++++		
Insecto trozador hoja	+++++	+++	
Larva insecto barrenador vaina			+++
Humedad en suelo		+++++	
Marchitamiento hojas		+++++	
Fungosis raíz y hojas		+++++	
Usos en Tabasco			
	Alimento, medicinal	Maleza	Maleza

[§]n=10, [†]La ausencia del factor estrés se denota sin signo +, el mayor efecto con +++++.

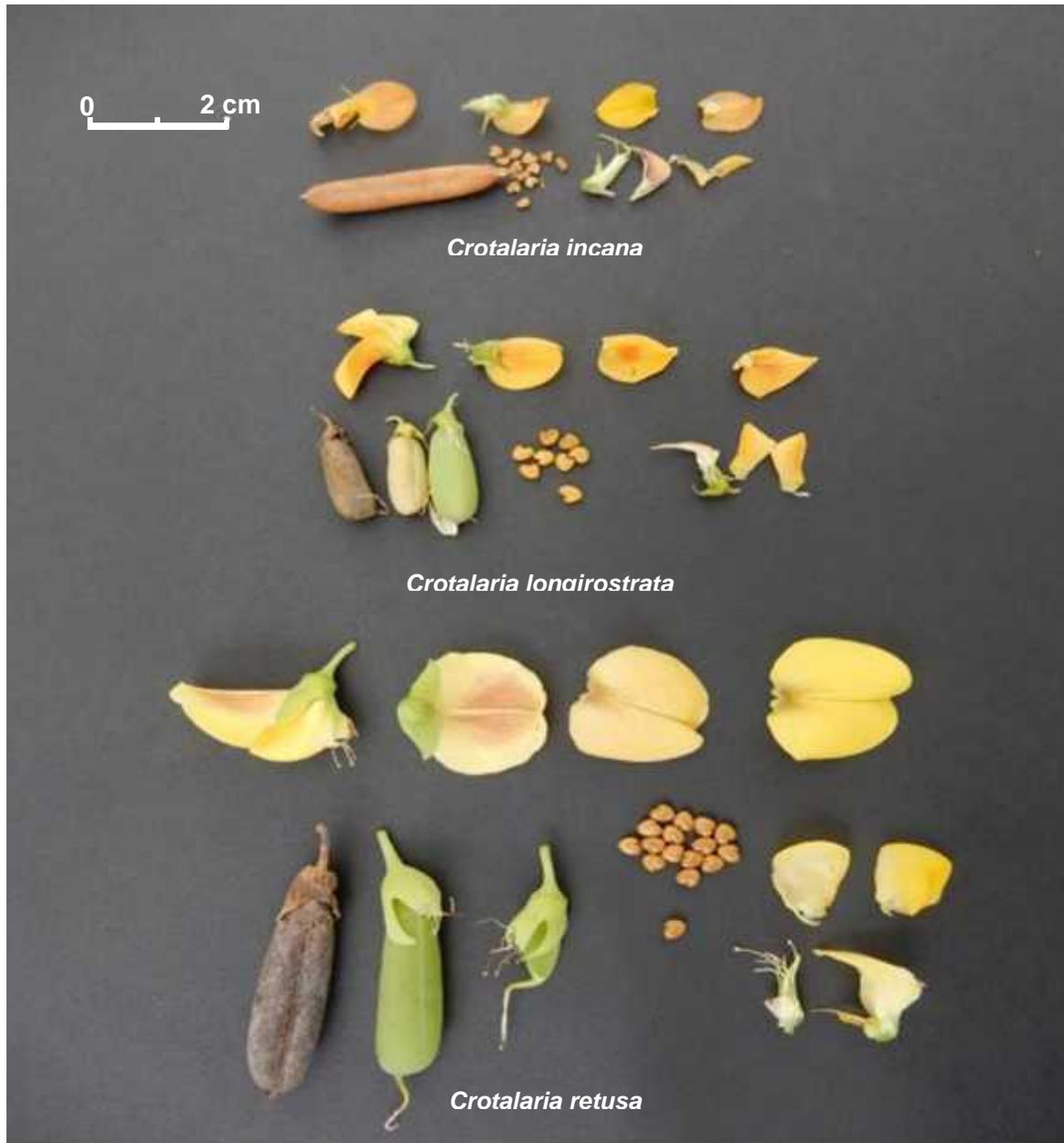


Figura 1. Características morfológicas y color de la flor, fruto y grano de tres especies de la planta de chipilín en Tabasco. Junio de 2017.

Niveles de fitotoxicidad del petróleo crudo pesado.

Estudios realizados desde 2005 (Rivera-Cruz *et al.*, 2005) hasta uno efectuado el año pasado (Sierra, 2016) coinciden que el petróleo crudo mediano fresco del campo petrolero Cinco Presidentes inhibe el crecimiento y desarrollo de las plántulas de *C. incana* y de *C. retusa* (Cuadro 2) bajo condiciones experimentales en micro-túnel. Aunque no se evaluó en el presente estudio, el efecto de 9000 mg kg⁻¹ de petróleo intemperizado, puede estimular la formación de raíz y también de nódulos (Ramírez, 2013). Esta respuesta positiva de la planta expuesta a un factor de estrés se denomina hormesis, se caracteriza porque la planta expresa mejor respuesta al efecto de dosis bajas de contaminante (Calabrese *et al.*, 1999), es un proceso de adaptación a condiciones desfavorables.

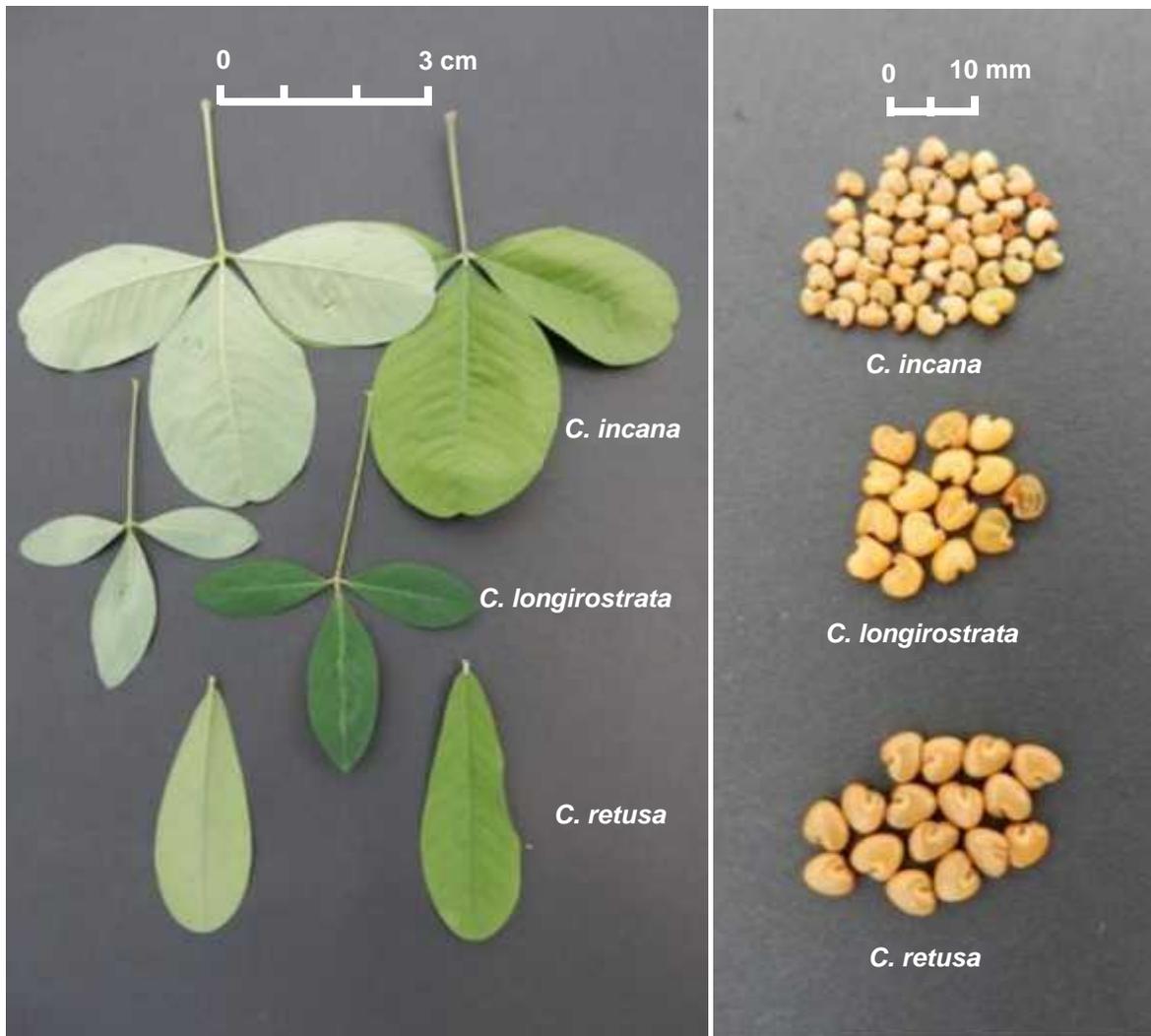


Figura 2. Características morfológicas y color de la hoja y del grano de tres especies de la planta de chipilín en Tabasco. Junio de 2017.

El Cuadro 3 muestra los resultados experimentales, de la producción de biomasa de la raíz y el número de nódulos, de las plántulas de chipilín expuestas durante 28 días a diferentes dosis de petróleo crudo mediano, que en general fue similar a estudios realizados con la misma especie y mismo petróleo (Rivera-Cruz *et al.*, 2005; Ramírez, 2007; Ramírez, 2013; Chablé, 2014; Sierra, 2016). La planta de chipilín comestible (*C. longirostrata*) fue la más sensible al factor de estrés petróleo en la producción de biomasa, la media del tratamiento testigo fue la mayor con diferencia estadística significativa (Duncan) comparada con los 10 tratamientos con 0.3 a 3% del contaminante. Respecto al número de nódulos coincide con la planta de chipilín sonajilla (*C. retusa*), que es una población silvestre colectada en la zona petrolera contigua al este del núcleo urbano de La Venta, donde existe petróleo intemperizado en el suelo proveniente de derrames crónicos de petróleo. La planta de chipilín silvestre (*C. incana*) colectada la semilla en suelos salinos del municipio de Paraíso, mostró mayor adaptación al factor de estrés, la planta respondió de manera similar en suelo testigo y en aquellos contaminados con 3000 y 6000 mg de petróleo. La adaptación de la plántula al petróleo, a nivel experimental, evidencia que la planta domesticada (*C. longirostrata*) tiene menor capacidad de tolerancia, en cambio, la especie que crece en suelos contaminados (*C. incana*) formó similar cantidad de raíz en suelos sin petróleo y en suelo con 9000 mg de HTPs (Cuadro 3). En cuanto a la cantidad de nódulos las plántulas del chipilín comestible y la de sonajilla mostraron elasticidad favorable en la adaptación a dosis bajas de petróleo (3000 mg), por su parte *C. incana*, que ha crecido en forma silvestre en suelos con petróleo intemperizado, formó mayor cantidad de

nódulos en suelo con 21,000 mg de HTP, lo que demuestra que el factor de estrés tiene menor específico. Es posible que ésta especie desarrolló algún proceso bioquímico de respuesta a la presencia de petróleo intemperizado.

Cuadro 2. Biomasa seca de raíz y número de nódulos de la planta de leguminosa chipilín expuesta a diferentes dosis de petróleo crudo mediano fresco o intemperizado. Junio de 2017.

Dosis petróleo (mg kg ⁻¹ bs)	Chipilín silvestre (<i>C. incana</i>)		Chipilín sonajilla (<i>C. retusa</i>)		Exposición (días)	Fuente
	Biomasa seca raíz (g)	Número nódulos	Biomasa seca raíz (g)	Número nódulos		
150		45a			120	Rivera-Cruz <i>et al.</i> (2005)
7,500 [§]		23b				
25,000 [§]		18b				
50,000 [§]		0c				
79,457 [†]		0c				
150	10.90a [‡]	112a			120	Ramírez (2007)
1,500 [§]	9.91ab	103ab				
3,000 [§]	11.32a	82abc				
6,000 [§]	10.27ab	61c				
9,000 [§]	11.5a	78c				
12,000 [§]	8.52ab	62c				
15,000 [§]	7.46b	79abc				
30,000 [§]	0.04d	3d				
2,500 [†]			1.40ab	159a	120	Ramírez (2013)
4,300 [†]			1.21ab	78ab		
5,822 [†]			2.03a	68ab		
7,950 [†]			1.39ab	82ab		
14,500 [†]			1.28ab	40b		
20,650 [†]			1.54ab	160a		
20,900 [†]			1.43ab	63ab		
37,500 [†]			1.01b	34b		
71,650 [†]			1.08ab	25b		
150			3.09a			
5,000 [§]			2.11ab			
10,000 [§]			1.66bc			
15,000 [§]			1.39bc			
20,000 [§]			1.07bc			
25,000 [§]			0.60c			
30,000 [§]			1.03bc			
35,000 [§]			0.46c			
1,914 [§]			3.10a	186a	98	Sierra (2016)
5,000 [§]			2.12ab	109ab		
10,000 [§]			1.66bc	101ab		
15,000 [§]			1.39bc	113ab		
20,000 [§]			1.08bc	124ab		
25,000 [§]			0.61c	32b		
35,000 [§]			0.70c	64b		
50,000 [§]			0.46c	28b		

[§]Petróleo crudo mediano fresco. [†]Petróleo crudo intemperizado.

[‡]Cifras con mismas letras, dentro de cada autor y variable, son estadísticamente iguales (Tukey, p 0.05, a>b).

Cuadro 3. Biomasa seca (BS) de raíz y número de nódulos de plántulas de la leguminosa chipilín expuestas durante 28 días a diferentes dosis de petróleo crudo mediano fresco. Mayo 2017.

Dosis petróleo (mg kg ⁻¹ bs)	Chipilín comestible (<i>C. longirostrata</i>)		Chipilín silvestre (<i>C. incana</i>)		Chipilín sonajilla (<i>C. retusa</i>)	
	BS raíz (g)	Nódulos	BS raíz (g)	Nódulos	BS raíz (g)	Nódulos
0	0.3002a [§]	607abc	0.2568a	103c	0.3199bc	77b
3000	0.2446ab	801a	0.2682a	138abc	0.3495a	107a
6000	0.2565ab	732ab	0.2287a	127bc	0.2445bc	57bc
9000	0.2322ab	600abc	0.2035ab	160abc	0.2062cd	44cd
12000	0.2685ab	357cd	0.1156bc	148abc	0.2651abc	18de
15000	0.2289ab	338cd	0.1185bc	174ab	0.2673abc	25de
18000	0.2057b	319cd	0.0868c	138abc	0.2104cd	29cde
21000	0.2156b	324cd	0.1056c	189a	0.1887cd	27de
24000	0.1885b	425bcd	0.0803c	169ab	0.2007cd	17de
27000	0.2378ab	157d	0.0736c	152abc	0.1335d	1e
30000	0.2126b	133d	0.0712c	165ab	0.1337d	2e

[§]Cifras con mismas letras dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Duncan, p 0.05, a>b, n=3).

CONCLUSIONES

La plántula de chipilín silvestre (*C. longirostrata*) es la que recibe la presión de mayor cantidad de factores de estrés, en particular de poblaciones de insectos fitófagos en etapas de larva y adulto. La plántula de chipilín silvestre (*C. retusa*) es la más tolerante a insectos y a la exposición de petróleo. Las variables biomasa seca de raíz y número de nódulos son variables sensibles a la exposición a dosis bajas, 6000 mg, de petróleo crudo mediano fresco. Se sugiere que sean utilizadas como bioindicadores durante procesos de vigilancia de suelos contaminados y descontaminados por afectaciones de derrames de petróleo crudo.

LITERATURA CITADA

- Calabrese, EJ, Baldwin, LA, and Holland, CD. 1999. Hormesis: A Highly generalizable and reproducible phenomenon with important implications for risk assessment. *Risk Anal.* 19: 261-281
- Cano, y CG y Marroquín, de la FJS. 1994. Taxonomía de plantas superiores. 1a. ed. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México, D.F. 359 p.
- Corzo, EC. 1978. Palabras de origen indígena en el español de Chiapas. Costa Amic Editores S.A. México, D.F. 105 p.
- Cowan, CP. 1983. Flora de Tabasco. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F. 123 p.
- Chablé, GP. 2014. Sulfato y biomasa de chipilín silvestre (*Crotalaria retusa* L.) en suelos con petróleos fresco e intemperizado. Tesis Licenciatura Químico Fármaco Biólogo. Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tab. 46 p.
- Escaso, SF, Martínez, GJL y Planelló, CMR. 2010. Fundamentos básicos de la fisiología vegetal y animal. Pearson Educación, S.A. Madrid, Esp. 264 p.
- González-Moscoso, M, Rivera-Cruz, MC, Delgadillo-Martínez, J y Lagunes-Espinoza, LC. 2017. Análisis de crecimiento y producción vegetal de *Leersia hexandra* Swartz en el trópico húmedo mexicano en función de petróleo y surfactante. *Polibotánica* 43: 1-19
- Magaña, AMA. 1995. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. UJAT. Villahermosa, Tab. 205 p.
- Matos, GF. 1978. El género *Crotalaria* en Venezuela. *Acta Botánica Venezolánica* 13 (1/4): 81-108
- Miranda, F. 2015a. La vegetación de Chiapas. Tomo 1. 4a. ed. rev. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México, D.F. 305 p.
- Miranda, F. 2015b. La vegetación de Chiapas. Tomo 2. 4a. ed. rev. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México, D.F. 381 p.
- Munsell Color. Munsell Color Charts for Tissues. New Windsor, New York. USA.
- OECD. 2006. 208. Guidelines for the testing of chemicals. Terrestrial plant test: seedling emergence and seedling growth test. 21 p.
- Ponce, DP y Zuart, MJL. 2013. Chipilín (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn.). En: La Biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Vol. 1. 1a. ed. CONABIO. Gobierno del Estado de Chiapas, México. pp. 212-214
- Ponce-Díaz, P, Zuart-Macias, JL, Quiroga-Madriral R, Rosales EMA, Bran RAA, Saucedo MH y Álvarez GPE. 2013. Uso y conservación de los recursos fitogenéticos semidomesticados. En: La Biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Vol. 1. 1a. ed. CONABIO. Gobierno del Estado de Chiapas, México. pp. 203-206
- Ramírez, JR. 2007. Estudio de toxicidad del petróleo crudo en plantas de chipilín silvestre (*Crotalaria incana* L.). Tesis Maestría en Ingeniería y Protección Ambiental. División Académica de Ciencias Biológicas. UJAT. Villahermosa, Tab. 80 p.
- Ramírez, BA. 2013. Estudio de la planta chipilín silvestre (*Crotalaria retusa* L.) y *Rhizobium* como indicadores de toxicidad de suelo contaminado con petróleo intemperizado. Tesis Licenciatura Químico Fármaco Biólogo. Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tab. 70 p.
- Rivera-Cruz, MC, Trujillo-Narcía A, Miranda de la CA y Maldonado CE. 2005. Evaluación toxicológica de suelos contaminados con petróleos nuevo e intemperizado mediante ensayos con leguminosas. *Interciencia* 30: 326-331

- Rzedowski, J, Calderón, de RG, Torres, CL 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.
- Sierra, CM. 2016. Chipilín silvestre (*Crotalaria retusa* L.) en la fitorremediación de suelo arcilloso contaminado con petróleo fresco. Tesis Licenciatura Químico Farmacéutico Biólogo. Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tab. 74 p.
- Standley, PC, and Steyermark, JA. 1946. Leguminosae. Flora of Guatemala. Fieldiana, Bot. 24 (5): 1-368
- Vázquez-Luna D, Castelán-Estrada M, Rivera-Cruz MC, Ortiz-Ceballos AI e Izquierdo RF. 2010. *Crotalaria incana* L. y *Leucaena leucocephala* Lam. (Leguminosae): especies indicadoras de toxicidad por hidrocarburos de petróleo en el suelo. Rev. Int. Contam. Ambie. 26: 183-191

MODIFICACIONES EN MATERIA ORGÁNICA Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO POR FUEGO USADO EN LA QUEMA DE CAÑA DE AZÚCAR

MODIFICATIONS IN ORGANIC MATTER AND ENZYMATIC ACTIVITY OF SOIL BY FIRE USED IN THE BURNING OF SUGAR CANE

¹Rivera-Cruz MC, ²Magaña-Aquino M, ³Trujillo-Narcía A

¹Laboratorio de Microbiología Agrícola y Ambiental. Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco.
Periférico Carlos A. Molina km 2, H. Cárdenas, Tabasco, México. CP 86570

²Programa Académico Químico Farmacéutico Biología. Universidad Popular de la Chontalpa. Carret.
Cárdenas-Huimanguillo km 2, Ra. Paso y Playa. H. Cárdenas, Tabasco, México. CP 86500

³Cuerpo Académico Energía y Medioambiente. Universidad Popular de la Chontalpa. Carret. Cárdenas-
Huimanguillo km 2, Ra. Paso y Playa. H. Cárdenas, Tabasco, México. CP 86500

Autor para correspondencia: mariari@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó durante la zafra 2015-2016 el efecto de la quema y requema de una plantación comercial de caña de azúcar variedad Mex 79-431 ciclo resoca 3, localizada en un Fluvisol en el barrote del Río Seco. El área evaluada abarcó 1.31 ha. Se colectaron muestras de suelo y hojarasca en ocho puntos equidistantes a 40 m de norte a sur y de 20 m de este a oeste. El muestreo en cada punto fue superficial y a seis profundidades subyacentes. Se colectó, antes de la quema, la hojarasca acumulada en la superficie del suelo; las capas enterradas son: C1 (rizosfera de la planta de caña de azúcar, localizada de 0-5 cm profundidad), C2 (5-10 cm), C3 (10-15 cm), C4 (15-20 cm), C5 (20-25 cm) y C6 (25-30 cm). Las variables evaluadas fueron materia orgánica del suelo (MO), actividades enzimáticas de la ureasa y de la fosfatasa. El efecto de la quema y requema de la planta de caña de azúcar originó diferencias estadísticas (Duncan p p 0.05) entre medias de las tres variables. La MO, las actividades ureasa y fosfatasa disminuyeron por efecto de la quema y requema en la hojarasca pero aumentaron en la rizosfera y en las capas subyacentes. Existe relación directa del contenido de MO con la actividad enzimática de la ureasa y fosfatasa en rizosfera y capas subyacentes en el suelo cañero.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp) es un cultivo de regiones tropicales y subtropicales del mundo. En el año 2016 en México existía una superficie sembrada de 450,192 ha y una producción de 27,933,053 ton, en el estado de Tabasco existen 44,225 ha cañeras y una producción de 3,719,200 ton (SIAP, 2017). El suelo cultivado con caña de azúcar es sometido a temperaturas elevadas con fuego a cielo abierto en la etapa termina e inicial del proceso de producción. La quema controlada de la caña antes de la cosecha es con el fin de disminuir la cantidad de hojas dejando los tallos que es el material útil para el proceso industrial, facilita la zafra y el transporte del producto al ingenio azucarero. La requema e incineración (en grado variable) de residuos vegetales de caña tendidos sobre la superficie del suelo después del corte, se realiza *in situ* con la finalidad de eliminar residuos que perjudiquen el retoño y ahijamiento de la plantación (CCA, 2014). El fuego no es siempre dañino para el suelo debido a que su calentamiento por las quemaduras controladas es solo superficial y leve, al respecto en un estudio de la quema de la caña en Cuba, se registraron temperaturas de las llamas de entre 600 y 750 °C, mientras que la temperatura máxima del suelo a los dos centímetros de profundidad no subió de 34 °C (Ladrach, 2009). Igualmente, en Venezuela, durante la quema de caña se observó un aumento máximo de 6°C a los dos centímetros de profundidad del suelo, la cual se mantuvo solamente durante 20 minutos. A una profundidad de cinco centímetros, la temperatura subió solamente 1.5°C durante la misma quema de la caña (Arnal, 1976). El efecto del fuego a cielo abierto en la hojarasca, ubicada en la superficie del suelo según Domínguez (2016), afecta el contenido de MO después de la quema, pero incrementa los contenidos en el suelo subyacente. El efecto del fuego en la actividad enzimática ha sido poco estudiado, y ellas son sensibles a la temperatura, por ejemplo, las enzimas hidrolíticas del suelo a temperatura mayores a 50 °C son inhibidas, la temperatura de 37 °C es adecuada para el desarrollo una actividad normal (Trasar *et al.*, 2003). Otro factor que induce el incremento de las actividades ureasa, fosfatasa y proteasa en el suelo es la incorporación de carbono orgánico a través de las enmiendas orgánicas (Acosta y Paulini, 2005). El objetivo de esta investigación fue evaluar los cambios que experimentan la MO y actividad enzimática en hojarasca vegetal superficial

del suelo y en diferentes profundidades del suelo tras una quema controlada de vegetación derivada de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en una superficie de 1.31 ha con relieve plano, suelo Fluvisol en barrote del río Seco y sembrada con caña de azúcar variedad tardía Mex 79-431. El área se ubica en la carretera Cárdenas-Huimanguillo Km. 2, Ranchería Paso y Playa, Cárdenas, Tabasco, en las coordenadas geográficas 17° 57' 35.7" N y 93° 22' 06.1" O. Se muestreó en ocho puntos equidistantes a 40 m de norte a sur y 20 m de este a oeste. Las muestras de suelo y rizosfera se colectaron en tres tiempos diferentes: antes de la quema, después de la quema y después de la requema. El muestreo se realizó durante abril de 2016. Las profundidades fueron: superficie, hojarasca o mantillo; capa 1: rizosfera (1-5 cm profundidad), capa 2 (5-10 cm), capa 3 (10-15 cm), capa 4 (15-20 cm), capa 5 (20-25 cm) y capa 6 (25-30 cm). Las muestras de hojarasca superficial antes de la quema, cenizas después de la quema y requema, así como el suelo se secaron bajo sombra para su desecación, después se procedió a moler y tamizar con una malla de 2 mm de abertura. Se determinó en laboratorio la MO y las actividades enzimáticas de la ureasa y fosfatasa. La MO se evaluó por combustión seca (Etchevers, 1992), la actividad enzimática de la ureasa se determinó por liberación de NH₄ después de la incubación del suelo, con una disolución de urea a 37 °C durante 90 min. Se utilizó sustancia tampón fosfato 0.1 M pH 7.0, KCl₂ M y NaOH 10 M. La cuantificación por colorimetría a una absorbancia de 660 nm (Sastre y Lobo, 2003). La fosfatasa ácida, o fosfomonoesterasa, se determinó por espectrofotometría a 398 nm del p-nitrofenol liberado cuando el suelo es incubado a 37 °C durante 1 h con disolución tamponada de p-nitrofenilfosfato (Trasar *et al.*, 2003). A los datos de MO, actividad enzimática de la ureasa y fosfatasa de las tres fechas de muestreo se aplicó la prueba de medias de Duncan (p 0.05) con el programa Statistical Analysis System versión 8.01 (SPSS, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución vertical de la materia orgánica antes, después de la quema y requema

La MO tiene diferencias estadísticas (Duncan, p 0.05) en cada uno de los tres tiempos evaluados (antes de la quema, quema y requema). El mayor contenido de MO correspondió a la hojarasca, con 60.7, 38.1 y 27.0% antes de la quema, después de la quema y requema, respectivamente (cuadro 1).

Cuadro 1. Pérdida y ganancia (%) de materia orgánica del suelo quemado y requemado en un cultivo de caña de azúcar establecido en un Fluvisol éutrico en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. Abril de 2016.

Profundidad (cm)	Tiempo de evaluación				
	Sin quema	Quema	Efecto [§]	Requema	Efecto ^{§§}
Hojarasca superficial	87.20a	38.17a	-44.03	27.09a	-60.11
Rizosfera (0-5)	7.34b	6.97c	-0.37	9.19b	+1.85
Capa 1 (0-5)	8.60b	8.23b	-0.37	9.18b	+0.58
Capa 2 (5-10)	7.03bc	8.07b	+1.04	9.37b	+2.34
Capa 3 (10-15)	8.37b	8.72b	+0.36	9.59b	+0.86
Capa 4 (15-20)	7.47bc	7.66bc	+0.19	9.71b	+2.24
Capa 5 (20-25)	7.27bc	7.64bc	+0.37	9.09b	+1.82
Capa 6 (25-30)	6.72c	7.33bc	+0.61	10.21b	+3.49

[§]Es el %MO que se obtiene de restar el MO sin quema respecto a la quema.
^{§§}Es el % MO de la diferencia entre % MO sin quema y requema.
Valores (-) indica pérdida. Valores (+) indica ganancia. (Duncan, p 0.05, a>b).

La MO en la rizosfera fue estadísticamente igual al suelo ubicado en la capa superficial y en capas subyacentes en los tres tiempos evaluados. Resultados similares fueron reportados por Domínguez (2016), menciona que la MO disminuye significativamente en el suelo hasta 1.39 % debido a la eliminación del material orgánico muerto por la quema que se convierte en ceniza. En adición, según Majidzadeh *et al.* (2015) se pierde los contenidos de lignina, compuestos nitrogenados y polisacáridos por la degradación y volatilización causada por las altas temperaturas de la quema. La destilación de volátiles y la pérdida de carbono orgánico inicia a temperaturas entre 100 y 200 °C (Giovannini *et al.*, 1997). Entre 130 y 190 °C la lignina y las hemicelulosas comienzan a degradarse, a temperaturas superiores a los 250 °C (Oanh *et al.*,

2011; Sharma *et al.*, 2004). En esta investigación contenido de MO aumentó en los horizontes subyacentes, el incremento después de la quema varió de 0.19 a 1.04% a partir de la capa 2 (5-10 cm); en contraste, en la requema aumentó de 0.58 a 3.49% en rizosfera y en las seis capas (Cuadro 1). Este incremento posiblemente se debe a la migración de los coloides orgánicos a través de las fisuras y poros en el suelo, lo cual ocurre en la época de sequía en el estado de Tabasco.

Distribución vertical de la actividad enzimática de la fosfatasa y ureasa

Las actividades enzimáticas de la ureasa y fosfatasa presentaron diferencias estadísticas (Duncan, $p < 0.05$) por efecto de la profundidad del suelo antes de la quema, después de la quema y en la requema (Figuras 1 y 2).

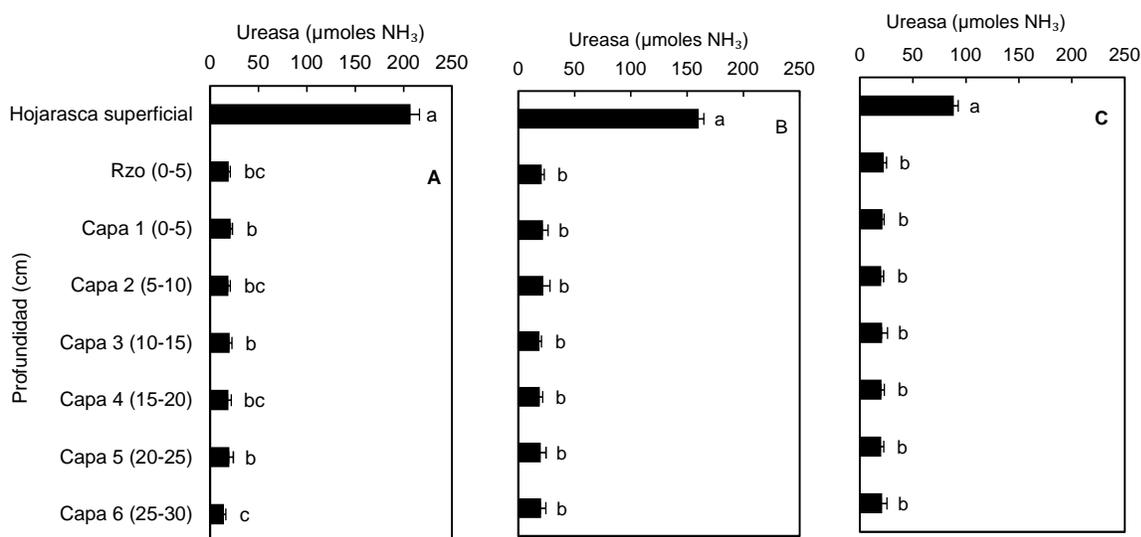


Figura 1. Actividad enzimática de la ureasa en hojarasca superficial de caña de azúcar y capas del Fluvisol antes de la quema (A), después de la quema (B) y después de la requema (C). Letras diferentes por columnas indican diferencias estadísticas (Duncan, $p < 0.05$, $a > b$).

El efecto de la quema y requema indujo la disminución de la ureasa y fosfatasa en la la superficie del suelo, la disminución en ureasa fue entre 47 y 118 $\mu\text{moles NH}_4$ (Cuadro 2) y en fosfatasa fue entre 91803 y 88554 $\mu\text{moles PNF}$, respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 2. Efecto de la quema y requema de hojarasca de la caña de azúcar en la actividad enzimática de la ureasa ($\mu\text{moles NH}_3$).

Profundidad (cm)	Tiempo de evaluación				
	Antes	Quema	Efecto [§]	Requema	Efecto ^{§§}
Hojarasca superficial	207	160	-47	89	-118
Rizosfera (0-5)	19	21	+2	23	+4
Capa 1 (0-5)	21	22	+1	21	0
Capa 2 (5-10)	19	22	+3	20	+1
Capa 3 (10-15)	20	19	-1	21	+1
Capa 4 (15-20)	19	19	-1	21	+1
Capa 5 (20-25)	20	20	0	20	0
Capa 6 (25-30)	14	20	+6	21	+7

[§]Resta de la ureasa ácida antes y después de quema.
^{§§}: Resta de la ureasa después de quema respecto a requema.

Esta disminución de la ureasa por efecto del fuego se explica porque la quema de la hojarasca induce disminución de compuestos nitrogenados (Majidzadeh *et al.*, 2015). Estos compuestos ricos en urea son catalizados por hidrólisis por la enzima. Otro factor que pudo influir fue la disminución de la MO en el suelo (Sastre y Lobo, 2003), la cual disminuyó en esta investigación por la quema y aún más por la requema. La disminución de la fosfatasa, en la hojarasca quemada y requemada, posiblemente fue porque disminuyó la

cantidad de polisacáridos en donde se localiza el azúcar fosfato, el cual es catalizado por hidrólisis por esta enzima (Trasar *et al.*, 2003). El fuego de la quema inicial de la hojarasca de la caña de azúcar estimuló la actividad enzimática de la ureasa y fosfatasa. La ureasa incremento por efecto de la quema entre 1 y 6 $\mu\text{moles NH}_3$ en cuatro espesores de seis del suelo evaluado (Cuadro 2).

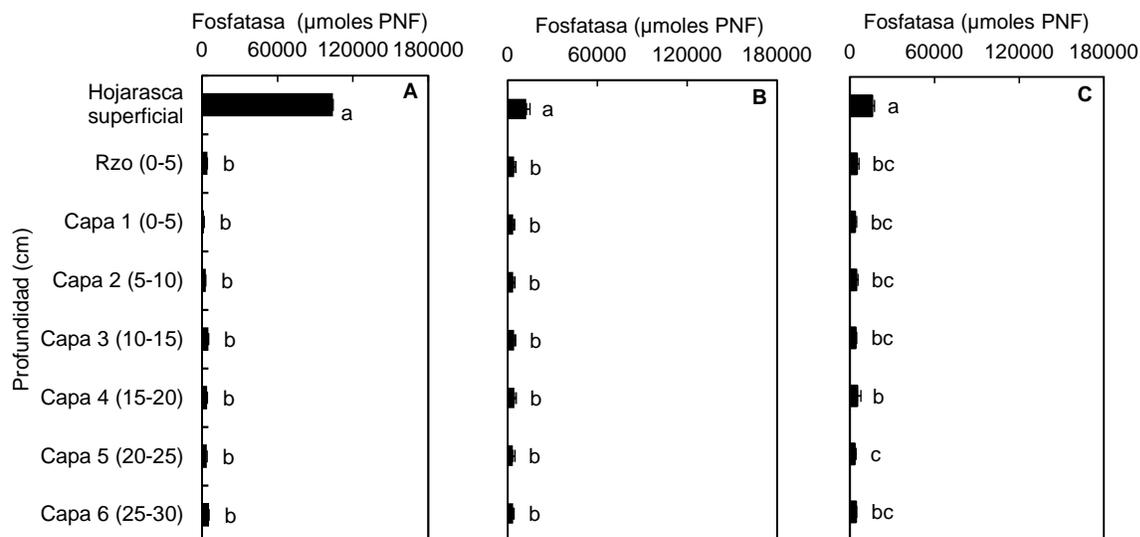


Figura 2. Actividad enzimática de la fosfatasa ácida en hojarasca superficial de caña de azúcar y en capas del Fluvisol antes de la quema (A), después de la quema (B) y después de la requema (C). Letras diferentes por columnas indican diferencias estadísticas (Duncan, p 0.05, a>b).

La actividad enzimática de la fosfatasa aumentó en los siete compartimentos del suelo evaluado por efecto de la quema y requema respecto al contenido antes de la quema (Cuadro 3). El incremento de estas actividades en rizosfera y las cinco capas del suelo coincide con el incremento de los contenidos de MO encontrados en esta investigación (Cuadro 1). Acosta y Paulini (2005) encontraron que la ureasa, fosfatasa y proteasa en el suelo aumentan cuando se usan enmiendas orgánicas para mejorar la fertilidad del suelo

Cuadro 3. Efecto de la quema y requema de residuos de corte de la caña de azúcar en la actividad enzimática de la fosfatasa ácida ($\mu\text{moles PNF}$).

Profundidad (cm)	Tiempo de evaluación				
	Antes	Quema	Efecto [§]	Requema	Efecto ^{§§}
Hojarasca superficial	104306	12503	-91803	15752	-88554
Rizosfera (0-5)	4319	4323	+4.0	4934	+615
Capa 1 (0-5)	1680	3845	+2165	3603	+1923
Capa 2 (5-10)	3065	3785	+720	4477	+1412
Capa 3 (10-15)	4146	4448	+302	4157	+1143
Capa 4 (15-20)	4166	4531	+365	5289	+1123
Capa 5 (20-25)	3910	3659	+251	4472	+562
Capa 6 (25-30)	3550	3747	+197	4283	+733

[§]Resta de la fosfatasa ácida antes y después de quema.
^{§§}Resta de la fosfatasa ácida después de quema respecto a requema.

CONCLUSIONES

La materia orgánica de la hojarasca superficial en el Fluvisol cultivado con caña de azúcar registró cambios negativos por efecto de la quema y requema con fuego a cielo abierto y controlado, pero en rizosfera y en las seis capas subyacentes aumentaron los contenidos de materia orgánica.

Las actividades enzimáticas de la ureasa y fosfatasa disminuyeron por efecto de la quema y requema de la hojarasca superficial del Fluvisol plantado con caña de azúcar. La actividad enzimática de la ureasa

aumentó en la rizosfera y en las seis capas subyacentes, esto determina que la calidad del suelo mejoró por la quema con fuego directo del tejido de caña de azúcar al final del proceso de producción (quema) y al inicio del siguiente ciclo agrícola.

LITERATURA CITADA

- Acosta, Y. y Paolini, J. 2005. Actividad de la enzima deshidrogenasa en un suelo calciorthids enmendado con residuos orgánicos. *Agronomía Tropical* 55: 217-232
- Arnal, JI. 1976. Problemática de la quema de la caña de azúcar. Venezuela. Seminario. Internacional Sobre Mecanización de la Cosecha de la Caña de Azúcar. Maracay. 26 septiembre al 1 de octubre de 1976. Maracay, Venezuela. 12 p.
- CCA. 2014. La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 6 p
- Domínguez, CHD. 2016. Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el municipio de Cumaribo, Departamento del Vichada. Tesis Maestro en Ciencias en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Caldas Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Cumaribo, Col. 144p.
- Etchevers, BDJ. 1992. Manual de Métodos para el análisis de suelos, plantas agua y fertilizantes. Análisis rutinario en estudios y programas de fertilidad. Laboratorio de Fertilidad, Centro de Edafología. Colegio de Postgrdos en Ciencias Agrícolas, Montecillos, edo. de México. 125 p.
- Ladrach, C. 2009. El efecto del fuego en los ecosistemas agrícolas y forestales. La Sociedad Majidzadeh H., Wang J.J and Chow A.T 2015. Prescribed Fire Alters Dissolved Organic Matter and Disinfection By-Product Precursors in Forested Watersheds - Part I. A Controlled Laboratory Study. ACS Symposium Series; American Chemical Society: American Chemical Society. Washington, DC, 22 p.
- Sharma, RK, Wooten, JB, Baliga, VL, Lin, XH, Chan, WG, Hajaligol, MR. 2004. Characterization of chars from pyrolysis of lignin. *Fuel* 83: 1469-1482
- Oanh, NTK, Ly, BT, Tipayarom, D, Manandhar, BR, Prapat, P, Simpson, CD, and Liu LJ S. 2011. Characterization of particulate matter emission from open burning of rice straw. *Atmos. Environ.* 45: 493-502
- SPSS (Statistical Package for Social Sciences). 2011. Versión 20.0 SPSS Inc. Chicago, Illinois. USA.
- Sastre, CI y Lobo BM. 2003. Determinación de la actividad ureasa del suelo. En: García C., Gil F., Hernández T., Trasar C (Eds). *Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos. Medidas de Actividad enzimáticas y biomasa microbiana.* Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp.123-147
- Trasar, CC, Leirós, PMC y Gil SF. 2003. Consideraciones generales sobre la detrmnación de las actividades enzimáticas del suelo. En: García C., Gil F., Hernández T., Trasar C. (Eds). *Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos. Medidas de Actividad enzimáticas y biomasa microbiana.* Mundi-Prensa. Madrid, Esp. pp. 24-50
- Trasar, CC, Gil, SF y Leirós, PMC. 2003. Determinación de la actividad fosfatasa del suelo. En: García C., Gil F., Hernández T., Trasar C. (Eds). *Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos. Medidas de Actividad enzimáticas y biomasa microbiana.* Mundi-Prensa. Madrid, Esp. pp. 52-76

Referencias Informáticas

- Internacional de Forestales Tropicales. ISTF Noticias. Maryland USA. 20p. www.zfaforestry.com. Consultado 27 de junio, 2017.
- (SIAP) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2016. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. Consultado: 06 junio, 2017.

**DIAGNOSTICO PARTICIPATIVO DE LA ACIDEZ EN SUELOS CAFETALEROS DE LA
MICROCUEENCA LA SUIZA, MUNICIPIO DE MONTECRISTO, CHIAPAS.**
PARTICIPATORY DIAGNOSTIC OF THE ACIDITY IN SOILS OF COFFEE PLANTATION OF THE
MICRO WATERSHED THE SUIZA, TOWNSHIP OF MONTECRISTO, CHIAPAS.

Ángel Cruz MC, López Báez W, Zavala Molina J

Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Km 3.0 carretera Ocozocoautla-Cintalapa, A. P. Num.
1, C.P. 29140 Ocozocoautla, Chiapas. Tel.01-800-088-2222 Ext. 86313.
Autor para correspondencia: martitaangel65@gmail.com

RESUMEN

La baja productividad de 12,000 ha de café que se cultivan dentro de la Reserva de la Biósfera El Triunfo, afecta el ingreso familiar, representa la principal amenaza de cambio de uso de suelo, pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos en el área natural protegida, al aperturar nuevas áreas de cultivo para compensar la ineficiencia. El objetivo de esta investigación es contribuir para mejorar los niveles de productividad y rentabilidad del cultivo de café, realizando un diagnóstico de la acidez en los suelos y su influencia sobre algunas propiedades químicas para diseñar un programa de nutrición y mejorar sustentablemente los niveles de productividad y rentabilidad. En 146 parcelas se determinó pH y solo a 49 de estas: materia orgánica (M.O), carbono total, P, K, Ca, Na, Mg, acidez intercambiable y los micronutrientes B, Zn, Mn, Cu y Fe.

Los resultados indican una acidez generalizada de las parcelas (pH promedio 5.08 (± 0.38)), en promedio el 52% de estas (n=76) son adecuadas para el cultivo, el 96 % no presentan problemas de toxicidad por Al³⁺ (la principal fuente de acidez en el suelo es el H⁺). El 48 % (n=24) presentan valores de M.O (clase medio), el 86% de los suelos muestran una relación Carbono-Nitrógeno adecuada para la descomposición de la M.O. El pH influye en un 50 % ($R^2:0.50$) en la saturación de las bases. La influencia de la acidez con otros nutrientes: B ($R^2 0.04$), K ($R^2 0.002$), Ca ($R^2 0.345$), Mg ($R^2 0.233$), Na ($R^2 0.027$), Fe ($R^2 0.096$), Cu ($R^2 0.260$), Zn ($R^2 0.094$), Mn ($R^2 0.115$). Se concluye que no existe influencia directa de la acidez del suelo sobre los niveles de rendimiento del café.

Palabras claves: *café, suelos, acidez, microcuenca.*

INTRODUCCIÓN

La producción de café en Chiapas, es una de las actividades productivas más importantes en términos económicos, sociales, culturales y ambientales. Participan en ella 83 de los 123 municipios de Chiapas, con alrededor de 183 mil productores en una superficie de 253,461.6 ha distribuidas en 193 mil predios (AMECAFE, 2010; Financiera Rural, 2014).

Con aproximadamente 12,000 ha el café es la principal actividad económica dentro del polígono de la Reserva Biosfera el Triunfo (REBITRI) ubicada en la Sierra Madre de Chiapas, particularmente en los municipios de Ángel Albino Corzo, Montecristo de Guerrero y La Concordia, en donde representa la principal fuente de ingresos de la población y también la principal amenaza de la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a esta área natural protegida; (López et al., 2011).

El café dentro de la REBITRI se cultiva en pequeñas áreas (80% de los productores tienen superficies menores de 2 ha) con pendientes mayores de 30 grados. Las plantaciones se caracterizan por su edad avanzada, variedades susceptibles a la enfermedad de la roya, pocas prácticas de manejo (sólo control de malezas, poda y desombre), rendimientos bajos y variables con una media de 12 Qq /ha (± 7.7) (Qq: 57.5 kg) y totalmente dependientes de la fertilidad natural complementada con la humificación y mineralización de la materia orgánica de la hojarasca proveniente del arbolado. El 90 por ciento de los productores no tienen la cultura de aplicar nutrientes al suelo y los pocos que fertilizan carecen de sustento técnico para determinar los nutrientes, épocas y las fuentes que deben aplicarlos. Los daños severos de la roya en los últimos 2 años, con pérdidas de hasta 70 por ciento de la producción, han incentivado a los productores a mejorar sus prácticas de manejo, especialmente la fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la microcuenca "La Suiza" localizada en los Municipios de Montecristo de Guerrero y Mapastepec del Estado de Chiapas México, entre las coordenadas geográficas 15°09'10" y

15°57'02'' de latitud norte y 92°34'04'' y 93°12'42'' de longitud oeste (Figura 1), realizada dicha investigación en el periodo del 1 Junio al 1 de Noviembre 2014.

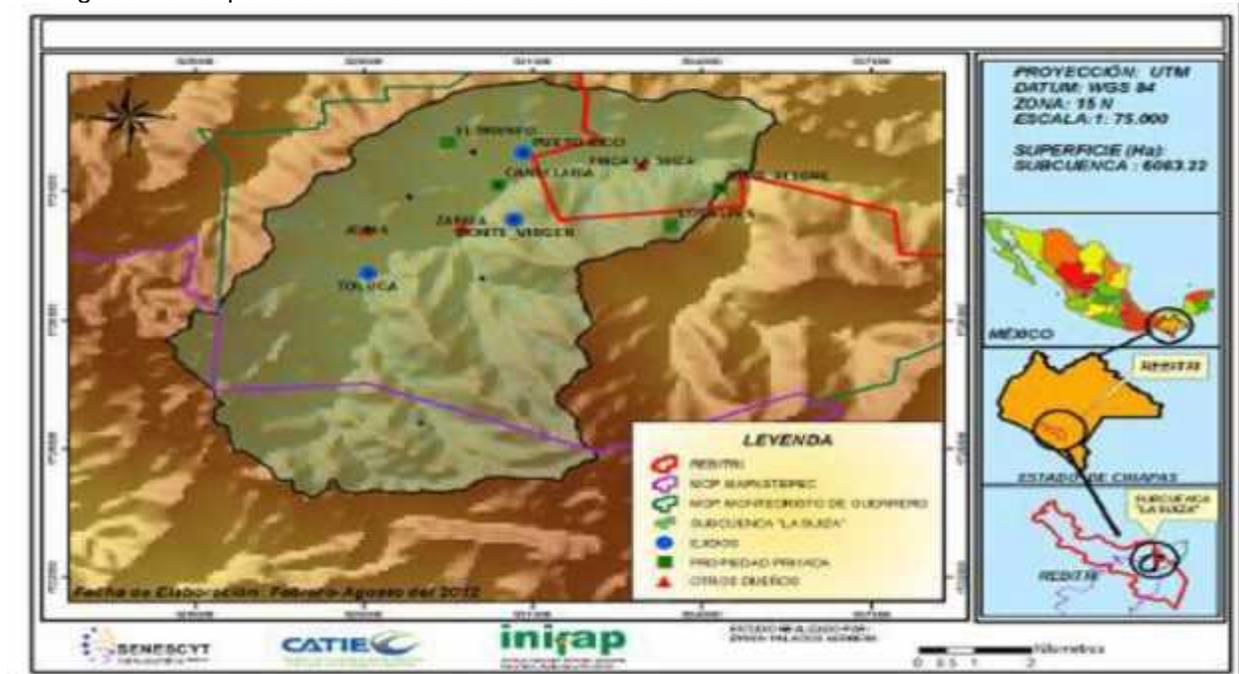


Figura 1. Ubicación de la microcuenca La Suiza

Materiales y equipo

En campo: Pala, cava hoyo, cubetas, etiquetas, bolsas de plástico, GPS modelo Garmin serie 3120703023, flexómetro, hojas de campo, lápices, costales.

En laboratorio: Potenciómetro con electrodo Fieldscout serie: 940179, vasos de precipitados de 400 ml, agitadores de vidrio, bascula granataria, agua destilada, soluciones buffer de pH 4 y 7 y reloj con cronómetro.

Variables que se analizaron

Potencial hidrogeno (pH), Saturación de Al^{+3} , Materia Orgánica (M.O), Relación Carbono/Nitrógeno (C/N), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Porcentaje de Saturación de bases (Ca, Mg, K y Acidez ($H^{+} Al^{+3}$)) y Rendimiento de café.

En la figura 2, se presentan las siete etapas utilizadas en la metodología con la cual se desarrolló este estudio, mismas que se describen a continuación.



Figura 2. Metodología aplicada en el estudio

El procesamiento estadístico de los datos consistió:

- La media aritmética como una medida de centralidad de los datos.
- La varianza, desviación estándar y coeficientes de variación para conocer la medida de la dispersión de los valores con respecto a la media (valor promedio).
- El coeficiente de correlación entre dos variables para conocer la relación entre ambas.
- El cuadrado del coeficiente de correlación (R^2) de momento del producto Pearson para conocer la proporción de la varianza de una variable y que puede atribuirse a la varianza de una variable x .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis general de la acidez de los suelos

Los suelos de las parcelas de la micro cuenca la Suiza se encuentran distribuidos de la siguiente manera como lo muestra la figura 3, en donde con ayuda del programa Google earth se pudo obtener la ubicación correcta de las 146 parcelas muestreadas.

Los suelos presentan un pH promedio 5.08 (± 0.38) con un valor mínimo de 4.02 y un máximo de 5.98. El bajo valor del coeficiente de variación de 7.5 por ciento del pH entre los suelos, indica que la acidez es generalizada en los suelos de la microcuenca (Cuadro 1.).

Cuadro 1. Estadísticas del pH de los suelos

Variable	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv. Est.	C.V. (%)
pH (1:2) Agua	5.08	4.02	5.98	0.38	7.50

Según Valencia (1998) las mejores condiciones para el cultivo del café se presentan cuando los valores del pH se ubican entre los 5 y 5.5. Tomando como referencia esta clasificación se obtuvo lo siguiente (ver figura 3):

- El 52 por ciento de las parcelas ($n=76$) se encuentran en condiciones adecuadas de pH en el cultivo de café, debido a que existe actividad microbiana que descompone la materia orgánica para liberar nutrientes disponibles.
- El 36.3 por ciento ($n= 53$) se encuentran en suelos con pH menores a 5, en los cuales podrían presentarse toxicidad por Aluminio y/o Manganeseo, o deficiencias de P; Ca, Mg, K, B, Cu y Zn.
- El 11.7 por ciento ($n=17$) se encuentran en suelos con pH mayores de 5.5, en los cuales podría presentarse deficiencias de P; Fe, B, Cu y Zn.



Figura 3. Mapa de los sitios muestreados dentro de la micro cuenca la Suiza.

LA ACIDEZ Y LA SATURACIÓN DE ALUMINIO

Los suelos estudiados presentan una gran variabilidad en el por ciento de saturación de Al^{+3} los suelos obtuvieron una media aritmética de 2.9 (± 7.28) con un valor mínimo de cero y un máximo de 29.1 (Cuadro 2).

Según Molina (1998) valores de saturación de aluminio por arriba de 25 por ciento son tóxicos para el cultivo de café. En la figura 4, se observa que sólo dos parcelas presentan niveles de saturación de Al^{+3} por arriba del 25 por ciento (28.8 y 29.1) y una se encuentra muy cerca a este valor con 24.7 por ciento.

De lo anterior se deduce que el 96 por ciento (n=46) de las parcelas muestreadas no presentan problemas de toxicidad por Aluminio y el 61% (n=30) de ellas presentan niveles de cero aluminio. La poca presencia de Al^{+3} en los suelos indica que al parecer la principal fuente de acidez en la microcuenca La Suiza es el H^+ en la solución del suelo con lo cual las plantas de café pueden crecer normalmente con pH relativamente bajos (Valencia, 1998).

Cuadro 2. Relación entre el pH y el porcentaje de saturación de Al^{+3}

Variable	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv. Est.	C.V. (%)
pH (1:2) Agua	5.08	4.02	5.98	0.38	7.50
Saturación de Al (%)	2.9	0	29.1	7.28	2.15
Coef. de correlación @	0.7085				
Coef. R^2	0.5020				

En la figura 5, se observa que en los suelos estudiados se presenta una relación negativa entre el pH y la saturación de Al^{+3} , ya que a medida que aumenta el primero, disminuye el segundo y con base a la proporción de varianza compartida entre ambas variables, un 50.21 por ciento ($R^2= 0.5021$) de la saturación de Al^{+3} es explicada por los niveles de pH en el suelo.

La acidez y la materia orgánica

Según Benzing (2001), la materia orgánica es el componente más importante en el suelo ya que influye en la estructura, capacidad de retener agua, aireación, contenido y la capacidad de nutrientes, el pH, la CIC, y a largo plazo incluso en la textura

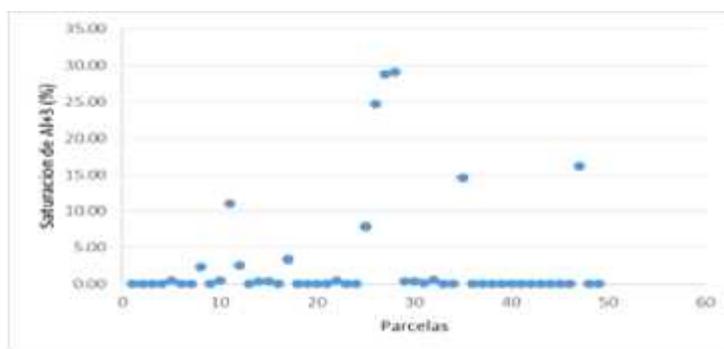


Figura 4. Valores de Saturación de Al^{+3} (%) en los suelos estudiados (n=49)

En el cuadro 3, se presenta una distribución de los suelos de acuerdo a su contenido de materia orgánica en función de lo señalado por la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 para los suelos minerales y volcánicos.

Se observa que el 86% de los suelos presentan una relación C/N adecuada para la descomposición de la materia orgánica, el ocho por ciento presenta una relación alta. En estos suelos, en una primera fase, se produce una inmovilización del N presente en el suelo por parte de los hongos encargados de la descomposición, principalmente celulósicos y lignínicos. Cuando la relación C/N va bajando al producirse el consumo de C, utilizado como fuente de energía de todos los microorganismos, se inicia una mayor actividad bacteriana que va liberando N mineral a la velocidad que los hongos la inmovilizan. Al mismo tiempo se produce la muerte de muchos de ellos y su transformación por parte de las bacterias con liberación del N que posee. En ese lapso de tiempo el N del suelo no sufre variaciones significativas. El 6 por ciento de los suelos presenta una relación C/N baja. En esos suelos los compuestos presentes son atacados con mayor facilidad por las bacterias que equilibran su población, generando un excedente de N que queda en el suelo en forma mineral, el cual es utilizado por las plantas (López et al., 2012). Con la explicación anterior se

Cuadro 3. Clasificación de suelos según su (%) de Materia Orgánica (MO), NOM-021- SEMARNAT-2000

Clase	MO	Parcelas	%
Muy bajo	<4.0	5	10.20
Bajo	4.1-6.0	11	22.45
Medio	6.1-10.9	24	48.98
Alto	11.0-16.0	5	10.20
Muy alto	>16.1	4	8.16
	Total	49	100

concluye que la tasa de descomposición de la materia orgánica en la mayoría de los suelos, no está limitada por la relación C/N.

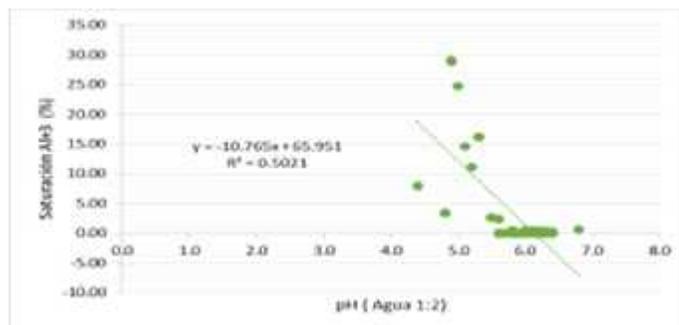


Figura 5. Influencia del pH en la saturación de Al³⁺ (%)

LA ACIDEZ Y LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO

De acuerdo a la clasificación propuesta por Suarez (2013) para el cultivo de café, el 55 por ciento de las parcelas se ubican en un nivel adecuado de CIC, el 18 por ciento en nivel bajo y el restante 27 por ciento en nivel alto (Cuadro 5).

En la figura 6, se observa que un 32 por ciento ($R^2=0.327$) del comportamiento de la CIC es explicado por el nivel de acidez del suelo, esta relación es señalada por Benzing (2001) como CIC variable que aumenta con el incremento del pH. Sobre todo la materia orgánica, pero también algunos minerales arcillosos se caracterizan por una CIC variable. Se aprecia que los valores más bajos de CIC se presentan cuando el pH presenta valores por debajo de 5.5 y por el contrario los valores más altos de CIC cuando el pH presenta valores entre 6 y 7.

Esta dependencia de la CIC con la acidez se debe a que conforme aumenta el pH del suelo se generan nuevas cargas negativas en el complejo de cambio y es reportada por Anzorena (1995) y Benzing (2001), como CIC variable, la cual es más común en la CIC proveniente de la materia orgánica, que de las arcillas. Esta variabilidad permite deducir que una gran parte de la CIC que presentan los suelos de la microcuenca la Suiza proviene del humus de la materia orgánica.

Cuadro 4. Clasificación de suelos por su relación C/N (Valencia, 1998)

Rango	Valor	Sitios	
		No.	%
Adecuado	11-16	42	86
Baja	< 11	3	6
Alta	>16	4	8

Cuadro 5. Clasificación de suelos según valor de CIC para cultivo de café (Suarez, 2013).

Clase	CIC (meq/100gr)	Parcelas	
		Cantidad	%
Nivel bajo	<10	9	18
Nivel adecuado	10-20	27	55
Nivel alto	>20	13	27
Total		49	100

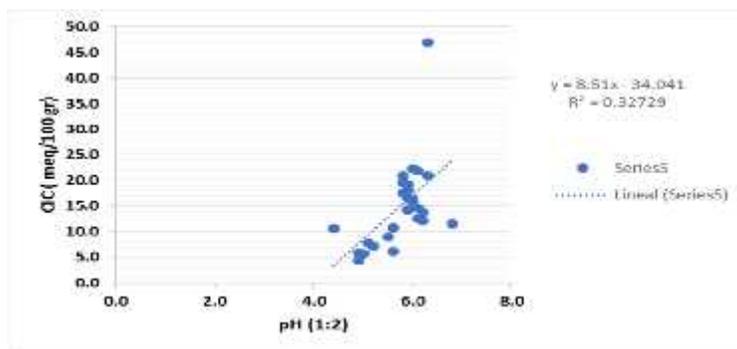


Figura 6. Influencia del pH en la CIC.

En la figura 7, se observa que un 14.5 por ciento ($R^2=0.1453$) del comportamiento de la CIC es explicado por el nivel de materia orgánica en el suelo. La mayoría de los valores más bajos de CIC se presentan cuando la materia orgánica presenta valores por debajo de 10 por ciento, sin embargo, también hay

parcelas con baja CIC aunque presenten valores muy altos de materia orgánica, lo cual podría estar influenciada por el alto nivel de acidez que limita la tasa de mineralización de la materia orgánica.

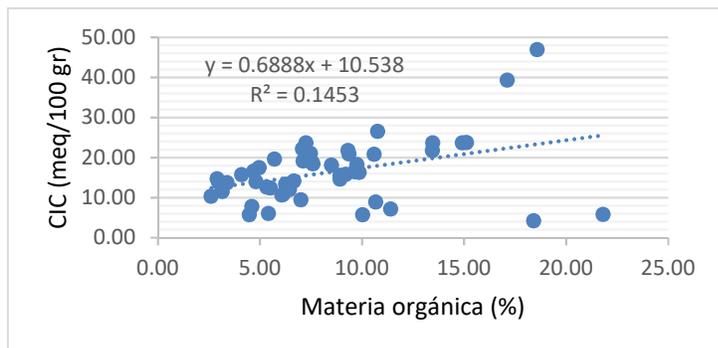


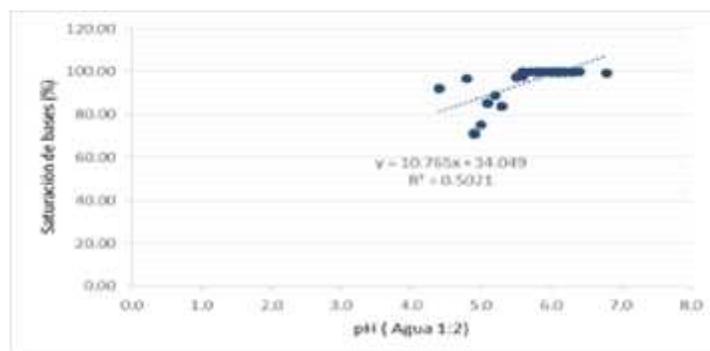
Figura 7. Influencia de la Materia Orgánica en la CIC.

Sustentado en los análisis anteriores se deduce que la dinámica de la CIC en los suelos cafetaleros de la microcuenca La Suiza está influenciada por el pH y el contenido de materia orgánica. Valencia (1998), desde el punto de vista químico un suelo equilibrado para el cultivo de café debería tener en términos porcentuales 60-75 por ciento de saturación de Ca, 12-20 por ciento de Mg, 3-7 por ciento de K y de 10-15 por ciento de H y Al³⁺. Considerando lo anterior, en el Cuadro 6, se muestra la situación de las parcelas analizadas.

Cuadro 6. Clasificación de suelos según por ciento de saturación de Ca, Mg, K y Acidez (Valencia, 1998)

Cación	Saturación adecuada (%)	No. Parcelas			Total
		Desbalance hacia abajo	Adecuado	Desbalance hacia arriba	
Ca	60 – 75	5	13	31	49
Mg	12 – 20	8	30	11	49
K	3 – 7	17	19	13	49
Acidez (H+Al)	10 – 15	43	2	4	49

En las 49 muestras de suelos estudiadas se observa una relación positiva bastante clara entre el pH y el por ciento de saturación de bases (Figura 8).



**Figura 8. Influencia del pH en % de saturación de bases en los suelos estudiados (N=49).
Influencia de la acidez sobre el rendimiento del café**

Con los datos de rendimiento de una muestra de 38 productores, el rendimiento promedio de café es 6.69 (± 5.2) Qq/ha con un valor en rendimiento mínimo de 0.5, un máximo de 24. El coeficiente de variación del 77.75 por ciento indica una alta variabilidad en el rendimiento entre parcelas.

Figura 9, se observa que de manera general no existe ninguna influencia ($R^2=0.0003$) del pH sobre el rendimiento de café pergamino, ya que se observan rendimientos altos y bajos independientemente del valor del pH del suelo.

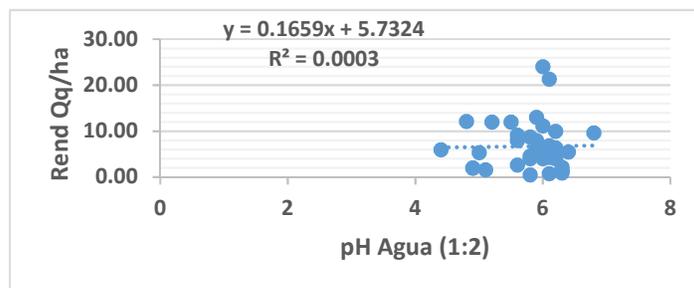


Figura 9. Influencia del pH en el rendimiento de café.

CONCLUSIONES

Los suelos presentan una acidez generalizada ocasionada principalmente por el H^+ en la solución del suelo, este tipo de acidez no daña al cultivo de café ya que se encuentra en rangos tolerantes para dicho cultivo. En las 49 muestras de suelos analizadas se observa una relación positiva bastante clara entre el pH y el por ciento de saturación de bases. La alta saturación de bases indica la ausencia de iones de H^+ y Al^{+3} en los coloides y mayor presencia de cationes metálicos. Los valores encontrados de materia orgánica indican que, aunque en la microcuenca existen condiciones adecuadas de temperatura y precipitación, el pH ácido está afectando su humificación y mineralización, debido a la limitada acción bacteriana, mientras que la dinámica de la CIC en los suelos está influenciada por el pH y el contenido de Materia Orgánica. El 50% de los suelos presentan niveles bajos en el contenido de P. La acidez tiene una influencia relativa (32 por ciento) sobre la capacidad relativa de fijación de P. Encontrándose en los cafetales síntomas visibles de esta deficiencia, representada con una clorosis entre las venas de las hojas más viejas en las ramas inferiores del arbusto de café, lo que puede ocasionar defoliación y pobre desarrollo del sistema radical. No se identificó una influencia directa de la acidez del suelo sobre los niveles de rendimiento de café.

LITERATURA CITADA

- AMECAFE. 2010. Padrón nacional cafetalero. Asociación Mexicana de la Cadena productiva del Café, A.C. México. Cartografía digital.
- Anzorena M. N. 1995. El suelo en la agricultura y el medio ambiente. Fertilidad del suelo: acidez y complejo de cambio. Revista Sustrai, 36 (1er. Trimestre): 40-44.
- Benzing A. 2001. Agricultura Orgánica. Fundamentos para la Región Andina. Neekar-Verlag, Villingen-Schwenningen. Alemania., (Vol. 1, p. 47-48-49, 56,166-167,193-682, p.). Alemania: Neekar-Verlag.
- López B. W., Magdaleno G. R., Reynoso S. R., Salinas C. E. 2011. Conectividad hídrica entre municipios, cuencas y Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México". Potencial para la creación de un mercado local de agua. Libro Técnico No. 5. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. En prensa. 83 p.
- López-Báez, W., R. Magdaleno-González, I. Castro-Mendoza. 2012. Riesgo a deslizamientos de laderas en siete microcuencas de la Reserva de la Biósfera El Triunfo. Libro Técnico No. 7. Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Ocozacoautla, Chiapas, México.
- Molina, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo, ACCS, San José, Costa Rica. 45 p.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelo, estudio, muestreo análisis.
- Suárez, M. (2013). Eficiencia SEGÚN Elemento. En Requerimientos nutricionales y la fertilización del cultivo del café. México.
- Valencia, G. (1998). Nutrición del café. En Manual de Nutrición y fertilización del café (pp. 18-34). Costa Rica.
- Financiera Rural. 2014. Panorama del Café en México. Dirección General de Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnología de la Información. En: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Caf%C3%A9%20\(may%202014\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Caf%C3%A9%20(may%202014).pdf).

DENSIDADES DE SIEMBRA DE MORINGA EN YUCATÁN, MÉXICO SOWING DENSITIES OF MORINGA IN YUCATAN, MEXICO

Basulto Graniel JA, Gamboa JA, Reyes Chávez E

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

RESUMEN

La obtención de materia prima para la elaboración de bioenergéticos es el factor limitante para su producción. Nuestro país importa más del 90% de granos de oleaginosas para cubrir la demanda nacional. Esta falta de materia prima para la industria nacional, impulsa la búsqueda de nuevos cultivos productores de aceite para la elaboración de biocombustibles. Una de las especies que reúnen a corto y mediano plazo, ventajas agronómicas y tecnológicas como alto potencial de rendimiento de grano y follaje, así como alto contenido de aceite y calidad del mismo es la *Moringa oleifera*; especie versátil, la cual ha cobrado gran interés debido a sus cualidades nutricionales y energéticas. Sin embargo, se desconoce la adaptación y tecnologías de producción para las distintas condiciones agroecológicas del país; por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar cuatro distancias de siembra para Moringa en un suelo Luvisol ródico en el estado de Yucatán. El experimento se estableció en el Sitio Experimental Uxmal, en un tipo de suelo Luvisol ródico. Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron cuatro distancias de siembra de 4 x 4, 4 x 2, 3 x 2 y 2 x 2 m entre hileras y entre plantas. La siembra se realizó bajo temporal el 13 de junio de 2013. A los tres años de la siembra, sobresalió la distancia de siembra de 2 x 2 m con un rendimiento promedio de tres años de 752.37 kg ha^{-1} semilla.

Palabras clave: *moringa*, *Luvisol ródico*, *rendimiento*, *grano*, *fruto*.

INTRODUCCIÓN

México tiene una alta demanda de biodiesel para su uso tanto en el transporte aéreo como en el terrestre. La demanda obedece a la necesidad de diversificar la matriz energética ante altos precios del combustible y la reducción de las reservas. Otro factor de gran importancia que influye en la demanda, es la imperante necesidad de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático. Los biocombustibles y particularmente el biodiesel, aportarán a cubrir la necesidad de energía renovable y a la mitigación de gases de efecto invernadero. (IPCC, 2007; Zamarripa *et al.*, 2012; Zamarripa *et al.*, 2013). En la actualidad no se dispone de suficiente materia prima de plantas oleaginosas para considerar su uso en la producción de aceites con el objetivo de producir biodiesel. El país importa más del 90% de granos de oleaginosas para satisfacer el abasto nacional para consumo humano y uso pecuario. Esta situación orienta a la búsqueda de nuevas fuentes de obtención de aceites de especies con potencial bioenergético. Para México una de las especies que reúnen a corto y mediano plazo, ventajas agronómicas y tecnológicas como la adaptación a diversos ambientes, bajos requerimientos de agua, alto potencial de rendimiento de grano y follaje, así como alto contenido de aceite y calidad del mismo es la *Moringa oleifera*, especie versátil, conocida comúnmente como Moringa la cual ha cobrado gran interés debido a sus cualidades nutricionales y energéticas, por lo que se ha posicionado como una alternativa de producción en varias regiones del mundo como Asia y África (Zamarripa *et al.*, 2011; Basulto *et al* 2015 a; Basulto *et al* 2016; Díaz *et al.*, 2016).

La Moringa *Moringa oleifera* en el estado de Yucatán, se presenta como una alternativa renovable energética multipropósito, a partir de la cual se pueden desarrollar materias primas sustitutas para el petróleo, además de otros usos por su valor alimenticio humano y animal (Basulto *et al* 2015 a; Basulto *et al* 2015 b; Basulto *et al* 2016).

Sin embargo, no se cuenta con variedades generadas de este cultivo bioenergético, que estén adaptadas a las regiones potenciales de México, se desconoce el manejo agronómico y el rendimiento agroindustrial; por lo tanto, se requiere iniciar la selección de genotipos elite y desarrollar tecnologías sustentables de producción para la Moringa, como cultivo bioenergético y como fuente de alimento en México.

El objetivo del presente estudio fue evaluar cuatro distancias de siembra para Moringa en un suelo Luvisol ródico en el estado de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Sitio Experimental Uxmal, ubicado en el sur del estado a 72 km de Mérida, en un tipo de suelo Luvisol ródico con clima AW₀. Ubicado en las coordenadas con Latitud Norte 20° 24' 04" y una Longitud Oeste 89° 45' 04"; con una altitud de 41 msnm, una temperatura media anual de 24.2 °C y una precipitación media anual de 1139 mm.

Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar, con cuatro repeticiones. Se aplicaron cuatro tratamientos de distancias de siembra, los cuales fueron: T1: 625 plantas /ha (4 m entre plantas y 4 m entre hileras); T2: 1250 plantas/ha (2 m entre plantas y 4 m entre hileras); T3: 1666 plantas/ha (2 m entre plantas y 3 m entre hileras) y T4: 2500 plantas/ha (2 m entre plantas y 2 m entre hileras). La parcela experimental consistió de 6 plantas y la parcela útil en 4 plantas con competencia completa. La preparación del suelo para el experimento consistió en tumba de la vegetación con un tractor de oruga y la aplicación de herbicida sistémico al terreno antes de la siembra. La siembra se realizó bajo temporal el 13 de junio de 2013, a espeque depositando tres semillas por piquete, para posteriormente dejar solo una planta. Se realizaron aplicaciones del herbicida glifosato para el control de maleza en las calles del experimento; y dentro de las parcelas experimentales se emplearon pantallas para evitar que los herbicidas hicieran contacto con las plantas de Moringa. La cosecha de semilla se realizó en julio de 2014, 2015 y 2016. Se evaluaron las variables: altura de planta, diámetro a la base del tallo, número de ramas por planta antes del inicio de la cosecha de semilla; peso del fruto y peso de semilla a la cosecha. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias DMS, 0.05, con el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS

Altura de planta, diámetro basal y número de ramas antes de la cosecha de fruto (julio 2016)

En el cuadro 1 se presentan las medias de las variables altura de planta, diámetro basal y número de ramas de cuatro tratamientos de distancias de siembra, tomados a los tres años de la siembra, antes de realizar la cosecha del año 2016, en el experimento de evaluación de cuatro distancias de siembra de Moringa.

Para altura de planta no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos empleados, el valor más alto lo presentó el tratamiento 1 con 7.98 m y la menor altura el tratamiento 3 con 7.30 m. En diámetro basal el tratamiento 1 con 21.35 cm fue significativamente diferente ($P < 0.05$) a los tratamientos 3 y 4 con valores de 16.40 y 15.73 respectivamente. En número de ramas el tratamiento 1 presentó el valor más alto con 318.75 ramas el cual fue significativamente diferente ($P < 0.05$) a los tratamientos 3, 2 y 4 que arrojaron valores de 146.25, 143.75 y 100.50 ramas en el mismo orden.

Rendimiento de fruto y rendimiento de semilla a los tres años de la siembra (julio de 2016).

En el cuadro 2 se presenta las medias de rendimiento de fruto (kg^{-1}ha) y rendimiento de semilla (kg^{-1}ha), para cuatro tratamientos de distancias de siembra obtenidos en julio del año 2016.

Para la variable rendimiento de fruto el tratamiento 4 presentó un valor de $2,700 \text{ kg ha}^{-1}$ de fruto siendo significativamente diferente ($P < 0.05$) al tratamiento 1 con $1,429 \text{ kg ha}^{-1}$ de fruto. En rendimiento de semilla destacó el tratamiento 4 con $1,080 \text{ kg ha}^{-1}$ de semilla, el cual fue significativamente diferente ($P < 0.05$) al tratamiento 1 que rindió $571.60 \text{ kg ha}^{-1}$ de semilla.

En el Cuadro 3 se presentan las medias de rendimiento de semilla (kg ha^{-1}) de tres cosechas realizadas en el experimento de distancias de siembra de Moringa, durante los años 2014, 2015 y 2016 en el estado de Yucatán.

Se observó que el tratamiento 4 presentó el valor más alto de rendimiento de semilla, en el promedio de tres años de estudio, con $752.37 \text{ kg ha}^{-1}$ de semilla.

Los rendimientos obtenidos a los dos años de la siembra (año 2015) de los tratamientos estudiados, presentaron una tendencia disminuir en comparación con los rendimientos obtenidos al primer año; esto

Cuadro 1. Comportamiento de cuatro tratamientos de distancias de siembra de Moringa, a los tres años de siembra en Yucatán.

Trat.	Altura de Planta (m)	Diámetro Basal (cm)	Ramas
T1	7.98	21.35 a	318.75 a
T2	7.83	18.05 ab	146.25 b
T4	7.71	16.40 b	143.75 b
T3	7.30	15.73 b	100.50 b

DMS 3.5687 108.87
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

pudo deberse a la competencia entre plantas por luz, agua y nutrientes, ya que las distancias de siembra empleadas fueron muy cerradas (1.5 m entre plantas y 3 m entre hileras) y también a que no se practicó la poda en los árboles. Cosa normal, ya que se trata de un cultivo nuevo y con estos trabajos se inicia la investigación de Moringa en el INIFAP.

Hay que tomar en cuenta también que la máxima floración de la Moringa en Yucatán se da en la primera quincena de marzo, donde se presentan muy altas temperaturas, y se ha observado mucha floración caída en el suelo formando una delgada alfombra.

El año 2016 fue muy bueno para la producción de semilla de Moringa, ya que las plantas estuvieron floreciendo todo el año; lo que se reflejó en los rendimientos.

Sin duda los rendimientos de semilla se pueden incrementar sustancialmente mediante las prácticas de manejo como distancias de siembra y podas; por lo que es necesario continuar con los experimentos y realizar otros nuevos en este cultivo.

Cuadro 2. Rendimiento medio (kg ha⁻¹) de fruto y semilla de cuatro tratamientos de distancias de siembra de Moringa, a los tres años de siembra en Yucatán.

Trat.	Fruto	Semilla
T4	2700.00 a	1080.00 a
T2	2123.00 ab	849.20 ab
T3	1949.90 ab	780.00 ab
T1	1429.00 b	571.60 b

DMS 1251.00 500.41
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro 3. Rendimientos medios (kg ha⁻¹) anuales de semilla de cuatro tratamientos de distancias de siembra en moringa en el estado de Yucatán.

Tratamiento	2014	2015	2016	Media tres años
T1	315.63 b	383.52	571.60 b	423.58
T2	553.75 ab	485.38	849.20 ab	629.44
T3	793.01 a	587.60	780.00 ab	720.20
T4	728.88 a	448.24	1080.00 a	752.37

DMS 408.02 500.41
Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

CONCLUSIONES

A los tres años de la siembra, antes de realizar la cosecha del año 2016, la mayor altura de planta la presentó el tratamiento 1 con 7.98 m, en diámetro basal destacó el tratamiento 1 con 21.35 cm y en número de ramas el tratamiento 1 que presentó el valor más alto con 318.75 ramas. En el año 2016 el mayor rendimiento de fruto lo presentó el tratamiento 1 con 2438.90 kg ha⁻¹ de fruto y 975.50 kg ha⁻¹ de semilla. El tratamiento 4 sobresalió con el valor más alto de rendimiento de semilla, en el promedio de tres años de estudio, con 752.37 kg ha⁻¹ de semilla. Sin duda los rendimientos de semilla se pueden incrementar sustancialmente mediante las prácticas de manejo como distancias de siembra y podas; por lo que es necesario continuar con los experimentos y realizar otros nuevos en este cultivo.

LITERATURA CITADA

- Basulto, G.J., Reyes, R.A.L., Gamboa, J.A y Góngora, G.S. 2015 a. Evaluación agronómica de colectas de moringa (Moringa oleífera) en un suelo luvisol ródico en el estado de Yucatán. XXVII Reunión Científica – Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2015. Y IV Simposio Internacional de Producción Agroalimentaria Tropical. Del 5 y 6 de noviembre de 2015. Villa Hermosa, Tabasco. (Trabajo completo 7 p).
- Basulto, G.J., Reyes, A.L., Góngora, G.S., Gamboa, J. A. 2015 b. Evaluación agronómica de 20 materiales de Moringa en suelo luvisol ródico en el Estado de Yucatán, México. Convención Internacional Agroforestal, 6to. Congreso Forestal de Cuba, II Congreso Internacional de Café y Cacao y VI Encuentro Internacional de Jóvenes Investigadores. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba, del 13 al 17 de abril de 2015. (Trabajo completo 6 p).
- Basulto-Graniel, J. A., Rico-Ponce, H. R., González-Jiménez, A., Díaz-Fuentes, V.H., Rueda-Sánchez, A., Ortiz-Curiel, S., Solís-Bonilla, J. L., Reyes-Reyes A. L. 2016. Componentes tecnológicos para la producción de semilla de moringa como insumo para biocombustibles. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Folleto Técnico Número 42. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 25 p.
- Díaz-Fuentes, V. H., Rico-Ponce, H. R., Basulto-Graniel, J. A., González-Jiménez, A., Rueda-Jiménez, A., Avendaño-Arrazate, C. H. 2016. Contribuciones al conocimiento de la moringa Moringa oleífera L. en México. Evaluación y selección de genotipos para la producción de semilla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Folleto técnico Número 41. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 73 p.

- IPCC, 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- Zamarripa, C.A., Solís, B.J.L., Martínez, V.B.B. y Ochoa E.X.M. 2011. Moringa oleífera: una especie vegetal con potencial de uso en México. Desplegable informativo Núm. 10. INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas México.
- Zamarripa Colmenero, A., Solís Bonilla, J.L., Martínez Valencia, B., Pecina Quintero, V. 2012. Agronomic and biochemical study of *Jatropha curcas* L. in México. In: BIT'S 2nd Annual World Congress of Bioenergy. Xi'an, China. Pág. 115.
- Zamarripa Colmenero, Alfredo y Solís Bonilla, José Luis. 2013. *Jatropha curcas* L. Alternativa bioenergética en México. Libro Científico No.1. INIFAP. Campo experimental Rosario Izapa. 162 p.

POTENCIAL HIDROGENO Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN DEL AGUA DE POZO ARTESANAL
HYDROGEN POTENTIAL AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY: QUALITY PARAMETERS IN THE PROCESS OF DISTILLATION OF WATER OF WELL-BEING

¹Torres JAC, ²Rivera-Cruz MC

¹Área de destilación. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km. 3. C.P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

²Laboratorio de Microbiología Agrícola y Ambiental. Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. Periférico Carlos A. Molina km 2, H. Cárdenas, Tabasco, México. CP 86570
Autor para correspondencia: ing.actj@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial hidrogeno y conductividad eléctrica del agua destilada y su comparación con el agua de pozo y enfriamiento usadas en el proceso de destilación, que permitan determinar la calidad del agua destilada que se produce en el laboratorio. Se utilizó agua de pozo, destilada y enfriamiento usadas y generadas en el área de destilación del Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados. Los momentos de evaluación fueron en cuatro volúmenes de cada tipo de agua (5, 205, 405 y 605 L). En total se realizaron 12 evaluaciones con diez repeticiones. El pH y conductividad eléctrica se realizó directamente en el agua con un equipo digital (marca HANNA). Los resultados indican un cambio positivo en pH y conductividad eléctrica del AP a AD las cuales bajaron en ambos parámetros. El pH del AP bajo al someterse a la destilación entre 2.2-1.6 veces, también la conductividad bajo un 100%, se demostró que estos parámetros en agua destilada permiten determinar la eficiencia de los equipos de destilación, producir agua de calidad para usarse en rutinas analíticas y preparación de soluciones en el laboratorio.

Palabras claves: Agua, hidrogeno, conductividad, destilación

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los reactivos comunes y considerado como disolvente universal, por lo tanto, es importante cuidar su pureza. Si se mantiene un control sistemático de la pureza o calidad del agua para uso en el laboratorio se promueve la eliminación de sesgos en los resultados, se evitan interferencias o reacciones colaterales y se aumenta así la confiabilidad de dichos resultados (Valdivia-Medina *et al.*, 2010). El agua natural contiene varios ácidos y bases débiles de origen natural y diversa procedencia. El agua profunda entre 15 a 18 metros del atlántico contiene carbonatos, calcio y magnesio los cuales aportan dureza, también contiene otras sustancias como hierro, sílice, manganeso, cloruros, sulfatos, sodio, fosfato, borato y otros materiales en suspensión (Rodríguez y Marín, 1999). La dureza del agua es un factor que limita su uso en determinados procesos, es importante el conocimiento de medidas directas y rápidas para verificar la presencia de ácidos y sales minerales, para ellos se usa el potencial hidrogeno y la conductividad eléctrica. Varios métodos se utilizan en el tratamiento de las aguas y el empleo de cada uno depende del objetivo que se persiga con el agua (OMS, 2006). La destilación es el método más antiguo y consiste en separar los componentes en los diferentes puntos de ebullición, con ella el agua se calienta hasta ebullición 100°C (212°F) y el vapor se separa, se condensa y se recolecta. La ebullición asegura la muerte de los microorganismos en estado vegetativo, pero la evaporación (cambio de estado líquido-vapor), y la condensación separa los sólidos disueltos y minerales (Valdivia *et al.*, 2010). Los componentes con una presión de vapor bajan tendrán puntos de ebullición altos y los que tengan una presión de vapor alta tendrán puntos de ebullición bajos (Anónimo, 2017). El proceso continuo de la destilación ocasiona que la evaporación almacene los sedimentos sólidos separados del agua, en el interior del equipo (cilindro) logrando eliminar las incrustaciones del líquido y sarro al abrir la válvula descentralizadora (Jenkins y Snoeyink, 2002; Valdivia *et al.*, 2010).

En la actualidad el Laboratorio Central del Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados tiene la necesidad de usar agua que cumpla con parámetros básicos de calidad para los análisis físicos, químicos y biológicos que realiza. En este laboratorio se realiza investigación científica básica y aplicada en agricultura, ambiente, alimento y sociedad, por lo que los datos que se generen no deben ser interferidos por el uso de un agua sin calidad. Los objetivos de la presente investigación fueron; 1). Comparar el pH, conductividad eléctrica del agua destilada con el agua de pozo y enfriamiento que se usa y genera durante el proceso de

destilación. 2) Determinar la calidad del agua destilada que se produce en el área de destilación del Laboratorio Central del Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se realizó en el área de producción de agua destilada del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, durante un tiempo de cuatro meses. Se utilizaron dos destiladores (BARNSTEAD, modelo: A1015 y (NOVATECH, modelo 36223) como instrumento físico de tratamiento. Los dos destiladores con una capacidad de producir 40 litros de agua en siete horas. El diseño experimental utilizado es un factorial 3x4, basado en tres tipos de agua [agua de pozo (AP), agua de enfriamiento (AE) y agua destilada (AD)] y cuatro volúmenes de tipo de agua (5, 205, 405 y 605 L), en total 12 tratamientos con 10 repeticiones. AP es aquella que es suministrada directamente a los destiladores (previa filtración física). AE es la que desaloja el destilador después de la ebullición y condensación. AD es la que ha pasado por un proceso de ebullición, evaporación y condensación usando los destiladores. El muestreo de los tres tipos de agua se rigió según el volumen del AD a los 5, 205, 405 y 605 L. Así mismo se tomaron las muestras de AP y AE en el mismo tiempo de la toma de AD. Se colecto muestras de 100 ml de agua por repetición de tratamiento, estas se depositaron en frasco de vidrio con tapa de rosca esmerilada, se almacenaron en refrigeración a 4°C hasta su procesamiento en el Laboratorio de Microbiología Agrícola y ambiental del Campus Tabasco. El potencial de hidrogeno (pH) y conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) se evaluó directamente con potenciómetro a una temperatura de 23°C y la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de manera directa usando un equipo portátil marca HANNA Instruments. A los datos de pH y conductividad eléctrica del agua se aplicó análisis de varianza (Anova), para cada variable, y la comparación de medias mediante la prueba de Duncan (P 0.05) con el programa Statistical Analysis System versión 8.01 (SPSS, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades químicas del agua por tipo de agua y volumen.

El pH del agua presento diferencias estadísticas significativas (Duncan p 0.05) según el tipo de agua y volumen evaluado (Figura 1).

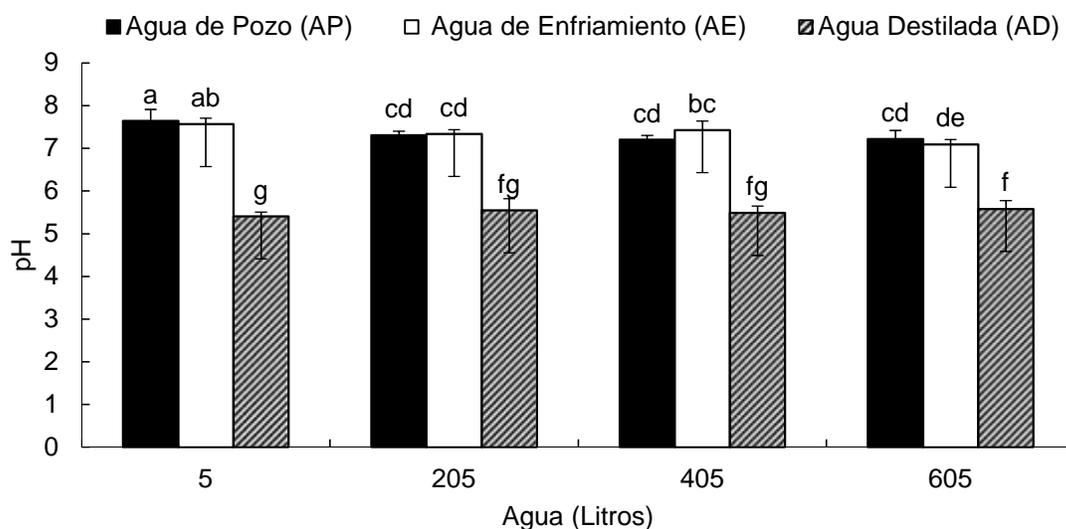


Figura 1. Efecto de volumen de agua en el pH del agua de pozo, enfriamiento y destilada que se utilizan en el área de destilación.

El mayor pH con 7.64 se presentó en cinco litros de agua de pozo, pero bajo a 7.31, 7.20, 7.22 en 205, 405 y 605 L respectivamente, estos valores de pH clasifican a este tipo de agua como moderadamente alto lo que indica según Athala y Olvera (2006) que estas aguas contienen alta concentración de bicarbonatos. Así mismo el agua de enfriamiento contienen un pH moderadamente alto (ligeramente alcalina) al obtener pH entre 7.09 a 7.57. Al respecto el AP y AE coincide con el pH de agua clara de pozo profundo (7.3-7.9) que indica Kiely (1999) en el análisis típico de agua bruta y con la concentración máximo admisible de agua potable en la Unión Europea.

El agua destilada en los 5, 205, 405 y 605 L con pH de 5.41, 5.55, 5.49 y 5.58 respectivamente, indica que esta en el rango de moderadamente bajo (de 4 a 7, ligeramente ácida) se asocia con pequeñas cantidades de minerales ácidos de fuentes sulfurosas o con ácidos orgánicos (Athala y Olvera, 2006). Así mismo el agua de acuerdo al pH según la norma ISO 3696 (1987) uso del agua en análisis de laboratorio- Test de especificaciones de métodos. Esta norma hace referencia que el pH entre 5.0 y 7.7 es agua **Grado 3**- apropiada para la mayoría de los trabajos de química en laboratorios por vía húmeda y la preparación de soluciones de reactivos. El proceso de tratamiento del AP usado en el Laboratorio Central del Colegio de Postgraduados con los equipos BARNSTEAD y NOVATECH indujeron cambios significativos en la calidad del agua basado en el pH, esto es el pH del AP al destilarse 5, 205, 405 y 605 L el pH bajo 2.23, 1.76, 1.71 y 1.64 veces respectivamente.

La conductividad eléctrica del agua presenta diferencias estadísticas significativas (Duncan $p < 0.05$) según el tipo de agua y volumen evaluado (Figura 2). La conductividad eléctrica del agua de pozo y enfriamiento en los cuatro volúmenes presento un rango de **649 a 749 $\mu\text{S/cm}$** , mientras que el agua destilada en los cuatro volúmenes con cero. Al respecto el agua de pozo que se está usando para destilar tiene una conductividad eléctrica promedio muy alta (705 $\mu\text{S/cm}$) y proviene de un pozo artesanal de 18 m de profundidad, este valor de conductividad la ubica según Kiely (2001) entre la conductividad eléctrica del agua clara de pozo profunda (580 $\mu\text{S/cm}$) y el agua turbia de río (915 $\mu\text{S/cm}$). Mientras que el agua destilada que se produce en el área de destilación del Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados se clasifica Grado-1 según la norma ISO 3696 (1987) uso del agua en análisis de laboratorio- Test de especificaciones de métodos, debido a 0.1 $\mu\text{S/cm}$ indica un límite normal para ser utilizada en rutinas analíticas químicas, bioquímicas y biológicas en laboratorios.

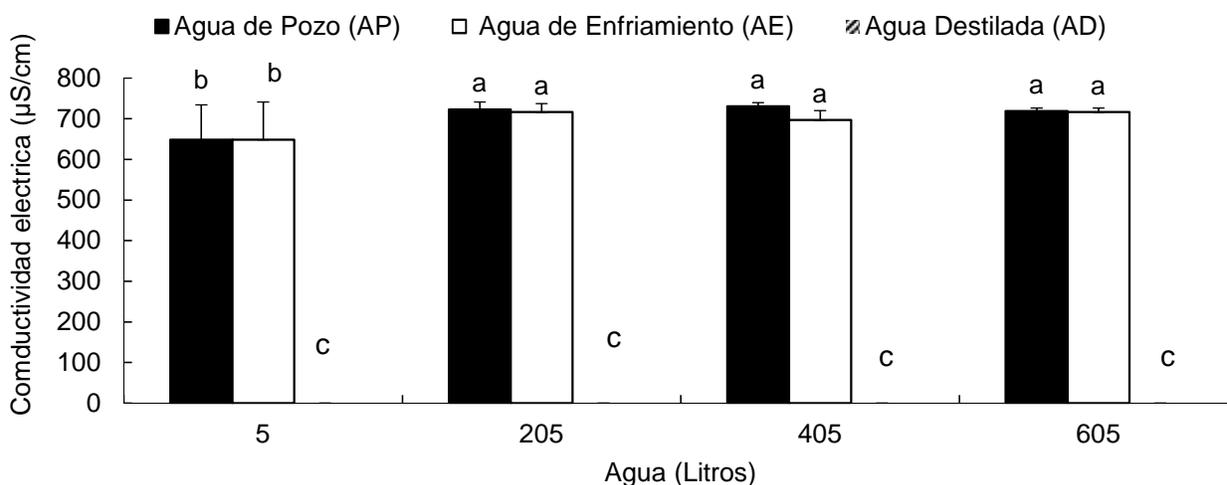


Figura 2. Efecto del volumen de agua en la conductividad eléctrica del agua de pozo, enfriamiento y destilada.

CONCLUSIONES

El potencial hidrogeno promedio (7.64) del agua de pozo artesanal disminuyo hasta 5.48 por efecto de la destilación. La conductividad eléctrica promedio (705 $\mu\text{S/cm}$) del agua de pozo artesanal fue disminuida en un 100% por efecto del proceso de destilación usando equipos certificados y con mantenimiento físicos periódicos. La calidad de agua destilada basada en parámetros básicos como es el pH y conductividad eléctrica permiten asegurar su producción y distribuir el agua con mayor confiabilidad, para que los usuarios del Laboratorio Central Campus Tabasco generen datos confiables. Sin embargo, para seguir produciendo agua destilada de calidad es necesario dar mantenimientos periódicos a los equipos de destilación debido a que durante el proceso los carbonatos, sales disueltas se separan y liberan acumulándose dentro del equipo en forma de capa blanca en el fondo del generador de vapor y esto induce disminución de la cantidad y calidad.

LITERATURA CITADA

- Athala, M. J. y Olvera, A. A. 2006. Serie de ejercicios numéricos para la materia de Geohidrología de la Licenciatura en Ingeniería Civil. (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Acatlán, México. 155 p.
- Jenkins, D., y Snoeyink, V. L. 2002. Química del agua. Octava reimpresión. Editorial LIMUSA, S.A de. C.V., México. 13, 16 - 19 p.
- Kiely, G. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Mc Graw Hill Interamericana de España, España. 1329p.
- Rodríguez, M.J.M y Marín, G.R. 1999. Físicoquímica de aguas. Editorial Díaz de los Santos, S.A., Madrid, España. 466 p.
- SPSS, (Statistical Package for Social Sciences). 2011. Versión 20.0. SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA.
- Valdivia-Medina, R.Y., Pedro-Valdés, S., y Laurel-Gómez, M. 2010. Agua para uso en laboratorio. Boletín Científico Técnico INIMET. Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología, La Habana, Cuba, 1: 3-10.

Referencias Informáticas

- Anónimo, 2017. Aquamatter: Osmosis inversa, destilación y ozonizador.
<https://www.aquamatter.com/>. Acceso 30.06.17.
- ASTM, 1193. Standard specification for reagent water. 2001
<http://www.e1na.com/pdf/astm-water-standards.pdf>. Acceso 29.06.17.
- ISO (International organization for Standardization) 3696. Water for analytical laboratory use-specification and test methods. 1987.
<https://www.iso.org/standard/9169.html>. Acceso 30.06.17.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). Guías para la calidad del agua potable. 2006.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf Acceso 30.05.17.

**ÁREAS POTENCIALES PARA ESTABLECER UNIDADES PRODUCTORAS DE GERMOPLASMA
FORESTAL DE *Pinus oocarpa* var. *ochoteranai* Y *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*
POTENTIAL AREAS FOR ESTABLISHING FORESTRY GERMOPLASMA PRODUCTION UNITS *Pinus*
oocarpa var. *ochoteranai* AND *P. pseudostrobus* var. *oaxacana***

¹Reynoso Santos R, ¹Perez Hernández MdeJ, ¹López Báez W, ²Hernández Ramos J, ³Muñoz Flores H. J.
²Uicab Cob JV, ⁴Reynoso Santos MD

¹Campo Experimental Centro de Chiapas, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, INIFAP. Correo:
e: reynoso.roberto@inifap.gob.mx

²Campo Experimental Chetumal, Centro de Investigación Regional Sureste, INIFAP.

³Campo Experimental Uruapan, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, INIFAP.

⁴CONAFOR, Departamento de Germoplasma Forestal, Gerencia estatal Chiapas.

Autor para correspondencia: reynoso.roberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

La zonificación de áreas potenciales es necesaria para establecer Unidades Productoras de Germoplasma Forestal de especies forestales. El objetivo del presente estudio fue modelar la distribución potencial de *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* y *P. oocarpa* var. *ochoteranai* en Chiapas, México. Para esto, se realizó el procesamiento cartográfico de variables topográficas, climáticas, edáficas (uso de suelo) ecológico y modelos de nicho ecológico (MaxEnt). Para ello, se utilizaron 220 datos de presencia de *P. oocarpa* y 107 para *P. pseudostrobus* obtenidos de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad, Global Biodiversity Information Facility, el Missouri Botanical Garden y MEXU. La distribución potencial de la especie, fue modelada con 500 y 1000 iteraciones a través de las regresiones de tipo Logistic, Cumulative y Raw. La validación estadística, se realizó con 28% de los datos para cada especie a través de la técnica Crossvalidate y Bootstrap. El modelo que mejor se ajustó, fue el de tipo Logistic con una validación de tipo Bootstrap. Los valores del Área Bajo la Curva (AUC) para los datos estimados y validados, fueron de 0.941 y 0.914 para *P. oocarpa*, y 0.974 y 0.928 en *P. pseudostrobus*. Las variables que más influyeron en la presencia o ausencia de las especies fueron altitud con 46.5 y 72.9% y el uso de suelo con 22.6 y 14.1%, para *P. oocarpa* var. *ochoteranai* y *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*, respectivamente. Los resultados del modelo permitieron ubicar áreas óptimas para el establecimiento de UPGF.

Palabras clave: áreas potenciales, germoplasma, modelos predictivos, MaxEnt.

INTRODUCCIÓN

Actualmente buena parte del germoplasma forestal utilizado en la producción de planta para abastecer los programas de reforestación nacional provienen de poblaciones naturales o de plantaciones forestales sin manejo, sin considerar su calidad fenotípica y genotípica. Además, parte de la planta producida se usa de forma indiscriminada en reforestar áreas con condiciones edafoclimáticas diferentes a las zonas de procedencia del germoplasma (DOF. 2016. NOM NMX-AA-169-SCFI-2016). Lo anterior repercute en baja supervivencia y baja productividad, para el caso de plantaciones comerciales, además, cuando estos se usan en áreas completamente diferentes a los requeridos por la especie pueden convertirse en vectores de plagas y enfermedades (Vanegas, 2016).

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) ha promovido la reforestación con fines de impulsar la restauración ecológica de áreas degradadas; un factor importante en el éxito de las reforestaciones es el manejo y producción de semillas forestales, ya que, semillas de calidad aseguran mayor producción de planta y sus características apropiadas garantizan una alta supervivencia en campo (CONAFOR, 2012; CONAFOR, 2014). Como parte de un esfuerzo por regular el uso y movilización indiscriminada de semilla forestal, a finales del año 2016 entro en vigor la Norma Mexicana NMX-AA-169-SCFI-2016 (NMX-169), en la cual se establecen las especificaciones técnicas que se deben cumplir para obtener la certificación del proceso de establecimiento y manejo de las unidades productoras de germoplasma forestal.

Las Unidades Productoras de Germoplasma Forestal-Rodal Semillero (UPGF-RS) son una fuente de semilla de buena calidad, que permiten el abastecimiento de plantas bien adaptadas y genéticamente deseables, además, coadyuvan en el control del movimiento de germoplasma. Las UPGF-RS, se pueden establecer al interior de rodales naturales, plantaciones forestales o áreas de uso agropecuario con vegetación forestal, con individuos seleccionados por su fenotipo, debe cumplir con una superficie mínima de 3 ha.

Una forma de coadyuvar en la regulación del movimiento de germoplasma y aumentar el porcentaje de supervivencia de las reforestaciones es modelando la distribución potencial de las especies forestales, el modelado permite identificar áreas en donde las condiciones bióticas y abióticas favorecen la permanencia de una especie, también puede utilizarse para identificar zonas aptas para introducir especies con alto valor ecológico y/o económico. En años recientes han surgido diversas herramientas que facilitan el modelado de la distribución potencial de especies, tales como: GARP, Bioclim y MaxEnt, la selección del algoritmo está en función del conjunto y complejidad de los datos con los que se cuente.

Maxent ha demostrado tener una buena capacidad de predicción utilizando únicamente datos presencias (Navarro-Cerrillo et al., 2011; Elith et al., 2006), el modelo se basa en el principio estadístico de máxima entropía (cercana a la uniforme) que permite hacer predicciones utilizando información incompleta lo que representa una ventaja, ya que, para la mayoría de las especies se carece de datos de ausencias verdaderas (Phillips et al., 2006).

P. oocarpa y *P. pseudostrobus* son especies nativas de México, catalogados por la CONAFOR y CONABIO como especies prioritarias para fines de conservación, reforestación y restauración por su importancia económica, ecológica y social (FAO-CONAFOR, 2011). *P. oocarpa* es la especie pionera en producción de resina y presenta alto potencial para la producción de madera, por su parte, *P. pseudostrobus* es una especie que ayuda en la restauración de suelos degradados y es ampliamente utilizada en plantaciones comerciales para la obtención de recursos maderables (SIRE).

El Estado de Chiapas presenta un déficit en la producción de semilla forestal, ya que al año se produce 1053.21 kg de semilla distribuidas entre especies del género *Pinus* (377.24 kg), *Cedrela* (150.6 kg), *Tabebuia* (20.73 kg) y *Chamaedorea* (484.64 kg) (Com. Personal CONAFOR, 2015), en contraste, anualmente se requiere la producción de aproximadamente 19 millones de plantas para llevar a cabo los trabajos de reforestación en la entidad, estos datos evidencian la necesidad de disponer de germoplasma forestal en cantidad y calidad suficientes para cubrir estos requerimientos.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue delimitar áreas potenciales para el establecimiento de UPGF-RS de *P. oocarpa* y *P. pseudostrobus* en el estado de Chiapas, mediante el uso de algoritmos MaxEnt.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio.

El estado de Chiapas se localiza al sureste de la República Mexicana, cuenta con una superficie de 73272.3 km² (INEGI, 2013). El complejo relieve que presenta el estado se enmarca en siete regiones fisiográficas: llanura costera del pacífico, sierra madre de Chiapas, depresión central, altiplanicie central, montañas del oriente, montañas del norte y llanura costera del Golfo. Debido a estas condiciones topográficas, Chiapas es uno de los estados con mayor diversidad biológica.

Predomina el clima cálido húmedo que ocupa el 39.4 % del territorio, seguido del cálido subhúmedo con el 34.9 %, el semicálido húmedo ocupa el 14.2 % y en menor porcentaje se encuentran el templado subhúmedo y el templado húmedo que ocupan el 7.0 y 3.2 % respectivamente (INEGI, Conjunto de datos vectoriales de unidades climáticas, escala 1:1000000).

Datos de presencia.

Los datos de presencia de ambas especies se obtuvieron de bases de datos de los herbarios MEXU, CAS, CONABIO y de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad. Las bases se depuraron, eliminando aquellas que se ubicaron en zonas urbanas o cerca de ellas y las que se encontraron fuera del municipio reportado. Para *P. oocarpa* se obtuvieron 220 registros, mientras que para *P. pseudostrobus* 52, en ambos casos, se seleccionaron de forma aleatoria el 28 % del total de los registros para validar el modelo.

Variables edafoclimáticas.

Las variables que se utilizaron en la modelación, fueron seleccionadas con base en los requerimientos ambientales más significativos para ambas especies, también se consideró la disponibilidad de información geoespacial de cada variable. Las variables seleccionadas fueron: temperatura (Sáenz et al., 2006; Eguluz, 1982), precipitación (Sáenz et al., 2006; Fierros et al., 1999), altitud (Marlés et al., 2014; Viveros et al., 2007, Sáenz et al., 2006; Perry, 1991), tipo de suelo (Fierros et al., 1999; Eguluz, 1982), pH (Rueda et al., 2006; Eguluz, 1982), clima (SIRE), textura (Fierros et al., 1999) y Uso de suelo y vegetación (Rzedowski, 1978). Además de las variables edafoclimáticas, se incluyeron el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) como un indicador del porcentaje de cobertura vegetal y del vigor de la vegetación (Cuadro 1). Debido a que un 30 % de la información geográfica analizadas presentan una resolución de 15 m de origen. Todas las capas de información geográfica fueron remuestreadas a una misma resolución espacial de 15 m.

Análisis de datos.

El modelado se analizaron con el software MaxEnt 3.3.3, para definir la salida óptima del modelo, se ejecutaron cinco pruebas; a) utilizando la función logística con un umbral de convergencia de 10, 1000 iteraciones y replica de validación cruzada, c) función acumulativo con un umbral de convergencia de 10, 1000 iteraciones y tipo de réplica submuestreo b) utilizando la función logística con un umbral de convergencia de 1.0E-5, 500 iteraciones y validación cruzada, c) utilizando la función logística con un umbral de convergencia de 1.0E-5, 500 iteraciones y tipo de réplica bootstrap, d) función acumulativo con un umbral de convergencia de 1.0E-5, 500 iteraciones y validación cruzada. La evaluación del modelo se realizó con el valor del Área Bajo la Curva (UAC). Se ejecutó la prueba Jackknife para conocer las variables que aportaron mayor información al modelo.

Con base en los resultados del modelo, se identificaron áreas con altas probabilidades de ubicar zonas adecuadas para el establecimiento de UPGF-RS, se realizaron recorridos de campo con el propósito de validar los mapas y delimitar rodales aptos para la producción de semilla, al interior de estos rodales, se llevó a cabo un inventario forestal con la finalidad de seleccionar y marcar los árboles tipo 1 y tipo 2 (DOF. 2016. NOM NMX-AA-169-SCFI-2016), además, estos sitios fueron caracterizados en función de las variables empleadas en el modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las cuatro pruebas ejecutadas para la salida del modelo, se optó por utilizar el modelo logístico, ya que, fue el que delimitó con mayor exactitud las áreas de presencia de las especies, los valores de AUC del modelo fueron similares para ambos valores de iteración, lo cual indica que la optimización del algoritmo se alcanzó antes de las 500 iteraciones (figura 1 y 2).

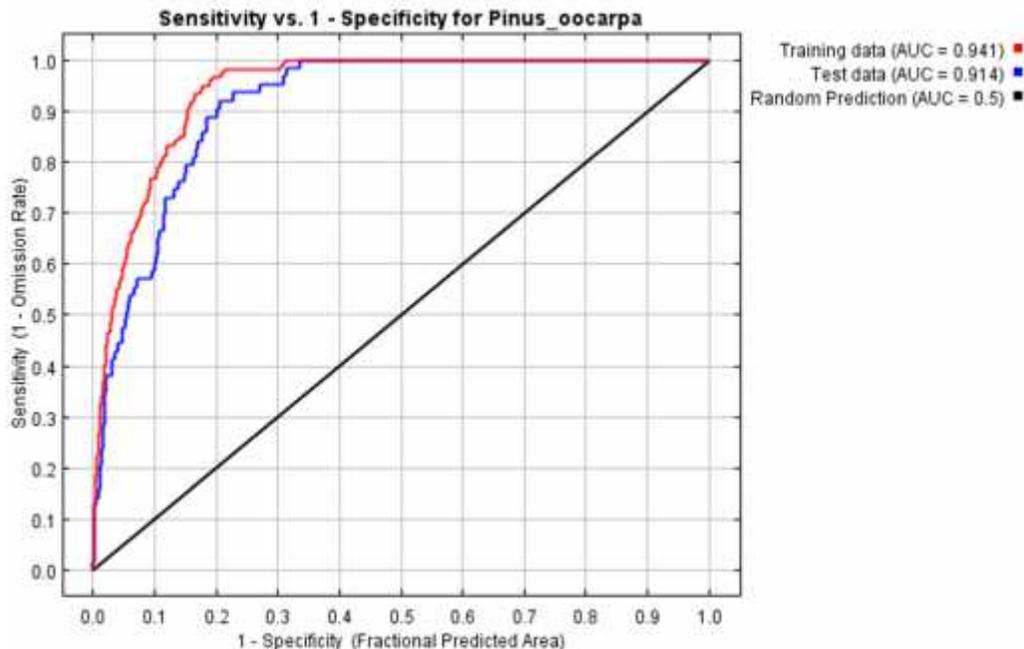


Figura 1. Valores de AUC del modelo generado para *P. oocarpa* var. *ochoterenai*.

Los modelos generados para cada especie mostraron valores de AUC superiores a 0.90, lo cual demuestra que pueden ser utilizados para predecir la distribución y presencia de ambas especies con un nivel de confiabilidad alto (Phillips et al., 2006).

Las áreas potenciales para las dos variedades se concentran principalmente en la región sierra madre de Chiapas y altiplanicie central (figuras 3 y 4). Para *P. oocarpa* var. *ochoterenai* se delimitó una superficie de 631706.1 ha con alto potencial para el establecimiento de UPGF-RS y mientras que para *P. pseudostrabus* var. *oaxacana* fue de 189557.2 ha.

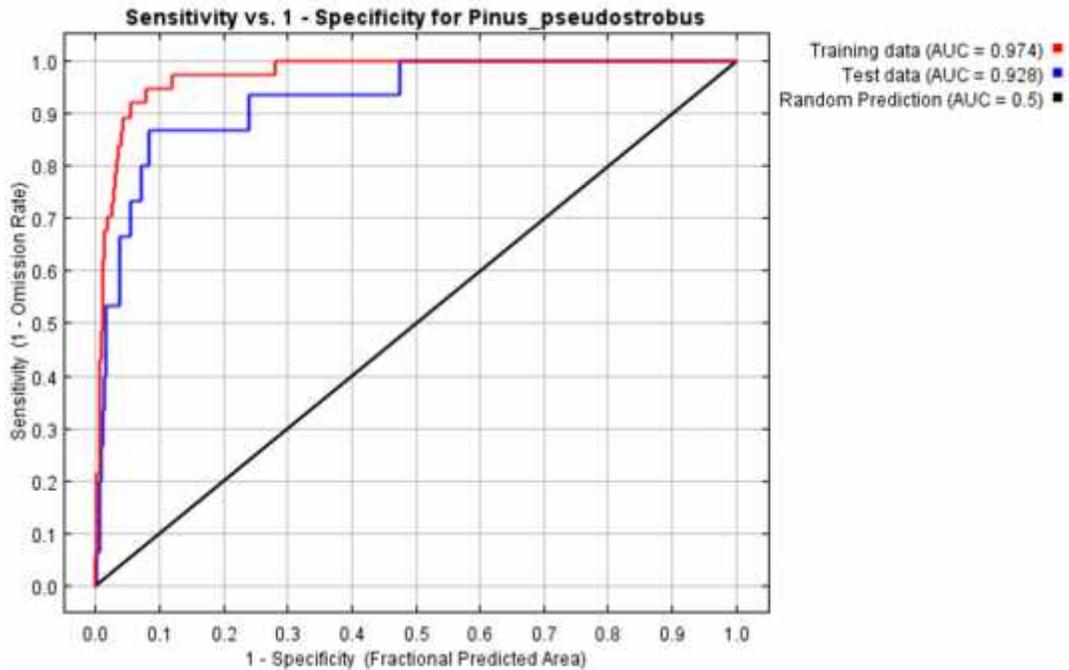


Figura 2. Valores de AUC de modelo generado para *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*.

La altitud fue la que aportó en mayor porcentaje al entrenamiento del modelo de ambas especies, esto concuerda con lo reportado por Schumann *et al.* (2016) quienes al modelar la distribución de 14 especies la altitud resultó ser la variable más importante para 11 de ellas (Cuadro 1).

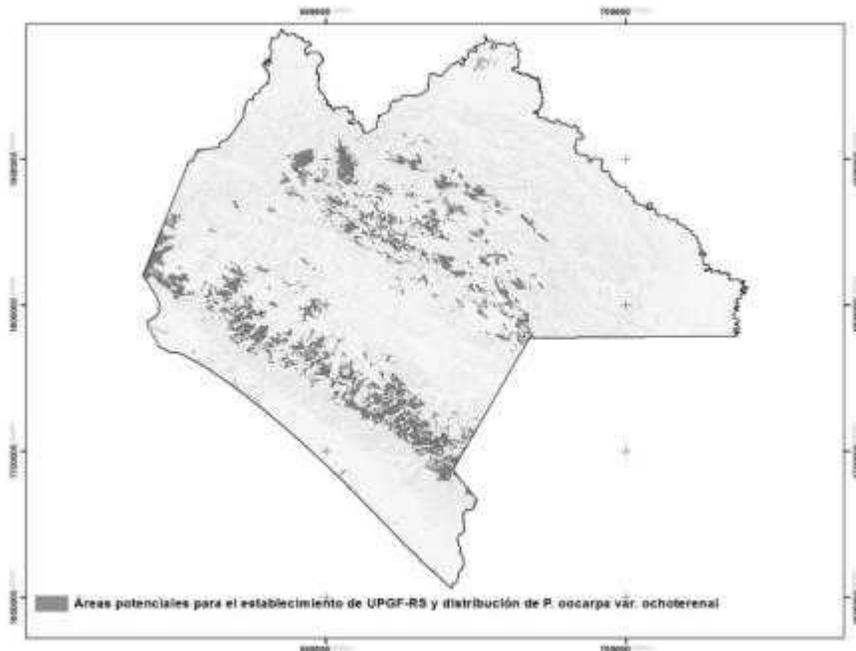


Figura 3. Áreas potenciales para el establecimiento de UPGF-RS y distribución de *P. oocarpa* var. *ochoterenai*.

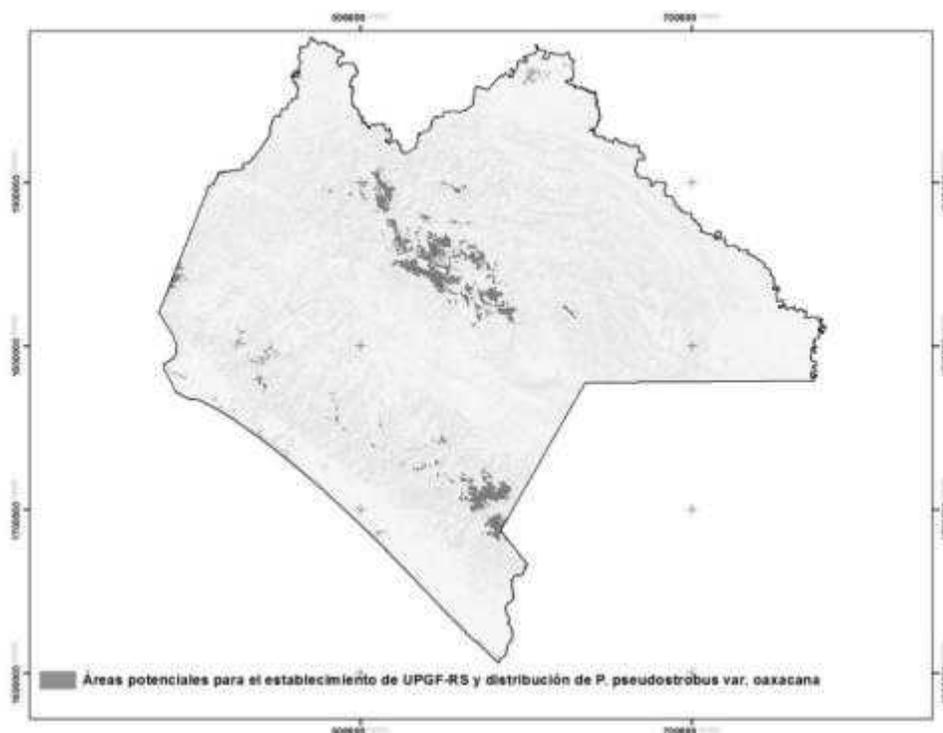


Figura 4. Áreas potenciales para el establecimiento de UPGF-RS y distribución de *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*.

Los resultados del modelo y los recorridos de campo permitieron establecer dos UPGF-RS; la UPGF-RS Juznajab (N-07-019-JUZ-001/17) con especies de *P. pseudostrobus* y *P. oocarpa* var. *ochoteranii* y la UPGF-RS Coapilla (N-07-018-COA-002/17) con *P. oocarpa* var. *ochoteranai*. El modelo delimitó de forma correcta la UPGF Coapilla y sus alrededores, ya que todas las variables utilizadas por el modelo se clasificaron como óptimas para la variedad *ochoteranai*. La UPGF Juznajab fue catalogado como un área con bajo potencial, condición atribuido al estado actual de la vegetación, ya que por ser un área bajo manejo forestal con dos cortas antecedentes presentó cobertura de copa promedio de 58 %, también se encontró que la precipitación presente en este sitio (1350 mm) es inferior al óptimo requerido para la variedad *ochoteranai*.

En este estudio, se encontró que el uso de suelo y vegetación fue la variable que ocupó la segunda posición en importancia, esto se puede atribuir a que ambas especies se distribuyen en asociación principalmente con bosque de *Quercus* y bosque de coníferas, por lo cual, su distribución está estrechamente relacionado a estos tipos de vegetación. Al analizar el resultado de las pruebas Jackknife esta variable por sí sola explica en mayor grado la distribución potencial de *P. oocarpa*.

CONCLUSIONES

Los resultados del modelo facilitaron la ubicación de zonas aptas para el establecimiento de UPGF-RS, disminuyendo los tiempos y costos de búsqueda de las áreas semilleras. Los resultados sugieren que, para generar modelos confiables a nivel de variedad, es vital contar con una gran cantidad de puntos de presencia que correspondan específicamente a la variedad de interés, de igual forma se requiere caracterizar a detalle las condiciones edáficas y representar espacialmente esta información a una mayor resolución espacial que los utilizados en este trabajo.

Cuadro 1. Contribución porcentual de las variables al entrenamiento de los modelos.

Variable	<i>P. oocarpa</i>	<i>P. pseudostrobus</i>
alt_ra	46.5	72.9
usv_ra	22.6	14.1
ph_ra	10.8	3.1
tem_ra	8.5	0.8
clima_ra	5.4	2.7
eda_ra	4.7	2.8
pp_ra	1.1	3.3
ndvi_ra	0.4	0.3
tex_ra	0	0

LITERATURA CITADA

- DOF. 2016. NOM NMX-AA-169-SCFI-2016. Establecimiento de unidades productoras y manejo de germoplasma forestal-especificaciones técnicas.
- CONAFOR. 2012. Evaluación complementaria del PROCOREF Ejercicio Fiscal 2011. Universidad Autónoma Chapingo. 293 p.
- CONAFOR. 2014. Informe Final de Resultados del Monitoreo y Evaluación Complementaria de los apoyos de Reforestación y Suelos 2012. Universidad Autónoma Chapingo. 276 p.
- Navarro-Cerrillo, R. M., J. E. Hernández-Bermejo and R. Hernández-Clemente. 2011. Evaluating models to assess the distribution of *Buxus balearica* in southern Spain. *APPLIED VEGETATION SCIENCE* (14): 256-267.
- Eliith, J., C. Graham, R. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. Hijmans, F. Huettmann, J. Leathwick, A. Lehmann, L. Jin, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. M. Overton, A. T. Peterson, S. T. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberon, S. Williams, M. S. Wisz and N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. (29):129-151.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. (190), 231-259.
- INEGI. 2013. Marco Geoestadístico Nacional.
http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx versión 6.0 (04 febrero 2017).
- Eguiluz P., T. 1982. Clima y distribución del genero *Pinus* en México. *Ciencia Forestal*. 7 (38): 31-44.
- Fierros, A., A. Noguez y E. Velazco. 1999. Establecimiento y manejo de plantaciones forestales comerciales de *Pinus oaxacana* Mirov. en Chiapas. Paquetes Tecnológicos para el Establecimiento de Plantaciones Forestales Comerciales en Ecosistemas de Clima Templado - Frío y Tropicales de México. SEMARNAP. 1 (1).
- Marlés M., J., T. Valor I., B. Claramunt L., D. R. Pérez S., R. Maneja Z., S. Sánchez M. y M. Boada J. 2014. Análisis dendroclimático de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus devoniana* en los municipios de Áporo y Zitácuaro (Michoacán), Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 88 (8): 19-32.
- Vanegas, L., M. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. CONAFOR-CONABIO. México, D. F. 158 p.
- Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J. López-Upton and J. J. Vargas-Hernández. 2007. Growth and frost damage variation among *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* and *P. hartwegii* tested in Michoacán, México. *Forest Ecology and Management*. 253: 81-88.
- Schumann, K., B. M. I. Nacoulma, K. Hahn, S. Traor, A. Thiombiano, and Y. Bachmann. 2016. Modeling the distributions of useful woody species in eastern Burkina Faso. *Journal of Arid Environments*. 135: 104-114.

**CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE ACCESIONES DE YUCA *Manihot esculenta* Crantz
RECOLECTADAS EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO**
MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ACCESSIONS OF YUCA *Manihot esculenta* Crantz
FROM THE STATE OF CHIAPAS, MEXICO

¹Meneses Márquez I, ²Andrés Meza P, ²Del Rosario Arellano JL, ²Leyva Ovalle OR, ²Galindo Tovar ME,
²Núñez Pastrana R, ²Aguiar Rivera N, ¹Becerra Leor EN, ¹Rosas Gonzales X, ²Cebada Merino M

¹Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
(INIFAP). Km 34, carretera Veracruz-Córdoba. C.P. 91700. Medellín de Bravo, Veracruz, México,

²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Región Orizaba-Córdoba,
Veracruz, México.

Autor para correspondencia: pandres@uv.mx

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de documentar la variabilidad morfológica de 40 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) provenientes del estado de Chiapas y conservados *ex situ* en el Banco de Germoplasma de Yuca (BGY), ubicado en el Campo Experimental Cotaxtla del Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), y enriquecer los datos de la Red Yuca del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI). Esto dará pauta en la identificación de materiales promisorios para a futuro continuar con evaluaciones de campo, elegir estrategias para un mejor aprovechamiento sostenible e integral, lo que contribuirá la base para su valoración, conservación así como el mejoramiento genético. Para el registro de datos se recolectaron cuatro plantas por accesión, seleccionados al interior del cultivo, específicamente de los surcos centrales, cada accesión se distribuyó en parcelas de siete surcos, cada surco contempla una longitud de cinco metros y un metro de ancho, con una distancia entre plantas de un metro. Se realizó el análisis mediante estadística descriptiva con el uso de tablas de frecuencias. Se encontró que existe variabilidad en: longitud y ancho del lóbulo central de la hoja; longitud, color y orientación del peciolo; color de la superficie externa del tallo maduro; color de la epidermis del tallo; hábito de ramificación; extensión del pedúnculo de la raíz; forma y color de la corteza de la raíz; número tanto de raíces totales de almacenamiento y raíces comerciales. Tal variabilidad existe tanto dentro y entre accesiones.

Palabras clave: *Caracterización morfológica, accesiones, Manihot esculenta Crantz.*

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) perteneciente a la familia *Euphorbiaceae* está distribuida principalmente en zonas tropicales y subtropicales del mundo, cuyo centro de origen es la cuenca amazónica (Martínez *et al.*, 2010; Olsen y Schaal, 2010). Es catalogada como cuarto producto básico más importante después del arroz, trigo y maíz, también útil en la elaboración de concentrados comerciales para animales, fibra para papel, textiles, biocombustible, almidón para la industria de alimentos y la farmacéutica (Beovides *et al.*, 2014).

En la actualidad los recursos fitogenéticos son un recurso esencial para la producción agrícola sostenible, su conservación y uso eficaz son fundamentales para salvaguardar la seguridad alimentaria, ahora y en el futuro. Para cumplir este desafío se requerirá un flujo continuo de cultivos mejorados y variedades adaptadas a condiciones de agroecosistemas particulares (FAO, 2014).

En este sentido, la caracterización morfológica es un procedimiento que nos permite medir y conocer la variabilidad genética del genoma de una población, diferenciar taxonómicamente, y seleccionar los descriptores morfológicos más adecuados, confiables y discriminantes para evaluar las plantas. Algunos caracteres pueden ser altamente heredables, fácilmente observables y expresables en la misma forma en cualquier ambiente (Hernández, 2013). Por lo anterior existe la necesidad de explorar germoplasma nativo para evidenciar la variabilidad genética, desarrollar estrategias de conservación *in situ* y *ex situ*, búsqueda de nuevos cultivares para el desarrollo de genotipos más productivos y mejor adaptados a las condiciones que imponen el cambio climático, caracterización del germoplasma y posteriormente lograr la liberación de genotipos basados en las necesidades del productor, consumidor y el mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron 40 accesiones resguardadas en el Banco de Germoplasma de Yuca del INIFAP, situado en el kilómetro 34.5 de la carretera libre Veracruz- Córdoba, Medellín de Bravo, Veracruz, México. Geográficamente se encuentra a los 18° 50' LN, y 97° 43' LO, y una altitud de 14 msnm (Rosas *et al.*, 2012). La temperatura media, mínima y máxima anual es de 25.4 °C, 19.5 °C y 31.3 °C respectivamente, la precipitación media anual es de 1336.8 mm (Díaz *et al.*, 2006).

Una planta se consideró como unidad experimental. Para el registro de datos se recolectaron cuatro plantas por accesión, seleccionados al interior del cultivo, específicamente de los surcos centrales, para disminuir el efecto "orilla". Cada accesión se encuentra en parcelas de siete surcos, cada surco contempla una longitud de cinco metros y un metro de ancho, con una distancia entre plantas de un metro.

La caracterización de las accesiones se realizó de acuerdo con los descriptores desarrollados por Fakuda *et al.*, (2001). Para ello, se tomaron datos de 33 características cualitativas en los meses de agosto-noviembre del 2015 y febrero-mayo del 2016. Posteriormente se organizaron de acuerdo a caracteres botánicos de la planta: hoja, tallo, raíz, flor y fruto. Se realizó el análisis mediante estadística descriptiva con el uso de tablas de frecuencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la hoja

La mayor parte de las accesiones presentaron un color verde claro en el brote apical, haz y la nervadura de la hoja seguido del color verde oscuro. Al respecto, Acosta *et al.*, (2006) menciona que el color verde claro es un atributo fácilmente observable y altamente heredable, demás se expresa en la misma forma en cualquier ambiente lo que contribuye a una mejor discriminación de fenotipos (Ceballos y de la Cruz, 2002; Demey *et al.*, 2003). Es importante señalar que el color del brote apical de las accesiones MMEXCH4 y MMEXCH6 desarrolló un color verde-violáceo, y un color purpura para MMEXCH19. Ceballos y de la Cruz (2002) mencionan que es común observar brotes purpuras, pero a medida que las hojas crecen y se desarrollan cambian a una coloración verdosa.

Del total de las accesiones, en un 87.5 % hubo presencia de pubescencia del brote apical y el 12.5 % no presentaron tal característica, entre ellas MMEXCH4, MMECH19, MMEXCH30, MMEXCH32 y MMEXCH37. A su vez, las primeras dos accesiones se asociaron más a un color de brote morado, y es que algunos autores al respecto han encontrado una relación directa entre niveles de colores del brote y la ausencia de pubescencia (Pincay, 2010). De acuerdo con Ceballos y de la Cruz (2002) las hojas maduras son siempre glabras, sin embargo, las hojas del brote apical o cogollo pueden o no ser pubescentes, relacionándolas con la resistencia a trips.

La forma del lóbulo central fue lanceolada, característica que no varía entre accesiones. Lo anterior coincide con lo reportado por Acosta *et al.* (2006), pero difiere con los resultados de Marín *et al.*, (2008) quienes, al caracterizar 19 clones encontraron que 13.3 % del total presentó la forma óvalo-lanceolada. Según Polanco (1998) la forma del lóbulo central da información acerca de la superficie expuesta de la hoja, ya que entre más pequeña se disminuye el área de incidencia a plagas y enfermedades. En cuanto a la orientación del peciolo el 60 % presentaron una forma horizontal, el resto desarrollaron un peciolo inclinado hacia arriba e irregular. El color más frecuente del mismo fue de color purpura seguido de rojo, verde-rojizo y verde amarillento. Lo anterior es similar con lo reportado por Acosta *et al.*, (2006) quienes mencionan al color rojo en sus diferentes tonalidades como el dominante en 11 clones de yuca, seguido por el color verde.

Características del tallo

Se encontró que todas las accesiones presentan un hábito de crecimiento erecto, resultado que coincide con Beovides *et al.*, (2014) y similar con Torres (2014). Por medio de estadística descriptiva se ha determinado que este carácter es homogéneo dentro de los individuos de cada accesión.

El 92.5 % de las accesiones se caracterizaron por retener hojas a los seis meses después de la siembra, caso contrario a Beovides *et al.* (2014) quienes reportaron que la mayoría de las accesiones caracterizadas presentaron poca retención del follaje en ese periodo de tiempo. En cuanto a las cicatrices foliares fue más frecuente la semi-prominente en un 55 % y localizadas a una distancia corta de entrenudos.

El 55 % presentan un color verde oscuro en la corteza de tallo y el resto desarrolló un color verde claro. Beovides *et al.*, (2014) al caracterizar 50 accesiones de yuca, el 46 % desarrollaron un color verde claro, mientras que en las evaluaciones realizadas por Pincay (2010) sobresale el color verde oscuro, igual a los resultados obtenidos, por lo que se puede decir que esta característica no presenta una variabilidad marcada. Con relación al color de la epidermis del tallo, el 90 % presentaron un color café claro seguido

del color crema; no obstante, las accesiones MMEXCH1, MMEXCH6, MMEXCH39 y MMEXCH40 desarrollaron un color café oscuro.

En la superficie externa del tallo, el 82.5 % de las accesiones presentaron un color gris, seguido del café claro, café oscuro y el verde-amarillento. Al respecto Ceballos y de la Cruz (2002) y Marín *et al.*, (2008) señalan que este carácter presenta variabilidad. Se observó que el color externo del tallo se define con base al color de la corteza, ya que, si encontramos colores internos bajos, la coloración externa tendrá colores como el plateado, café claro o verde-amarillento, lo que concuerda con Ceballos y de la Cruz (2002) al recalcar que la pigmentación en estas dos capas define el color del tallo. El color de la rama terminal de la planta adulta desarrollada en las accesiones fue verde violáceo (57.5 %) y verde en 42.5 %, respectivamente. Resultados opuestos a Torres (2012) quien encontró que de 37 accesiones 32 fueron verdes, 4 verde violáceo y 1 accesión color púrpura.

Fue más frecuente encontrar estipulas con longitud corta, excepto para MMEXCH5, MMEXCH10, MMEXCH20, MMEXCH32 y MMEXCH33. Lo anterior difiere con lo reportado por Torres (2012) al encontrar en Costa Rica que el 27 % de sus accesiones presentaron estipula corta y el resto estipula larga, las cuales suelen medir de 0.5 a 1 cm de largo y pueden o no permanecer adheridas al tallo una vez que la hoja se ha desarrollado completamente (Ceballos y de la Cruz, 2002). En cuanto al margen de la misma, solo MMEXCH4 Y MMEXCH12 presentan una estipula entera, ya que es más frecuente encontrar estipulas divididas o bifurcadas,

Con base al hábito de ramificación existe una variación importante. El 50 % de las accesiones fueron dicotómicas y 42.5 % tricotómicas donde la MMEXCH22, MMEXCH37 y MMEXCH40 presentaron un hábito erecto. Según Ceballos y de la Cruz (2002) esta variable determina la arquitectura de la planta, por lo que presenta importancia para realizar labores culturales, a su vez las accesiones con ramificación dicotómica y tricotómica son buenos productores de semilla por la cantidad de ramas que emiten. Se detectó que individuos de una misma accesión no sostienen un hábito de ramificación específico, tal como lo afirma Pincay (2008). Por último, en cuanto a la forma de la planta, aunque el carácter dominante es de tipo sombrilla, se manifestaron accesiones con formas compactas y cilíndricas, lo que evidencia una variación en esta característica.

Características de la raíz

Las características de las raíces reservantes son útiles en la identificación de genotipos en yuca dada su amplia variabilidad (Marín *et al.*, 2008). Estas pueden adquirir formas y tamaños muy variables, siendo dependientes tanto de la variedad como de las condiciones ambientales (Ceballos y de la Cruz, 2002).

Las accesiones en su mayoría presentan una raíz pedunculada (50 %) y mezclada (42.5 %) mientras que MMEXCH6, MMEXCH7 y MMEXCH28 poseen raíz tipo sésil, por tal, es una característica variable entre y dentro accesiones. Lo expuesto fue similar a Torres (2008) donde 29 de 37 accesiones presentan una raíz pedunculada. El tipo de inserción de la raíz es de importancia económica, ya que durante la cosecha en la separación de tipos sésiles se producen daños en la zona de corte, lo que acelera el deterioro fisiológico y postcosecha, por otro lado, cuando el pedúnculo es muy largo (>10 cm) es necesario remover gran cantidad de suelo para su extracción y si se rompe ocurren pérdidas de raíz (Ceballos y de la Cruz, 2002). En cuanto a la presencia de constricciones radiculares el 100 % presentan pocas o ninguna constricción (3 o menos), siendo un carácter dominante en el germoplasma evaluado.

La forma de la raíz resulto ser un carácter variable en este estudio, ya que se presentaron de tipo irregular (47.5 %), cónica cilíndrica (42.5 %) y cuatro con forma cilíndrica, de igual forma variable aun en una misma accesión. Para tal caso, Marín *et al.*, (2008) menciona que las raíces irregulares son una característica indeseada. Aunque no se registró la dirección de crecimiento, se pudo constatar que la más sobresaliente fue horizontal, característica favorable al momento de la cosecha. Así también, se observó que las raíces con crecimiento vertical tienden a romperse, lo que provoca pérdidas en el rendimiento.

En las accesiones evaluadas se encontró un mayor número raíces con color externo de corteza café claro (57.5 %) a oscuro (42.5 %), esto es similar con Beovides *et al.*, (2014) quienes hallaron entre las poblaciones cortezas de color café oscuro (44 %). Esta característica es un factor determinante en las preferencias de consumo, donde las de color café claro poseen mayor valor, cuestión vinculada a la idiosincrasia y gustos locales (Beovides *et al.*, 2014).

La pulpa constituye la parte utilizable de la raíz, por lo tanto, es el tejido de mayor relevancia económica. El 57.5 % de las accesiones desarrolló un color de pulpa crema, mientras que el 37.5 % pulpa blanca; no obstante, se encontraron dos accesiones con pulpa amarilla (MMEXCH17 y MMEXCH18). La pulpa blanca es una de las más preferidas en la elaboración de harinas, así como su venta en fresco en los mercados locales (Polanco, 1998; Ceballos y de la Cruz, 2002). Al igual que la malanga (*Colocasia esculenta*) se

encuadran dentro de los productos no tradicionales cuyo consumo ha tenido un auge importante, causado por el interés de sectores crecientes de consumidores (Andaya, 2013). El color de la corteza de la raíz es muy variado. Se encontró el color rosa en el 47.5 %, seguido de blanco o crema, amarillo y púrpura. Esto concuerda con Acosta *et al.*, (2006) al encontrar en 11 clones de yuca que el color más frecuente fue el rosado, así mismo con Marín *et al.*, (2008) donde sus accesiones variaron de blanco a rosado.

Del total de las accesiones, solo MMECH10, MMECH11, MMECH12, MMECH13, MMECH14, MMECH18, MMECH23, MMECH24 y MMECH29 presentaron facilidad de pelado. Esta característica se relaciona con la textura, ya que se encontró en su mayoría que accesiones difíciles de pelar tienen una textura rugosa e intermedia, y aquellas fáciles de pelar son de textura suave. Según Polanco (1998) la facilidad de pelado es una característica de importancia para consumo fresco.

El sabor en fresco de la raíz (dulce o amarga) se encontró que la mayoría son intermedias (57.5 %). Al respecto, Montaldo (1993) comenta que el glucósido linamarina que genera el ácido cianhídrico es muy variable en las variedades amargas o dulces y altamente influenciado por el ambiente. Aunque el consumo de este tubérculo aporta proteína y fibra (Buitrago *et al.*, 2001), así como vitaminas (A, B1, B2, B6, B12 y C) y minerales (Fe, Ca, K, P, Mg, Zn y Cu), se encuentran en muy bajos niveles, excepto los betacarotenos (Fuenmayor *et al.*, 2005). Por ello es que el valor nutritivo de raíces de yuca se puede complementar con la adición de otro alimento.

Características de la flor

La inflorescencia estuvo ausente a los 6 meses en el 92.5 % de las accesiones, no obstante, en MMECH1, MMECH7 y MMECH8 se encontraron plantas con flores y frutos. Esto contrasta con lo reportado por Pincay (2010) quien encontró que el 96.45 % de las accesiones bajo estudio florecieron y el 3.5 % no alcanzaron a florecer. Se detectó presencia de floración y polen en forma muy esporádica en pocas plantas por accesión hasta el octavo mes, y a partir de las cuales posteriormente se originaron frutos. La floración, aunque no es importante para la multiplicación habitual, según Marín *et al.*, (2008), si lo es para el fitomejoramiento, ya que permite realizar cruces entre clones seleccionados y con ello obtener nuevos individuos genéticamente superiores.

Características del fruto

Para el periodo de cosecha hubo presencia de fruta y semilla botánica sólo en un 10 %, las cuales correspondieron a las accesiones MMECH1, MMECH4, MMECH7 y MMECH8, respectivamente. Cabe señalar que en la experiencia de los productores más que los rendimientos del cultivo, les dan mayor importancia a otras cualidades como la calidad culinaria, precocidad, e incluso el color y forma de la raíz (Beovides *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Se logró documentar la diversidad morfológica de 40 accesiones de yuca, donde se encontró que existe variabilidad en: longitud y ancho del lóbulo central de la hoja; longitud, color y orientación del peciolo; color de la superficie externa del tallo maduro; color de la epidermis del tallo; hábito de ramificación; extensión del pedúnculo de la raíz; forma y color de la corteza de la raíz; número tanto de raíces totales de almacenamiento y raíces comerciales. Tal variabilidad es de gran utilidad para la selección de materiales con las mejores características para lograr un cultivo rentable, o para la diversificación de usos requeridas para ciertos mercados como el consumo en fresco (sabor, color de la epidermis de la raíz), industrial (color de la pulpa) de la raíz, así como sentar las bases para un programa de mejoramiento genético.

LITERATURA CITADA

- Acosta A, R. A., Tamayo, A. C., & Palacios, R. (2005). Caracterización morfológica y extracción de ADN de 11 clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la Universidad EARTH, Costa Rica (No. PG 51 2005).
- Andaya B. J. G. (2013). El cultivo de la malanga (*Colocasia esculenta*) en el municipio de Actopan Veracruz. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas. Tesis de licenciatura. <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32708/1/andayabravo.pdf>. (Consultado 1 de octubre del 2016). pp: 52.
- Beovides G. Y., M. Milián J., O. Coto A., A. Rayas C., M. Basail P., A. Santos P., J. López T., V. R. Medero V., J. A. Cruz A., E. Ruíz D., D. Rodríguez P. (2014). Caracterización morfológica y agronómica de cultivares cubanos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Cultivos Tropicales*, Cuba. 35:50.
- Buitrago A, Julián., J. L. Gil L., B. Ospina P. (2001). La yuca en la alimentación avícola. Meek M. E. y H. Aldama N. (eds.). Cuadernos avícolas No. 14. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca. Cali, Colombia, pp.1-48.
- Ceballos, H., & de la Cruz, G. A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. In: La yuca en el tercer milenio. Ospina, Bernardo y Ceballos, Hernán. <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=I18Dz9sYZO8C&oi=fnd&pg=PA16&dq=Taxonom?a+y+Morfolog?a+de+la+Yuca>

- &ots=JRvOPFulz&sig=VfOgFncF8P6Avr0h9k42Kino6QE\http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=I18Dz9sYZO8C&oi=fnd&pg=PA16&dq=Taxonom?a+y+morfolog?a+de. (Consultado 18 de junio del 2017).
- Demey, J. R., Zambrano Y., F. Fuenmayor y Segovia V. (2003). Relación entre caracterizaciones molecular y morfológica en una colección de yuca. *Interciencia*, 28(12), 684-691, de www.interciencia.org. (Consultado 18 de junio del 2017).
- Díaz P. G., J. U. Ruíz C., M. Á. Cano G., V. Serrano A., G. Medina G. (2006). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Veracruz (Período 1961-2003). 1ra edición. INIFAP (ed), Medellín de Bravo, Veracruz. 13: 90- 92.
- Fakuda, W. M. G., Guevara, C. L., Kawuki, R., & Ferguson, M. E. (2001). Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. IITA.
- FAO. (2014). Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, Roma, Italia. 167 p. www.fao.org/publications. (Consultado 25 de mayo del 2017).
- Fuenmayor, F., Segovia, V., Albarrán, J., Rodríguez, A., & Cabaña, W. (2005). Banco de germoplasma de yuca del INIA-CENIAP-Venezuela. *Revista CENIAP HOY*, (7).
- Hernández-Villareal, A. E. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*, 2(3).
- Mafla, B., & Debouck, D. G. (2007). Alternativas para la conservación de recursos genéticos en bancos de germoplasma. Trabajo presentado en el XVII Congreso venezolano de botánica, Venezuela, 1:30-33. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>. (Consultado 18 de junio del 2017).
- Marín, A., D. Perdomo., J. G. Albarrán., F. Fuenmayor., C. Zambrano. (2008). Evaluación agronómica, morfológica y bioquímica de clones élites de yuca a partir de vitroplantas. *Interciencia*, 33(5), 365-371.
- Martínez H. A. (2010). Zonas de importancia para la conservación de los carnívoros en Oaxaca. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. Oaxaca, México. pp:1-23.
- Olsen K. M. & Schaal B. A. (2010). Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) and its wild relatives: further evidence for a southern amazonian origin of domestication. *American Journal of Botany* 88:131-142.
- Pincay A. L. M. (2010). Caracterización agronómica, morfológica y molecular del banco de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) de la estación experimental Portoviejo del INIAP. Tesis profesional. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agronomía, Manabí, Ecuador. 61 p.
- Polanco, D. (1998). Caracterización morfológica, isoenzimática, contenido de cianuro y almidón en el banco de germoplasma in vivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Tesis profesional. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 99 p.
- Rosas G. X., I. Meneses M., B. L. Enrique N. y A. Vásquez H. (2012). Posición de la estaca y su efecto sobre el rendimiento de raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Veracruz, México. *Revista Biológico Agropecuario Tuxpan*. Serrano S. A., Julio C. G. Cárdenas., I. del C. Daniel R., R. Cuervo G., M. Á. Lammoglia V., I. A. Chamorro F., J. L. Alanís M., P. Elorza M., L. Vázquez C., S. M. Sánchez Y., R. A. Mateos R. (eds). Veracruz, México. 2:97-104.
- Torres Vargas, L. A. (2010). Caracterización morfológica de 37 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del banco de germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 88 p.

**REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA *Eisenia foetida* EN CUATRO
SUSTRATOS ORGÁNICOS EN CONDICIONES TROPICALES**
REPRODUCTION OF THE CALIFORNIAN RED LOMBARD *Eisenia foetida* IN FOUR ORGANIC
SUBSTRATES IN TROPICAL CONDITIONS

¹Fraire-Sierra L, ²Malvaez-Tovar H, ³Saldaña-Y Hernández MI

¹ Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Prolongación de Ignacio Zaragoza S/n, km 17 Carretera Villahermosa- Frontera. Centro, Tabasco, México CP 86270.

² Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Sociales y Humanidades, Villahermosa, Tabasco.

Autor de correspondencia. fsltab@yahoo.com.mx

RESUMEN

La lombricultura es una biotecnología que utiliza, especies domesticadas, recicla residuos de materia orgánica que permite perfeccionar los sistemas de producción agrícolas sustentables, es una alternativa para el procesamiento de los desechos agroindustriales y problemas de contaminación por los estiércoles generados en la finca. La producción de abonos orgánicos en el trópico húmedo es importante para abastecer la demanda de los productores dedicados a la producción competitiva certificada, así como en las áreas en proceso de reconversión, por lo que es necesario conocer el potencial productivo del material biológico en condiciones tropicales fortaleciendo el crecimiento de los sistemas de producción orgánicos en la región Sur- Sureste de México. Nitrógeno, fósforo, potasio, MO, pH, Ca, Mg, Na y CIC. Las variables evaluadas fueron: Multiplicación de *E. foetida*, velocidad del desdoblamiento y calidad de humus procesado. La toma de datos se realizó cada 30 días durante tres meses y se analizaron análisis de varianza y pruebas de medias. El estiércol de equino incrementa la multiplicación de la lombriz roja californiana *E. foetida*, en un tiempo de 90 días. La cerdaza y el estiércol de bovino presentaron el mismo comportamiento a nivel de reproducción, siendo superados por el estiércol de equino. La calidad de humus fue mejor para el estiércol de equino y cerdaza, presentando cantidades aceptables de macroelementos y microelementos al final del procesamiento por *E. foetida*.

PALABRAS CLAVE: Reproducción, lombriz, sustratos.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la lombricultura es una práctica utilizada por los productores dedicados a la agricultura orgánica certificada, en los últimos años ha presentado un crecimiento notable en muchos países de América Latina. En el trópico húmedo de Tabasco de vocación ganadera, representa una alternativa para el reciclaje y procesamiento de desechos orgánicos, y que en otra época no tenían un valor económico para los productores; estos desechos son una fuente de contaminación de los mantos freáticos. La Lombricultura es una técnica respetuosa de la naturaleza, genera ingresos y mejora el nivel de vida de las familias que viven de esta actividad.

Actualmente, todos los sectores productivos generan grandes cantidades de residuos orgánicos, como los estiércoles de animales, residuos agrícolas, industriales, humanos y lodos residuales. En algunos casos, estos residuos tienen alguna aplicación, pero en la mayoría de los casos no son reutilizados, sino simplemente quemados o arrojados a los basureros, ríos, lagos y océanos sin ningún tratamiento previo; todo esto genera un impacto negativo al ambiente (Oei, 2003).

Una de las alternativas para el tratamiento de estos residuos, es emplearlos como sustratos para criar lombrices, y de esta manera, contribuir a mitigar la contaminación (Pattnaik y Reddy, 2009; Félix-Herrán *et al.*, 2010; Gheisari *et al.*, 2010; Pramanik y Chung, 2010). Este proceso no sólo elimina al desecho, sino que del mismo modo se pueden generar ingresos, debido a que la lombriz es utilizada como alimento en la avicultura y piscicultura. Además se puede producir un material útil como abono que pueda ser empleado en los cultivos, huertos familiares o en los jardines de las comunidades rurales y urbanas (Cruz-Lázaro *et al.*, 2010), Existen reportes en estudios realizados que demuestran que la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es una especie que presenta mayor reproducción y mejores condiciones para la cría en cautiverio, según estudios realizados por (Ferruzi; 1988; Hernández, 1991; Lastra 1995) y (Lavallo *et al.*, 1999) indican que las lombrices constituyen un recurso potencial de gran interés en la sostenibilidad de la agricultura, ya que participan activamente en la regulación de las propiedades físicas del suelo, la dinámica de la materia

orgánica del entorno y el crecimiento de las plantas junto a otros organismos macrodescomponedores que forman parte de la fauna del suelo.

En el intestino de la lombriz ocurren procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual tiene como consecuencia un aumento significativo en la velocidad de degradación y mineralización del residuo, obteniendo un producto de alta calidad. Esta transformación hace que los niveles de pérdida de nutrientes como nitrógeno, potasio, etc., sean mínimos con relación a los sistemas tradicionales de compostaje. El resultado son dos productos de alta calidad: el humus y las lombrices (Cuevas *et al.*, 1987).

A fin de obtener productos libres de residuos tóxicos, no sólo en sí mismo, sino también en su embalaje, etiquetado y transporte; el abono generado con ayuda de las lombrices no contamina el suelo donde se incorpora. La utilización de abono de lombriz, no sólo se da en la agricultura orgánica, sino también en la agricultura convencional, ya que ha demostrado su eficiencia en ambas situaciones. El empleo de especies de lombrices domesticadas en la lombricultura, permite obtener en áreas pequeñas y con el mínimo costo volúmenes altos de carne, como ninguna otra actividad zootécnica (Martínez *et al.*, 1996).

El vermicompost contiene reguladores de crecimiento vegetal tales como ácidos húmicos, auxinas, giberelinas y citosinas (Atiyeh *et al.*, 2002, Canellas *et al.*, 2002), los cuales son responsables del incremento en el crecimiento de las plantas y el rendimiento de muchos cultivos. (Arancon *et al.*, 2007).

La adición de vermicompost de diferentes fuentes como estiércol de cerdo, desperdicios de alimentos, incrementa la tasa de germinación, el crecimiento y el rendimiento de muchos cultivos de alto valor económico (Atiyeh *et al.*, 2002).

El estiércol de bovino es utilizado también como sustrato inicial y como alimento durante la producción el período mínimo aconsejable de envejecimiento es de seis meses, pero es más fácil encontrarse con un pH adecuado (7.0), cuando se deja un período de siete meses. El estiércol de bovino contiene 1.42% de nitrógeno, 0.18% de fósforo, 4% de potasio y 0.262% de manganeso (André, 1967).

Estiércol de equino ha demostrado buena calidad por la cantidad de paja y pasto que contiene el cual se debe de dejar madurar por un periodo de tres a seis meses, el estiércol de cerdo es rico en proteínas por el alimento que se le proporciona a los cerdos en granjas intensivas, lo que da lugar a un estiércol con un alto contenido proteico, el porcentaje de descomposición depende de la cantidad de lombrices, edad, tipo de manejo y alimentación que consumen en un determinado tiempo, ya que del 100% de sustrato consumido el 60% va a llegar a ser vermicompost y el 40% es aprovechado como alimento (Barbado, 2003; Ferruzzi, 1994; Bravo, 1996).

En años recientes se han buscado diferentes alternativas para el manejo adecuado de los desperdicios orgánicos y convertirlos en productos útiles, como son la producción de compostas, que en grandes rasgos, es obtenido a partir del composteo (los sustratos orgánicos son volteadas periódicamente y cubiertas para lograr una mayor eficiencia en el proceso y evitar los malos olores (Ozores-Hampton, 1998). También con mucho éxito, se ha elaborado el lombricompostaje, el cual es obtenido a partir del uso de la lombriz como biotransformador, organismo que permite desdoblar los desperdicios orgánicos, favoreciendo la producción de proteína vegetal y animal (Atiyeh *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2004). El manejo de la lombriz permite transformar en biomasa alimenticia y abono orgánico las sustancias contaminantes (Zepeda, 2000; Hernández *et al.*, 2003; Reines *et al.*, 2004). Se trata de una actividad que permite perfeccionar los sistemas de producción agropecuarios, obteniendo impacto positivo ambiental, social y económico.

Zepeda (2000) y Reines *et al.* (2001) mencionaron que existen más de 3000 especies de lombrices que pertenecen al *Phylum annelida*, clase clitalata o gusanos redondos constituidos por anillos o metámeros y al orden oligochaetos del griego oligo (Escaso) y chaeta (pelo) ya la familia lumbricidae. Sin embargo, las razones por la que se fundamenta la utilidad de la lombriz roja californiana (*E. foetida*) es que se adapta a amplio rango de temperaturas, un óptimo de 22 °C, temperaturas altas y bajas cercanas a 42 y 0°C reducen la ingesta de alimento y reproducción (Zepeda *et al.* 2000). *El objetivo del presente estudio fue evaluar la reproducción, crecimiento poblacional, velocidad del desdoblamiento y la calidad de humus en cuatro sustratos orgánicos mediante la lombriz roja californiana (E. foetida) en condiciones tropicales.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

La investigación se efectuó en el periodo agosto-diciembre del 2016 a en el *módulo de lombricultura del Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca*, el cual se encuentra ubicado a 17.5 km carretera Villahermosa-Frontera. Se utilizaron 16 contenedores con una medida de 2 metros de largo por 1.20 metros de ancho, bajo un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, teniéndose un total

de 16 unidades experimentales. Los tratamientos evaluados fueron: T1 estiércol de equino, T2 estiércol de cerdo procesado (cerdaza pulverizada), T3 estiércol de bovino y T4 Lechuga de agua (*P.stratiotes*), los sustratos evaluados se precompostearon previamente durante 30 días, posteriormente se colocó en cada contenedor 40 kg de cada sustrato por tratamiento y repetición inoculándose 200 lombrices adultas de (*E. foetida*) dejándose durante 90 días en condiciones controladas de humedad y bajo sombra. Se realizaron dos muestreos a los 30 días de precomposteados los sustratos y el segundo a los 90 días, las muestras se enviaron al laboratorio de suelo y agua de la Chontalpa, determinándose el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, potencial de hidrógeno, Ca, Mg, Na y CIC. Las variables evaluadas fueron: *multiplicación de E. foetida, velocidad del desdoblamiento de los sustratos orgánicos y la calidad de humus procesado por la lombriz roja californiana.* La toma de datos se realizó cada 30 días durante tres meses registrados en una base de datos de Excel y se analizaron mediante el programa estadístico de Minitab, se realizó un análisis de varianza y pruebas de medias con un nivel de significancia del 0.05%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Multiplicación de la población de lombrices

De acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias (Cuadro 1), los tratamientos evaluados, el estiércol de equino fue el mejor presentando una población de 8240 lombrices, comparado con la lechuga de agua el cual presentó la población más baja de 1250 lombrices en un periodo de 3 meses, con respecto a la cerdaza y estiércol de bovino estadísticamente fueron iguales con una población de 4420 y 4340 lombrices, superando a la lechuga de agua. Estos resultados no coinciden con los reportados por Martínez et al (1996), los cuales mencionan que la reproducción de la lombriz roja californiana se multiplica en cualquier sustrato orgánico, el origen del sustrato influye en la multiplicación, ya que en algunos estiércoles de animales como el bovino aplican muchos fármacos que se reflejan en la baja reproducción de esta especie, así como factores externos ambientales (temperatura, humedad) y plagas presentes en los estiércoles mal manejados en las fincas agropecuarias.

Velocidad del desdoblamiento de los sustratos orgánicos

Los resultados estadísticos realizados para la variable velocidad del desdoblamiento indican que los tratamientos evaluados presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), el estiércol de equino a los 90 días presentó el producto final abono sólido (Humus) 100 % transformado con una población de 8240 lombrices, comparado con la lechuga de agua el cual presentó el 70% de desdoblamiento de la materia orgánica siendo el más lento y con una población de

Cuadro 1 Comparación de medias para la multiplicación de la lombriz *E.foetida* en cuatro sustratos orgánicos.

Tratamientos	Número de días	Media
Estiércol de equino	90	8240 a
Cerdaza	90	4420 ab
Estiércol de bovino	90	4340 ab
Lechuga de agua	90	1250 c

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente (Tuckey $p < 0.05$)

1250 lombrices, mostrando abundante biomasa sin ser procesada; con respecto a la cerdaza procesada y, estiércol de bovino estadísticamente son iguales, mostrando un desdoblamiento de la materia orgánica del 90 % y una población del lombriz de 4420 y 4340 en un tiempo de 90 días, siendo superiores a la lechuga de agua. Estos resultados se deben a que el estiércol de equino presenta gran cantidad de macronutrientes (N, P, K), micro nutrientes (B, Cu, Mn, Zc, Mo y alta proporción de C/N orgánico 21:3, con un pH de 7 y gran cantidad de ácidos húmicos de 1.32% (Tineo, 1990).

Calidad de las vermicompostas.

Todas las vermicompostas estuvieron dentro del rango aceptable que señala la Norma NMX-FF109-SCFI-2008 de materia orgánica. Destacándose el estiércol de equino y la lechuga de agua (Cuadro 3). Con respecto al nitrógeno total las vermicompostas procesadas a partir de los estiércoles alcanzaron el límite mínimo señalado por la Norma Oficial Mexicana y la lombricomposta elaborada a partir de la lechuga. Para la calidad del Humus por cada tratamiento evaluado se realizó un análisis Físico-químico. Con la finalidad de conocer los contenidos de macro y micronutrientes de los sustratos orgánicos después de ser procesados por la lombriz.

Los análisis muestran que el estiércol de equino y la cerdaza presentaron gran cantidad de macronutrientes (N, P y K) y micronutrientes (Ca, Mn y Na) los cuales pueden ser absorbidos por los cultivos agrícolas al momento de su aplicación como humus de lombriz. El estiércol de bovino procesado presentó gran cantidad de K, el cual puede ser aprovechado por los productores para fertilizar otros

cultivos tropicales establecidos dentro del agroecosistemas, los resultados obtenidos son similares a los reportados por García-Pérez (2006). La calidad de la cerdaza *vermicompostada coincide con los resultados reportados por Rodríguez (2008)*. La lechuga de agua (*P. stratiotes*), mostró que tiene abundante materia orgánica, la cual se puede utilizar en mezclas para la elaboración de compostas con otros sustratos, ya que se encuentra en grandes cantidades en las zonas pantanosas del estado de Tabasco.

Cuadro 2. Comparación de medias para la velocidad de desdoblamiento de cuatro sustratos orgánicos mediante la lombriz *E. foetida*.

Tratamientos	Días	%	Media
Equino	90	100	8240 a
Cerdaza	90	90	4420 ab
Bovino	90	90	4340 ab
Lechuga de agua	90	70	1250 c

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente (Tuckey p 0.05)

CONCLUSIONES

El estiércol de equino incrementa la multiplicación de la lombriz roja californiana *E. foetida*, en un tiempo de 90 días. La cerdaza y el estiércol de bovino presentaron el mismo comportamiento a nivel de reproducción, siendo superados por el estiércol de equino. La calidad de humus fue mejor para el estiércol de equino y cerdaza, presentando cantidades aceptables de macroelementos y microelementos al final del procesamiento por *E. foetida*.

Cuadro 3. Análisis Físico- químico de los tratamientos evaluados

Tratamientos	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC
	rel. 1:2	%	%	mg kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹	meqL	MeqL	meqL	Cmq(+)/kg
Equino	7.0	45.20	2.02	1.09	9.41	11.40	10.30	0.68	37.20
Cerdaza	6.8	40.30	1.40	1.74	8.10	3.23	1.32	0.23	27.05
Bovino	6.3	40.00	1.30	1.06	9.20	2.45	2.05	0.21	20.20
Lechuga de agua	6.0	43.00	0.90	1.11	1.81	1.55	1.02	0.45	18.10

LITERATURA CITADA

- André, G. 1967. Abonos. Guía práctica de la fertilización. 4ª edición. Mundiprensa. Madrid, España. 44 P.
- Andriulo, A., Sasal, C., Améndola, C. y Rimatori, F. 2003 "Impacto de un sistema intensivo de producción de carne vacuna sobre algunas propiedades del suelo y del agua. INTA, Argentina". 32 (3): 27-56.
- Atiyeh R.M; Domínguez J.; Subler S. y Edwards C.A.(2000). Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*. Bouiche) and the effects on seedling growth. *pedobiologia* .44; 709-724.
- Atiyeh, R, Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N. and J. Metzger. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technol.* 84:7-14.
- Barbado 2003 1, cría de lombrices, lombricultura microemprendimientos 1ª edición editorial MP3 S.R.L Buenos Aires Argentina. 128P.
- Bravo 1996 VA técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz roja californiana roja (*Eisenia foetida*) Facultad de Humanidades Tecnología, Sociedad y Ambiente Universidad DE "YACAMBU", 103 P.
- Canellas Paqualoto, L., López Olivares, F., Okorokova Facanha, A. I and A. Rocha Facanha.(2002). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H-ATPase activity in maize root. *Plantphysiology*, 130:1951-1957.
- Cuevas J.R, J. Morejón. M. Ojeda y V. Vale 1987: Instructivo Técnico para el desarrollo de la lombricultura en Cuba. La Habana Cuba. Pp. 34
- Cruz-Lázaro, E., R. Osorio-Osorio, E. Martínez-Moreno, A. J. Lozano del Río, A. Gómez-Vázquez y R. Sánchez-Hernández. 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35 pp 363- 368.
- Félix-Herrán, J. A., R. Martínez Ruiz, H. S. Azpiroz Rivero, R. Serrato Flores, A. D. Armenta Bojorquez, G. Rodríguez Quiroz y V. Olalde Portugal. 2010. Propiedades Físico-químicas y orgánicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica en el libro *Bioteología aplicada a recursos forestales*, Libro técnico: Serie forestal, ISBN: 875-935-543-2, pp. 275 290, editado por la Universidad Autónoma Indígena de México Universidad Autónoma Chapingo-Colegio de Posgraduados, Campus Puebla.
- Ferruzzi C. 1994. Manual de Lombricultura. Ed. 3ra ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 138 p.
- García-Pérez, Rafael E. 2006. La lombriz de tierra como una biotecnología en agricultura, Universidad Autónoma de Chapingo, México. 177 p.
- Gheisari, S., S. Danesh and S; M. Mousavi, 2010. Growth and Reproduction of *Eisenia foetida* in Vermicomposting of Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. *Asian Journal of Chemistry* 22(2) 1266-1274.
- Hernández J.; Mavarez L; Romero E; Ruiz J. Y Contreras C. (2003). Altura del cantero en comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia sp*); bajo condiciones cálidas. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 20, 320-327.
- Lastra E. 1995 Lombrices californianas, las transformadoras de desechos. *Rev. Acaecer*; 20: 10-12.
- Lavelle P, Brussaard L, Hendrix P. (eds) 1999. Earthworm management in tropical agroecosystems. CABIPublishing. Oxon y New York. 300 p.
- Martínez, C, C, Artigas, G, J, García, P, R, 1996. Manual de lombricultura, Fundación Produce Chiapas Pp.1-10
- Norma Oficial Mexicana. 2008. Humus de lombriz (lombricomposta)-especificaciones y métodos de prueba. NMX-FF-109-SCFI-2008. Diario Oficial de la Federación. México, D. F. 24 p.
- Oei, P. 2003. Mushroom cultivation. Tercera edición. Backhuys Publishers. Leiden, the Netherlands. 429 p.
- Ozores-hampton (1998). Compost as an alternative weed control method. *Hortsciencie*. 33, 938-940.

- Pattnaik, S.yM.V.,Reddy. 2009. Vermi-composting of Municipal (Organic) Solid Waste and its implications. In: Singh, S.M. (Ed.), Earthworm ecology and environment. International Book Distributing Co., Luck now, India, pp. 119-113.
- Pramanik, P. and Y.R.Chung, 2010. Efficacy of vermicomposting for recycling organic portion of hospital wastes using Eisenia foetida: standardization of cow manure proportion to increase enzymatic activities and fungal biomass. Earth and Environmental Science The environmentalist 30(3):267-272
- Räty M, y Huhta V.2004 Earthworm communities in birch stands with different origin in Central Finland. Pedobiología; 48:283-291.
- Reines M, M; Rodríguez C.; Vilches E. y García G. (2004). Efecto en el desarrollo de las lombrices de tierra. Caracterización integral de vermicomposta. In: I Congreso internacional de lombricultura y abonos orgánicos: inocuidad alimentaria y un ambiente sano.Guadalajara, Jalisco, México). P. 56-60.
- Rodríguez, G. 2003. Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de lombricomposta con Eisenia foetida. Naturaleza y Desarrollo.
- Tineo, A.L. 1990. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Sánchez P.S., López A.F. (2004). Respuesta en rendimiento del grano a la fertilización orgánica en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) In I Congreso internacional de lombricultura y abonos orgánicos: inocuidad alimentaria y un ambiente sano. Guadalajara, Jalisco., México. p.158-160.
- Zepeda P.R. (2000). Manual práctico de lombricultura. Universidad de Chapingo.1-51 pp

Referencias Informáticas

- Arancon, Q. N., Edwars A. C., Dick, and L. Dick.(2007). Vermicomposttea production and plant growth impacts. Biocycle, 51-52. Disponible en: http://www.growingsolutions.com/home/gs2/page_220
- Rodríguez, A. R.2008. Producción y calidad de abono orgánico por medio de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y su capacidad reproductiva [En línea]. [Consulta: 5 de mayo de 2017]. Disponible en: www.fao-sict.un.hn/practicas/unload/944.pdf

Sección G: Socioeconomía y Desarrollo Rural

EL MODELO GRANOS DEL SUR Y SU CONTRIBUCIÓN A LA SOBERANÍA ALIMENTARIA THE SOUTHERN GRANTS MODEL AND ITS CONTRIBUTION TO FOOD SOVEREIGNTY

Cadena Iñiguez P¹, Camas Gómez R¹, Coutiño Estrada B¹, Turrent Fernández A², Camas Pereyra R³

¹Investigadores del Campo Experimental Centro de Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km 3 carretera Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. CP 29140.

²Investigador del Campo Experimental Valle de México, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km.13.5 de la Carretera los Reyes-Textcoco, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, C.P. 56250.

³Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V, Universidad Autónoma de Chiapas, Km 84.5 carretera Ocozocoautla-Villaflores, Villaflores Chiapas. raus.camas.18@gmail.com
Autor para Correspondencia: cadena.pedro@inifap.gob.mx

RESUMEN

Durante el ciclo O.I. 2015- 2016, se implementó el modelo de transferencia de tecnología para la producción de maíz Granos del Sur, por el INIFAP en el estado de Chiapas, México, se establecieron 18 parcelas en riego con diferentes fuentes de abastecimiento, se realizó una caracterización de productores y de las unidades de producción y se probaron dos híbridos comerciales generados por el INIFAP, con el objetivo de contribuir a la seguridad alimentaria mediante la producción de maíz en unidades de riego; el modelo se conforma de cuatro elementos: oferta tecnológica, insumos y asistencia técnica oportuna, una estrategia multimedia de transferencia para el desarrollo de capacidades y la gestión de agro empresas semilleras. los resultados indican que los híbridos son superiores estadísticamente a los híbridos comerciales de compañías transnacionales, por lo que, si se cumplen al menos tres de los cuatro elementos del modelo, se puede impactar en aproximadamente 6 millones de unidades de producción y contribuir a la disminución de importación de granos de maíz y tener seguridad alimentaria y con ello la soberanía alimentaria necesaria para los casi 120 millones de mexicanos.

Palabras clave: *Maíz, sureste de México, seguridad alimentaria, transferencia*

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales más importantes para el consumo humano y animal, como grano y forraje. La producción mundial es alrededor de 638 millones de toneladas de grano en aproximadamente 143 millones de hectáreas (González y Macías, 2007). En México se cultivan anualmente 8.5 millones de hectáreas de maíz, con una producción nacional de 22.5 millones de toneladas y una media de 2.8 t ha⁻¹; sin embargo, cada año se importan siete millones de toneladas de grano entero de maíz amarillo y tres millones de grano quebrado, por lo que se requiere incrementar la producción de este tipo de maíz (Turrent 1998, Ortiz-Cereceres *et al.*, 2007, Turrent, 2004). Resulta contradictorio saber que durante 2011-2012 México fue el segundo importador más grande, con 11 % de las importaciones mundiales (Márquez *et al.*, 2014).

México cuenta con 31 millones de hectáreas de tierra de labor, de las que 6.3 millones se manejan bajo riego y casi 25 millones son de temporal. El recurso anual de agua dulce es 1530 km³ de los que 147 km³ son retenidos en las presas, 410 km³ escurren al mar. El 67 por ciento del escurrimiento ocurre en el sureste, con mínimo aprovechamiento en el riego, con un monto casi dos veces superior a lo que se retiene actualmente para riego en los distritos de riego del país. El uso de la tierra de labor (riego y temporal) es mayormente extractivo y el país acumula ya una gran inversión diferida para el uso racional del recurso (CONAGUA, 2007).

FAO (2002), menciona que la agricultura es la actividad que utiliza el mayor volumen de agua; más de las dos terceras partes de la que proporcionan los ríos, lagos y acuíferos del planeta. Se destina el 70 %, aproximadamente, de toda el agua utilizada para uso humano, temiéndose que esto pueda afectar al futuro de la producción de alimentos. Bajo condiciones de riego una producción comercial es buena de 8 a 9 t ha⁻¹, con una humedad del grano de 10 a 13 %. La eficiencia de utilización del agua para la producción de grano varía entonces entre 0.8 y 1.6 kg/m³ (FAO, 2002). El agua utilizada para regadío incluye, además de la realmente transpirada por el cultivo que crece, toda el agua aplicada al mismo. Por otra parte, se producen pérdidas por fugas y evaporación en la conducción del agua y por percolación en las parcelas, sin que sea utilizada por el cultivo. (FAO, 2002).

La FAO estima que en los próximos 30 años la producción mundial de alimentos deberá incrementarse en cerca de 60 % para alimentar a esa creciente población. Menciona que, en muchos casos, la agricultura no puede competir económicamente por los escasos recursos de agua disponibles, dado que las ciudades e industrias están en condiciones de pagar cantidades más elevadas por el agua. El sector agrícola tiene que demostrar que los suministros de agua que recibe se utilizan adecuadamente para garantizar la seguridad alimentaria, en este aspecto, Ayala y Schwentesius (2014), mencionan que la seguridad alimentaria se define como el abasto oportuno, suficiente e incluyente de alimentos a la población, en tanto que la Soberanía Alimentaria está definida por la libre determinación del país en materia de producción, abasto y acceso de alimentos a toda la población. Gordillo y de Anda (2013), basándose en textos de ONG's y diversos intelectuales y académicos indican que la soberanía alimentaria descansa sobre seis pilares: "... 1. Se centra en alimentos para los pueblos, 2. Pone en valor a los proveedores de alimentos, 3. Localiza los sistemas alimentarios, 4. Sitúa el control a nivel local, 5. Promueve el conocimiento y las habilidades, 6. Es compatible con la naturaleza...". Por otro lado, y en el mismo tenor, Altieri, (2009) indica que para lograr la soberanía alimentaria y poder escalar miles de experiencias agroecológicas locales exitosas, se deben promover cambios en políticas agrarias que den acceso a los agricultores a tierra, semillas, crédito, servicios de extensión, etc., así como acceso a mercados locales y precios justos. Para ello, en el sur-sureste de México, principalmente en los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, y Yucatán, se dispone en abundancia de los recursos naturales; agua dulce y tierras de labor que permanecen ociosas en el ciclo otoño-invierno (O.I.). En esta región fluye 63 % (260.8 km³) del escurrimiento anual (415.9 km³) de los ríos del país (SARH, 1988). Mientras que en el ciclo primavera-verano (P.V.) se siembran 2.5 millones de hectáreas de maíz en los ocho estados, en el ciclo O.I. únicamente se sembraron 384,000 ha de maíz como segundo cultivo, el resto queda ocioso debido a la escasez de lluvias en la temporada y a la carencia de infraestructura de riego (Turrent *et al.*, 2004). Tomando en cuenta la importancia de las zonas susceptibles de riego en los ocho estados antes mencionados, como productoras potenciales de grano que pueden contribuir a disminuir la importación del mismo, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con base en trabajos experimentales y de validación del proyecto Granos del Sur desarrollados durante los ciclos O.I. 1996-1997, 1997-1998 y 1998-1999, demostró que en el estado de Chiapas se puede impactar en la productividad de maíz, mejorando sus sistemas de producción y fomentando el aprovechamiento del potencial de los cuatro distritos de riego y unidades de riego que actualmente son sub utilizadas, además de que existe una superficie cultivable con tecnología de 34,956 y 38,553 hectáreas, respectivamente con el abasto seguro de agua, de las cuales solamente se riega aproximadamente la mitad (López *et al.*, 2008). El objetivo de este trabajo fue demostrar y validar que mediante el modelo de producción de maíz de riego "Granos del Sur" en las zonas que cuentan con riego de La Frailesca, Chiapas, se puede impactar la producción de maíz y contribuir al déficit de producción que requiere la población. En el INIFAP, se tiene como objetivo desarrollar y promover investigación estratégica y de frontera para contribuir oportunamente a la solución de los grandes problemas de productividad, competitividad, sustentabilidad y equidad, así como promover y apoyar la transferencia de conocimientos y tecnologías del sector forestal, agrícola y pecuario del país de acuerdo a las necesidades y demandas prioritarias de los productores y de la sociedad, contribuir a la formación de recursos humanos, y a la generación de modelos de transferencia de tecnología para el incremento de la producción agropecuaria y forestal, tal es el caso del Modelo de Producción de Maíz, "Granos del Sur" (Cadena *et al.*, 2009 y Cadena *et al.*, 2015).

METODOLOGÍA

El modelo de producción "Granos del Sur". Consiste en la producción de maíz bajo riego, basado en resultados experimentales desarrollados desde 1998. Este comprende la aplicación de cuatro componentes agronómicos principales; fechas de siembra, densidad de población, fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica, e híbridos de alto rendimiento. Además, como parte del modelo se incluye la aportación oportuna de insumos, transferencia de tecnología por medio de capacitaciones a técnico y productores y las escuelas de campo, así también los eventos demostrativos, encuentros de productores y foro de vinculación institucional, para poder presentar los resultados de la evaluación del impacto del modelo. El último punto de este modelo se busca que los productores se organicen y sean autogestores de las empresas semilleras para disminuir costos por concepto de compra de semillas, lo que no se ha logrado dada la falta de emprendedores (Cadena *et al.*, 2009). El modelo contempla una estrategia multimedia para lograr los resultados esperados, basados en la metodología de las escuelas

de campo, ampliamente desarrollada por: Gallagher (2003); Morales y Galomo (2006); Morales (2007); Morales (2008); Cadena et al., (2013); Cadena, (2016) y Morales et al., (2016).

Área de estudio

El modelo se estableció en 11 localidades de tres municipios de La Frailesca, Chiapas, Villaflores, Villacorzo y La Concordia, situados en la parte central del Estado; se trabajó con productores que tienen parcelas de riego, previo, se realizó una caracterización socioeconómica y de la unidad de producción, se entrevistó a 28 productores, de los cuales al final quedaron solamente 25, se realizaron muestreos de suelo para determinar los requerimientos nutricionales de cada parcela, y se probaron los híbridos H-561, (Coutiño *et al.*, 2013) y H-380A, blanco el primero y amarillo el segundo. Las fuentes de abastecimiento de agua fueron de pozos, ríos y presas y se realizó por diversos sistemas de riego, rodado, con cintilla, por aspersión y por cañón. Se probaron los híbridos comerciales generados por el INIFAP, H-561 y H-380A, y se hicieron arreglos topológicos distintos a los que acostumbran los productores.

Los elementos indispensables para la implementación del modelo se describen a continuación:

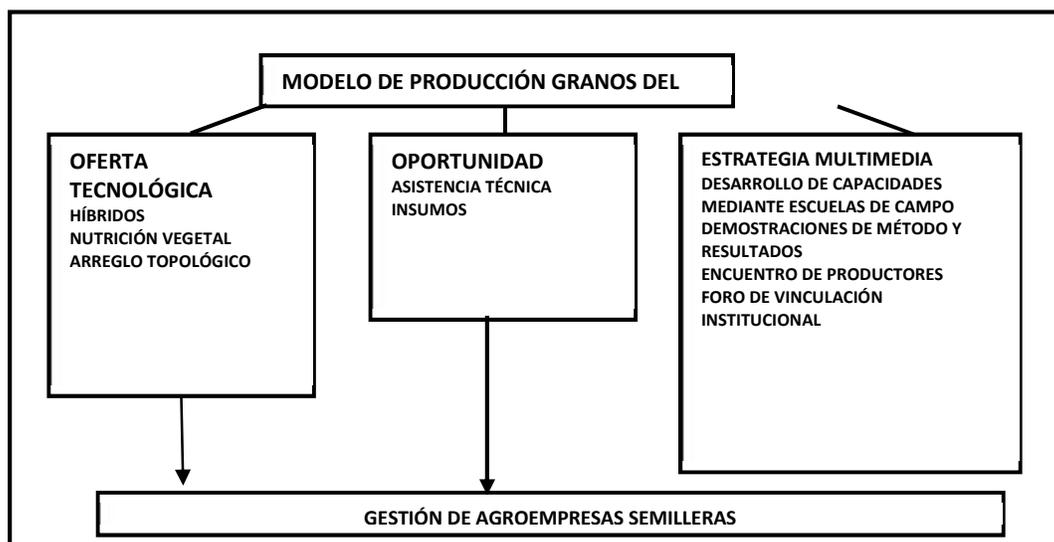


Figura 1. Elementos indispensables para la operación del modelo de producción de maíz “Granos del Sur”. INIFAP. 2016.

RESULTADOS

De la caracterización social que se hizo con 25 productores se encontró que el tipo de productor de La Frailesca no difiere mucho del promedio nacional, en promedio los productores tienen 53 años y con una superficie cultivada de 4.71 ha, de las cuales 2.63 ha, son dedicadas al cultivo de maíz en riego. Aplican insumos recomendados por la tradición oral local, sin que exista sistemáticamente una asistencia técnica constante. La superficie dedicada para la producción de maíz en riego es para la producción de elote, el cual se comercializa en los mercados regionales de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Aunque usan híbridos comerciales, donde más les afecta son los costos de producción para la producción de maíz para grano o para elote, dado que el costo supera en 300 % el costo de los materiales sugeridos por el INIFAP y que comercialmente ya están disponibles.

Los resultados de rendimiento de grano obtenidos en las parcelas con los híbridos H-561 y H-380A, se presentan en los cuadros 1 a 3.

Los rendimientos promedio del H-561 (7.0 t ha^{-1}), H-380A (8.8 t ha^{-1}) y sus respectivos testigos comerciales (6.5 y 6.3 t ha^{-1}) en el ciclo O.I. 2016, se vieron afectados por limitaciones en la disponibilidad del agua de riego y por las altas temperaturas. En el primer caso durante el ciclo agrícola mencionado se presentó una disminución de la capa freática, y con ello el abatimiento de las fuentes de aprovisionamiento de agua de los pozos artesianos y jagüeyes, siendo insostenible el brindar los riegos en tiempo y forma en diversas parcelas. Ante este problema, algunos productores con el fin de solventar dicha situación optaron por hacer más profundos sus pozos, aunque no todos contaron con los recursos económicos para ese fin, llegando incluso al límite de suspender el manejo del cultivo. Lo anterior se atribuye a que durante los ciclos P.V. 2014 y 2015 la precipitación pluvial en la región fue aproximadamente del 65 % abajo de lo normal.

Cuadro 1. Análisis de varianza combinado del rendimiento de grano blanco del híbrido H-561 y testigos comerciales bajo riego en 11 localidades en el ciclo O.I. 2015-2016. INIFAP. 2016.

Fuente de variación	Grados Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calc	Pr>F
Localidad	10	268743433.9	26874343.4	84.67	<0.0001
Híbridos	1	12376147.3	12376147.3	38.99	<0.0001
Repeticiones	9	5831888.8	647987.6	2.0423	0.0423
Repetición x localidad	90	35800804.5	397786.7	1.25	0.1362
Localidad x Híbrido	10	39537133.8	3953713.4	12.46	<0.0001
Error	99	31421761.9	317391.5		
Total	219				

En lo que a la temperatura se refiere, en el ciclo de estudio, la temperatura máxima promedio durante los meses más calurosos, de marzo a mayo, fue de hasta 36 °C, presentando días con un máximo de 38.8 °C. Lo anterior es aún más drástico de tomar en cuenta que para los meses de marzo a mayo en la mayoría de las parcelas el cultivo se encontraba en las fases de floración masculina (R0), femenina (R1), a madurez fisiológica (R6), pudiendo causar en los primeros dos casos problemas en la polinización y en el resto hasta R6 baja eficiencia en la translocación de fotosintatos al grano.

Cuadro 2. Rendimiento promedio (kg ha⁻¹) del H-561 y testigos comerciales en 11 localidades bajo condiciones de riego Ciclo O.I. INIFAP. 2016

No.	Loc/Productor	H-561	Testigo	Promedio
1	Ejido Galeana, Villaflores. Antonio Apellido	8658 a	7600 bc	8129 a
2	Ejido Independencia, La Concordia. Limbano	8765 a	7681 bc	8223 a
3	Ejido 16 Sep., Villaflores. Raquel	7181 c	7704 b	7442 b
4	Ejido El jardín, Villaflores. Osvaldo	8079 b	6706 cd	7392 b
5	Ejido San Luis, Villaflores. Octavio	7860 b	6749 cd	7304 b
6	Ejido Galeana, Villaflores. Mariano	7780 b	6619 d	7199 b
7	Ejido S. P. Buenavista, Villa Corzo. Gabriel	6484 d	7831 b	7157 c
8	Ejido La campana, Villa Corzo. Tavín	5933 e	5400 f	5666 d
9	Ejido La Tigrilla, La Concordia. Francisco	5940 e	4821 g	5380 d
10	Ejido Villa Hidalgo, Villaflores. Sergio	5183 f	5269 f	5226 d
11	Ejido 16 septiembre, Villaflores. Alfonso	5046 f	5348 f	5197 d
Promedio/Híbrido		7081 a	6521 b	6756
DMS _{0.05} para híbridos= 150.7				
DMS _{0.05} para localidades= 353.5				
DMS _{0.05} para localidad x híbrido= 499.9				
C.V.= 8.3				

Los resultados de rendimiento indican que H-561 y H380A, fueron superiores estadísticamente ($P < 0.05$) a los testigos comerciales de los productores (Cuadros 2 y 3) y aunque para riego es un rendimiento bajo, tomando en cuenta que dichos rendimientos pueden ser logrados en temporal, dichos rendimientos tienen que ver con las condiciones agroclimáticas de años anteriores, donde se muestran las temperaturas presentadas en La Frailesca, a lo que Cheikh y Jones (1994) mencionan que para maíz una temperatura mayor de 35 °C acompañada con una baja humedad relativa provoca desecación de los estigmas y que temperaturas superiores a 38 °C reducen la viabilidad del polen. Con base en lo anterior, se ha sugerido que por cada grado centígrado (°C) que se incrementa la temperatura por encima del óptimo (25 °C), se reduce un 3 a 4 % el rendimiento de grano, dado que afecta la fotosíntesis de las plantas y en este caso, según la gráfica de temperatura (Fig. 3) de los últimos dos años se puede observar que durante la época de estiaje, éstas se elevan sustancialmente, por ello los riegos que los productores realizan son insuficientes para que las plantas hagan un uso eficiente del agua recibida, y más bien tiene un efecto de disminuir la temperatura del suelo. El incremento de la temperatura ambiental puede afectar su tasa de crecimiento, limitar su actividad fotosintética y aumentar su respiración en el desarrollo de la planta, es por ello que se vuelven más demandantes de agua y éste se vuelve cada vez más ineficiente.

Cuadro 3. Rendimiento promedio (kg ha⁻¹) del H-380A e híbridos testigos en 4 localidades bajo condiciones de riego, Ciclo O.I. INIFAP. 2016.

No.	Localidad/Produtor	H-380A	Testigo	Promedio
1	Ejido S. P. Buenavista, Villa Corzo. Gabriel	9413	6350	7881
2	Ejido San Luis, Villaflores. Octavio	8849	6237	7543
3	Ejido Totonilco, Villaflores. Gregorio	8789	6488	7638
4	Ejido Villa Hidalgo, Villaflores. Hermilo	8475	6291	7383
Promedio		8881 a	6341 b	
DMS _{0.05} para híbridos= 447.44				
C.V.= 9.1				

Si bien es cierto que tanto los datos referidos en los resultados en los terrenos de los productores bajo las mismas condiciones de manejo y cambiando solamente los materiales testigos, puede verse que los rendimientos para la condición de riego, son bajos, estos son debidos a las condiciones ambientales no controlables por el hombre, y que la tecnología propuesta por el “Modelo Granos del Sur”, aplicado bajo las circunstancias de los productores, son altamente redituables, aún con las condiciones presentadas, es posible contribuir a la disminución de la importación de granos de maíz.

Para ello, es necesario que las instituciones involucradas en la organización de productores, aseguramiento, créditos, asesoría técnica, otorgamiento de apoyos a la producción, comercialización y venta de insumos se involucren aún más, situación antes sugerida por Altieri en (2009), dado que los productores en ocasiones no están enterados de los apoyos que pueden recibir, y con ello apoyar y asegurar el éxito del programa que a todas luces es bueno. En el caso de los productores, de estar involucrados y estar organizados sería mucho más fácil poder acceder a los apoyos en maquinaria, insumos, asesorías técnicas, e inclusive en apoyos del programa de gobierno federal “energía para el campo”, “extensionismo” que para el 2016-2017 están vigentes, y con ello los productores tendrían una asesoría permanente. Ayala (2014) indica que los modelos de transferencia de tecnología para la producción, son contextuales y la adopción no siempre es el resultado de un proceso, sino que muchas veces es un fenómeno que depende de la observación, la inteligencia, la decisión y el riesgo de los propios productores. Al respecto y en un estudio realizado en la región sur sureste de México, en áreas marginadas de Los Tuxtlas, Veracruz, se encontró que la gestión de innovaciones para el desarrollo económico y social del sector productivo rural de éstas áreas, es un proceso de alta complejidad social, institucional y organizacional, por lo que requiere vinculaciones institucionales con actores tomadores de decisiones y proveedores de apoyos y servicios (Zambada *et al.*, 2013).

En la región de estudio, existe un diferencial en cuanto al tipo de fuente de abastecimiento de agua de los que destacan pozos artesianos, ríos, jagüeyes, y canales de riego de presas, el cual de seguir con las mismas condiciones ambientales prevalecientes de 2015-2016, existirá el mismo riesgo de que los mantos freáticos disminuyan drásticamente que resultará imposible el abastecer de agua al cultivo hasta la producción de grano. Por ello se debe promocionar que las instituciones encargadas de la administración el agua, puedan asegurar la participación de un mayor número de productores que puedan acceder cuando exista agua de represas, presas o ríos con suficiente caudal, por otro lado, las instituciones encargadas del equipamiento deberían otorgar equipos e infraestructura para el uso eficiente del recurso agua. Al realizar un análisis del sistema de extensión agrícola en el país, Amaro y de Gortari (2016), concluyen que dicho sistema ha evolucionado por distintos momentos; ha pasado de ser un servicio estatal a uno con tintes cuasi privados. Sin embargo, indican contundentemente que... “no ha existido un proceso de integración de esfuerzos entre las diferentes instituciones involucradas y lo que se observa es un sistema desarticulado cuyo éxito y fracaso depende en muchas ocasiones de las regiones y la organización de los productores, además de aspectos como el desempeño de los técnicos y los problemas que se enfrentan alrededor de ellos, como la continuidad o la evaluación de resultados y el impacto...”(SIC), algo similar a lo que se ha encontrado en este estudio.

Del foro institucional realizado en Villaflores en 2016, con 12 dependencias federales, estatales y los gabinetes agropecuarios municipales de la Frailesca, se concluyó que: el uso tecnificado del agua es una necesidad, para ello, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ofreció asesoría a quien lo requiera para la aplicación de gastos de agua, usos consuntivos y láminas de riego, según los aforos de las fuentes, por lo que es necesaria la organización de los productores para una mejor capacitación sobre el tema. Con las características edáficas y de manejo de los productores que participaron en este programa y modelo, con

los apoyos potenciales expresados por las instituciones y las tecnologías propuestas por el INIFAP, solo falta que los productores den el paso final para crear sus propias empresas de producción de semillas, de comercialización y de acopio de cosechas para lograr mejores precios finales por sus productos, y darles un valor agregado, dado que hasta ahora ellos sólo venden a granel y para elote. En resumen, bajo las condiciones ambientales normales de buenas lluvias en el temporal para que los mantos freáticos se recuperen y puedan abastecer las fuentes de aprovisionamiento para riego en el ciclo O.I., en la superficie susceptible de ser regada en el sur sureste del país, se pueden producir las cantidades suficientes de grano de maíz para contribuir a la reducción de las importaciones y ser autosuficientes en la producción necesaria para el consumo de los mexicanos, este modelo puede ser escalado a los estados del sur sureste que tienen en este momento escorrentías de agua que no son aprovechadas.

CONCLUSIONES

El modelo de producción de maíz Granos del Sur, aún con las limitaciones ambientales ocurridas en los dos años anteriores que causaron disminuciones del manto freático, resultó eficiente, dado que los rendimientos obtenidos con las tecnologías ofertadas por el INIFAP, fueron estadísticamente superiores a los testigos comerciales. La contribución en la seguridad agroalimentaria y su respectiva soberanía, tiene que ver no con el modelo en sí, sino con el escalonamiento de un programa a nivel sur sureste de la república y eso requiere de la implementación de una política pública que permita que las instituciones del sector agropecuario e iniciativa privada se sumen a este esfuerzo de investigación-transferencia de tecnología, para incrementar los niveles productivos y con ello disminuir las importaciones ante la creciente población en México.

LITERATURA CITADA

- Altieri-A. M. 2009. Escalonando la propuesta agroecológica para la soberanía alimentaria en América Latina. *Agroecología* 4: 39-48, Department of Environmental Science, Policy and Management, Division of Insect Biology, University of California, Berkeley, 137 Mulford Hall-3114, Berkeley, CA
- Amaro-Rosales, M. y de Gortari-Rabiela, R. 2016. Políticas de transferencia tecnológica e innovación en el sector agrícola mexicano. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol 13 núm 3. Jul-Sep 2016. pp: 449-471.
- Ayala-Garay, A.V. y Schwentesius-Rindermann, R. 2014. Seguridad y soberanía alimentaria, conceptos teóricos y formas de análisis. En: *Seguridad y Soberanía alimentaria en México: análisis y propuestas de política*. Editores: Rita Schwentesius Rindermann y Alma Velia Ayala Garay. Plaza Valdés Editores S.A. de C.V. Primera edición, ISBN 978-607-402-745-7 México pp: 13-14.
- Ayala-Sánchez, A. 2014. Unidades de transferencia de tecnología para la innovación agropecuaria y forestal del INIFAP. In: *Congreso Internacional de Investigación e Innovación 2014 Multidisciplinario*. Centro de Estudios Cortázar. Universidad de Guanajuato. 10 y 11 de abril de 2014, Cortázar, Guanajuato, México. 35 p.
- Cadena, I. P.; Morales, G. M.; González, C. M.; Berdugo, R. J. G. y Ayala, S. A. 2009. Estrategias de transferencia de tecnología, como herramientas del desarrollo rural. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). ISBN-978-607-425-200-2
- Cadena-Iñiguez, P.; Rodríguez-Hernández, R. F.; Zambada-Martínez, A.; Berdugo-Rejón, J. G.; Góngora-González, S.; Salinas-Cruz, E.; Morales-Guerra, M.; y Ayala-Sánchez, A. 2013. Modelo de gestión de la innovación para el desarrollo económico y social en áreas marginadas del sur sureste de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas. ISBN 978-607-37-0022-1. Ocozacoautla de Espinosa, Chiapas. 156 p.
- Cadena-Iñiguez, P.; Camas-Gómez, R.; Rodríguez-Hernández, R.F.; Berdugo-Rejón, J.G.; Ayala-Sánchez, A.; Zambada-Martínez, A.; Morales-Guerra, M.; Espinosa-Paz, N.; y López-Báez, W. 2015. Contribuciones del INIFAP al extensionismo en México y la gestión de la innovación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.6 Núm.4 16 de mayo - 29 de junio, 2015. ISSN 2007-0934 pp: 883-895.
- Cadena, I. P. 2016. Las Escuelas de Campo (ECA): una estrategia de trabajo para zonas de alta marginación en México. En: *Modelos alternativos de capacitación y Extensión Comunitaria*. Edits. Jorge Aguilar Ávila y Vinicio Horacio Santoyo Cortés. Clave Editorial, Universidad Autónoma Chapingo. ISBN: 978-607-437-351-6. México D.F. pp: 141-160
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2007. Estadísticas agrícolas de las unidades de riego, año agrícola 2006-2007. México. 793 p.
- Coutiño-Estrada, B.; Salinas-Moreno, Y.; Gómez-Montiel, N. y Vidal-Martínez, V.A. 2013. "H-561", Nuevo híbrido de maíz resistente a pudriciones de mazorca para regiones tropicales. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 36(1): 85-87
- Cheikh N, RJ Jones. 1994 citados por Rincón (2006). High temperature and water stress during flowering in tropical corn populations. *International Journal of experimental botany*. 75: 31-40.
- FAO, 2002. Maize crop water management. <http://www.fao.org/ag/agl/cropwater/maize.stm#descrip>
- Gallagher, K. 2003. Elementos fundamentales de una Escuela de Campo. *LEISA*. Aprendiendo con las ECAS 19 (1): 4-7
- González-Ch. y Macías-A. 2007. Vulnerabilidad alimentaria y política agroalimentaria en México. *Desacatos*. Num.25, pp.47-48.
- Gordillo-de Anda, G. y Méndez-Jerónimo, O. 2013. *SEGURIDAD Y SOBERANÍA ALIMENTARIAS*. Documento base para discusión. FAO. Roma Italia 45 p
- INEGI. 2015. Encuesta Intercensal, 2015. Población total /Volumen y Crecimiento por Entidad federativa 1895 a 2010.
- López, B.E.; López, L.A.; Coutiño, E.B.; Camas, G.R.; Villar, S.B.; López, M.J.; Serrano, A.V.; Cadena, I.P.; Zamarripa, M.A. y Sandoval, M.C. 2008. Zonas potenciales y recomendaciones técnicas para la producción sustentable de maíz en Chiapas.

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis. Libro Técnico No.1. ISBN 978-607-425-056-5227p.
- Morales, G. M; Galomo R. T. 2006. Escuelas de Campo. Experiencia de Desarrollo de Capacidades para la Transferencia de Tecnología en Comunidades Indígenas. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca. 172 p.
- Morales-Guerra, M. 2007. Manual de Escuelas de Campo para la capacitación y transferencia de tecnología. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca. Libro técnico Núm. 10. 48 p.
- Morales-Guerra, M. 2008. Manual de Escuelas de Campo; guía metodológica. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca. Libro Técnico Núm. 8. 48 p.
- Morales, G. M; Hernández Galeno, C.A. y Vásquez, O.J.A. 2016. Escuelas de Campo. Un modelo de capacitación y acompañamiento técnico para productores agropecuarios. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca. Folleto técnico Núm. 48. ISBN: 978-607-37-0492-2. 37 p.
- Márquez-Berber, S.; Khalil-Gardezi, A.; Ayala-Garay, A.V. y Almaguer-Vargas, G. 2014. Situación y perspectivas de la producción de maíz en México. En: Seguridad y Soberanía alimentaria en México; análisis y propuestas de política. Editores: Rita Schwentesius Rindermann y Alma Velia Ayala Garay. Plaza Valdés Editores S.A. de C.V. Primera edición, ISBN 978-607-402-745-7 México p 57.
- Ortiz-Cereceres, J; Ortega-Paczka, R; Molina-Galán, J; Mendoza-Rodríguez, M; Mendoza-Castillo, C; Castillo-González, F; Muñoz-Orozco, A; Turrent-Fernández, A; Kato-Yamakake, TA. 2007. Análisis de la problemática de la producción nacional de maíz y propuestas de acción. Grupo Xilonen, Universidad Autónoma Chapingo - Colegio de Postgraduados- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chapingo, México. 29 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).1988. Agua y sociedad: una historia de las obras hidráulicas de México. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. México, D.F. 299 p.
- Turrent-Fernández, A.; Gómez-Montiel, N.; Sierra-Macias, M. y Avelaño-S.R. 1998. Producción de maíz bajo riego en el ciclo otoño-invierno en el Sur-Sureste de México. I. Rendimiento de cuatro fórmulas tecnológicas. Rev. Fitotec. Mex. 21:159-170.
- Turrent-Fernández, A.; Camas-Gómez, R.; López-Luna, A.; Cantú-Almaguer, M.; Raíres-S.J.; Medina-M.J. y Palafox, C.A. 2004a. Producción de maíz bajo riego en el Sur-Sureste de México: I. Análisis agronómico. Agric.Tec. Mex. Mex. Mex. 30 (2): 153-167.
- Turrent, F.A.; Camas, G.R.; López, L.A.; Cantú, A.M.; Raíres, S.J.; Medina, M.J. y Palafox, C.A. 2004. Producción de maíz bajo riego en el Sur-Sureste de México: II. Desempeño financiero y primera aproximación tecnológica. Agric.Tec. Mex. Mex. Mex. 30 (2): 205-221.
- Zambada-Martínez, A.; Cadena-Iñiguez, P.; Ayala-Sánchez, A.; Sedas-Larios, L. E. I.; Pérez-Guel, R. O.; Francisco-Nicolás, N.; Meneses-Márquez, I.; Jácome-Maldonado, S. M.; Berdugo-Rejón, J. G.; Morales-Guerra, M.; Rodríguez-Hernández, R. F. y Rendón-Medel, R. 2013. Red de articulación institucional y organizacional para gestionar innovaciones en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. ISSN 1870-5472 Vol. 10 (4):442-458.

CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LOS PRODUCTORES RURALES EN EL ESTADO DE CHIAPAS, QUE PARTICIPAN EN PROGRAMAS FEDERALES.
SOCIOECONOMIC CHARACTERISTICS OF RURAL PRODUCERS IN THE STATE OF CHIAPAS, WHO PARTICIPATE IN SOME FEDERAL PROGRAMS.

Salinas Cruz E, Fernández González I, Martínez Sánchez J, Cruz Chávez F

Campo experimental Centro de Chiapas Km 3 Carretera internacional Ocozocoautla-Cintalapa,
Ocozocoautla de Espinosa Chiapas.

Autor para correspondencia: salinas.eileen@inifap.gob.mx

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en el estado de Chiapas, con la finalidad de establecer un panorama general de la vinculación de los productores rurales con los programas de gobierno en los que ellos han sido partícipes. Es decir, establecer primeramente las características de los productores para referir a si cuales han sido los beneficios de los diferentes programas de gobierno a los productores. En segunda instancia definir si los productores son conscientes de dichos programas o apoyos y de las ventajas y desventajas.

Se recabo la información por medio de entrevistas a productores de las 15 regiones del estado, la muestra se tomó de la base de datos de los registros de los programas PROGRAN y PROCAMPO. Donde se determinó un tamaño de muestra de 101 productores a encuestar mismos que se visitó en sus domicilios, los resultados obtenidos fueron concentrados en formatos especiales y posteriormente analizados en el programa SPSS. Los principales resultados obtenidos muestran que el 89 % de los encuestados no ha recibido ningún tipo de asistencia técnica por parte del gobierno, lo que pudiera ser esta una de las causas de que los programas de gobierno no tengan el impacto esperado principalmente en el sector agrícola, así lo manifestó el 85.1% que se ubica dentro de este sector.

Palabras clave: *Beneficios, programas de gobierno, productores, vinculación.*

INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario mexicano se ha rezagado en el ámbito de importancia de la economía, problema que agudiza con los efectos negativos que trabajo consigo la recesión planetaria (Basurto y Escalante, 2012); ya que desde la década de 1990 a crecido a un ritmo relativamente lento, con una tasa anual de crecimiento de 1.5% muy por debajo del promedio de la región latinoamericana (McMahon y Valdés, 2011), por otra parte, los apoyos de gobierno en cuanto a la asistencia técnica y capacitación o programas de apoyos directos al campo siguen desligados de los resultados y no se logró incorporar a los productores a la cadena de valor (Robles, 2011), aunado a esto se presenta una baja productividad del campo mexicano, debido además a una débil inversión, la fragmentación de la producción que impide capturar economías de escala: apoyos que no se ligan a la productividad, poca orientación económica en la producción agrícola, entre otros (Sánchez, 2014).

El deterioro del campo mexicano se ha hecho evidente, debido a que, si bien el gobierno federal ha establecido programas de apoyo directos, ha dejado de lado la gestión del conocimiento productivo y la inducción a adoptar innovaciones tecnológicas, organizativas y de gestión (Zaragua et al., 2011); además de desestimular la productividad y competitividad agrícola, ya que muchos productores han optado por realizar siembras simbólicas con la finalidad de obtener subsidios (Gaytán, 2002).

Por ende, en 1995, como resultado de la confluencia de una serie de factores (escasez de granos básicos y cereales por sequía, pérdida de competitividad debido a la apertura comercial y el desempleo de profesionales en áreas agronómicas) se crea el Sistema Nacional de Extensión, que tiene con objetivo la reducción de brechas tecnológicas (Aguilar et al., 2010) y como apoyo directo al campo surge PROCAMPO en 1993, en 1996 surge Alianza para el campo el cual otorga apoyos a proyectos específicos de productores que se asocian y aportan la tercera parte de la inversión (Appendi y De Luca, 2006).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos del gobierno mexicano; la falta de una inserción real para que los programas de apoyo tanto de incentivos directos como aquellos otorgados a través profesionales agrarios, para fomentar en el productor un incremento a la producción, introducción en el mercado de sus productos y el aumento de su competitividad, Hewitt (2007), destaca que la falta de impacto de los programas o apoyos al campo se deben a varias limitantes; el primero es el desarrollo rural desequilibrado, grandes productores versus pequeños productores de subsistencia; el segundo la competencia feroz entre grandes

y pequeñas empresas; la tercera, la política pública ha estado marcada por un claro sesgo a favor de la gran empresa agrícola privada; la cuarta referente a una falta de verdadera democracia en el medio rural aunado a un caciquismo que conlleva a la falta de transparencia sobre los apoyos gubernamentales, el deterioro ambiental y una visión sistémica del desarrollo rural.

Basado en estos aspectos sobre los apoyos otorgados desde la década de los años 90's a la actualidad, se realizó en el estado de Chiapas una recopilación de datos de productores empadronados en programas como PROCAMPO (actualmente PROAGRO) y PROGAN, con la finalidad de realizar un diagnóstico de su unidad de producción y poder establecer el impacto o beneficio que se ha dado con el apoyo otorgado en el campo Chiapaneco.

La información fue recabada a través de una cedula de encuesta a 101 productores en las 15 regiones, en donde el mayor número de encuestas fue realizado en las regiones Istmo-Costa, Sierra Mariscal y de los Bosques. Se analizan datos sobre la composición familiar, de producción definiendo su participación o vinculación a la cadena de valor; además de establecer cómo es que los programas de apoyo le han servido en la mejora de su producción en cuanto al incremento de esta y su nivel de competitividad.

MATERIALES Y MÉTODOS

A través de los listados de los programas de PROGAN y PROCAMPO, se estimó una muestra para la recopilación en campo de la información.

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

En donde, N = tamaño de la población Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito, o proporción esperada Q = probabilidad de fracaso D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

La muestra fue un total de 101 productores distribuidos en todo el estado de Chiapas, en donde el 20% del levantamiento de la información fue en la región denominada Istmo-Costa (Figura 1)

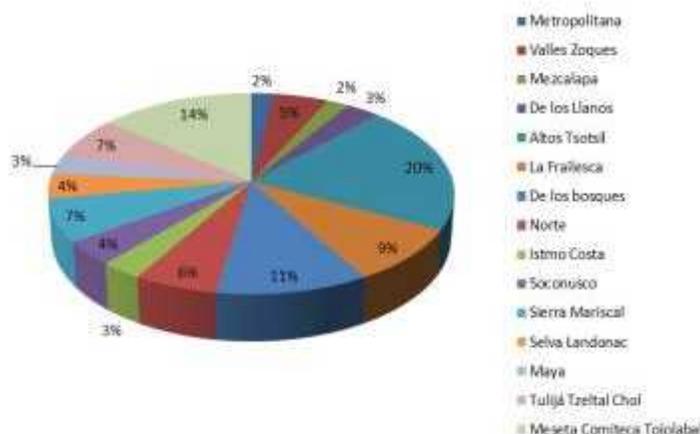


Figura 1. Porcentaje de encuestados por región

Con en información recabada en campo, se realizó una base de datos con el programa Excel, para que posteriormente a través del programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), que permitió obtener estadísticas básicas para el análisis de la información.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información recopilada y analizada a través del manejo de datos, arroja la siguiente información.

Del total de encuestados el 87% de estos son hombres y solo el 13% fueron mujeres encuestadas (Figura 2), porcentaje que es similar al presentado a nivel nacional, con la ocupación y distribución en el campo de hombre y mujeres, ya que según estadísticas del INEGI (2016), el 89% son hombres y tan solo el 11% mujeres. Siendo además que el 58.7% de los trabajadores agrícolas se concentran en Veracruz, Puebla, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Chiapas, donde este último tiene el 12% de ese porcentaje.

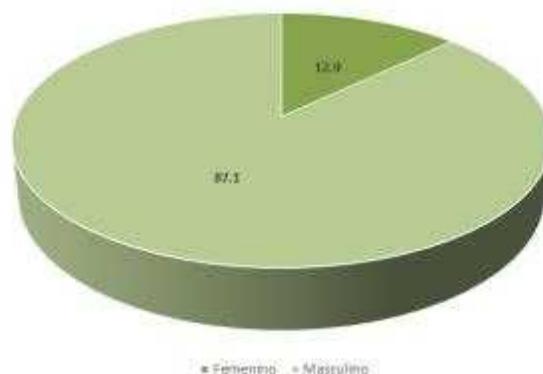


Figura 2. Porcentaje de hombres y mujeres encuestadas, según sexo

Por otra parte, el 92% de los encuestados son casados; sus dependientes económicos son en un 91.1% esposos o parejas, 88% son sus hijos. Y dentro del contexto familiar otros dependientes económicos pueden ser, hijos casados (28.7%), yernos (16.8%), Nueras (20.8%), Nietos (24.8%) o sus padres (35.6%). La estructura de sus viviendas es, el 74% tiene techos de lámina, con paredes de materiales comentados (78%), con piso denominado firme (92.1%). Los servicios básicos son baños (93%) que no necesariamente están conectados a una red de drenaje ya que solo el 35% cuenta con este servicio, además de tener agua dentro de su vivienda (93%) y energía eléctrica, como servicios básicos.

De los servicios de salud, el 44% acude a un dispensario o centro de salud para atender enfermedades generales o bien vacunaciones frecuentes y solo el 38% acude a hospitales generales para cirugías mayores.

La parte productiva del total de encuestados el 85 % aproximadamente se dedica a la actividad agrícola, es decir a la producción de granos (maíz (85%), frijol (59%), principalmente), hortalizas o producción de flores. Tan solo el 5% se dedica a la ganadería (bovinos doble propósito o para producción de leche) y el 9% se dedica a ambas actividades, con producción de granos básicos y ganado menor (traspatio) (Figura 3).

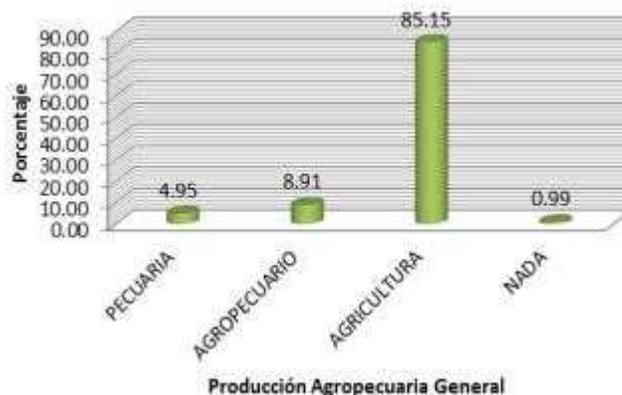


Figura 3. Producción agropecuaria general

La producción es principalmente de temporal (90%); dentro de los cultivos más importantes que se producen dentro del estado de Chiapas son: en granos Maíz, frijol y café, ya que la gran mayoría de productores los producen; en cuanto a hortalizas se tiene el tomate, chile y repollo como principales cultivos hortícolas, cabe destacar que son las regiones, fronteriza, centro y frailesca las principales zonas de producción. En el estado de Chiapas, la zona más importante de producción de jitomate está ubicada en la región fronteriza, en los municipios de Independencia, Comitán y La Trinitaria, se cultivan más de 400 hectáreas en sistemas protegidos (Bojórquez, 2008). De la producción de fruta de acuerdo a la zona en

donde se realizó, el levantamiento de la información son Jocote, Sandía, Limón, durazno, entre otros, que son producidos en pequeña escala. Por último, se tiene la producción de flores y pastos.

La producción es básicamente para autoconsumo (75%) y el resto para ventas (25%).

El gobierno federal a través de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), en el año 2016, oferta un total de 16 programas en apoyo a grupos altamente vulnerables como jóvenes, adultos mayores, madres de familia, jornaleros agrícolas y personas con discapacidad, además liderazgo en la mujer; a través de una política social con enfoque integral (SEDESOL, 2016).

En relación a los apoyos otorgados dentro del estado de Chiapas, y de acuerdo a los datos obtenidos en campo, se puede definir que los productores encuestados refieren a estos programas como una fuente más de ingresos ya que el 78% de ellos reciben algún incentivo (principalmente PROSPERA). Ya que otras fuentes de ingresos son: empleado, en actividades empresariales o rentando viviendas o tierras (figura 4).

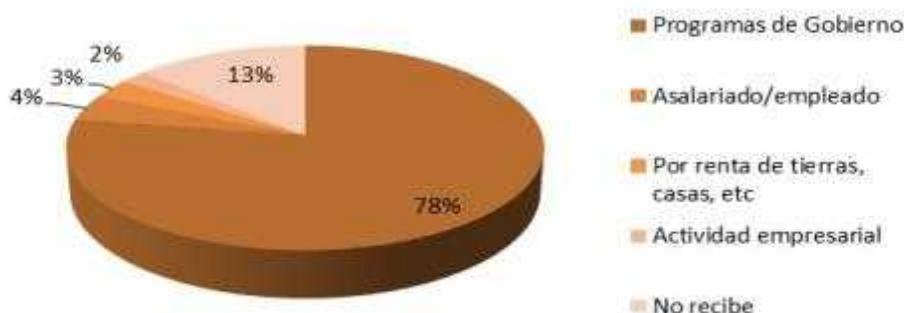


Figura 4. Relación de apoyos u otras fuentes de ingresos

Ahora bien, dentro de los programas que maneja la SAGARPA, se tienen los programas de concurrencia con las entidades federativas, programas de productividad y competitividad agroalimentaria, programa de productividad rural, programa de fomento a la agricultura, sistema nacional de investigación agrícola, programa de fomento ganadero, fomento de ganadería y normalización de la calidad de los productos pecuarios, programa de fomento a la productividad pesquera y acuícola, vinculación productiva, entre otros. Con un monto per cápita para el estado de Chiapas de \$21, 412 pesos en una unidad de producción de 5.8 has. (SAGARPA, 2016).

Dentro de los programas por parte de la SAGARPA, en el estado de Chiapas, un total de 72.3% de los encuestados recibe un apoyo de alguno de los programas, principalmente PROCAMPO productivo y PROGRAM. Un bajo porcentaje dice no recibir algún tipo de apoyo y un porcentaje mínimo solo se va en búsqueda de apoyos privados o financiamientos (Figura 5).

De los apoyos otorgados por el gobierno federal a través de sus diferentes programas, tanto en el aspecto social como en el productivo. Los productores reciben apoyos principalmente de la SAGARPA y SEDESOL, y en menor proporción programas estatales, municipales o de otros organismos públicos (Figura 6)

El objetivo del programa de extensionismo de la SAGARPA es el incremento de la producción de alimentos mediante servicios especializados de extensión e innovación, a través del desarrollo de capacidades productivas, organizativas empresariales y humanas de los productores. Con una población objetivo de personas físicas, grupos y organizaciones de productores que se dediquen a la agricultura, ganadería, acuicultura, pesca en zonas rurales y suburbanas dando preferencia a los habitantes de zonas marginadas (SAGARPA, 2016).

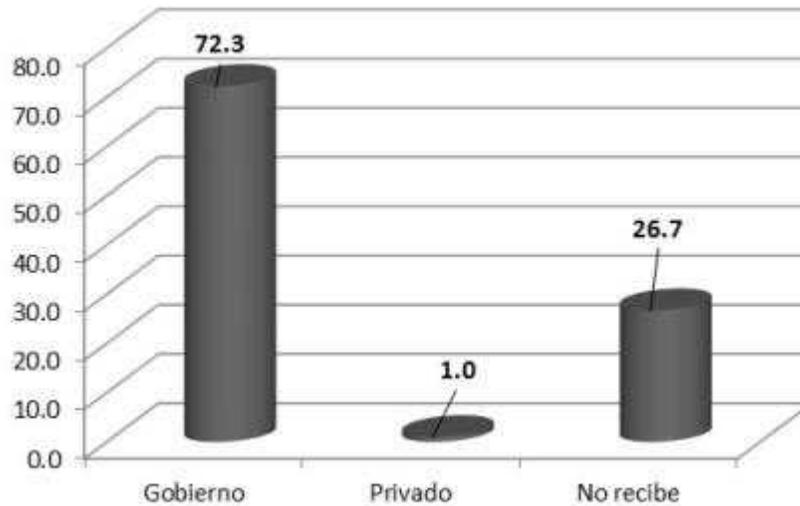


Figura 5. Programas recibidos

De acuerdo a la información obtenida en campo, los productores al preguntarles si han recibido algún tipo de asistencia técnica como programa de extensionismo, o por parte de algún ingeniero agrónomo o médico veterinario o carrera afín. El 89% afirma que no ha recibido o no tiene conocimiento de este programa de gobierno (Figura 7).

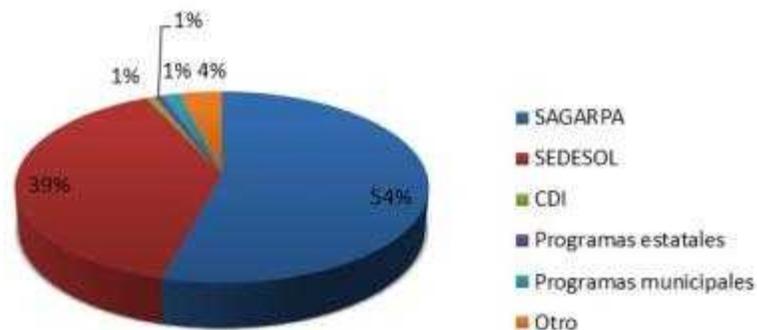


Figura 6. Apoyos otorgados

Si bien, esta información no es del todo desconocido debido a que en una evaluación del programa de extensionismo 2012, afirma que el programa carece de una definición clara y pertinente para la definición de la población, principalmente en zonas rurales, con problemas de pobreza de alimentos, patrimonial y de capacidades, lo que crea un sesgo que deja a un lado el cumplimiento del objetivo de dicho programa (SAGARPA, 2013). Denota la falta de vinculación e impacto de dicho programa. Ya que el porcentaje que afirma haber recibido este tipo de apoyo afirma que se basa en asesorías, capacitación y cero vinculaciones a la cadena de valor. Aunque el productor considera que el asesoramiento a fortalecido a su trabajo en campo.

CONCLUSIONES

La información recabada en campo a través del análisis de encuestas permitió establecer el análisis sobre los programas de gobierno tanto de aspecto social como de aspecto directos al campo.

Los productores ven como un tipo de ingreso el apoyo otorgado en forma social, y si bien algunos programas fomentan el incentivo a mejoras en la producción, el objetivo de estos es el apoyo a mejoras como estudios.

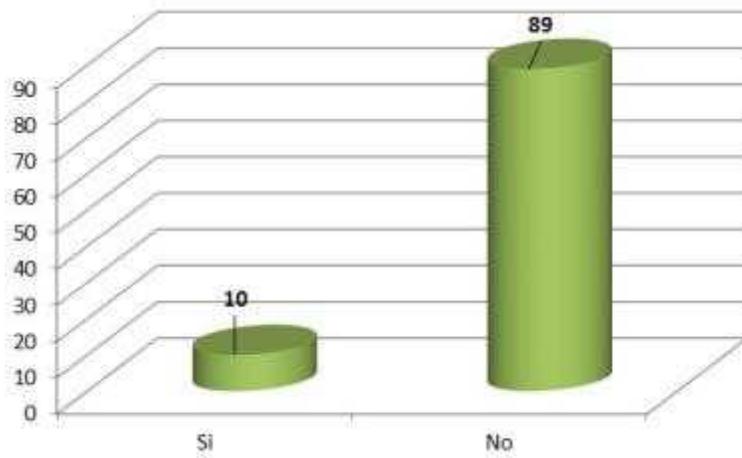


Figura 3. Porcentaje de productores que han recibido asesoría

Los programas gubernamentales de apoyo al campo en forma directa o a través de asesoría, no ha impactado como tal, debido a que primeramente la población objetivo no siempre es a la que se le otorga dicho apoyo. Aunado a esto la situación del campo no solo en una crisis económica, sino en una crisis ambiental, en una pobreza extrema, conllevando un abandono total del campo, sin vinculación al mercado y teniendo una producción se subsistencia.

LITERATURA CITADA

- Aguilar A. J., JR. Altamirano C y Rendón M. R. 2010. Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural. Primera edición. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Impreso en México. 282 p.
- Appendi K. y De Luca M. 2006. Estrategias rurales en el nuevo contexto agrícola mexicano. Organización de las naciones Unidas para al Agricultura y la Alimentación. Roma. 99 p.
- Basurto H.S. y R. Escalante S. 2012. Impacto de la crisis en el sector agropecuario en México. Revista Economía UNAM, 9 (25): 51-73.
- Bojórquez F. 2008. Avances de la tecnología agrícola en Chiapas. En <http://www.hortalizas.com/miscelaneos/avances-de-la-tecnologia-agricola-en-chiapas/>
- Gaytán B. JA. 2002. El impacto del Programa de Apoyo al campo en el ingreso de los productores del ejido del Teñhe, Colonia de Mixquiahuala, Hidalgo. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. División de Ciencias Sociales y Humanidades. 57 p.
- Hewitt C. 2007. Ensayo sobre los obstáculos al desarrollo rural en México. Retrospectiva y prospectiva. Revista Desacatos. Núm. 25: 79-100.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI).2016. Estadísticas a propósito del... día del trabajador agrícola (15 de mayo). Datos Nacionales. INEGI.
- McMahon M.A. y Valdés A. 2011. Análisis del extensionismo agrícola en México. OCDE. SAGARPA. 69 pp.
- Robles, BH. 2011. ¿Qué paso con la asistencia técnica y la capacitación en México? La Jornada del Campo. <http://www.jornada.unam.mx/2011/08/20/tecnica.html>.
- SAGARPA. 2016. Subsidios al campo. En: <http://subsidiocalcampo.org.mx/analiza/presupuesto-sagarpa/>.
- SAGARPA. 2013. Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural. Evaluación estatal del funcionamiento y la operación 2012, en el Estado de Chiapas. http://www.secam.chiapas.gob.mx/docs/federalizados/EvalPDCITER_2012_4.pdf
- Sánchez C. J. E. 2014. La política agrícola en México, impactos y retos. Revista Mexicana de Agronegocios. Núm. 35: 946-956.
- SEDESOL. 2016. Guía de programas sociales. Secretaría de Desarrollo Social, Impreso en México. 76 p.
- Zaragua E. JA., G. Almaguer V. y JG Ocampo L. 2011. El programa de apoyos directos al campo (PROCAMPO) y su impacto sobre la gestión del conocimiento productivo y comercial de la agricultura del Estado de México. Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo. 8 (1): 89-105.

NECESIDADES DE CAPACITACIÓN DE LOS EXTENSIONISTAS DEL PROYECTO “APOYO AL EXTENSIONISMO RURAL DE LA SAGARPA” EN EL ESTADO DE YUCATÁN”. 1. DESARROLLO RURAL

TRAINING NEEDS OF THE EXTENSIONISTS OF THE PROJECT "SUPPORT TO THE RURAL EXTENSIONISM OF THE SAGARPA" IN THE STATE OF YUCATAN ". 1. RURAL DEVELOPMENT

¹Murguía O ML, ¹Rojas R O, ²Ramírez JG

¹Campo Experimental Mocochoá.CIR Sureste.INIFAP. Km 25 Antigua Carretera Mérida-Motul.C.P.97454. Mocochoá, Yucatán.

²Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.
Autor para correspondencia: murguia.maria@inifap.gob.mx

RESUMEN

El extensionista es la pieza clave para el desarrollo de capacidades de los productores, por lo que es importante conocer sus necesidades de capacitación para un buen desarrollo de sus servicios en las comunidades rurales. En este caso los del sector Desarrollo Rural del Proyecto Apoyo al Extensionismo Rural de la SAGARPA. Se realizó una encuesta de preguntas abiertas y cerradas. Las respuestas se concentraron en una base de datos en Excel y se analizaron mediante estadísticos descriptivos (frecuencias), plasmados en gráficos para una mejor visualización de los resultados. Las principales demandas de capacitación se centraron en cinco áreas principales, siendo estas en orden de importancia: mercados/comercialización, procesos productivos, organización de productores, valor agregado/transformación y métodos de enseñanza.

Palabras clave: *capacitación, desarrollo rural, extensionismo*

INTRODUCCIÓN

Es a partir del año 2011 cuando renace con una nueva visión el extensionismo rural en México con la creación, por parte de la SAGARPA, de un nuevo programa denominado Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural, hoy denominada Componente de Extensionismo e Innovación Productiva.

Este programa tiene como objetivo específico fomentar el desarrollo de capacidades de los productores, sus organizaciones, las familias rurales y otros actores que realizan oficios, en los sectores agropecuarios, acuícolas y pesqueros, mediante un sistema nacional de desarrollo de capacidades y extensionismo, que facilite el acceso al conocimiento, información y uso de tecnologías modernas.

En las reglas de operación del Programa de Apoyos a Pequeños Productores de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el ejercicio 2017, con el objetivo general de que las Unidades Económicas Rurales conformadas por pequeños(as) productores(as) incrementen la disponibilidad de alimentos y en su Componente Extensionismo, Desarrollo de Capacidades y Asociatividad Productiva, cuyo objetivo es Apoyar a pequeños productores(as) con servicios de extensión, innovación y capacitación para incrementar la producción de alimentos y fortalecer el desarrollo comunitario en las zonas rurales, esto sumado a los Planes Estatales de Desarrollo, que son los instrumentos rectores de la planeación estatal y en ellos están expresadas claramente las prioridades, objetivos, estrategias y líneas generales de acción en materia económica, política y social para promover y fomentar el desarrollo integral sustentable y el mejoramiento en la calidad de vida de la población y orientar la acción de gobierno y la sociedad hacia ese fin. En el Estado de Yucatán, en su Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018, propone que en el campo se deberá resolver el dilema de una economía de subsistencia y pequeños productores y ganaderos que requieren apoyos y asistencia tecnológica para vivir dignamente del producto de su esfuerzo cotidiano y, al mismo tiempo, ofrecer apoyos y condiciones adecuadas para la inversión y el financiamiento de una economía rural de gran escala, con modelos productivos industriales y de alto rendimiento. Por otra parte, indica que se debe hacer lo necesario para que en el campo yucateco miles de familias encuentren una fuente de ingresos suficiente para permanecer en su comunidad y formar a futuras

generaciones para ser exitosas, productivas y vivir de sus negocios; al tiempo de tener un campo y una ganadería yucateca capaz de competir en mercados globales, aprovechando sus ventajas y potenciales competitivos. Por otra parte, la capacitación es uno de los temas que más preocupa a los tomadores de decisiones en las políticas públicas estatales, ya que cada vez es más notorio que a pesar del incremento

en el volumen de inversión gubernamental en los rubros productivos del sector, el estatus económico de los productores sufre sólo cambios mínimos que no son representativos de los alcances logrados en adquisición y operación de los activos que se ponen a su disposición a través de los apoyos.

El Desarrollo rural se concibe como un proceso de transformación, integración y fortalecimiento de las actividades agropecuarias y no agrícolas bajo un manejo sustentable de los recursos para el mejoramiento de los ingresos y condiciones de vida de las familias rurales, proceso dirigido por los actores locales para construir una territorialidad específica en coordinación con instituciones y organizaciones. Esta territorialidad es un camino propio de desarrollo basado en las capacidades, activos y recursos multidimensionales de los ámbitos rurales (Desarrollo Rural sustentable 2010).

Aumentar el valor de empresas en el estado, cuenta con la estrategia de Fomentar al sector artesanal de Yucatán mediante una estrategia integral para apoyar desde el diseño de productos, la organización productiva y una comercialización profesional y el de Impulsar a la industria textil y del vestido mediante el fomento a la moda yucateca y el reposicionamiento de la guayabera.

Para poder llevar a cabo todas estas estrategias, el actor clave para atender las necesidades de tecnología de los productores de los estratos 1 y 2 es el extensionista y el eje central es la capacitación. Ya que no basta con invertir en el sector, mediante apoyos a productores, sino llevar a cabo procesos de capacitación y acompañamiento técnico en este sentido, por lo que resulta de vital importancia conocer las necesidades de capacitación de los propios extensionistas, para poder estar en la posibilidad de contribuir con acciones para el desarrollo de capacidades y con ello mejorar su intervención con los productores rurales y pescadores ribereños del estado de Yucatán y poder incentivar e incrementar la producción en bien de la economía de las familias rurales.

Por lo que el objetivo de este trabajo fue conocer las necesidades de capacitación de los extensionistas del Sector de Desarrollo Rural del Proyecto “Apoyo al Extensionismo Rural de la SAGARPA” 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvo el patrón de extensionistas a los cuales se les asignó un servicio en este rubro. En total fueron 14 servicios para Desarrollo Rural. Se aplicó una encuesta personal estructurada, buscando reflejar las demandas de capacitación de los extensionistas. El cuestionario constaba tanto de preguntas de respuesta abiertas, para obtener respuestas profundas, así como también el porqué de las respuestas y preguntas con respuesta cerrada, dándole al encuestado para elegir opciones en un listado y poniendo la opción otros para evitar el problema de no tener una opción que coincida con la respuesta que se quiera dar.

La encuesta se realizó el 15 de julio de 2016 en las instalaciones de la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del estado de Yucatán. Se explicó a los extensionistas la mecánica de la encuesta y su objetivo y se resolvieron las dudas durante el proceso. Una vez aplicada, se recolectaron y se concentraron en una base de datos en Excel y se procedió al análisis de las necesidades de capacitación por parte de los extensionistas, mediante estadísticos descriptivos (frecuencias), plasmado en gráficos para una mejor visualización de los resultados obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en las encuestas realizadas, a los extensionistas que participaron en servicios de Desarrollo Rural, en el Proyecto “Apoyo al Extensionismo Rural de la SAGARPA”, en el estado de Yucatán, el 64% señalaron haber recibido algún curso de certificación profesional de acuerdo a las reglas de operación de la SAGARPA en los últimos cinco años, que se han desempeñado como extensionista, mientras que el 36% manifestó que no (Gráfico 1). En cuanto a los temas de capacitación que

recibieron en sus anteriores contratos como extensionistas, giraron en cuatro temas con certificación profesional: Estándar de Competencia 0217 (EC 0217) “Impartición de cursos de formación del capital humano de manera presencial” con un 45.45%, Estándar de Competencia 0020 (EC 0020) “Formulación del diseño de proyectos de inversión del sector rural” con un 36.36%, Dirección de Proyectos (IPMA) con un 9.09%, la certificación que expide la SAGARPA para registrar proyectos productivos en el SICAPP de los programas FAPPA (Fondo para el Apoyo a Proyectos Productivos en Núcleos Agrarios) y PROMETE (Programa de Apoyo para la Productividad de la Mujer Emprendedora), con un 9.09% (Gráfico 2). De los catorce extensionistas encuestados, solo dos, tienen dos cursos de certificación, el resto solo tienen uno. Las unidades certificadoras fueron: Asociación Internacional para la Dirección de Proyectos o IPMA (por sus siglas en inglés), Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER), Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural, A.C. (INCA), Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo (UIMQROO), Centro Integral de Certificación, Evaluación

y Marketing (CICEMARK) y SAGARPA. Esto se ve reflejado en las reglas de operación de los programas de la SAGARPA 2017, en su anexo IX “Requisitos de elegibilidad del proceso de Selección de extensionistas”, dentro de estos requisitos se menciona el compromiso de incorporarse al proceso de certificación de competencias profesionales en los estándares y programas de capacitación que defina la Unidad Responsable, entre los que se incluyen:

- EC 0489 que cambio a finales del 2016 a EC 0818 “Facilitación de procesos de innovación de mejora competitiva con personas, grupos sociales y organizaciones económicas”.
- Certificación en “Dirección de Proyectos” Nivel “D” en el Modelo Internacional 4LC de IPMA (International Project Management Association).
- Programa de capacitación ad hoc de principios y fundamentos del Extensionismo rural.

Esto con la finalidad de que los extensionistas, cuenten con herramientas metodológicas necesarias para que su quehacer en el campo sea cada vez más efectivo e impacte en las cadenas productivas promoviendo las innovaciones y haciendo más competitivas las actividades de los productores.



Figura 1. Extencionistas con cursos de certificación SAGARPA.

El 86 % (12/14) de los extensionistas en Desarrollo Rural señalaron que, si es necesaria la capacitación, contra 14% que no (Gráfico 3), dando las siguientes razones: el 35.71% porque sirve para mejorar su trabajo con productores, el 28.57% porque es necesario actualizar conocimientos, el 21.43% señalaron que se requiere para impulsar la producción y comercialización, el 7.14% la necesita para mejorar sus habilidades y por último con otro 7.14% lo requiere para desempeñar un buen trabajo en el componente (Gráfico 4). Esta concientización por parte del extensionista del valor de la capacitación, es de vital importancia ya que, si el técnico está bien capacitado para llevar a cabo su servicio profesional en los grupos de productores, el porcentaje de éxito se incrementará enormemente.



Figura 2. Extencionistas con cursos de certificación.

Al indagar los temas o áreas de capacitación que le ayudarían a llevar a cabo un mejor trabajo como extensionista e incrementar la calidad de su trabajo con los productores, se identificaron en primer lugar mercados/comercialización, con el 25.93%, seguido en segundo lugar por procesos productivos y organización de productores con 22.22% cada uno, siguiendo en orden de importancia el tema valor agregado/transformación, con un 18.52% y, por último, el tema métodos de enseñanza con un 11.11% (Gráfico 5).



Figura 3. Creen necesaria la capacitación los extensionistas

Al preguntarles si consideran tener los conocimientos necesarios para desempeñar su trabajo, el 100% considero que cuentan con los conocimientos y habilidades necesarias para desempeñar su trabajo con los productores. Los elementos que consideran tener para desempeñar un buen trabajo son en primer lugar, porque asiste a cursos y se capacita, lo cual les permite obtener elementos para un mejor trabajo con los productores con un 37.50%, al igual que cuentan con capacidad técnica y facilidad en el trabajo con productores con el mismo porcentaje, en segundo lugar porque cuentan con experiencia de trabajo en campo y manejo de grupos con un 16.67% y en tercer lugar por otros, como la necesidad de actualizar los conocimientos y tener pasión por su trabajo con un 8.33% (Gráfico 6).



Figura 4. Razones de los extensionistas para creer que es necesaria la capacitación (%)

En lo que respecta a que, si han recibido capacitación que considere relevante para su trabajo con productores, el 93% señalaron que sí y el 7% mencionaron que no (Gráfico 7). Entre los temas de capacitación recibida, están cursos sobre capacitación y desarrollo de habilidades con un 41.18%, sobre procesos productivos un 35.29% y sobre diseño de proyectos productivos el 23.53% (Gráfico 8).

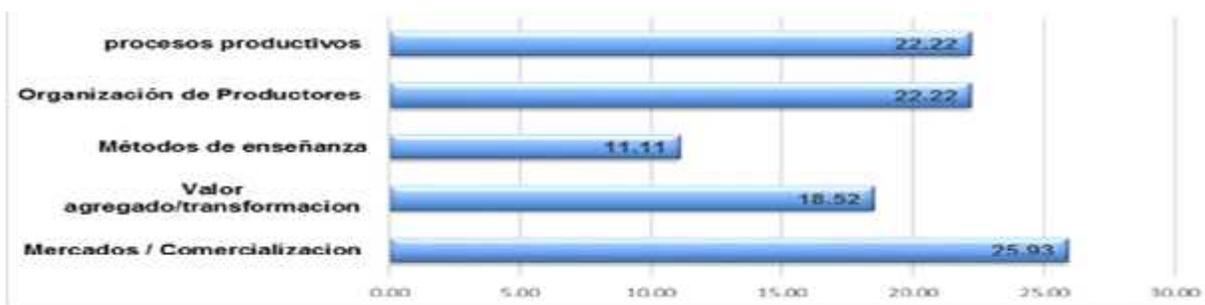


Figura 5. Temas de capacitación considerados importantes por los extensionistas para mejorar su desempeño (%)

El trabajo de extensionismo rural tiene su razón de ser en el impacto que este servicio tenga con los productores que son los beneficiarios directos de este apoyo gubernamental. En este sentido, resulta importante conocer desde la visión del extensionista las acciones que él realiza para lograr un servicio de calidad de su trabajo cotidiano. Por lo que el 100.00% de los extensionistas encuestados están conscientes que entre mejor estén capacitados, darán un mejor servicio a los productores. Las respuestas con mayor porcentaje de presentación fueron: la de generar un compromiso con los productores que se están atendiendo y el de seguir un programa de trabajo pertinente y adecuado a las condiciones de los

productores, con un 20.45% cada una. Siguiendo las de tener una buena comunicación con el productor para poder brindar un buen servicio y la de motivar el interés de utilizar innovaciones con los productores con un 18.18% cada una de ellas. Siguiendo con un 15.91% la actualización y capacitación constante a través de la participación en foros, conferencias, simposios, cursos y talleres entre otros, en forma continua para enriquecer sus conocimientos y asegurar un servicio de calidad con los productores. Un 6.82% manifestaron la opción otros, en donde mencionaron motivar la comercialización de los productos, generar confianza en los productores, empatía y resolver los retos y obstáculos en forma conjunta (Gráfico 9).



Figura 6. Elementos que ayudan al Extensionista en el desempeño de su trabajo.

Al solicitarles definir su concepto de extensionismo, las respuestas que dieron, se agruparon en seis grandes vertientes que son: Acompañamiento al productor para mejorar sus capacidades, esta fue la visión que predominó en el 28.57% de los extensionistas, en segundo lugar, hay dos respuestas con un 21.43%, cada una, la aceptación de capacitación para generar un producto o servicio y la visión de llevar el conocimiento científico-tecnológico a las áreas productivas. En tercer lugar, se identificó la visión de que el extensionismo es tener un compromiso con los productores con un 14.29% y en cuarto lugar hay otro empate con 7.14% entre la percepción de que es un proceso de aprendizaje entre extensionista y productores y la de transmitir habilidades para mejorar la calidad de vida del productor y su familia (Gráfico 10).



Figura 7. Ha recibido capacitación que considere relevante y de utilidad para su formación técnica y/o trabajo con los productores

En años recientes, el concepto que se ha tomado para definir la extensión rural es el propuesto por el Foro Mundial para los Servicios de Asesoría Rural (GFRAS), el cual define a los servicios de asesoría rural como aquellas actividades diferentes que ofrecen información y servicios que necesitan y demandan los agricultores y otros actores en entornos rurales, para asistirles en el desarrollo de sus propias destrezas y prácticas técnicas, organizativas y de gestión, a fin de mejorar sus medios de sustento y bienestar (GFRAS, 2010). Es decir, todas las visiones señaladas por cada uno de los extensionistas pudieran considerarse como correctas, sin embargo, estos servicios deben culminar con el mejoramiento de los medios de sustento y bienestar de los productores rurales a través del otorgamiento de información, servicios y desarrollo de capacidades de los productores rurales.

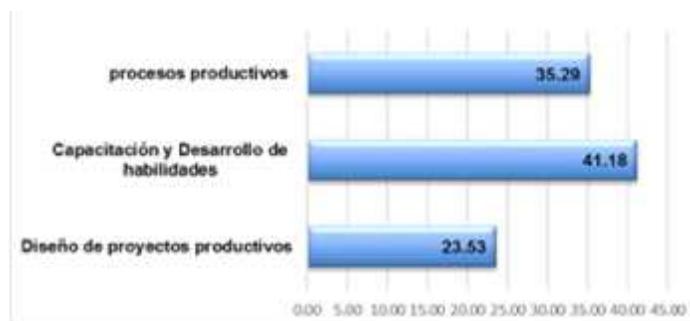


Figura 8. Temas de capacitación recibida y considerada relevante y de utilidad por los extensionistas

Debido a que el Desarrollo rural se concibe como un proceso de transformación, integración y fortalecimiento de las actividades agropecuarias y no agropecuarias, bajo un manejo sustentable de los recursos y tomando en cuenta que las acciones del desarrollo rural se mueven entre el desarrollo social y el económico. Las principales demandas de capacitación actual de los extensionistas en Desarrollo Rural en Yucatán, se encuentran en cinco áreas principales, siendo la de mayor porcentaje la relacionada con Mercados/Comercialización. Para mayor detalle de las áreas y temas que señalaron los extensionistas como relevantes para dar un mejor servicio a los productores están en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Demandas actuales de capacitación requeridas por los extensionistas en Desarrollo Rural en Yucatán, 2016.

Área	Temas	%
Mercados /Comercialización	<ul style="list-style-type: none"> • Cadenas de Valor • Técnicas y estrategias de comercialización • Marketing • Actualización e innovaciones en el mercado • Requisitos para exportación al extranjero • Beneficios fiscales para el sector primario 	25.93
Procesos productivos	<ul style="list-style-type: none"> • Buenas Practicas de Producción. • Producción Orgánica. • Nuevas tecnologías en la producción • Como realizar innovaciones en el proceso productivo 	22.22
Organización de productores	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología participativa para identificación y formulación de proyectos a nivel de organizaciones comunitarias • Capacitación para acceso a programas de apoyo y financiamiento. • Organización de productores • Diagnósticos socioeconómicos de comunidades rurales. 	22.22
Valor agregado /Transformación	<ul style="list-style-type: none"> • Innovación de productos • Certificación en capacidades en conservas de frutos. • Transformación de productos primarios 	18.52
Métodos de enseñanza	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías y mecanismos innovadores para fortalecer el conocimiento y aprendizaje de los productores. • Técnicas de Trabajo grupal. • Como sensibilizar a los productores 	11.11

Estas demandas de capacitación, concuerdan con la problemática encontrada por Landini (2014), donde el problema número uno desde el punto de vista de los extensionistas rurales en México, es el individualismo, desconfianza y falta de asociaciones de productores y que los extensionistas con formación técnica solamente, se sienten con herramientas limitadas para intervenir.



Figura 9. Acciones de los extensionistas para lograr un servicio de calidad (%)

También menciona manejos y prácticas productivas tradicionales de los productores, la resistencia a la adopción o la falta de adopción de tecnologías, dificultades para comercializar la producción y bajos precios de venta entre otros. Este estudio además nos cuestiona sobre si las propuestas que estemos procurando implementar no se adapten a los intereses, prioridades y cultura de los beneficiarios, lo que nos llevaría a tener que repensar las estrategias de extensión más que a cargar las responsabilidades en las limitaciones de los productores y que ninguno de los problemas mencionados contenga alguna dimensión autocrítica, como referencias a las dificultades de los extensionistas para manejar procesos que van más allá de su formación o la implementación de estrategias de intervención sin la suficiente participación de los beneficiarios.

CONCLUSIONES

Además de las certificaciones requeridas por SAGARPA, para poder participar en el componente, los extensionistas, consideran que para desarrollar un mejor trabajo con los productores, es necesaria la capacitación en cinco áreas que son: en primer lugar mercados/comercialización, en segundo lugar los procesos productivos y organización de productores, siguiéndoles los temas de valor agregado/transformación y por ultimo métodos de enseñanza, los cuales les serían de mucha utilidad, para realizar sus servicios como extensionistas en Desarrollo Rural en el estado de Yucatán.

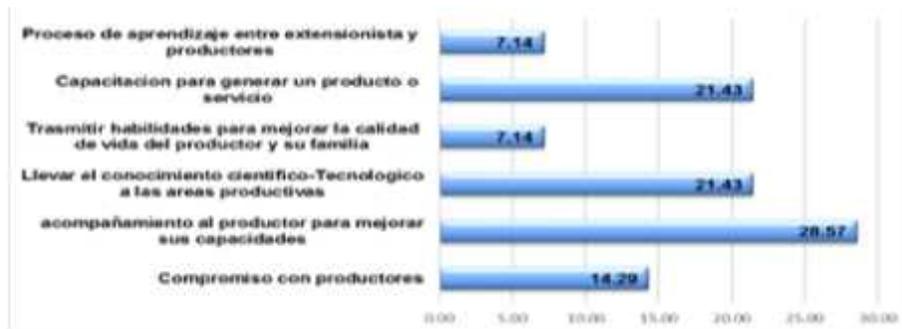


Figura 10. Acciones de los extensionistas al concepto de extensionismo (%)

LITERATURA CITADA

- Desarrollo Rural sustentable.2010.
www.colpos.mx/wb_pdf/investigacion/LPI/lpi-10/PE%20LPI%2010.pdf
 GFRAS; 2010. Marco estratégico a largo plazo (2011-2016). Echenique J.; 2004. La institucionalidad del sistema de generación e innovación tecnológica agropecuaria. FAO.
 Landini Fernando. 2014. "La problemática de extensión y desarrollo rural en México desde la perspectiva de los extensionistas rurales. Reflexiones desde la psicología". Informe de resultados. www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/Agroecosistemas/lectura/14.pdf
 Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018.Yucatan.
www.yucatan.gob.mx/gobierno/ped/PED-2012-2018-Yuc.pdf
 Reglas de operación del Programa de Apoyos a Pequeños Productores de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el ejercicio 2017.
www.gob.mx/sagarpa/documentos/reglas-de-operacion-2017-89037

NECESIDADES DE CAPACITACIÓN DE LOS EXTENSIONISTAS DEL PROYECTO “APOYO AL EXTENSIONISMO RURAL DE LA SAGARPA” EN EL ESTADO DE YUCATÁN”. 2. BOVINOS Y MIEL.
TRAINING NEEDS OF THE EXTENSIONISTS OF THE PROJECT "SUPPORT TO THE RURAL EXTENSIONISM OF THE SAGARPA" IN THE STATE OF YUCATAN ". 2. BOVINE AND HONEY.

¹Rojas R O, ¹López A, ¹Murguía O M, ²Ramírez J G

¹Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste. INIFAP. Km 25 Antigua Carretera Mérida-Motul.C.P.97454. Mocochoá, Yucatán.

²Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

Autor para correspondencia: rojas.octavio@inifap.gob.mx

RESUMEN

la capacitación es uno de los temas que más preocupa a los tomadores de decisiones en las políticas públicas estatales, ya que no es congruente el incremento en el volumen de inversión gubernamental en los rubros productivos del sector y el estatus económico de los productores sufre sólo cambios mínimos. La capacitación es muy importante en los extensionistas. Se realizó una encuesta de preguntas abiertas y cerradas. Las respuestas se concentraron en una base de datos en Excel y se analizaron mediante estadísticos descriptivos (frecuencias y porcentajes), plasmados en cuadros y gráficos para una mejor visualización de los resultados. Las demandas de capacitación de la cadena de la miel, la principal fue transformación de productos apícolas para dar valor agregado. Para el caso de la cadena de los bovinos, las más demandadas fueron en temas de reproducción, nutrición y sanidad animal.

Palabras clave: *capacitación, bovinos, miel, extensionismo*

INTRODUCCION

El Plan Estatal de Desarrollo de Yucatán 2012-2018, propone que en el campo se deberá resolver el dilema de una economía de subsistencia y pequeños productores y ganaderos que requieren apoyos y asistencia tecnológica para vivir dignamente del producto de su esfuerzo cotidiano y, al mismo tiempo, ofrecer apoyos y condiciones adecuadas para la inversión y el financiamiento de una economía rural de gran escala, con modelos productivos industriales y de alto rendimiento. Por otra parte, la capacitación es uno de los temas que más preocupa a los tomadores de decisiones en las políticas públicas estatales, ya que cada vez es más notorio que a pesar del incremento en el volumen de inversión gubernamental en los rubros productivos del sector, el estatus económico de los productores sufre sólo cambios mínimos que no son representativos de los alcances logrados en adquisición y operación de los activos que se ponen a su disposición a través de los apoyos. Para poder llevar a cabo todas estas estrategias, el eje central es la capacitación, ya que no basta con invertir en el sector, mediante apoyos a productores, sino llevar a cabo procesos de capacitación y acompañamiento técnico. Por lo que en este sentido, resulta de vital importancia conocer las necesidades de capacitación de los propios extensionistas para poder estar en la posibilidad de contribuir con acciones para el desarrollo de capacidades y con ello mejorar la intervención de los agentes técnicos con los productores rurales del estado de Yucatán y poder incentivar e incrementar la producción en bien de la economía de las familias rurales. El objetivo es conocer la definición de conceptos del extensionismo rural y demandas de capacitación de los extensionistas pecuarios de SEDER de las cadenas de bovinos y de la Miel de Yucatán.

METODOLOGIA

Se obtuvo el patrón de extensionistas a los cuales se les asignó un servicio en este rubro. En total fueron 45 servicios para Bovinos y Miel. Se les aplicó la encuesta a los extensionistas de SEDER, una parte con preguntas abiertas y otra con preguntas con opciones para poder uniformizar las respuestas de las necesidades de capacitación de los extensionistas de las cadenas de Bovinos y de Miel en Yucatán. Una vez aplicada, se recolectaron y se concentraron en una base de datos en Excel y se procedió al análisis de las necesidades de capacitación por parte de los extensionistas, mediante estadísticos descriptivos (frecuencias y porcentajes), plasmados en cuadros y gráficos para una mejor visualización de los resultados obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la cadena de Bovinos estuvo conformado por 28 extensionistas en total con las carreras afines solamente el 64.2% de Medicina Veterinaria y Zootecnia e Ingeniero Agrónomo Zootecnista. El otro 35.8% de los extensionistas estuvo conformado por licenciaturas de Ingeniería en Agronomía y extensionistas con formación en Dirección de Negocios y Economía, como se observa en el cuadro 1. Dicha distribución de licenciaturas es importante porque más de la mitad de las carreras fueron referentes a la cadena productiva con la que iban a trabajar. El 65% fueron extensionistas que al menos habían recibido una certificación, principalmente la ECO 217, que es la que tiene que ver con desarrollar habilidades y destrezas para capacitación de personas.

Cuadro 1. Licenciaturas de los extensionistas de la cadena de Bovinos en Yucatán.

Licenciaturas	Frecuencia
Medicina Veterinaria y Zootecnia	13
Ingeniero Agrónomo Zootecnista	5
Ingeniero en Agronomía	7
Dirección de Negocios	2
Economía	1
Total	28

Los 16 municipios atendidos por los extensionistas de la cadena de Bovinos fueron Halacho, Yaxkukul, Mayapan, Sotuta, Chochola, Espita, Rio Lagartos, Mérida, Maxcanu, Tzucacab, Panaba, Tixpehual, Yaxcaba y Tunkas, Buctzotz y Mocochoá.

Para la cadena de la Miel estuvo conformado por 19 extensionistas en total con las carreras afines a la cadena que iban a trabajar solamente estuvieron el 31.5%, esto quiere decir que el 68.5% estuvo integrado por licenciaturas como ingeniería en Agronomía, Desarrollo Comunitario, Biología, Agroecología y Antropología Social (cuadro 2). Para la cadena de la miel fue menor la cantidad de extensionistas con experiencia para trabajar con productores. El 57.1% fueron extensionistas que al menos habían recibido una certificación ECO 217, que es la que tiene que ver con la impartición de cursos de formación de capital humano de manera presencial grupal.

Cuadro 2. Licenciaturas de los extensionistas de la cadena de la Miel en Yucatán.

Licenciaturas	Frecuencia
Administración especialización en Apicultura	2
Medicina Veterinaria y Zootecnia especialización en Apicultura	4
Ingeniero en Agronomía	5
Biología	2
Agroecología	2
Desarrollo Comunitario	1
Antropología Social	1
Técnico apícola	2
Total	19

Las 17 poblaciones donde fueron designados los extensionistas del GEIT de Miel a trabajar con productores fueron: Huayma, Tixcacalcupul, Thamek, Muna, Tecoh, Mérida, Halacho, Bokoba, Quintana Roo, Baca, Chumayel, Abala, Tunkas, Acanceh, Maxcanu, Tekom y Tinum. De los 4 distritos de Desarrollo Rural del estado de Yucatán, el de Mérida (178) y el de Tizimín (180) tuvieron mayor cantidad de extensionistas pecuarios con el 63.8%, mientras que los distritos de Valladolid (181) y Ticul (179) con el 23.4% y 12.7%, respectivamente. Ya en forma integrado para las dos áreas pecuarias se encontró que el 95% de los extensionistas pidió ser capacitado versus el 5% que dijo que no. El 73.66% de los extensionistas consideraron importante la capacitación como actualización de conocimientos, mejora del trabajo con productores y se requiere para mejorar las habilidades, ver Figura 1.



Figura 1. Importancia de la capacitación en el desempeño del trabajo en los extensionistas de las cadenas de Bovinos y Miel en Yucatán.

Al preguntarles a los extensionistas de las cadenas pecuarias (bovinos y miel) si considera que tiene todos los conocimientos y habilidades para desempeñar su trabajo cotidiano con los productores, el 89% menciono que si contra el 11% que menciono que no. El 98.85% de los extensionistas mencionaron contar con experiencia, capacidad, facilidad y asistir a cursos de capacitación para desempeñar su trabajo. Contrastando con lo encontrado en los cuadros 1 y 2 donde su formación académica no se contempla tener el perfil y experiencia necesaria para desempeñar el trabajo con productores, ver gráfica 2. El 77% de los extensionistas mencionaron haber recibido capacitación relevante contra el 23% que mencionaron lo contrario y el 100% de los extensionistas contestaron dar un servicio de calidad. Si tomamos en cuenta que solamente el 65% comento estar certificado en la ECO 217.



Figura 2. Aptitudes desarrolladas para desempeñar su trabajo por los extensionistas de las cadenas de Bovinos y Miel en Yucatán

Con respecto a los temas relevantes en capacitación que han recibido los extensionistas, el 72.2%, mencionan que mayoritariamente son: técnicas didácticas para manejo de grupos, capacitaciones en bovinos, ovinos y apícola, principalmente, ver Figura 3.

Con respecto a las acciones de los extensionistas para proporcionar un trabajo de calidad hacia los productores, el 46.9% comento seguir un programa de trabajo y tener en las innovaciones tecnológicas. El 37.19% contesto generar compromisos y comunicación con los productores. Ver grafica 4.

La extensión rural en México se ha confundido con procesos de capacitación y asistencia técnica, mismos que se han convertido en esfuerzos dispersos y desarticulados, cuyos propósitos se han focalizado en la productividad como meta y en el productor como factor adoptante de la tecnología bajo un enfoque lineal de intervención.



Figura 3. Capacitaciones recibidas por los extensionistas de las cadenas de Bovinos y Miel en Yucatán para el desempeño de su trabajo.

En este proceso se ha descuidado el propósito del extensionismo referido a la mejora sustentable de la calidad de vida de la población rural, en el cual se demanda la participación integrada de los diferentes actores, reconociendo que las necesidades surgen de la población y de los sistemas de producción; sin embargo, la investigación y el desarrollo de conocimiento ha estado ajeno en la identificación de los diversos problemas y sus complejos causales en la visión sistémica del extensionismo, Rendón y Col, 2015. No obstante, lo que destaca FREIRE, así como diversos autores después de él, es que este modelo de extensión lo que hace es establecer un vínculo entre extensionistas y productores en el cual todo el conocimiento es asignado a los primeros, mientras que los saberes locales de los segundos son percibidos como ignorancia, lo que lleva a establecer relaciones verticales y unidireccionales que impactan en la autoestima de los beneficiarios y limitan el desarrollo de sus potencialidades. Ante esto, estos autores han destacado la necesidad de reconocer que ni los extensionistas lo saben todo ni los productores son ignorantes, enfoque que permite comprender a la extensión rural como un espacio dialógico y horizontal de encuentro de saberes que favorece el desarrollo de los recursos y capacidades de los productores, Landini y Col, 2013.

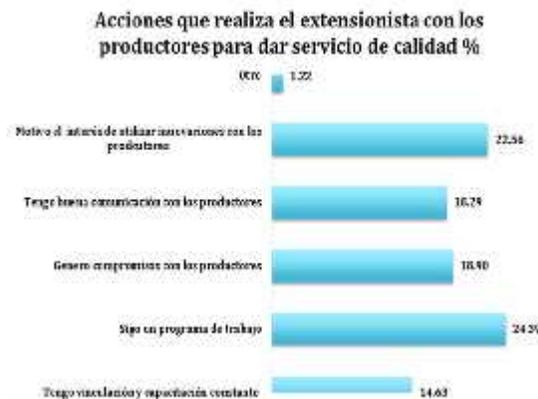


Figura 4. Acciones de los extensionistas pecuarios (bovinos y miel) para proporcionar servicio de calidad en Yucatán

El 93% de los extensionistas encuestados, comentaron tener claro la definición del concepto de extensión, mientras el 7% menciona que no. De los que constataron que sí, el 93.98% de ellos comentó que la definición del extensionismo tiene que ver con difusión de conocimientos y cambios tecnológicos, innovación, promoción del desarrollo rural sustentable y desarrollo de capacidades. Ver grafica 5.

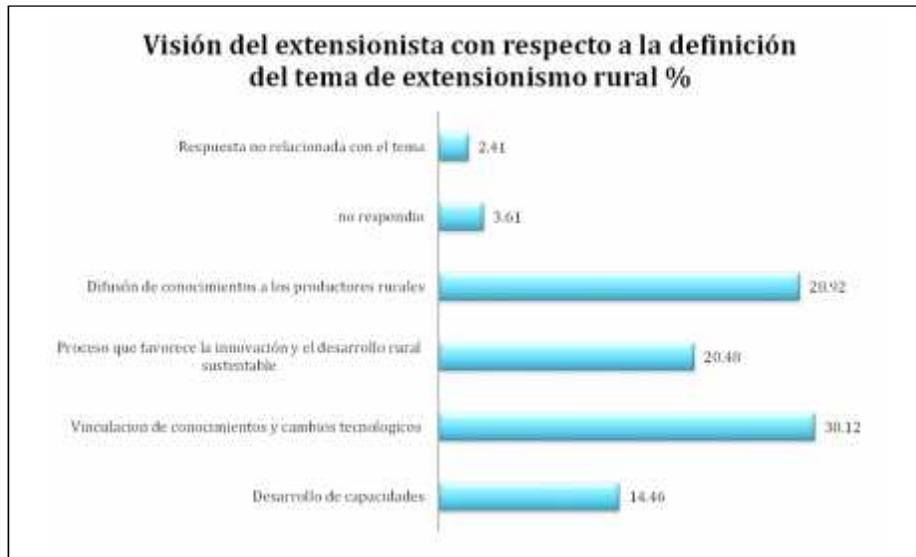


Figura 5. Acciones de los extensionistas pecuarios para proporcionar servicio de calidad en Yucatán

El 93% de los extensionistas encuestados, comentaron tener claro la definición del concepto de extensión, mientras el 7% menciona que no. De los que constataron que sí, el 93.98% de ellos comentó que la definición del extensionismo tiene que ver con difusión de conocimientos y cambios tecnológicos, innovación, promoción del desarrollo rural sustentable y desarrollo de capacidades. Ver grafica 5.

Cuadro 3.- Demandas de los extensionistas de la cadena de bovinos en Yucatán.

Área	Temas	%
Reproducción Animal	<ul style="list-style-type: none"> Reproducción en rumiantes y biotecnologías (Inseminación Artificial y Transferencia de embriones) 	17.20
Nutrición Animal	<ul style="list-style-type: none"> Alimentación de rumiantes (Elaboración de dietas, Uso de insumos de la región, uso de minerales). Técnicas de conservación de forraje. 	15.05
Sanidad Animal	<ul style="list-style-type: none"> Medicina preventiva rumiantes, enfermedades infecciosas más comunes en la región de los rumiantes, enfermedades parasitarias de los rumiantes. Campañas sanitarias de los rumiantes. 	10.75
Mercados	<ul style="list-style-type: none"> Comercialización de productos de rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos) en Yucatán. 	6.45
Genética Animal	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento genético de los rumiantes. 	6.45

La extensión rural es un proceso de trabajo y acompañamiento con el productor orientado al desarrollo sostenible de sus capacidades, de acuerdo a Rendón y Col., 2015. Para la SAGARPA tiene como objetivo de incrementar la producción de alimentos mediante servicios especializados de extensión e innovación, que incluyen el desarrollo de las capacidades productivas, organizativas, empresariales y humanas de los productores, SAGARPA 2014. Si el extensionista al momento de iniciar su servicio es incapaz de tener el concepto claro, difícilmente podrá llevar al grupo de productores al objetivo correcto que persiguen los programas de extensionismo rural.

Para el caso de la cadena de los bovinos, las demandas de capacitación fueron las siguientes, ver cuadro 3. Cabe resaltar que las más demandadas fueron en temas de reproducción, nutrición y sanidad animal.

En lo que se refiere a las demandas de capacitación de la cadena de la miel, fueron las siguientes, resaltando transformación de productos apícolas para dar valor agregado, como son los dulces, paletas de miel y productos a base de propóleo, ver cuadro 4.

Cuadro 4.- Demandas de los extensionistas de las cadenas de la miel en Yucatán.

Área	Temas	%
Apicultura	Manejo de la colmena y conservación de la cera	5.38
	Manejo de las abejas reinas	5.38
	Control de enfermedades y plagas	5.38
	Inocuidad y Buenas prácticas apícolas	4.30
Valor agregado	Transformación de productos apícolas con valor agregado	8.60

Para Landini y Col, 2013, correspondió al *momento 1* del *Análisis de los problemas* que se les presentaban a los extensionistas en su trabajo en relación a los contenidos de la capacitación que se iba a implementar. Con esto se procuró que los extensionistas, a partir de este proceso de reflexión-concientización, generaran deseos y desarrollaran la voluntad de transformar o perfeccionar sus prácticas y, a la vez, visibilizaran y activaran conocimientos, vinculados con los temas a abordar, favoreciéndose así procesos de aprendizaje significativo y de articulación de los contenidos con necesidades prácticas. Esta encuesta tuvo la misma finalidad planteada por Landini y Col., 2013.

CONCLUSIONES

Los temas que a consideración de los extensionistas de la cadena de Bovinos requieren para desarrollar un mejor trabajo, con los productores, son referidos a las áreas de Reproducción, Nutrición y Sanidad. Y para los extensionistas de la cadena de la Miel, fueron en las áreas de transformación de productos para dar valor agregado, control de enfermedades y plagas, manejo de la colmena y de la abeja reina, inocuidad y buenas prácticas.

LITERATURA CITADA

- Landini F.P., Bianqui V. y Russo M.. 2013. Evaluación de un proceso de capacitación para extensionistas rurales implementado en Paraguay.
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032013000600001.
 Plan estatal de desarrollo 2012-2018.
<http://www.yucatan.gob.mx/gobierno/ped.php>.
 Rendón M. R., Roldán S.E., Hernández H.B. y Cadena Í.P. 2015. Los procesos de extensión rural en México.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000100013
 SAGARPA.2014. Desarrollo de Capacidades y Extensionismo Rural.
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/DesCap/Paginas/default.aspx>

IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA DIGITAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA CHAPINGO-AGROPEC STAR EN LA RED CAFÉ EN EL ESTADO DE PUEBLA IMPLEMENTATION OF THE CHAPINGO-AGROPEC STAR DIGITAL AGRICULTURAL INNOVATION PLATFORM IN THE COFFEE NETWORK IN PUEBLA STATE

Mariscal Aguayo DV¹, Estrella Quintero H¹, Salas Barboza JE²

¹Centro Regional Universitario de Occidente. Universidad Autónoma Chapingo.

²Asesor independiente

Autor para correspondencia: valmara@hotmail.com

RESUMEN

Con la asistencia técnica y transferencia de tecnología se ha buscado brindar la oportunidad, sobre todo al pequeño productor, de obtener mayor rentabilidad, y diversificar su producción, además de mejorar su ingreso y obtener mayor rendimiento a menor costo, de tal forma que pueda ser más competitivo y mejorar su calidad de vida, por lo que el objetivo del trabajo fue transferir el manejo y uso de la Plataforma Digital de Innovación Agropecuaria Chapingo-AGROPEC Star a extensionistas que asesoran a productores de café. El trabajo se realizó en cuatro municipios de Puebla con la participación de 10 extensionistas; se instaló el paquete de programas de AGROPEC Star en las laptops de los extensionistas, se les brindó capacitación en el manejo de dichos programas; los extensionistas sincronizaron la información de las agroempresas al servidor AGROPEC Star y se evaluó el nivel de manejo del software mediante el registro de los informes mensuales, informes de asesoría, diagnósticos y planes de reingeniería de las agroempresas en la Plataforma Digital. La cobertura del trabajo fue de 191 agroempresas que comprendieron 161.21 hectáreas sembradas con café, atendidas por 10 extensionistas; se realizaron 109 labores de cultivo con un promedio de 289.2 actividades mensuales registradas; se proporcionaron tres cursos de capacitación presencial a los extensionistas; por otro lado, los extensionistas elaboraron 1,330 informes mensuales, 1,348 informes de asesoría, 176 diagnósticos e igual número de planes estratégicos de reingeniería de procesos; además, se dieron 1,721 consultorías virtuales a los extensionistas cuando así lo requirieron. Todos los extensionistas adoptaron el uso y manejo de la Plataforma Digital de Innovación Agropecuaria; además, ésta facilitó el registro de información, las actividades realizadas y a realizar diariamente y la generación de indicadores para la toma oportuna de decisiones en campo y por lo tanto mejorar la productividad de las agroempresas.

Palabras clave: *Cafetales, productores, extensionistas, transferencia, software.*

INTRODUCCIÓN

En Puebla, el cultivo de café es el segundo en importancia después del maíz con más de 74 mil hectáreas dedicadas a este cultivo en 55 municipios beneficiando alrededor de 45 mil familias. En el estado se producen al año cerca de 112 mil toneladas de café cereza, de las cuales, 70 por ciento son adquiridas por cuatro grandes empresas (AMSA, Café California, Nestlé, y Luis Téllez) mediante el esquema de Agricultura por Contrato; a través de estas empresas, el café poblano llega a mercados internacionales de Estados Unidos y Canadá; mientras que a Europa llega a través de firmas comerciales que por iniciativa propia abren mercado, principalmente con café orgánico (Benítez *et al.*, 2015; SIAP, 2016).

En México, se trató de apoyar, sobre todo al pequeño productor, a través de la asistencia técnica y transferencia de tecnología, para que mejore su productividad, su ingreso y obtenga mayor rendimiento a menor costo, de tal forma que pueda ser más competitivo y mejorar su calidad de vida (SAGARPA-INIFAP, 2015). En la producción de café los esfuerzos de la asistencia técnica y transferencia de tecnología se han encaminado a la renovación de plantaciones, aumentar la densidad de plantación, implementar modelos en policultivo, desarrollar la agricultura orgánica, mejorar el rendimiento y calidad del producto; lo que ha redundado en la generación de ingresos en función de la calidad relativa del producto (Romero, 2006; Benítez *et al.*, 2015).

Para la obtención de los indicadores técnicos y económicos, se requiere de la implementación de registros de información de todos los eventos que se desarrollan en la agroempresa. Para esto, es indispensable que los sistemas de producción cuenten con un sistema de registros. El registro de los eventos productivos más importantes en una agroempresa, representan grandes volúmenes de información, dificultando su análisis en forma manual, por lo cual, es necesario disponer de alternativas que permitan procesar dicha información de una manera ágil y sencilla (Estrella, 1996).

Una vez que se genera información se debe analizar, pues se conoce que la mayor variación, en los indicadores productivos, se atribuye a factores que responden a las acciones derivadas de los registros, al seguimiento y evaluación diaria por medio de los indicadores técnicos y económicos, los cuales ayudan a identificar problemas en las diferentes áreas y consecuentemente a realizar acciones para la solución de los mismos. De tal manera que, sin un sistema de registro, las decisiones necesarias para competir en un mercado cambiante y cada vez más exigente, se realizan sin contar con una base de información, lo que significa que la posición competitiva del agroempresario y asesor es incierta (Mariscal *et al.*, 2010).

A pesar de los esfuerzos realizados en los programas de extensionismo, los productores aún enfrentan condiciones desfavorables, como un limitado acceso a innovaciones tecnológicas, bajos precios de sus productos, la incidencia de plagas y enfermedades, poca capacidad de gestión e insuficiente información y preparación sobre cómo aprovechar mejor el mercado. Todos estos factores contribuyen a que sus niveles de productividad y competitividad sean bajos, continúen en una situación de pobreza y no logren los objetivos de desarrollo propuestos (Calivá, 2013; Loera *et al.*, 2014).

La persistencia de estas condiciones, especialmente entre los pequeños productores, que son mayoría, conduce a proponer una nueva estrategia para implementar los programas de extensionismo, de manera que sean más efectivos y, de esta forma, se puedan aprovechar mejor los recursos con que se cuenta. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue transferir el manejo y uso de la Plataforma Digital de Innovación Agropecuaria Chapingo-AGROPEC Star a extensionistas que asesoran a productores de café.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en los municipios de Caxhuacán, Huehuetla, Ixtepec y Olintla del estado de Puebla durante nueve meses, de noviembre del 2014 a julio del 2015, con la participación de 10 extensionistas.

Con la finalidad de fortalecer las habilidades de los extensionistas y transferir una amplia gama de herramientas para el manejo eficiente de la Plataforma Digital y registrar toda la información que se genera en las agroempresas productoras de café, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Instalación del paquete de programas de AGROPEC Star necesarios en las computadoras de los participantes, para el registro de todos los eventos que suceden en las diferentes áreas de las agroempresas, para generar los indicadores productivos y de costos correspondientes.
- Los programas contemplados fueron FRUTA, COSTOS, INVENTARIOS, KP INDICADOR, DIAGNOSTIC, PLANNER, CHECKIN V1.0 Win, los cuales están ligados al programa INDICADOR Star, que genera indicadores productivos y de costos, con lo cual se implementó un mecanismo de control, seguimiento y evaluación integral de la agroempresas. La información capturada fue enviada al servidor de Chapingo-AGROPEC Star con el programa SINCRONIZA Star para que estuviera disponible en el sitio www.agropecstar.com
- Capacitación a extensionistas, en el uso de tecnología de la informática especializada con la impartición de cursos sobre el manejo del software AGROPEC Star.
- Sincronización de las agroempresas (subir la información de la agroempresa a la plataforma digital) con información técnica y de costos de una agroempresa quince días posteriores a cada curso y posteriormente de manera mensual.
- Cumplimiento de los extensionistas en el manejo de la Plataforma Digital mediante el registro de los informes mensuales, informes de asesoría, diagnósticos y planes de reingeniería.
- Consultorías virtuales utilizando la Plataforma Digital a través de SPEAK Star o correo agropecstar.com cuando los extensionistas las requirieron

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, los resultados obtenidos comprendieron aspectos relacionados a la implementación de la plataforma digital, manejo de los programas computacionales, capacidad y habilidad de los extensionistas en el registro y sincronización de información.

Instalación de programas computacionales

Se instalaron en las computadoras portátiles de los 10 extensionistas, los programas FRUTA, COSTOS, INVENTARIOS, KP INDICADOR, DIAGNOSTIC, PLANNER, CHECKIN V1.0 Win para el registro de todos los eventos realizados en las diferentes áreas de las agroempresas (Figura 1).

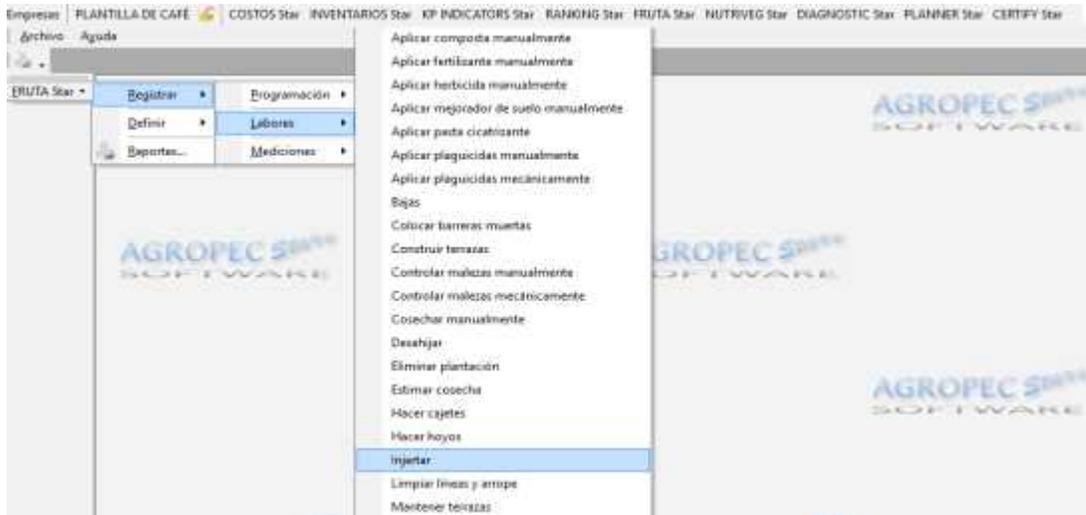


Figura 1. Programas computacionales utilizados para el registro de información.

Cobertura del trabajo

Se implementó el uso de la Plataforma Digital de Innovación Agropecuaria Chapingo-AGROPEC Star en los municipios de Caxhuacán, Huehuetla, Ixtepec y Olintla del estado de Puebla con la participación de 10 extensionistas quienes atendieron a 191 agroempresas y se obtuvo información de 161.21 hectáreas; por lo tanto, el tamaño promedio por unidad de producción cafetalera fue de 0.84 hectáreas (Figura 2).

The screenshot shows the AGROPEC Star web platform interface. The main content area displays a table titled 'Empresas y superficie por extensionista'. The table has three columns: 'Extensionista', 'Héctareas', and 'Número empresas'. The data is as follows:

Extensionista	Héctareas	Número empresas
1	23.50	20
2	15.50	20
3	22.00	20
4	11.25	11
5	20.00	20
6	10.40	20
7	12.31	20
8	8.25	20
9	11.50	20
10	20.00	20
SUMA	161.21	191

The interface also shows a sidebar with navigation options like 'CARACTERÍSTICAS', 'PECUARIAS', 'AGRICOLAS', 'RED CAFÉ', 'TABLERO', 'GENERALIDADES', and 'SEGUIMIENTO'. The project name 'SAGARPA TIERRA BLANCA 2014' is visible at the top.

Figura 2. Agroempresas y superficie comprendida en el trabajo.

Capacitación presencial a extensionistas

Cada uno de los extensionistas atendió de 11 a 20 agroempresas y de 8.25 a 23.5 hectáreas; se considera que un extensionista puede atender de manera efectiva hasta 50 hectáreas, por lo que el rango de productores atendidos por cada uno de ellos está dentro de los valores aceptables de acuerdo con resultados de otros estudios realizados (Mariscal *et al.*, 2010).

Se impartieron tres cursos de capacitación a diez extensionistas de la red café con la finalidad de fortalecer sus habilidades y transferir una amplia gama de herramientas para el manejo eficiente de la Plataforma Digital y registrar toda la información que se genera en las agroempresas productoras de café (Figura 3). Los extensionistas al finalizar los cursos manejaban de manera aceptable el software.



Figura 3. Cursos de capacitación proporcionados a los extensionistas.

Seguimiento de labores en campo

Se implementaron diferentes herramientas de monitoreo en campo para el registro detallado de las actividades y labores técnicas del cultivo (Figura 4), se realizaron un total de 2,289 actividades y 109 labores de cultivo, obteniendo un promedio de 15.1 actividades y 0.57 labores realizadas y registradas por agroempresa atendida (Cuadro 1).

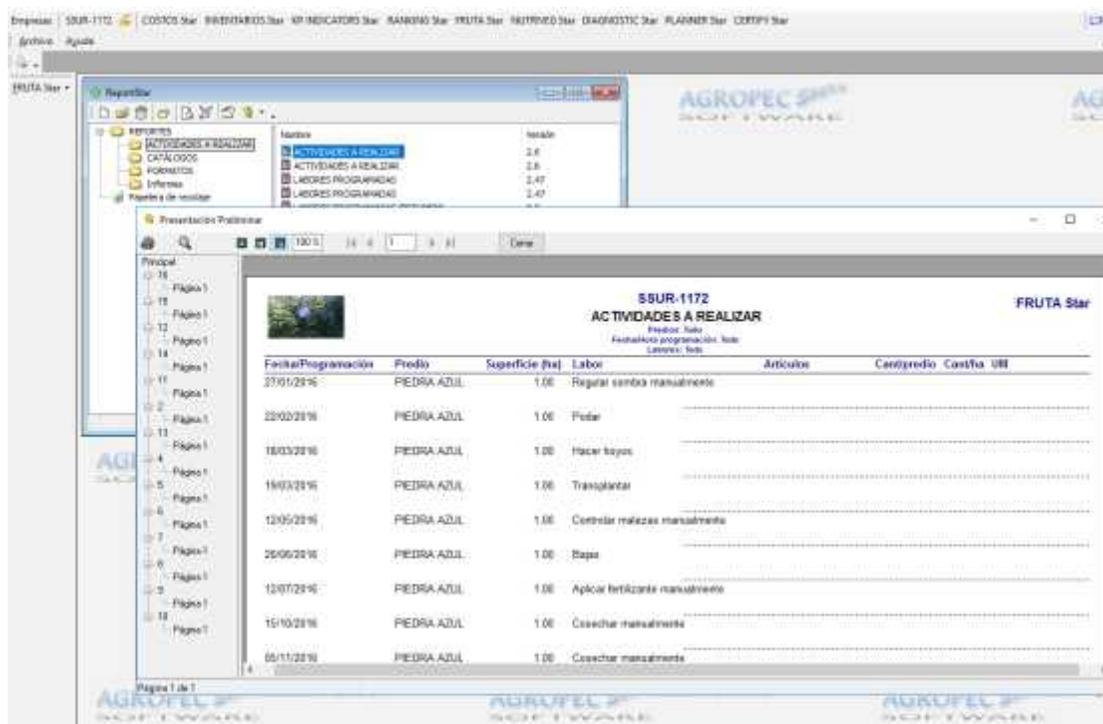


Figura 4. Reporte de monitoreo de las actividades a realizar en campo.

Sincronización de información de las agroempresas

La información registrada de cada agroempresa se sincronizó a CORPORATIVO Star para que se pudiera consultar en la Plataforma Digital. Se registraron un total de 1,037 sincronizaciones con un promedio de 103.7 por extensionista y de 5.4 por agroempresa; el máximo de sincronizaciones realizadas por los extensionistas fue de 214 (Figura 5). Este indicador permite dar seguimiento al plan de actividades de los extensionistas y detectar problemas en el proceso de sincronización o de mal uso de la Plataforma Digital.

Cuadro 1. Actividades y labores técnicas registradas por los extensionistas.

Extensionista	Empresas sincronizadas (No.)	Registro de información	
		Actividades (No.)	Labores (No.)
1	20	316	10
2	20	181	11
3	20	319	10
4	20	345	11
5	20	306	12
6	20	250	10
7	20	276	11
8	20	404	13
9	20	335	11
10	11	160	10
Total	191	2,892	109
Promedio por extensionista	19.1	289.2	10.9
Promedio por agroempresa	-----	15.1	0.57

Los extensionistas registraron la información mínima requerida por el programa y se generaron una gran cantidad de reportes con indicadores técnicos de las diferentes disciplinas de la producción, se elaboraron 1,330 informes mensuales; sin embargo, se obtuvo sólo 77.4% de cumplimiento considerando 191 agroempresas y nueve meses de trabajo; además, se debe considerar que estos informes se empezaron a registrar hasta enero del 2016 (Figuras 6).



Figura 5. Sincronizaciones por agroempresa realizadas por los extensionistas.

Informes mensuales

Por lo que esta información indica el nivel de cumplimiento de los extensionistas en el manejo del software en lo relacionado a los registros del diagnóstico, la reingeniería de procesos y la información necesaria para la obtención de indicadores técnicos y de costos de cada una de las empresas asesoradas.

#	ID	Extensiónista	Núm. Informes	Ene/2015	Feb/2015	Mzo/2015	Abr/2015	May/2015	Jun/2015	Jul/2015
11	TBCA-111	12	7	1	1	1	1	1	1	1
12	TBCA-112	12	7	1	1	1	1	1	1	1
13	TBCA-113	12	7	1	1	1	1	1	1	1
14	TBCA-114	12	7	1	1	1	1	1	1	1
15	TBCA-115	12	7	1	1	1	1	1	1	1
16	TBCA-116	12	7	1	1	1	1	1	1	1
17	TBCA-117	12	7	1	1	1	1	1	1	1
18	TBCA-118	12	7	1	1	1	1	1	1	1
19	TBCA-119	12	7	1	1	1	1	1	1	1
20	TBCA-120	12	7	1	1	1	1	1	1	1
21	TBCA-121	27	7	1	1	1	1	1	1	1
22	TBCA-122	27	7	1	1	1	1	1	1	1
23	TBCA-123	27	7	1	1	1	1	1	1	1
24	TBCA-124	27	7	1	1	1	1	1	1	1
25	TBCA-125	27	7	1	1	1	1	1	1	1
26	TBCA-126	27	7	1	1	1	1	1	1	1
27	TBCA-127	27	7	1	1	1	1	1	1	1

Figura 6. Informes mensuales por agroempresa registrados por los extensionistas.

Informes de asesoría a las agroempresas

Los informes y visitas de asesoría se realizaron de acuerdo al programa de trabajo y en algunas ocasiones a petición de los productores, con el objetivo de proporcionar alternativas prácticas de solución a los problemas o debilidades detectadas o proponer tecnologías aplicadas que permitan mejorar el proceso productivo de las agroempresas, entre las cuales están: utilización de variedades mejoradas, tecnología en semillero, fertilización y abonado, manejo del café, sombreado, densidad de población, entre otras. Lo resultados anteriores, contrastan con los apoyos reportados por AMECAFE-CONABIO (2016) los cuales consideran incentivos para pequeños productores para infraestructura, equipamiento e insumos (semilleros y viveros).

Se realizaron 1,348 y 2,696 informes y visitas de asesoría, respectivamente; con un promedio de 14.1 visitas a las agroempresas para dar asesoría y asistencia técnica a los productores; estas visitas se llevaron a cabo de enero a julio del 2015 en la mayoría de las agroempresas (Figura 7). Los productores quedaron complacidos y con el interés de seguir participando en este tipo de proyectos.

Diagnósticos y planes de reingeniería de las agroempresas

Los extensionistas realizaron y registraron en la Plataforma Digital 176 diagnósticos lo que significa que se registró información del 92.1% de las agroempresas (Figura 8), con la cual se generaron en el software, igual número de planes de reingeniería de procesos (Figura 9), los cuales sirven para elaborar estrategias de manejo en las plantaciones de café para obtener una mejora técnica o productiva en el proceso de producción.

Consultoría virtual

El proceso de adopción de la Plataforma Digital por parte de los extensionistas fue inmediato, en el 100% de ellos, dadas las características del software que es muy práctico, de fácil manejo y muy útil en el registro de información y la generación de indicadores que son la base para hacer eficiente un proceso productivo.

#	ID	Extensionista	Núm. Informes	Enc/2015	Feb/2015	Mzo/2015	Abr/2015	May/2015	Jun/2015	Jul/2015
20	TBCA-120	12	7	1	1	1	1	1	1	1
21	TBCA-121	27	7	1	1	1	1	1	1	1
22	TBCA-122	27	7	1	1	1	1	1	1	1
23	TBCA-123	27	7	1	1	1	1	1	1	1
24	TBCA-124	27	7	1	1	1	1	1	1	1
25	TBCA-125	27	7	1	1	1	1	1	1	1
26	TBCA-126	27	7	1	1	1	1	1	1	1
27	TBCA-127	27	7	1	1	1	1	1	1	1
28	TBCA-128	27	7	1	1	1	1	1	1	1
29	TBCA-129	27	7	1	1	1	1	1	1	1
30	TBCA-130	27	7	1	1	1	1	1	1	1
31	TBCA-131	14	7	1	1	1	1	1	1	1
32	TBCA-132	14	7	1	1	1	1	1	1	1
33	TBCA-133	14	7	1	1	1	1	1	1	1
34	TBCA-134	14	7	1	1	1	1	1	1	1
35	TBCA-135	14	7	1	1	1	1	1	1	1
36	TBCA-136	14	7	1	1	1	1	1	1	1
37	TBCA-137	14	7	1	1	1	1	1	1	1

Figura 7. Informes de asesoría por agroempresa, realizados por los extensionistas.

Se brindaron un total de 1,721 consultorías virtuales sobre el manejo del software y la plataforma digital cuando así se requirió, con la finalidad de agilizar y garantizar las acciones determinadas en el plan de trabajo. 80% de las consultorías fueron para atender cuestiones técnicas del proceso de cultivo y el resto sobre el manejo del software. Cabe mencionar la importancia de estas consultorías para la solución inmediata y profesional a los problemas que se presentaron tanto en campo como en el trabajo de escritorio; así como los aspectos de soporte de la plataforma digital.

#	ID	Nombre	Extensionista	Documentos
18	TBCA-118	TBCA-118	12	Si
19	TBCA-119	TBCA-119	12	Si
20	TBCA-120	TBCA-120	12	Si
21	TBCA-121	TBCA-121	27	Si
22	TBCA-122	TBCA-122	27	Si
23	TBCA-123	TBCA-123	27	Si
24	TBCA-124	TBCA-124	27	Si
25	TBCA-125	TBCA-125	27	Si
26	TBCA-126	TBCA-126	27	Si
27	TBCA-127	TBCA-127	27	Si
28	TBCA-128	TBCA-128	27	Si
29	TBCA-129	TBCA-129	27	Si
30	TBCA-130	TBCA-130	27	Si
31	TBCA-131	TBCA-131	14	Si
32	TBCA-132	TBCA-132	14	Si
33	TBCA-133	TBCA-133	14	Si
34	TBCA-134	TBCA-134	14	Si
35	TBCA-135	TBCA-135	14	Si

Figura 8. Evidencia de los diagnósticos por agroempresa registrados por los extensionistas

#	ID	Nombre	Extensionista	Documentos
137	TBCA-237	TBCA-237	22	SI
138	TBCA-238	TBCA-238	22	SI
139	TBCA-239	TBCA-239	22	SI
140	TBCA-240	TBCA-240	22	SI
141	TBCA-241	TBCA-241	25	SI
142	TBCA-242	TBCA-242	25	SI
143	TBCA-243	TBCA-243	25	SI
144	TBCA-244	TBCA-244	25	SI
145	TBCA-245	TBCA-245	25	SI
146	TBCA-246	TBCA-246	25	SI
147	TBCA-247	TBCA-247	25	SI
148	TBCA-248	TBCA-248	25	SI
149	TBCA-249	TBCA-249	25	SI
150	TBCA-250	TBCA-250	25	SI
151	TBCA-251	TBCA-251	26	SI
152	TBCA-252	TBCA-252	26	SI
153	TBCA-253	TBCA-253	26	SI
154	TBCA-254	TBCA-254	26	SI

Figura 9. Evidencia de los planes de reingeniería de procesos por agroempresa registrados por los extensionistas.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente: Los extensionistas desarrollaron habilidades en el manejo de la Plataforma Digital lo que les permitió identificar áreas de oportunidad para la solución inmediata de la problemática identificada. Con el uso de la Plataforma Digital se dio seguimiento al desempeño del extensionista en el manejo de los programas del software. Se generaron indicadores diarios en la Plataforma Digital, con lo que se puede identificar oportunamente los problemas y las consecuentes acciones para su solución, y promover la productividad en las agroempresas y por ende el nivel de vida de los productores. El desarrollo de habilidades y la adopción de la tecnología implementada en los extensionistas, fueron muestra del impacto que tuvo este trabajo en el registro de información de las agroempresas en la Plataforma Digital. Se observaron mejores técnicas en el proceso de producción de café, así como en las expectativas de los productores en continuar participando en este tipo de tecnologías.

LITERATURA CITADA

- AMECAFÉ-CONABIO. 2016. Programa de pequeños productores componente incentivos para la producción. Subcomponente: Procafe e impulso productivo al café. México.
<https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2016/11/20161128-resultados-procafe.pdf>
- Calivá, E.J. 2013. Buenas prácticas de extensión para capacitar, organizar y transferir tecnologías a los productores de café. IICA. San José, Costa Rica. 84 págs.
- Estrella, Q.H. 1996. Programa de cómputo para el manejo de explotaciones de bovinos lecheros. Tesis de Maestría. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 91 págs.
- Loera, M.J.; Sepúlveda, J.D., Ramírez, A.O. y Espinosa, T.L.E. 2014. Estrategias para aumentar la productividad y competitividad del sector agropecuario en México. En: Barrios, P.G. y Jiménez, B.G. Productividad, competitividad e innovación en el campo mexicano. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). pp. 232-252.
- Benítez, G.E., Jaramillo, V.J.L., Escobedo, G.S. y Mota, F.S. 2015. Caracterización de la producción y del comercio de café en el municipio de Cuetzalan, Puebla. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 12: 181-198.
- Mariscal A., V., H. Estrella Q., A. Ruiz F., y R. Rodríguez L. 2010. Tecnología de la informática en la generación de indicadores técnicos de una agroempresa. In: Sistemas de producción de no rumiantes y especies menores. Resultados de investigación 2008. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. ISBN 978-607-12-0107-2. pp. 55-62.
- Romero, F.J.L. 2006. Modelos productivos regionales durante la crisis de bajos precios del café en el estado de Puebla. Consejo Poblano del Café. 44 págs.
<https://cedrssa.gob.mx/includes/asp/download.asp>

SAGARPA-INIFAP. 2015. Agenda Técnica agrícola de Puebla. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 92 págs.
SIAP. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. México.
http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/

NECESIDADES DE CAPACITACIÓN DE LOS EXTENSIONISTAS DE PESCA Y ACUACULTURA EN YUCATÁN

TRAINING NEEDS OF FISHERIES AND AQUACULTURE EXTENSION OFFICERS IN YUCATAN

¹Tepal Chalé JA, ¹Murguía Olmedo ML, ¹Rojas Rodríguez O, ²Ramírez Jaramillo G

¹Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste-INIFAP. Km 25 Antigua Carretera Mérida-Motul.C.P.97454. Mocochoá, Yucatán, México.

²Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

Autor para correspondencia: tepal.justo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El Extensionista es un actor clave para mejorar y consolidar las actividades productivas de Yucatán, y por ello, es importante conocer sus necesidades de capacitación a fin de fortalecer sus conocimientos y capacidades para el buen desempeño de los servicios en las comunidades rurales. En este caso los del sector Pesca y Acuicultura del Proyecto "Apoyo al Extensionismo Rural de la SAGARPA" 2016. Se realizó una encuesta de preguntas abiertas y cerradas. Las respuestas se concentraron en una base de datos en Excel y se analizaron mediante estadísticos descriptivos (frecuencias), plasmados en gráficos para una mejor visualización de los resultados. Las principales demandas de capacitación se centraron en cinco áreas principales, que en orden de importancia fueron: Inocuidad, Regulación/Normatividad, Innovación tecnológica, Seguridad laboral y Sanidad.

Palabras clave: *pesca y acuicultura, desarrollo de capacidades, demandas, extensionismo*

INTRODUCCIÓN

El Plan Estatal de Desarrollo de Yucatán 2012-2018 (Gobierno del Estado de Yucatán, 2013), propone que en el campo se deberá resolver el dilema de una economía de subsistencia y pequeños productores y ganaderos que requieren apoyos y asistencia tecnológica para vivir dignamente del producto de su esfuerzo cotidiano y, al mismo tiempo, ofrecer apoyos y condiciones adecuadas para la inversión y el financiamiento de una economía rural de gran escala, con modelos productivos industriales y de alto rendimiento. Se indica también, que se debe hacer lo necesario para que en el campo yucateco miles de familias encuentren una fuente de ingresos suficiente para permanecer en su comunidad y formar a futuras generaciones para ser exitosas, productivas y vivir de sus negocios; al tiempo de tener un campo y una ganadería yucateca capaz de competir en mercados globales, aprovechando sus ventajas y potenciales competitivos. Ésa es la ecuación a resolver. Lo mismo ocurre en el área pesquera, donde se debe garantizar que las comunidades pesqueras tradicionales puedan seguir teniendo en la pesca ribereña una opción de ingreso duradero, al tiempo de abrir nuevas fronteras para una industria de largo alcance que no destruya nuestros recursos naturales con una explotación irracional.

En la agricultura, la ganadería y la pesca se deben lograr la convivencia entre el productor que busca mejorar su calidad de vida, la empresa que intenta competir en mercados nacionales y externos, y el ambiente para la sustentabilidad de los modelos productivos. Por otra parte, hay una realidad que está preocupando reiteradamente a los tomadores de decisiones en las políticas públicas estatales, ya que cada vez es más notorio que a pesar del incremento en el volumen de inversión gubernamental en los rubros productivos del sector, el estatus económico de los productores sólo sufre cambios mínimos que no son representativos de los alcances logrados en adquisición y operación de los activos que se ponen a disposición de los sectores productivos con los apoyos oficiales. Como resultado de los talleres con 40 grupos focales, se identificaron áreas estratégicas que actualmente restringen de manera significativa las actividades de los productores y que contradictoriamente son de atención prioritaria a través de procesos de capacitación y acompañamiento técnico:

- Aspectos fiscales para empresas y/u organizaciones rurales.
- Asistencia técnica permanente, para mejorar la productividad a través de mejores prácticas tanto productivas como comerciales.
- Asesoría comercial para la agregación de valor a la producción primaria de acuerdo a gustos, preferencias y tendencias de los mercados.
- Sanidad e inocuidad de la producción agropecuaria, acuícola y pesquera.
- Innovación de procesos para reducción de costos.

- Campañas de difusión comercial específicas y personalizadas por producto, de tal modo que los productos yucatecos se promuevan en mercados nacionales e internacionales

Un actor clave para el campo Yucateco a fin de atender las necesidades de tecnología de los productores de los estratos 1 y 2, es el extensionista; en este sentido, resulta de vital importancia conocer las necesidades de capacitación tecnológica de los propios extensionistas, para poder estar en la posibilidad de contribuir con acciones para el desarrollo de capacidades y con ello mejorar la intervención de los agentes técnicos con los productores rurales y pescadores ribereños del estado de Yucatán.

El sector pesca y acuicultura de Yucatán ocupa el lugar 11 nacional por volumen de producción con 35,570 toneladas y el lugar 7 por el valor de la producción El pulpo es la principal especie capturada; por el valor de su producción en el subsector estatal, contribuye con 40.1% del monto económico alcanzado por la actividad pesquera en la entidad, lo que equivale a 41.4% del volumen total conseguido por las distintas pesquerías de Yucatán. Al pulpo le siguen en importancia la captura de Mero, Langosta, Pepino del mar, Rubia y Villa jaiba (Sagarpa-SIAP, 2014). Los pesqueros destacados, por su volumen de producción y por razones de ventajas comparativas, son pulpo (45%), mero (31.3%), pepino de mar (7%) rubia (4%) y langosta (2%). De acuerdo al Plan Estratégico Estatal para la Operación del Componente de Extensionismo 2016-2018 de Yucatán (Gobierno del Estado de Yucatán, 2016), las especies consideradas son el pulpo, langosta, mero, tilapia, camarón, caracol, tiburón, cazón, pepino de mar y artemia salina. En ese documento se menciona que las problemáticas se centran, en unos casos, en deficiencias de manejo sanitario, bajo valor agregado, captura furtiva, riesgos de buceo, entre otros. Por ello, es relevante que para el buen trabajo de los extensionistas se conozcan las necesidades a fin de atender con mayor solidez al sector pesca y acuicultura del Estado. El objetivo es Determinar las necesidades de capacitación de los extensionistas de Pesca y Acuicultura de Yucatán del Proyecto “Apoyo al Extensionismo Rural de la SAGARPA” 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó como parte del proceso de formación de extensionistas, de acuerdo a la nueva visión del extensionismo en México (Sagarpa, 2015) y a las Reglas de Operación 2016 (sagarpa, 2015a) Se obtuvo el padrón de extensionistas para determinar a los cuales se les asignó el servicio en el sector pesca y acuicultura. En total fueron 7, 6 del Sistema Producto Pulpo, 1 de Escamas. Se aplicó una encuesta personal estructurada, buscando reflejar las demandas de capacitación de los extensionistas. El cuestionario constaba tanto de preguntas abiertas para que los extensionistas respondieran con amplitud, como de preguntas cerradas, dándole al encuestado para elegir su respuesta de un número definido de posibilidades. La encuesta se realizó el 15 de julio de 2016 en las instalaciones de la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del estado de Yucatán. Se explicó a los extensionistas la mecánica de la encuesta, el objetivo y se resolvieron las dudas durante el proceso. Al término de la actividad, se recogieron las encuestas, y la información se concentró en una base de datos en Excel. Con ello, se realizaron los análisis de las necesidades de capacitación de los extensionistas, mediante estadística descriptiva y análisis exploratorio de datos. La unidad de análisis fue el grupo de extensionistas involucrados en dar los servicios en el área pesca y acuicultura que estaban integrados en los Grupos de Extensión e Innovación Territorial (GEIT) de Desarrollo Rural y Pesca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Certificación profesional en los últimos cinco años.

Con base a las encuestas realizadas, el 71 % de los extensionistas relacionados con la actividad de pesca y acuicultura en el Estado de Yucatán señalaron haber recibido algún tipo de curso de certificación profesional en los últimos cinco años como extensionista, mientras que el 29 % indicó no haber recibido ninguno (Figura 1).

Cursos de Certificación profesional en los últimos 5 años.

En cuanto a los temas de capacitación que los extensionistas de pesca y acuicultura señalaron haber recibido fue uno solo: Certificación EC0217 Impartición de cursos de formación de capital humano de manera presencial grupal otorgado por el Concejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER, Figura 2).

Razones de la necesidad de capacitación en el componente que participa.

Al preguntar al extensionista de acuicultura y pesca si cree necesaria la capacitación en el Componente de extensionismo se identificó la visión que tiene el agente técnico respecto de si considera que necesita o no la capacitación. Del total de 7 los extensionistas entrevistados 6 señalaron que si es necesaria la capacitación (Figura 3).



Figura 1. Extensionistas que recibieron capacitación en su último contrato de extensionistas



Figura 2. Temas de capacitación recibidos en los últimos 5 años (%)

En cuanto a las razones que la capacitación en sus labores de extensionismo, el 35.7% señaló que necesitan capacitarse para “Impulsar la producción y comercialización” de productos acuícolas y de pesca; el 21.4% para dos aspectos, “Desempeñar bien su trabajo” y para “Actualizar sus conocimientos”; 14.3% para la “Mejora del trabajo con productores”; y finalmente el 7.1% para “La mejora de sus habilidades”. En nuevo extensionismo rural contempla toda la cadena con una visión innovadora, en el proceso, desarrollo de productos y conocer el mercado, Desarrollo de Capacidades y Extensionismo Rural, 2015. Dicha visión la tienen los extensionistas en su planteamiento de capacitación.

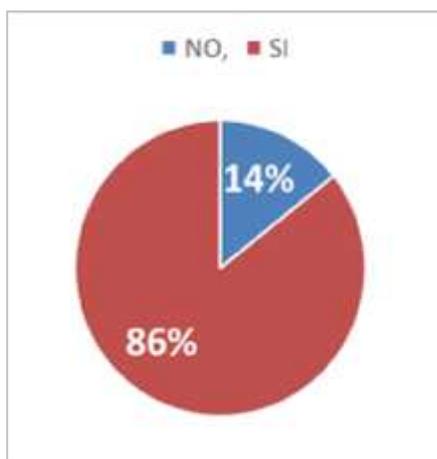


Figura 3. Extensionistas que indicaron la necesidad de capacitación

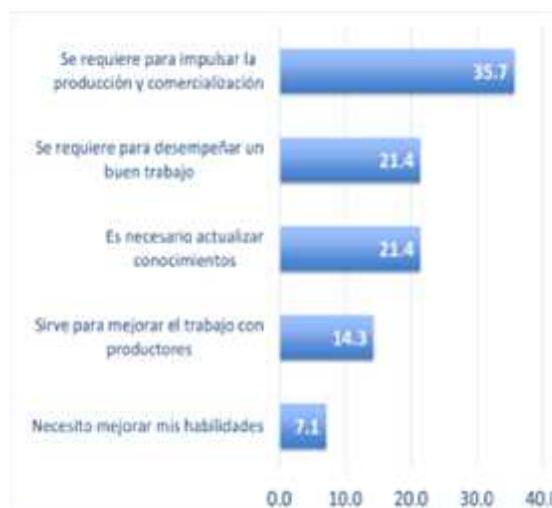


Figura 4. Frecuencia de la visión del extensionista de la necesidad de obtener capacitación (%).

Temas que el extensionista considera relevantes para el trabajo con los productores. Dentro de los extensionistas que señalaron que, si han recibido capacitación relevante para su trabajo cotidiano, el 60% mencionó haber recibido cursos de inocuidad de alimentos en particular sobre buenas prácticas de manejo a bordo de embarcaciones menores y para la captura de pulpo, 40% sobre normatividad y/o regulación en Certificación EC0489 y el 20% sobre metodologías de enseñanza (Figura 5). Cabe señalarse que la certificación EC0489 se refiere a la facilitación de procesos de innovación de mejora competitiva con personas, grupos sociales y organizaciones económicas muy importante para el

quehacer de los extensionistas ya que ellos van a trabajar con grupos de productores, Estándar de Competencia. 2014.



Figura 5. Frecuencia de temas de capacitación relevantes recibidos



Figura 6. Frecuencia de temas que ayudarían a dar un mejor servicio de extensionismo

Temas de capacitación que consideran los extensionistas que les ayudaría a mejorar su trabajo. El trabajo del extensionista requiere una constante vinculación con los productores en su unidad de producción. Al indagar de forma directa con el agente técnico los temas o áreas de capacitación que le ayudarían a desarrollar un mejor trabajo como extensionista e incrementar la calidad del trabajo con los productores se identificó que más del 45.5% considera que tener un mayor conocimiento en el tema de Inocuidad les ayudaría a su trabajo cotidiano, en segundo lugar con un 27.3% se señalaron que la “Regulación y Normatividad” son temas que los extensionistas consideran que deberían de recibir en sus capacitaciones técnicas (Figura 6); y tres temas con 9.1% de la frecuencia fueron de Innovación Tecnológica, Seguridad laboral y Sanidad.

Derivado del análisis de mejora continua y los resultados de las Agendas de Innovación del Estado de Yucatán presentados por el Centro de Extensión e Innovación Rural, (CEIR), las demandas de acciones en el sector pesca y acuicultura son coincidentes con las necesidades definidas por los extensionistas de este sector, dado que las recomendaciones se puntualizan en continuar fortaleciendo las buenas prácticas ante las exigencias internacionales en materia de exportación de las distintas especies marinas y acuícolas, mismas que resultan relevantes ante su importancia en el PIB, principalmente en las Buenas prácticas de manufactura y acopio, en lograr que productores, pescadores y operarios se certifiquen ante la SENASICA y COFEPRIS, y obtener y conocer opciones de diversos procesos para darle valor agregado a los productos.

Cuadro 1. Demandas actuales de capacitación requeridas por los extensionistas de pesca y acuicultura en Yucatán, 2016.

Área	Temas	%
Inocuidad	Buenas prácticas de manejo a bordo	45
	Buenas prácticas en los centros de acopio	
	Buenas prácticas de manufactura de productos marinos HACCP	
Regulación/normatividad	Programas de Sanidad	27
	Programas de Inocuidad	
	Normatividad pesquera	
	Certificación Senasica de pescadores	
Innovación tecnológica	Proceso de certificación	9
	Implementación de nuevas tecnologías en los procesos	
Seguridad laboral	Seguridad marítima	9
Sanidad	Programas de sanidad	9

Tales acciones están alineadas a las Reglas de Operación de la Sagarpa 2016 para el fortalecimiento del sector, y en respuesta a las demandas internacionales para el cumplimiento del manejo del pulpo con destino principalmente a la Unión Europea, que es la especie de mayor importancia para Yucatán. Para lograr tal propósito, existen lineamientos que puntualizan los cumplimientos del personal, las instalaciones y servicios de las embarcaciones menores, los procesos de limpieza y desinfección, así como del manejo del pulpo en apego al Acuerdo del Plan de Manejo del Pulpo (DOF, 2014) y para el cual el Senasica elaboró un documento que detalla las acciones y condiciones que se deben cumplir (Senasica, 2016)

CONCLUSIONES

Los temas de capacitación que los extensionistas de pesca y acuicultura consideran necesarios para desarrollar un mejor trabajo con los productores, acopiadores y procesadores son: Inocuidad y Regulación/Normatividad. Sin embargo, las tres áreas restantes son relevantes en función de atender de manera más amplia las acciones de extensionismo con los pescadores, transportistas, centros de acopio, y procesadoras de productos del mar, con énfasis en el sistema producto pulpo que es especie de mayor importancia para el Estado.

LITERATURA CITADA

- Diario Oficial de la Federación, 2014. ACUERDO por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de pulpo (O. Maya y O. Vulgaris) del Golfo de México y Mar Caribe. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5338727&fecha=28/03/2014
- Conocer, 2016. Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER). Estándar de Competencia. http://www.inca.gob.mx/webfiles/formac/EC0489-Facilitacion_de_procesos_de_innovacion_de_mejora_competitiva_con_personas_grupos_sociales_y_organizaciones_economicas_2.pdf.
- Gobierno del Estado de Yucatán, 2013. Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018. Yucatán. Consejo Estatal de Planeación Yucatán. <http://www.yucatan.gob.mx/docs/ped/PED-2012-2018-Yuc.pdf>
- Gobierno del Estado de Yucatán, 2016. Plan Estratégico Estatal para la Operación del Componente de Extensionismo 2016 – 2018. PROGRAMA DE APOYO A PEQUEÑOS PRODUCTORES, COMITÉ ESTATAL DE DESARROLLO RURAL, GRUPO DE TRABAJO DEL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO; 91 pp
- Sagarpa, 2015. Desarrollo de capacidades y extensionismo rural. 2015. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Desarrollo de Capacidades y Extensionismo Rural. http://www.cmdrs.gob.mx/sesiones/Documents/2015/2a_sesion/4_extencionismo.pdf.
- Sagarpa, 2015a. Reglas de operación del Programa de Apoyos a Pequeños Productores de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el ejercicio 2017. www.gob.mx/sagarpa/documentos/reglas-de-operacion-2017-89037
- Senasica, 2016. PLAN DE ACCIÓN PREVENTIVO PULPO: Acciones para reducir los riesgos de contaminación durante el proceso de captura, manejo y desembarque de pulpo en el sureste del país. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121073/Documentos_del_Plan_de_Accion_Preventivo_Pulpo.pdf, 25 pp
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesca), 2014. Infografía Agroalimentaria de Yucatán. ISBN 978-607-9350-02-4, 70 pp.

NECESIDADES DE CAPACITACIÓN DE LOS EXTENSIONISTAS AGRÍCOLAS EN YUCATÁN TRAINING NEEDS OF AGRICULTURAL EXTENSION OFFICERS IN YUCATAN

¹Ramírez J G, ²Murguía O ML, ²Rojas R O ²Tepal Ch JA

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

²Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste-INIFAP. Km 25 Antigua Carretera Mérida-Motul.C.P.97454. Mocochoá, Yucatán.

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

RESUMEN

En el proyecto de "Apoyo al Extensionismo Rural de la SAGARPA 2016", uno de los objetivos era saber las necesidades de capacitación de los principales actores (extensionistas y productores), razón por la cual se aplicó una encuesta al total de los técnicos (63), contratados para dar el servicio agrícola (maíz, soya, hortalizas, cítricos y henequén). Las preguntas fueron algunas abiertas para no limitar aportaciones y otras cerradas. Los resultados se plasmaron en una hoja de Excel y se analizó mediante estadística descriptiva (frecuencias), con lo cual, se generaron gráficos para una mejor visualización de los resultados. Las principales demandas de capacitación detectadas se concentran en doce temas principales, como son: sanidad, nutrición, manejo del cultivo, mercado, uso y manejo del agua, producción orgánica, procesos sociales y administrativos, manejo de suelos, manejo de agroquímicos, maquinaria, fisiología vegetal y agroclimatología.

Palabras clave: desarrollo de capacidades, demandas de capacitación, extensión

INTRODUCCIÓN

El Plan Estatal de Desarrollo de Yucatán 2012-2018¹, propone que en el campo se deberá resolver el dilema de una economía de subsistencia y pequeños productores y ganaderos que requieren apoyos y asistencia tecnológica para vivir dignamente del producto de su esfuerzo cotidiano y, al mismo tiempo, ofrecer apoyos y condiciones adecuadas para la inversión y el financiamiento de una economía rural de gran escala, con modelos productivos industriales y de alto rendimiento.

Por otra parte, indica que se debe hacer lo necesario para que en el campo yucateco miles de familias encuentren una fuente de ingresos suficiente para permanecer en su comunidad y formar a futuras generaciones para ser exitosas, productivas y vivir de sus negocios; al tiempo de tener un campo y una ganadería yucateca capaz de competir en mercados globales, aprovechando sus ventajas y potenciales competitivos. Ésa es la ecuación a resolver. Lo mismo ocurre en el área pesquera, donde se debe garantizar que las comunidades pesqueras tradicionales puedan seguir teniendo en la pesca ribereña una opción de ingreso duradero, al tiempo de abrir nuevas fronteras para una industria de largo alcance que no destruya nuestros recursos naturales con una explotación irracional.

En la agricultura, la ganadería y la pesca se debe lograr la convivencia entre el productor que busca un modo de vida digno, la empresa que intenta competir en mercados globales y la sustentabilidad ambiental de los modelos productivos.

Por otra parte, la capacitación es uno de los temas que más preocupa a los tomadores de decisiones en las políticas públicas estatales, ya que cada vez es más notorio que a pesar del incremento en el volumen de inversión gubernamental en los rubros productivos del sector, el estatus económico de los productores sufre sólo cambios mínimos que no son representativos de los alcances logrados en adquisición y operación de los activos que se ponen a su disposición a través de los apoyos. Como resultado de los talleres con 40 grupos focales, se identificaron áreas estratégicas que actualmente restringen de manera significativa las actividades de los productores y que contradictoriamente son de atención prioritaria a través de procesos de capacitación y acompañamiento técnico:

- Aspectos fiscales para empresas y/u organizaciones rurales.
- Asistencia técnica permanente, para mejorar la productividad a través de mejores prácticas tanto productivas como comerciales.
- Asesoría comercial para la agregación de valor a la producción primaria de acuerdo a gustos, preferencias y tendencias de los mercados.
- Sanidad e inocuidad de la producción agropecuaria, acuícola y pesquera.
- Innovación de procesos para reducción de costos.

- Campañas de difusión comercial específicas y personalizadas por producto, de tal modo que los productos yucatecos se promuevan en mercados nacionales e internacionales

Un actor clave para el campo Yucateco para atender las necesidades de tecnología de los productores en el estado de Yucatán es el extensionista, en este sentido, resulta de vital importancia conocer las necesidades de capacitación tecnológica de los propios extensionistas, para poder estar en la posibilidad de contribuir con acciones para el desarrollo de capacidades y con ello mejorar su intervención con los productores rurales y pescadores ribereños del estado de Yucatán.

En el estado de Yucatán sobresalen en la agricultura por su importancia económica y social cultivos como: maíz y soya, hortalizas entre las que sobresale chile habanero, cítricos como son naranja y limón Persa y henequén como un cultivo emblemático de la entidad, razón por la cual los extensionistas involucrados en el componente están enfocados en apoyar con innovaciones a los productores de estos cultivos en los territorios donde se da su proceso productivo, lo cual va a requerir de capacitación en las nuevas tecnologías.

Por lo que el objetivo de este trabajo fue conocer las necesidades de capacitación de los extensionistas agrícolas del Proyecto "Apoyo al Extensionismo Rural de la SAGARPA" 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvo el padrón de extensionistas a los cuales se les asignó servicio agrícola. Se censo al total de los extensionistas con servicio para agricultura (63 técnicos). Se aplicó una encuesta personal estructurada, buscando reflejar las demandas de capacitación de los extensionistas. El cuestionario constaba tanto de preguntas de respuesta abiertas, para obtener respuestas profundas, así como también el porqué de las respuestas y preguntas con respuesta cerrada, dándole al encuestado para elegir opciones en un listado y poniendo la opción otros para evitar el problema de no tener una opción que coincidiera con la respuesta que se quisiera dar.

La encuesta se realizó el 15 de julio de 2016 en las instalaciones de la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del estado de Yucatán. Se explicó a los extensionistas la mecánica de la encuesta y su objetivo y se resolvieron las dudas durante el proceso. Una vez aplicada, se recolectaron y se concentraron en una base de datos en Excel y se procedió al análisis de las necesidades de capacitación por parte de los extensionistas, mediante estadística descriptiva o análisis exploratorio de datos.

La unidad de análisis fue el grupo de extensionistas involucrados en dar los servicios en el área agrícola e integrada en los Grupos de Extensión e Innovación Territorial (GEIT) de maíz y hortalizas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Certificación Profesional.

Con base a las encuestas realizadas, el 43 % de los extensionistas relacionados con la actividad agrícola en el estado de Yucatán señalaron haber recibido algún curso de certificación profesional de acuerdo a las reglas de operación de la SAGARPA en los últimos cinco años que se ha desempeñado como extensionista, mientras que el 57 % indicó no haberla recibido alguna y son los de primer empleo por lo general (Figura 1).

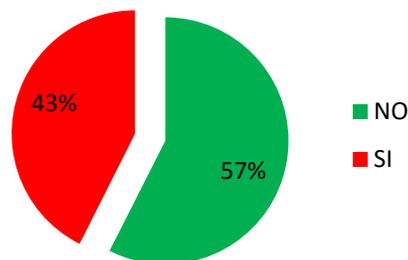


Figura 1. Porcentaje de extensionistas agrícolas que señalaron haber recibido curso de certificación profesional en sus últimos cinco años como extensionista

Cursos de certificación profesional en los últimos cinco años.

Entre estos cursos se mencionan por orden de frecuencia a: 1. Certificación EC0217 (Impartición de cursos de formación del capital humano de manera presencial grupal), 2. Certificación IPMA (Dirección de Proyectos), 3. Otros (Diversos temas), 4. Certificación EC0489 Facilitación de procesos de innovación de

mejora competitiva con personas, grupos sociales y organizaciones económicas, y 5. Formulación y/o Diseño de Proyectos Productivos (Figura 2).



Figura 2. Cursos de certificación profesional de acuerdo a las reglas de operación de la SAGARPA 2016 que recibieron los extensionistas de Yucatán.

Temas de capacitación que consideran los extensionistas que le ayudarían para mejorar su trabajo. El trabajo del extensionista requiere una constante vinculación con los productores en su unidad de producción. Al indagar de forma directa con el agente técnico los temas o áreas de capacitación que le ayudarían a desarrollar un mejor trabajo como extensionista e incrementar la calidad del trabajo con los productores se identificó que el 32.69 requieren capacitación en aspectos de Sanidad Vegetal sobre todo en lo relacionado con plagas y enfermedades, en menor medida el control de maleza y en la cual proponen buscar alternativas al combate con agroquímicos.

Otro aspecto relevante fue el relacionado con la nutrición vegetal cuya frecuencia fue de 18.27 %, la cual es importante para el crecimiento de las plantas y es parte de su alimentación y los nutrientes que asimilan. Los fertilizantes utilizados en nutrición vegetal permiten estimular su evolución aportándoles lo que necesitan, desde la raíz hasta las hojas. También permiten proteger las plantas de las dificultades externas y mejorar su resistencia a las plagas y enfermedades.

El tercer lugar en cuanto a frecuencia con el 12.50 % le corresponde al manejo del cultivo, sobre todo en lo que respecta al manejo agronómico de los cultivos y el manejo postcosecha.

Un área en el cual mencionaron los extensionistas que se requiere reforzar los conocimientos, es el de mercados con 10.58 %, donde sobresale el tema de comercialización y valor agregado entre otros.

Otra de las áreas que se mencionan con regular frecuencia es el de Producción Orgánica en donde se incluye temas como el de control biológico de plagas y enfermedades; le sigue con el mismo porcentaje el uso y manejo del agua; posteriormente los procesos sociales y administrativos con el 3.42 %, Manejo de Suelos y Manejo de Agroquímicos con el 2.56 % y frecuencias menores de 1 temas de agroclimatología, fisiología vegetal y maquinaria agrícola (Figura 3).

Acciones que el extensionista realiza para proporcionar un servicio de calidad a los productores.

El trabajo de extensión rural tiene su razón de ser en el impacto que este servicio tenga con los productores que son los beneficiarios directos de este apoyo gubernamental. En este sentido, resulta importante conocer desde la visión del extensionista las acciones que él realiza para lograr un servicio de calidad de su trabajo cotidiano. El 23.03% señala como su principal acción la motivación que lleva a cabo con el productor para incorporar innovaciones tecnológicas en su proceso productivo, el segundo lugar en cuanto a frecuencias con el 22.42 % es el que siguen un programa de trabajo, le siguen con el 20 % los extensionistas que indican que tienen una buena comunicación con los productores, lo cual es muy importante en Yucatán donde se cuenta con una población de productores maya hablantes, posteriormente con el 18.18 % los generan un compromiso con los productores y finalmente con el 16.36 % los que mencionaron una buena vinculación y la capacitación constante (Figura 4).

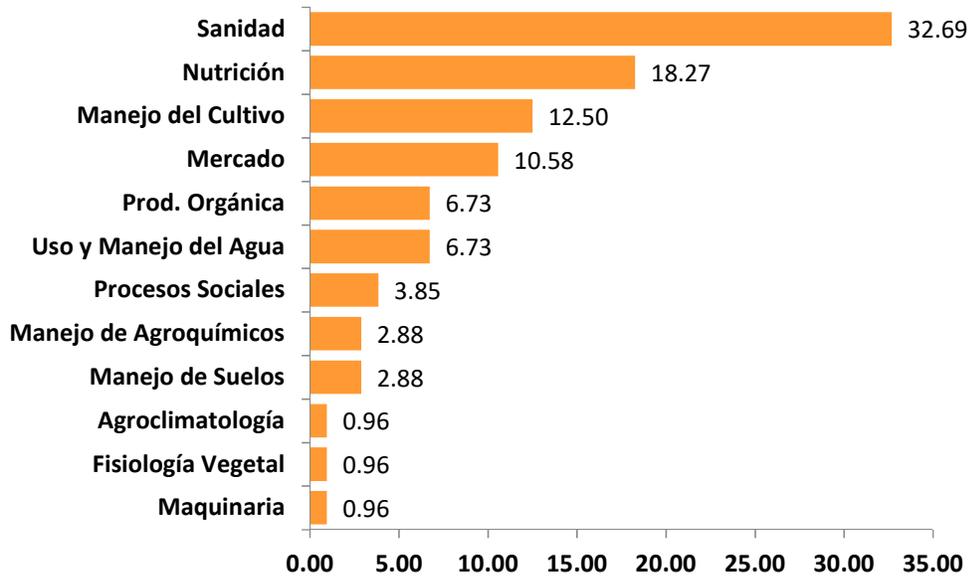


Figura 3. Frecuencia de los temas que les ayudarían a los extensionistas de Yucatán a dar un mejor servicio (%).

Demandas actuales de capacitación de los extensionistas agrícolas en Yucatán.

La principal demanda de capacitación de los extensionistas agrícolas de Yucatán se encuentra en el área de sanidad vegetal (específicamente demandas en temas relacionados con el control de plagas y enfermedades, combate de maleza entre otros), esta demanda la señalo el 33 % de extensionistas agrícolas (maíz, soya, hortalizas, cítricos y henequén) entrevistados. En segundo lugar (18 %) señalaron los temas relacionados con nutrición (en aspectos como el uso de biofertilizantes, fertiriego, manejo de fertilizantes, etc.). En tercer lugar, los extensionistas señalaron que requieren de capacitación en el manejo de los cultivos que llevan a cabo como son preparación del terreno, variedades, prácticas culturales y cosecha y manejo postcosecha (Figura 5). Para mayor detalle de las áreas y temas que señalaron los extensionistas como relevantes para realizar su trabajo ver cuadro 1.



Figura 4. Acciones que realiza el extensionista para proporcionar un servicio de extensión rural de calidad con los productores.

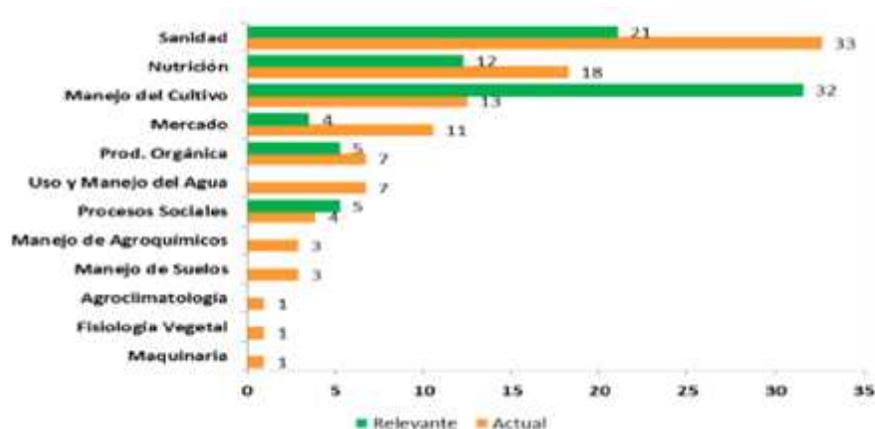


Figura 5. Demandas de capacitación requeridas por los extensionistas agrícolas en Yucatán.

CONCLUSIONES

Los temas que a consideración de los extensionistas agrícolas requieren para desarrollar un mejor trabajo con los productores son referidos a las áreas de sanidad con el 33 % principalmente como son métodos de control de plagas y enfermedades, métodos alternativos a los agroquímicos para el control de maleza y control biológico entre otros. En segundo lugar, sobresalen temas como biofertilizantes, fertiriego y manejo de los fertilizantes en el área de nutrición con el 18 %, en tercer lugar, el manejo del cultivo como manejo agronómico, variedades, prácticas culturales, cosecha y postcosecha; en cuarto lugar, con 11 % mercado con temas como comercialización, valor agregado y normas de exportación de productos agrícolas entre las principales áreas y temas que demandan los extensionistas agrícolas de Yucatán.

Cuadro 1. Temas de interés de capacitación propuestas por los extensionistas agrícolas para su formación técnica. Mérida, Yucatán 2016.

Área	Tema	% de extensionistas
Sanidad	Control de Plagas, Prevención y Combate de enfermedades, Combate de Maleza, Control Biológico	33
Nutrición	Biofertilizantes, Fertiriego, Manejo de los Fertilizantes	18
Manejo del Cultivo	Manejo agronómico del cultivo, variedades, manejo postcosecha	13
Mercado	Mercado, Comercialización y Valor Agregado	11
Uso y Manejo del Agua	Fertiriego y Programas de riego	7
Producción Orgánica	Lombricultura, Compostas, Biofertilizantes, elaboración de fertilizantes orgánicos, control biológico de plagas y enfermedades	7
Procesos Sociales y administrativos	Organización de productores, planeación y administración	4
Manejo de Suelos	Alternativas de solución para la sostenibilidad de los suelos, mejoramiento de las condiciones de suelos, uso de abonos verdes	3
Manejo de Agroquímicos	Uso y manejo de agroquímicos, calibración de equipos de aplicación	3
Maquinaria	Uso y manejo de la maquinaria agrícola	1
Fisiología Vegetal	Manejo del Stress Hídrico	1
Agroclimatología	Manejo de datos y cambio climático	1

LITERATURA CITADA

Landini Fernando. 2014. "La problemática de extensión y desarrollo rural en México desde la perspectiva de los extensionistas rurales. Reflexiones desde la psicología". Informe de resultados. www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/Agroecosistemas/lectura/14.pdf
Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018. Yucatan.

www.yucatan.gob.mx/gobierno/ped/PED-2012-2018-Yuc.pdf

Reglas de operación del Programa de Apoyos a Pequeños Productores de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,
Pesca y Alimentación para el ejercicio 2017.

www.gob.mx/sagarpa/documentos/reglas-de-operacion-2017-89037

ANÁLISIS FINANCIERO DEL USO DE LA VARIEDAD DE MAÍZ "SAC BEH" EN EL ESTADO DE YUCATÁN

FINANCIAL ANALYSIS OF THE USE OF CORN VARIETY "SAC BEH" IN THE STATE OF YUCATAN

¹Góngora González SF, ¹Torres Pimentel H, ²Velez Izquierdo A, ²Espinosa García JA

¹Campo Experimental Mocochoá-INIFAP.

²CENID Fisiología-INIFAP

Autor para correspondencia: gongora.sergio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La producción de maíz con semillas criollas implica bajos niveles de productividad y rentabilidad. El uso de variedades mejoradas incrementa la rentabilidad del cultivo. El trabajo se realizó con el objeto de calcular el ingreso neto de los productores que sembraron semilla de maíz variedad Sac Beh, y compararlo con los productores que utilizaron semilla de maíz criolla tradicional, durante el ciclo PV 2015. De un universo de 185 productores, se obtuvo una muestra representativa de 42 y se realizó una encuesta. Se utilizó un cuestionario con preguntas relacionadas con características socioeconómicas del productor como son la edad y nivel de escolaridad, costos de producción del cultivo, nivel de producción y precio de venta del maíz, para con ello estimar los ingresos del cultivo. La información se sistematizó en hojas de cálculo en Excel, se obtuvieron promedios y se presenta en cuadros y gráficas. La edad promedio del productor encuestado fue de 56 años con un mínimo de 29 y un máximo de 90. El 80% de los productores tienen un nivel de educación de primaria el 17% de secundaria. Todos los productores encuestados afirmaron haber obtenido bajos rendimientos en sus cosechas por falta de agua, algunos incluso perdieron toda su producción. La producción obtenida de la variedad Sac Beh en condiciones de temporal malo, fue en promedio de 184 kg que con un precio promedio de \$4.28/kg, generó un ingreso neto promedio de \$784.00, ligeramente superior a los costos de producción. Las variedades criollas por su parte tuvieron costos de producción de \$731 que con una producción promedio en el ciclo de 152 kg/ha a un precio de \$4.19/kg, generaron un ingreso a los productores de \$636.00 lo que significó en una pérdida promedio de \$95.00/ha. **Palabras clave:** *Costos de producción, Ingresos, Rentabilidad, Maíz, comparativo de beneficios, Sac Beh*

INTRODUCCIÓN

La producción de maíz forma parte fundamental en los sistemas de producción de México, tanto por la superficie sembrada como por el número de productores que se dedican a su producción.

En la Península de Yucatán el cultivo del maíz se produce en 361,015 ha (SIAP 2015) y se cultiva a través de diferentes sistemas de producción, siendo el más practicado el sistema de milpa con prácticas de roza, tumba y quema. En Yucatán, este sistema se caracteriza por ser para autoconsumo y presenta bajos niveles de productividad derivado de diversos problemas, entre los que destaca las restricciones de tipo edafológico y climático, falta de organización para la producción y falta de uso de semillas criollas mejoradas entre otras (Gobierno del Estado 2015).

Bajo esa consideración el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), dentro de sus actividades de investigación se ha dedicado a generar variedades cada vez con características diferenciadas y con ventajas comparativas, que satisfagan necesidades de la sociedad.

Desde el año del 2005, en el Centro Regional del Sureste dependiente de esa Institución, se realizaron investigaciones que dieron origen a una variedad registrada con el nombre de Sac Beh y dirigida a utilizarse en el sistema de producción de la milpa en la Península de Yucatán. Desde esa fecha y hasta el 2009, en el estado de Yucatán, se realizaron validaciones en parcelas de productores, con el objeto de registrar datos de su comportamiento y documentar sus resultados productivos. Las características del maíz variedad Sac Beh, se traducen en mejores rendimientos y en cubrir y mejorar la calidad de la alimentación de la familia campesina ya que es un maíz compuesto criollo converso a calidad de proteína, que contiene lisina y el triptófano en mayor proporción que los maíces criollos de grano normal (Aguilar et al 2010).

Se tienen evidencias de la bondad de la tecnología en términos de su adaptación a las condiciones y a los incrementos en los rendimientos en campo en el sistema milpa, sin embargo, se requiere realizar un análisis que permita valorar en términos económicos si los costos de producción que el uso de la variedad genera, son inferiores al valor de su producción, de tal forma que además de cubrir con calidad la nutrición de la familia campesina, mejore el ingreso neto del productor del estado de Yucatán.

Yucatán es uno de los estados más densamente poblada por indígenas mayas con costumbres y tradiciones de gran arraigo Territorialmente la entidad está dividida en cuatro Distritos de Desarrollo Rural (DDR). La economía de los productores se basa en la agricultura migratoria conocida como milpa donde el cultivo predominante es el maíz. Alrededor de este cereal se desarrollan las actividades fundamentales de la Unidad Económica Rural (UER) y es la base de la alimentación del productor y de los miembros de la familia campesina.

En el año 2105 de ese cultivo, se sembraron 121,684 ha de las cuales se cosecharon 109 634 ha. El valor de la producción ascendió a 505 millones de pesos. La producción está concentrada en el sur y oriente del estado e los (DDR) de Ticul y Valladolid (Cuadro 1). En ellos se concentró el 74% de la superficie sembrada.

Cuadro 1. Estadísticas básicas del cultivo de maíz en el estado de Yucatán en el 2015, ciclo primavera verano

Distrito	Superficie (ha)			Valor Producción (\$ Miles)
	Sembrada	Cosechada	Siniestrada	
Ticul	44,787.85	37,766.55	7,021.30	230,795.02
Valladolid	43,063.11	43,063.11	0	119,855.92
Mérida	17,038.09	12,089.72	4,948.37	73,268.07
Tizimín	16,795.69	16,715.19	80.5	81,147.06
	121,684.74	109,634.57	12,050.17	505,066.07

Fuente: SIAP 2015a.

Contextualizando las estadísticas anteriores y con base en información de la SAGARPA, en el estado de Yucatán al igual que en el resto del país las UER predominantes se ubican en los estratos 1 y 2 en el Sector Agropecuario y Pesquero. De las 410 mil Unidades Económicas Rurales, el 49 % (202 mil UER) se ubicaban en los estratos del 1 y 2 (Cuadro 2), y presentan nula o poca vinculación al mercado, bajos niveles tecnológicos y de rentabilidad, baja producción y productividad, y dificultades para su capitalización (SAGARPA-FAO, 2014).

Cuadro 2. Estratos de las Unidades Económicas Rurales en el Sector Rural y Pesquero en el Estado de Yucatán.

Estratos	Características	Número
E1	Familiar de subsistencia sin vinculación al mercado	111,829
E2	Familiar de subsistencia con vinculación al mercado	90,528
Total		202,357

Fuente: Elaboración en base a SAGARPA-FAO. 2014

De las estadísticas anteriores y con base en datos de México REDD (2014), en la Península de Yucatán existen 92,000 unidades de producción agrícola y el 79% son unidades milperas, o sea 72,600 de las cuales el 46% de ellas se ubican en el estado de Yucatán. Lo anterior muestra la importancia que tiene la milpa en la producción del maíz en la entidad.

En la actualidad la milpa está en un proceso en el que el incremento demográfico y la sobreexplotación de los recursos naturales, han reducido drásticamente los montes altos obligando a los milperos a reducir el periodo de barbecho de la tierra; abatiendo los rendimientos agrícolas de la producción hasta niveles que no alcanzan a satisfacer las necesidades alimenticias y económicas de la población rural. (Arias 1994). Eso ha ahondado los niveles de pobreza del productor maicero y los jóvenes no lo encuentran atractiva como opción económica (Martin 2016).

De ahí la necesidad de impulsar la modernización de la milpa teniendo como base su estudio, sin desdeñar una sola de las prácticas agrícolas locales, aun las que parezcan más deficientes, porque todas obedecen a algún motivo, a alguna peculiaridad del medio, y a veces el empirismo no es más que el camino largo para hallar las mismas verdades que la ciencia ha encontrado antes, o que se limita a confirmar o ampliar después. (Pérez Toro S/F).

La milpa posee características muy particulares, es todo un proceso desde la preparación del terreno hasta la cosecha y conservación del maíz. En todo este proceso juega un papel preponderante el tipo de semilla que se utiliza siendo la predominante la semilla criolla es decir semillas que durante generaciones han sido usadas y mejoradas por mayas de la Península de Yucatán. En el 2014 el 84% de los productores utiliza

semillas nativas, de estos el 64% utiliza semilla de su propia cosecha y el 32% compra, (México REDD 2016).

Los rendimientos promedio de maíz que se reportan están ligados directamente a la edad del monte reportada para la milpa, es decir, la productividad del sistema guarda una relación directa con los años de uso y descanso del suelo. Las parcelas con montes de 5 a 7 años tienen una cosecha de 400-500 kg/ha, con la adición de fertilizantes y con un buen temporal; en montes de 10 a 15 años las cosechas pueden ser de 750 a 850 kg de maíz/ha, y en montes “altos” de más de 15 años, de 1,250 kg de maíz/ha. (México REDD 2016). Esta última condición prácticamente no existe.

Con los primeros niveles de rendimiento una familia no alcanza a cubrir sus necesidades alimenticias de este cereal, por lo que se hace necesario buscar alternativas que partiendo de las condiciones de la milpa permita incrementar la productividad y rentabilidad. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue calcular el ingreso neto de los productores de maíz variedad Sac Beh, y compararlo los productores que utilizaron semilla de maíz criolla tradicional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el estado de Yucatán que está localizado entre el paralelo 19° 32' y 21° 38' de latitud norte; respecto al meridiano 0° de Greenwich, se halla entre el meridiano 87° 22' y 90° 24' de longitud oeste. Los límites actuales de Yucatán son: al norte el Golfo de México, hacia el este y Sureste el estado de Quintana Roo, y al oeste y suroeste el de Campeche.

Con base en lo mencionado y en resultados documentados de las bondades de la semilla de Sac beh en el año 2015 y con el objeto de promover la producción de esa variedad de alto rendimiento, la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del estado de Yucatán y la Fundación Produce Yucatán A.C., conjuntaron acciones y recursos para distribuir 89.76 ton. de semilla certificada a productores del estado de Yucatán (Gobierno del estado 2015).

La distribución de la semilla se realizó a través de los alcaldes de los municipios, sin embargo, no se realizó un padrón de productores beneficiarios. Debido a lo anterior para obtener un universo de productores, se solicitó a la Secretaría de Desarrollo Rural una lista de productores beneficiados realizado por su personal técnico que labora en campo.

De esta forma el Universo de estudio lo constituyeron 185 productores de la zona maicera del estado de Yucatán a quienes se les proporcionó semilla para la siembra primavera-verano del 2015. La lista incluía el nombre del productor, el municipio y dirección para que fuese contactado. De este universo se obtuvo una muestra representativa, utilizando el método de muestreo aleatorio simple propuesto por Damián et al (2010). Este muestreo fue con el objeto de optimizar recursos materiales y económicos escasos. La fórmula para obtener la muestra fue la siguiente:

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 S_N^2}{Nd^2 + NZ_{\alpha/2}^2 S_N^2}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra

N= Tamaño de la población de productores de maíz

Z= Nivel de confianza 1-

S²= Varianza de la muestra

d= Nivel de precisión del parámetro

Con base en la ecuación el cálculo del tamaño de muestra de productores se presenta en el cuadro 3.

El tamaño de muestra fue de 42 productores seleccionados completamente al azar entre los municipios que constituyo el universo de la población. La distribución de la muestra por municipios se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 3. Calculo del tamaño de muestra para productores de maíz Sacbeh y semilla tradicional en el estado de Yucatán

N	d	Z	S ²	d ² /Z ² * S ²	1/N
185	0.56	1.64	6.3	0.019	0.005
n= 42 Porcentaje de la población = 23%					

Para la aplicación de la encuesta, se utilizó un cuestionario con preguntas técnicas y económicas relacionadas con variables tales como costos de la preparación del terreno, tipo de siembra, fertilización, manejo de plagas enfermedades y cosecha. También incluyó preguntas relacionadas con variables del valor de producción del cultivo. Asimismo, incluyó preguntas relacionadas con el uso de semilla de maíz Sac beh, uso de su semilla tradicional y aspectos relacionados con edad, años de ser productor milpero y limitantes para la adopción de la tecnología. Esto fue con el objeto de obtener información cuyo análisis y contraste, permitan cumplir con el objetivo del estudio. La información recabada se sistematizó en hojas de cálculo en el programa de Excel y se obtuvieron promedios y estimaron costos de producción e ingresos. En forma posterior se estimó el incremento del ingreso neto del productor.

Cuadro 4. Distribución municipal de la muestra de productores que sembraron maíz variedad Sac Beh en Yucatán.

Municipio	Entrevistas
Ticul	5
Cantamayec	9
Teabo	3
Chankom	7
Yaxcaba	3
Dzitas	2
Maxcanu	2
Halacho	8
Kaua	3
Total	42

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad promedio del productor encuestado fue de 56 años con un mínimo de 29 y un máximo de 90. Estos productores tienen una experiencia promedio en el cultivo del maíz de 36 años encontrando productores con un mínimo 7 y un máximo de 65 años como productores de maíz. Lo anterior es similar a lo encontrado por Uzcanga y col (2015) en un trabajo realizado con productores maiceros en la Península de Yucatán, donde encontró productores con 52 años de edad y 29 de experiencia en el cultivo, siendo este promedio para el estado de Yucatán de 53 años de edad y 35 años de experiencia como productores de maíz. El 80% de los productores tienen un nivel de educación de primaria el 17% de secundaria y solo un productor encuestado manifestó no haber recibido instrucción escolar. La superficie promedio cultivada de maíz fue de 0.42 ha, con un rango de 0.08 a 1 ha.

Todos los productores encuestados utilizaron la semilla de variedad Sac Beh en el ciclo primavera verano del 2015, pero el 72% además sembró semilla criolla tradicional. El 69% de los productores aceptó sembrar la semilla porque han observado que tienen buena germinación, el 23% indicó que alcanza rápido la floración.

El sistema de producción milpa se caracteriza por ser de temporal, eso lo hace sensible a las condiciones climáticas cuya producción y productividad; está sujeto a ciclos buenos, regulares y malos. Lo anterior, cobra importancia ya que en el ciclo primavera verano del 2015, el estado de Yucatán fue afectado por una sequía prolongada que, de acuerdo a opiniones de expertos, afectó en un 60 % la producción de las milpas de la entidad. Derivado de esto los productores encuestaron afirmaron haber obtenido bajos rendimientos en sus cosechas por falta de agua, algunos incluso perdieron toda su producción. De ahí que se considere ese ciclo productivo como malo para la producción de maíz, sin embargo, el análisis de resultados de la encuesta, se realizó con productores que al menos hubieran levantado sus cosechas tanto en la variedad Sac beh como de semilla criolla.

La milpa trata de no depender de insumos externos por falta de liquidez, y emplea para su operación básicamente mano de obra del productor y su familia. La siembra se realiza una vez establecido de temporal y la aplicación de fertilizantes, combate de plagas y enfermedades, se realiza siempre y cuando el temporal se regularice. Si el temporal se interrumpe, los productores se mantienen a la expectativa y su lógica le indica no invertir por el riesgo que implica el por falta de agua el cultivo se siniestre. Esta situación se presentó en el ciclo de producción objeto del presente análisis. De ahí que la información recabada en la encuesta, indiquen costos de producción e ingresos muy por debajo de lo que se obtiene en un ciclo de producción con temporal regular. Esta situación impactó por igual tanto a la tecnología recomendada por el INIFAP como la variedad Sac Beh como para la semilla criolla que funciona como testigo.

Derivado de lo anterior, a continuación, se presentan los costos de producción, ingreso bruto y neto tanto de la variedad Sac Beh como la de la semilla del productor.

Los costos de producción de la variedad Sac beh ascendieron a \$770. La producción obtenida en condiciones de temporal malo fue en promedio de 184 kg que con un precio promedio de \$4.28/kg, generó un ingreso neto promedio de \$784.00, ligeramente superior a los costos de producción (Cuadro 5). Las variedades criollas por su parte tuvieron costos de producción de \$731 que con una producción promedio en el ciclo de 152 kg/ha a un precio de \$4.19/kg, generaron un ingreso a los productores de \$636.00 lo que significó en una pérdida promedio de \$95.00/ha. Lo anterior y como se observa en la Figura 1, el efecto de la variedad de maíz sac beh aun en condiciones de temporal crítico, presentó un mejor comportamiento

que las variedades criollas. Eso se demuestra al obtener ingresos netos positivos de \$14.00 que sumados en términos absolutos con la pérdida que se obtuvo con semilla criolla (\$95.00), genera un incremento absoluto del ingreso neto del productor de \$109.00/ha.

Cuadro 5. Indicadores económicos de productores de maíz variedad Sac beh y criollo en el estado de Yucatán

Concepto	Sac-Beh	Variedades Criollas	Cambio
Costo (\$/ha)	\$ 770.1	\$ 731.4	\$ 38.6
Ingreso bruto (\$/ha)	\$ 783.7	\$ 636.0	\$ 147.7
Ingreso neto (\$/ha)	\$ 13.6	-\$ 95.5	\$ 109.0

Como se ha mencionado, al margen del factor económico, la variedad de maíz Sac Beh por su contenido de aminoácidos esenciales (lisina y triptófano), impacta positivamente en el desarrollo nutricional de la gente que la consume. Sierra et al (2004), afirman que el consumo de los maíces con calidad proteínica podría ayudar a mejorar el nivel nutricional, principalmente de la población rural que depende del maíz para cubrir sus necesidades alimenticias y de manera especial de niños, madres lactantes y ancianos. Asimismo, en un artículo de la Revista Ciencia del CONACYT (2006), se afirma que en México hay 31 millones de personas con algún grado de desnutrición, y en 18 millones de éstos la desnutrición es severa. La desnutrición es grave en 10 millones de indígenas, así como en la población de escasos ingresos en las ciudades. Este problema se agudiza debido a que México no produce todo el maíz que necesita, y se tiene que recurrir cada año a importar entre 5 y 6 millones de toneladas de grano. Esto significa que el problema se relaciona con la producción, así como con la calidad del grano de maíz. Lo anterior, establece que la bondad de las variedades de maíz con calidad proteínica, hace necesario redoblar esfuerzos a nivel de las diferentes instancias de gobierno para promover el uso de la semilla Sac beh en beneficio de los productores y la población rural. Este proceso suele ser complejo, no se limita únicamente a la productividad y rentabilidad de la tecnología. Involucra variables de índole socioeconómico y cultural así también las expectativas de riesgo. Damián y col (2007), en un estudio realizado en Tlaxcala con productores maiceros, señalan que los principales factores que limitan el uso y la aplicación correcta de la tecnología fueron: acceso limitado a factores de la producción, relevancia de las prácticas tradicionales, desempeño de otras actividades complementarias, bajos ingresos, migración y escasa asesoría técnica. En el caso de los productores milperos esos factores están presentes. Los productores encuestados sembraron por primera vez la variedad Sac beh y a pesar del mal temporal, manifestaron bondades como buena germinación, rapidez a la floración, sin embargo, si bien aceptaron probar la variedad, aun no aceptan sustituir por completo sus variedades criollas. Es importante seguir evaluando el material garantizando el germoplasma a través de políticas gubernamentales de apoyo. Para el ciclo de producción 2016 el Gobierno del estado de Yucatán, con la participación de la iniciativa privada distribuyó 100 toneladas de la semilla Sac beh a productores. Esta es una oportunidad para evaluar de nuevo el material en cuestión.

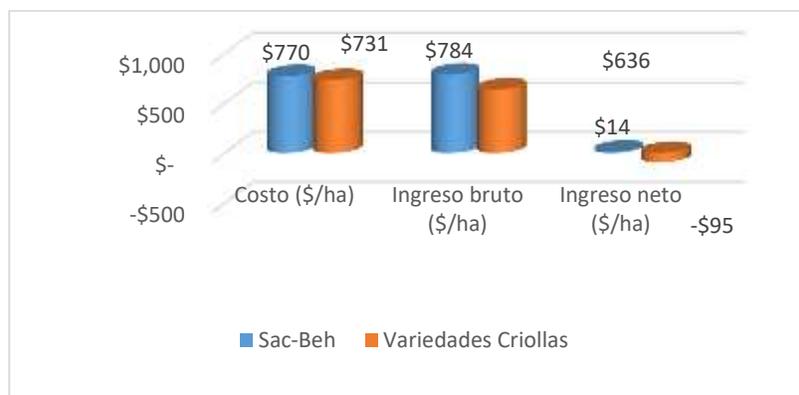


Figura 1. Indicadores económicos de productores de maíz variedad Sac beh y criollas en el estado de Yucatán

CONCLUSIONES

Aunque de manera marginal, el uso de la semilla de maíz criolla mejorada Sac be, permitió incrementar el ingreso neto de los productores en comparación con el uso de la semilla criolla. En próximas evaluaciones se deberá incluir el nivel de confiabilidad de las variables del cuestionario. El verdadero potencial de la semilla mejorada de maíz Sac beh, no pudo ser evaluada en condiciones temporal regular. La variedad de maíz Sac beh por su calidad proteínica además del beneficio económico posee características que impactan en el desarrollo físico de la población rural con problemas de desnutrición. Se recomienda continuar con las evaluaciones de este material en terrenos de productores y con ciclos productivos evaluándolo con temporal de lluvia más regulares.

LITERATURA CITADA

- Aguilar C G; Gómez M N; Torres P H; Vázquez C G. 2010. Sac beh y Chichén Itzá, variedades de maíz de calidad proteínica para el sistema milpa de la Península de Yucatán. Folleto Técnico No. 3. INIFAP. Campo Experimental Mochá.
- Arias R, L. M. 1994. Análisis de las investigaciones del programa dinámica de la milpa en Yucatán. Revista de Geografía Agrícola. 28:173-178
<https://chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file=completo&id=MjU3MA==>.
- Damián H, MA, Ramírez VB, Parra IF, Paredes SJA2, Gil A2, Cruz LA y López OJL. 2007. Apropiación de tecnología por productores de maíz en el estado de Tlaxcala, México. Agric. Téc. Méx vol.33 no.2 México may./ago. 2007. ISSN 0568-2517
- Damián H; Ramírez V; Aragón, G; Huerta, L; Sangerman, J. y Romero, A (2010). Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico. Técnica Pecuaria en México, 45(1), 25-40.
- Gobierno del estado de Yucatán 2015. Tercer informe de Gobierno 2015. P 20
- Martin C, M. 2016. Milpa y capitalismo: opciones para los campesinos mayas yucatecos contemporáneos. Revista Limina R. Estudios Sociales y Humanísticos, XIV, núm. 2, julio-diciembre de 2016, México, pp. 101-114. ISSN: 1665-8027. 101
- México REDD 2014. Milpa de las comunidades mayas y dinámica del uso del suelo en la Península de Yucatán ¿Qué milpa es esa? Alianza México REDD.
<http://admin.biblioteca.alianzamredd.org/uploads/archivos/0abd7b04703494ca06b7777a7171972e37b3c1db.pdf>
- México REDD 2016. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) Proyecto México para la Reducción de Emisiones por deforestación y degradación (M-REDD+), The Nature Conservancy, Rainforest Alliance, Woods Hole Research Center, Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable AC. 2016. Autores: Rodríguez Canto, A.; González Moctezuma, P.; Flores Torres, J.; Nava Montero, R.; Dzib Aguilar, L A.; Pérez Pérez, J. R.; Thüerbeck, N. y González Iturbe, J. A. Milpas de las comunidades mayas y dinámica de uso del suelo en la Península de Yucatán. Centro Regional Universitario Península de Yucatán de la Universidad Autónoma Chapingo. Mérida Yucatán. 436 pp.
- Pérez Toro A. S/F. La agricultura milpera de los mayas de Yucatán. <http://www.mayas.uady.mx/articulos/agricultura.html>
- Revista Ciencia Conacyt 2006. ¿Porque es importante mejorar la calidad proteínica del maíz? <http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/7-vol-57-num-3-julio-septiembre-2006/comunicaciones-libres58/22-variedades-e-hibridos-de-maiz-de-calidad-proteinica-en-mexico>
- SAGARPA-FAO. 2014. Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012. Reimpresión. Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. México, D. F.
- SIAP 2015a. Cierre de la Producción Agrícola por cultivo y DDR. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/identidad/index.jsp. Consulta febrero del 2017.
- SIAP 2015b. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp.
- Sierra Macías, Mauro; Palafox Caballero, Artemio; Cano Reyes, Octavio; Rodríguez Montalvo, Flavio A.; Espinosa Calderón, Alejandro; Turrent Fernández, Antonio; Gómez Montiel, Noel; Córdova Orellana, Hugo; Vergara Ávila, Narciso; Aveldaño Salazar, Rodrigo. 2004. H-553C, híbrido de maíz de calidad proteínica para el trópico húmedo de México Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 27, núm. 1, enero-marzo, 2004, pp. 117-119 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.
- Uzcanga P.N; Cano G, A; Ramírez S.J.; Tun D, J. 2015. Características socioeconómicas y rentabilidad de los sistemas de producción de maíz bajo condiciones de temporal de la Península de Yucatán, México. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XIX, núm. 37, julio-diciembre, 2015, pp. 173-183

PARTICIPACIÓN DE LA MUJER EN EL CULTIVO DE CACAO EN CHIAPAS, MÉXICO **PARTICIPATION OF WOMEN IN THE COCOA CULTIVATION IN CHIAPAS, MEXICO**

Hernández G E¹, López M J², Solís B JL¹, Ramírez A MA³, Garibay G CC⁴

¹INIFAP Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, México: 30870

²INIFAP Campo Experimental Centro de Chiapas, Km. 3 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas, México: 29140.

³INIFAP Campo Experimental Huimanguillo. Carretera km 1 Huimanguillo-Cárdenas. Huimanguillo, Tabasco, México.

⁴Consultor Independiente. Prolongación 9ª Sur, Rancho el recuerdo. Col. Cebadilla, Tapachula, Chiapas CP: 30786.

Autor para correspondencia: fiteliza@hotmail.com

RESUMEN

El cacao es un cultivo tropical de importancia cultural y ambiental. México cuenta con una producción de 21,689 ton, y una superficie de 58,165 ha y los estados con mayor producción son Chiapas y Tabasco. La participación de las mujeres en este ancestral cultivo ha estado presente, sin embargo no ha sido valorizado. El objetivo de este trabajo fue conocer la participación de las mujeres en dicho cultivo. Se seleccionaron 109 productores (a) de manera aleatoria de un padrón de cacao y se llevaron a cabo encuestas en las regiones: Soconusco y Norte. El 80.4% de los encuestados fueron hombres y solo el 19.6% son mujeres. El 99.1% de los productores mencionó tener ayuda de parte de las mujeres en las labores como cosecha, lavado, fermentación y secado, pero no son consideradas como un apoyo significativo en el proceso de producción. Las mujeres tienen una edad promedio de 57.36 años y en su mayoría completaron la educación primaria 31.8%. Además de participar en actividades propias del cultivo de cacao, también realizan otras actividades aparte de ser productoras (amas de casa, empleadas, comerciantes y tienen otros cultivos). Para las actividades de limpia, poda, regulación de sombra y corte, contratan jornales o las realizan con sus hijos. La moniliasis y mancha negra son las enfermedades más importantes en sus cultivos para su control realizan actividades de saneo y control químico. Realizan actividades en el proceso de beneficiado y son las encargadas de la venta. Finalmente, aun con altibajos en la producción a causa de la moniliasis mencionan que no cambiarían de cultivo pues es con el que se han identificado. Es necesario revalorizar el trabajo de las mujeres en este cultivo, y visualizarlas como productivas e impulsoras en la sociedad fomentando el empoderamiento de la mujer en el sector cacaotero de México.

Palabras claves: *Socioeconomía, manejo, beneficiado, comercialización.*

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de importancia cultural, ambiental y económica. México cuenta con una producción de 21,689 ton y una superficie de 58,165 ha (SIAP, 2014) y los estados con mayor producción son Chiapas y Tabasco. Actualmente ha tenido una tendencia decreciente en la producción debido a varios factores entre ellos la moniliasis, enfermedad que puede causar la pérdida de la producción hasta en un 80% si no existe ningún control (Hernández, 2015; Zamarripa et al., 2009, Phillips, 2003). En el campo alimentario mexicano el papel de las mujeres es de suma importancia, en gran medida de ellas dependen la seguridad alimentaria de muchas familias. La FAO (2011) indica que las mujeres constituyen el 43% de la mano de obra en países en vías de desarrollo, desarrollan diversas estrategias de sobrevivencia como medidas de adaptación al cambio climático y diversificación de actividades para generar otros ingresos. De acuerdo a Aguilar (2009) afirma que las mujeres campesinas específicamente son responsables de la mitad de la producción alimentaria del mundo y producen 60-80% del alimento en la mayoría de los países en desarrollo. De acuerdo al Censo Agropecuario 2007 (INEGI, 2009) también ellas son afectadas por los problemas del campo como riesgos climáticos, altos costos de insumos y servicios, así como a la pérdida de la fertilidad de los suelos. La FAO (2011) menciona que si las mujeres tuviesen iguales accesos a insumos productivos que los hombres la producción agropecuaria aumentaría en un 20-30%, se reduciría el porcentaje de población que sufre hambruna en un 12-17% y se elevaría la producción agrícola nacional en un rango de 2.5 a 4%. De acuerdo con lo anterior se realizó este trabajo para conocer el porcentaje de participación de mujeres el porcentaje de mujeres que participan en el cultivo

de cacao y cuáles son las actividades que realizan o dirigen. Así también conocer las perspectivas en este cultivo con respecto a la enfermedad de mayor importancia en la actualidad que es la moniliasis y su estrategia de control, y como realizan la comercialización de sus productos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante 2013, se aplicaron encuestas y visitaron a 112 productores (a) en 45 localidades del estado de Chiapas distribuidas en ocho municipios de las dos principales regiones productoras de cacao: Soconusco y Norte. En la Región Soconusco se realizaron encuestas y se visitaron 32 localidades ubicadas en los municipios de mayor producción y en la Región Norte se visitaron 13 localidades en tres municipios. Para seleccionar a los encuestados (a) se utilizó un método de selección aleatorio sin remplazo sobre el padrón de productores de cacao publicado por SAGARPA en 2013. La encuesta se diseñó de acuerdo a Quispe (2013), y estaba integrada por ocho apartados y 62 reactivos): 1. Ficha de identificación; 2. Datos generales; 3. Datos de la parcela; 4. Manejo agronómico; 5. Producción y comercialización. Las respuestas fueron capturadas, sistematizadas y analizadas mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, 1993) Versión 20.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 80.4% de los encuestados fueron hombres y solo el 19.6% son mujeres que se encuentran a cargo de las unidades de producción de cacao. El 99.1% de los productores mencionó tener ayuda en las labores como cosecha, lavado, fermentación y secado, pero no son consideradas como un apoyo significativo en el proceso de producción, menospreciando con ello su importante participación en el proceso productivo del cacao (Maier, 1998; Cortez y Pizarro, 2001). A continuación se describen cuáles son las actividades del que las mujeres (19.6%) realizan o dirigen en su plantación.

Aspectos socioeconómicos: Las productoras encuestadas tienen una edad promedio de 57.36 años y en su mayoría completaron la educación primaria 31.8%, solo el 4.5% realizó estudios de licenciatura. En su totalidad realizan otras actividades aparte de ser productoras (amas de casa, comerciante, empleadas y tienen otros cultivos). La unidad de producción es de 3.0 ha en promedio, el 72.7% heredada y en un 27.3% comprada. La edad de sus plantaciones es en promedio de 32 años. El 50% de las productoras dijo pertenecer a una sociedad de producción.

Aspectos agronómicos: Para las actividades de limpia, poda de árboles, regulación de sombra y corte, contratan jornales (50%) o las realizan con sus hijos o familiares. Los problemas más importantes han sido de tipo fitosanitario con la enfermedad de moniliasis, mancha negra y bajo precio del grano. Las variedades de cacao con que cuentan en sus plantaciones son: calabacillo, Injertos de la serie de clones RIM del INIFAP, lagarto, Tabasco, criollo de almendra blanca.

Solo el 31.8% fertiliza su cacao, por lo general una vez al año, en su plantación cuentan con árboles de sombra de tipo: específica, diversa, y frutales y maderables. El 86.4% poda los arboles de sombra 1 vez al año, y su plantación se encuentran en un marco de plantación de 4 x 4 (50%).

El 95.5% indicó que la moniliasis, seguida de mancha negra son las enfermedades más importantes y en cuestión de plagas han observado algunas pero no son tan transcendentales (como las hormigas). Para el control de moniliasis realizan en un 54.4% control cultural (saneamiento de chillillos) y aplicación de químicos en los utilizan los siguientes productos: sulfato de cobre, caldo sulfocálcico (azufre y calcio), jabón, cal y ceniza.

Aspectos de beneficiado y comercialización: La producción promedio que obtienen va de 0 a 400 kg ha⁻¹. Las actividades de beneficiado del cacao lo realizan ellas (cuadro 1 y figura 1), lo venden en asociaciones y al intermediario, solo 4.5% indicó que hace chocolate para poder obtener mayores ganancias (Cuadro 2). El 63.6% indicó que no ha tenido ningún apoyo económico para su cultivo de ninguna institución, el 50% mencionó haber recibido algún tipo de asesoría. El 90.9% dijo que continuará con su cultivo aun cuando no es redituable sobre todo por el valor ancestral y cultural que tiene para ellas el cultivo del cacao, solo el 9.1% dijo que es posible que cambiaría su cultivo al de rambután, por lo que puede notarse el arraigo que tienen hacia este cultivo aun cuando la moniliasis ha causado serios problemas de producción.

CONCLUSIONES

En general las productoras realizan o dirigen las actividades que se necesitan en este cultivo, además de ser las responsables de las labores en su hogar, cuidado de los hijos, u otra actividad fuera de casa para subsistir, pues el cultivo actualmente no es fructífero desde la llegada de la moniliasis, como bien indica Suárez *et al.* (2011) las mujeres campesinas triplican sus jornadas de trabajo. Es importante reconocer las

labores que ellas realizan en la agricultura y dejar de percibir las como vulnerables pues son un grupo productivo e impulsoras en la sociedad, por lo que es trascendental empoderar a las mujeres en el sector cacaotero y en los sistemas de producción agrícolas de México.

Cuadro 1. Proceso de beneficiado de granos de cacao *Theobroma cacao* en la Región Soconusco y Región Norte de Chiapas, México.

Beneficiado	Frecuencia Relativa (%)
Lava y seca	54.5
Fermenta en bolsas por 4 días	22.7
Secado directo después de corte	9.1
Húmedo	9.1
No cosecho	4.5

Cuadro 2. Comercialización de granos de cacao *Theobroma cacao* en la Región Soconusco y Región Norte de Chiapas, México.

Destino	Frecuencia Relativa (%)
Asociación	22.7
Intermediario	68.2
Chocolate	4.5
No cosecho	4.5

Agradecimientos

A cada una de las señoras que fueron encuestadas, por la apertura y dedicación hacia este cultivo.



Figura 1. La participación de la mujer en el cultivo de cacao.

a y b) Fermentado en bolsa y secado de cacao productora del Hular, municipio de Tuzantán, Chiapas. C) productora de Llano la Lima, municipio de Tapachula, Chiapas, mostrando cacao seco.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, L. 2009. Women and climate change: vulnerabilities and adaptive capacities. In: Worldwatch Institute: 2009 State of the World – Into a Warming World. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. New York, London.
- FAO. 2011. The state of food and agriculture. Women in agriculture, closing the gender gap for development. FAO. Rome.
- Ghiglione R., Matalón B. 1989. Las encuestas sociológicas. Teoría y práctica. Editorial Trillas, México. 318 p.
- Hernández G.E., Hernández M.J., Avendaño A.C.H., López G.G., Garrido R.E.R, Romero N.J., Nava D. C. 2015. Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología. Vol 33 2: 232-246.
- Maier H.E. 2003. Construyendo la relación entre la mujer y el medio ambiente: Una exploración conceptual, en: Esperanza, Tuñón (coord.). Género y medio ambiente. El Colegio de la Frontera Sur. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Plaza y Valdés, México: 27-44
- Phillips M., W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Ph.D. Thesis. University of Reading, Reading, UK. 349 p.
- Quispe A. 2013. El uso de la encuesta en las ciencias sociales. Ediciones D.D.S. México D.F. 105 p.
- Suárez S.R.B., Zapata M.E, Ayala C.R, Cárcamo T.N, y Manjarrez R.J. 2011. ¿...y las mujeres rurales?. Indesol. GRMTRAP A.C., México: 251 p.

Zamarripa C. A., Solís B.J.L., Hernández G.E. 2011. Comportamiento agronómico de descendencias híbridas de cacao con resistencia a moniliasis. Campo Experimental Rosario Izapa. INIFAP. Folleto técnico No. 27. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 39.

Referencias Informáticas

INEGI. 2009. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. México (Consulta 15 de junio de 2017).

SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 20 de junio de 2017.

ALTERNATIVA ECONÓMICA. UN ENFOQUE COLECTIVO Y ECOLÓGICO ECONOMIC ALTERNATIVE. A COLLECTIVE AND ECOLOGICAL APPROACH

¹Hernández Nolasco L, ²Santiago Jiménez ME

¹Universidad Politécnica del Golfo de México. Carretera Federal Malpaso - El Bellote Km. 171 / Monte Adentro C.P. 8660. Paraíso, Tabasco, México.

²Instituto Tecnológico de Puebla. Avenida Tecnológico 420. Colonia Maravillas. C.P. 72220. Puebla, Puebla, México.

Autor para correspondencia: lilian_nolasco@hotmail.com

RESUMEN

Distintos emprendimientos económicos surgen en el mundo ante la desigualdad, marginación y pobreza que incentiva la economía de mercado, con una lógica de producción distinta a la capitalista que coloca en un segundo plano los conceptos de rentabilidad y competitividad; al mismo tiempo que prioriza el bienestar de la sociedad. La estrategia económica que aquí se presenta es el caso de Sociedad Cooperativa Agropecuaria Regional Tosepan Titataniske (SCARTT), una organización que lleva un poco más de 40 años de permanencia y está ubicada en la Región Nororiental de Puebla; zona con un nivel de marginación que va de alto a muy alto. Esta organización ha mostrado ser un caso de éxito al incidir positivamente en el nivel de vida de sus socios y las comunidades que la rodean. En este contexto, analizar a las organizaciones rurales que tienen prácticas colectivas y de sustentabilidad, permitirá replantear estrategias económicas para otras zonas rurales con elevados índices de pobreza, buscando no solo contrarrestar sus carencias sino generar rutas que respeten sus condiciones culturales, el medio ambiente y sobre todo que se consideren como sociedades diferentes. Asimismo, el trabajo utiliza herramientas de la Teoría Fundamentada para la construcción teórica de la alternativa económica de SCARTT. Finalmente, el escrito deja claro que si bien esta alternativa tiene como característica principal ser autónoma y autosuficiente al retomar las bases de corrientes teóricas que van de lo colectivo a lo ecológico, no deja de depender de una economía de mercado; ya que esta es la principal actividad de la que se sirve para dinamizar el resto de su complejo sistema económico. ¿Pero quién puede librarse de las cadenas que atan a la humanidad a una economía de mercado? Seguramente esta Alternativa Económica funciona como el mercado perfecto, no existe, pero siempre hay aproximaciones y tendencias que hablan de una perfección en el mercado.

Palabras clave: ECOSOL, Ecología Política, Economía Ecológica, Sociedad Cooperativa.

INTRODUCCIÓN

Surgen dinámicas económicas que retan los preceptos de la economía de mercado. Emprendimientos sociales que han reconstruido su proyecto de vida a partir de una alternativa, que si bien no se opone totalmente al sistema económico neoliberal si tiene otros objetivos más allá de la rentabilidad y eficiencia; priorizando otro tipo de recursos más allá de los convencionales –tierra, trabajo y capital-. Lo cual hace evidente, que las alternativas económicas, no deben quedarse en aquellas opciones que operan bajo la misma lógica de producción –producir para vender- que difunde la economía tradicional y que únicamente incorpora reglas sociales y ambientales. A diferencia de lo anterior, la construcción de verdaderas estrategias alternativas se debe operar con la utilización de “redes de cooperación solidaria, así como llamados a la autosuficiencia, la autogestión y la autonomía” (Collin, 2012:17). En consecuencia, emergen alternativas en diferentes partes del mundo que son abordadas incluso desde la gobernabilidad de algunas naciones. La dinámica teórica en la que germinan estas alternativas converge en dos grandes rubros: el primero, hace referencia a una seria crítica al desarrollo económico planteado por la economía tradicional; y segundo, reestructura y diseña una estrategia de acuerdo a las características del territorio considerando el saber tradicional, el ecosistema y el conocimiento científico.

En este encuadre, el artículo aborda la estrategia económica de la Sociedad Cooperativa Agropecuaria Regional Tosepan Titataniske (SCARTT) a partir de corrientes alternativas que enfatizan la colectividad y las que acentúan la ecología.

SCARTT

SCARTT, es una sociedad cooperativa con más de 40 años de permanencia que se ubica en la Región Nororiental de Puebla. Esta organización se conforma por socios –en su mayoría de habla náhuatl y totonaco- que habitan en distintas localidades ubicadas en 15 municipios de esta Región: Zoquiapan, Tuzamapan de Galeana, Jonotla, Tlatlauquitepec, Huhuetla, Ixtepec, Caxhuacan, Zapotitlan de Méndez,

Hueytlalpan, Tepanengo de Rodríguez, Ayotoxco de Guerrero, Tenampulco, Hueytamalco, San Jose Acateno. La figura 1 muestra la zona de estudio desde el entorno nacional, estatal y regional.



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Tesis Doctoral: Dinámica social y participación transgeneracional en el desarrollo rural. Caso: Cooperativa Tosepan Titataniske, Región Cuetzalan, Sierra Nororiental de Puebla, México (Mora, 2012).

De lo Colectivo a lo ecológico

Las estrategias alternativas colectivas reúnen a grupos de personas que comparten intereses comunes y que se ocupan de un bienestar social. A diferencia del individualismo promovido por la teoría económica tradicional a través de la competencia y la competitividad, el que rige sin lugar a duda la época actual; tal como Bauman describe el presente: “vivimos en tiempos despiadados, en tiempos de rivalidad y competencia sin tregua” (2009: VII). Tiempos en los que el individualismo prevalece sobre el bien común. Es justo aquí, donde cabría mencionar una palabra que también opuesta al individualismo “la comunidad”, como la búsqueda de cualquier sociedad. Vivir en comunidad es vivir en “un lugar acogedor y confortable” (Bauman, 2009: V), aunque podría sonar a utopía, como quien describe el Paraíso perdido de Adán y Eva. Consideración que reforzaría el punto de vista de los críticos ortodoxos hacia estas alternativas que llaman corrientes románticas. Sin embargo, esto no detiene a quienes creen que “otro mundo es posible” y que forjan una lucha pacífica por la desconstrucción del pensamiento tradicional. Un ejemplo de una postura

que actúa en esta dirección es la propuesta que describe Max Neef, la cual se concentra y sustenta en la satisfacción de las necesidades humanas fundamentadas en la generación de niveles de autodependencia; así como en la articulación orgánica de los seres humanos con la naturaleza y la tecnología de los procesos globales, con los compartimentos locales que van de lo personal a lo social, de la planificación a la autonomía y de la sociedad civil con el Estado. Quien además argumenta, que dicha planificación debe ser soportada por una base sólida, constituida a partir del protagonismo real de las personas, privilegiando tanto la diversidad como la autonomía de los espacios. En sintonía con lo anterior, de manera más puntualizada se consideran dos de las diversas alternativas colectivas que refuerzan la existencia de sociedades diferentes –SCARTT en este caso-, la economía social y solidaria (ECOSOL) y el Comercio Justo.

Para pasar el puente que conecta la visión colectiva hacia la ecológica, es necesario retomar pensamientos que enfatizan la existencia de otras formas de concebir el mundo, como lo expresa Boaventura de Sosa al señalar que se deben considerar “que las experiencias sociales en todo el mundo son mucho más amplias y variadas por la tradición científica y filosófica” (Ugarteche y Martínez, 2013: 25). La humanidad no puede seguir destruyendo su territorio, utilizando el slogan de la modernidad y el progreso, pues la naturaleza ya está cobrando precios elevados. Pero no basta abordar los problemas ambientales con simples programas de separación de basura, reforestación, reutilización, pues esto solo aborda tímidamente el problema, es necesario reconvertir las formas de producción y las formas de vida para poder contrarrestar en mayor medida el deterioro al medio ambiente, pues cada individuo medido a través de su huella ecológica contribuye a su destrucción. Cobijadas por estos pensamientos el escrito presenta tres corrientes teóricas: La ecología política, economía ecológica y la agroecología.

MATERIALES Y METODOS

El estudio utiliza la metodología cualitativa en la búsqueda de la respuesta a la pregunta principal ¿Cuáles son las estrategias alternativas que utilizan recursos no convencionales que pueden reconstruir el proyecto de vida de las comunidades rurales de forma sustentable y solidaria? De tal forma que, la Teoría Fundamentada (TF) a través de los medios de recolección de información cualitativos específicamente: entrevista, observación, notas de campo, grabaciones y fotografía permite realizar un proceso de construcción de teoría basado en la percepción de los actores la cual da fundamento a la Estrategia Alternativa de Bienestar la organización SCARTT. El trabajo no omite el proceso histórico que lleva a las familias de los campesinos hacia una participación dinámica y constante en la búsqueda de mejorar sus condiciones de vida, trayendo consigo la mejora para la comunidad y para la región. Esta sección, por lo tanto, se centra en describir la recolección de información y el uso de la TF.

El muestreo teórico en la recolección de información

El muestreo teórico, para la recolección de información, inicia con una entrevista realizada al asesor fundador de la SCARTT, quien aún es parte de la sociedad. El entrevistado se centra en explicar tres momentos de la organización, pasado, presente y futuro; descritos a partir de ellos las condiciones, estrategias, éxitos y dificultades vividas por la organización. Dicha entrevista dio la pauta para la programación de las entrevistas posteriores con socios de la cooperativa, siendo el coordinador de los promotores de producción quien programó semanalmente las visitas, cuidando que éstas coincidieran con el itinerario normal de los supervisores. Se consideraron diversos productores abarcando con ello procesos de cultivo diferentes –orgánicos y convencionales-. Ciertamente los socios representan la parte principal de las entrevistas, sin embargo, las charlas con los supervisores, promotores y administrativos de SCARTT reflejan los procesos de gestión y diversifican las posturas para definir la alternativa llamada SCARTT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alternativa económica de SCARTT

La Alternativa económica de SCARTT, es en realidad un conjunto de estrategias que han ido combatiendo, desde el principio, cada una de las políticas económicas del país conforme fueron llegando; como el bateador principal de un equipo de béisbol, aunque la bola viniera baja tenía que golpearla. Cada respuesta asertiva de la organización, le ha valido su permanencia.

Más no solo se trata de una jugada de resguardo, pues conforme la cooperativa evoluciona, de acuerdo con la analogía del béisbol, esta empieza a adelantarse en el juego, persuadiendo al equipo contrario. Es decir conociéndolo y buscando proyectos antes de que actuar simplemente de manera defensiva. De esta forma SCARTT se vuelve hábil en la búsqueda de proyectos, en una constante apuesta a la diversidad. Sus estrategias van desde: recibir ayuda de organismos internacionales; buscar mercados especiales que

atiendan a sus características de productores; adoptar el concepto de sustentabilidad para los programas ya emprendidos y para los nuevos; aplicar la diversificación de mercado y la inclusión de productos con valor agregado no solo del café sino también de la miel y la pimienta.

La alternativa económica de SCARTT (Ver Fig. 2) implica una transición de una economía dependiente hacia una economía autónoma y autosuficiente, proceso en el que convergen cinco economías alternativas: Economía social y solidaria, el comercio justo, la ecológica política, la economía ecológica y la agroecología.

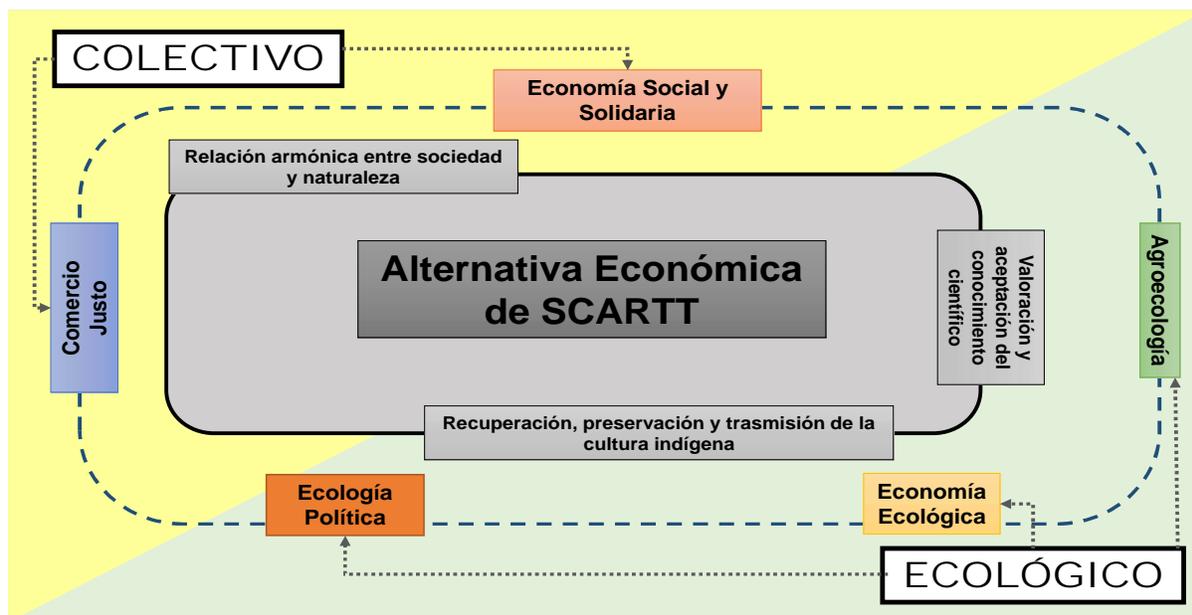


Figura 2. Alternativa económica con enfoque colectivo y ecológico

A. La ECOSOL

La ECOSOL se vislumbra desde que se entrelaza con los valores y principios con los que opera la organización. El propio concepto de solidaridad en SCARTT involucra los tres rubros de solidaridad que considera la ECOSOL: La solidaridad con los seres humanos, con la naturaleza y con la cultura. En la economía solidaria de la organización se prioriza en primer término los seres humanos, después la naturaleza y la cultura, no implicando que este orden les reste importancia a los dos últimos rubros. Análogamente, en la práctica económica de SCARTT es posible observar distintos niveles de solidaridad la solidaria: la solidaridad con los propios miembros, la solidaridad con el medio ambiente, con el resto de la comunidad, la solidaridad con la región y la solidaridad con otros grupos sociales creando incluso redes de apoyo mutuo. Con todo y lo anterior, Tosepan Titaniske, si bien busca introducir una lógica de producción diferente, como la que promueve la economía solidaria –no producir para el mercado- no es posible aislarse de la dinámica de mercantil y en la que la organización está inmersa, al tener como principal actividad la producción de café.

B. Comercio Justo

El comercio justo, es un movimiento propone introducir la ética en la cadena de producción y comercialización de productos provenientes de los países subdesarrollados y pobres; y cuyo objetivo es brindar mayores beneficios económicos y sociales a los productores del sur global. Pero, la forma como se desenvuelve actualmente este mercado diferenciado recibe muchas críticas, entre ellas que no cumple la meta de ser una alternativa incluyente y viable para los productores del sur, ya que toma muchas prácticas negativas del comercio convencional. A pesar de estas críticas que aseguran que no propone algo diferente, es un nicho de mercado al que tienen acceso organizaciones como Tosepan Titaniske y que les ha traído sustanciosos beneficios reflejados en el bienestar de los productores. De acuerdo con la entrevista al responsable de Maseual Xicahuiles (cooperativa de comercialización). La organización tuvo la iniciativa de ingresar al comercio justo desde 1993, sin embargo para lograrlo primero generó un cambio en la producción de su principal producto *el café*. Iniciando con un proceso de reconversión de la producción convencional (uso de fertilizantes químicos e insecticidas) hacia la producción orgánica. Sin embargo fue

hasta el año 2000 cuando de manera formal se integró al programa de producción orgánica, certificándose en 2003 y 2004, logrando tener las primeras ventas en este mercado diferenciado en el 2005 y 2006. El mercado de Japón fue quien le dio la oportunidad al café Tosepan Titataniske, ya que el mercado Europeo estaba saturado. En la actualidad la cooperativa está vendiendo en Alemania y Holanda. Es importante mencionar que la producción de café se realiza a través de un policultivo que se denomina *jardines de café*, dentro del cual la pimienta es el principal árbol de sombra y por lo tanto también es un producto orgánico, sin embargo por ser un bien de uso industrial no ha sido aceptado para tener una comercialización a través del comercio justo. Como parte de estos *jardines de café*, además se introdujo la producción de miel de abejas meliponas, un producto con gran demanda y con posibilidades de ingresar a un mercado solidario, no obstante la producción aún es muy baja para poder tener acceso a un mercado diferenciado. Por lo tanto, la alternativa de Comercio Justo en SCARTT se separa en tres bienes: Café orgánico, pimienta orgánica y miel de abeja melipona, aunque en estos momentos únicamente se está comercializando el café orgánico a través de este mercado. En el marco del comercio justo, una incursión importante para SCARTT es su participación en la conformación de la organización de comercio justo México. En cuanto al proceso de certificación de SCARTT, este se realiza a través de Certificadora Mexicana (CERTIMEX), organización de servicio de certificación para productos y procesos orgánicos de alcance internacional.

C. La ecología política

Corriente teórica reconocida por ser un marco conceptual “amplio y heterogéneo que ha recibido influencias de diferentes disciplinas y orientaciones científicas, y que destaca la diversidad de actores e instituciones que desde diferentes escalas están involucrados en la gestión ambiental y el manejo de recursos naturales” (Durand, Figueroa, & Guzmán, 2015: xx). Por ende sustenta la economía de SCARTT, en su proyecto de mejorar las condiciones de vida de la comunidad, el que ha buscado la integración de aspectos ambientales, sociales, culturales, económicos y políticos pensando en la relevancia de una nueva forma de involucrar esos aspectos en la búsqueda de una armoniosa relación entre la sociedad y la naturaleza, tal como la política ecológica lo plantea. La experiencia de esta organización, además, busca incluir los valores culturales de los diferentes actores: comunidad, instituciones y sociedad en cuestión. En este sentido, la complejidad socioambiental que opera en SCARTT tiene como parte central la promoción de una relación sociedad-naturaleza, que parte de una mirada cualitativa y benefactora, la cual involucra por lo tanto una correspondencia entre ellos distinta del enfoque capitalista que la cosifica y la convierte en materia prima para ser transformada. Esta relación ha sido fortalecido por medio de diversos factores: el cambio de la producción convencional a la orgánica –con la reconstrucción de los jardines de café–; la promoción de la soberanía alimentaria al incentivar el cultivo de hortalizas; y el apoyo en cada una de las comunidades a la defensa del territorio ante las amenazas al ecosistema y a la economía local.

D. Economía Ecológica

La Economía Ecológica (EE), se reconoce que la EE emerge como una propuesta analítica orientada a incorporar la dimensión de los conflictos ecológicos distributivos y otros lenguajes de valoración de la naturaleza. Además, [...] acepta como punto de partida que el sistema económico es un sistema abierto que se interrelaciona con los ecosistemas y con los sistemas sociales, influyéndose mutuamente (Santiago, 2003: 69). Pero en esta insurgencia coexisten —al interior de la comunidad de la EE— diferentes orientaciones y prioridades analíticas para explicar y analizar el tema de la sustentabilidad; lo que dificulta su caracterización como paradigma en los términos señalados por Kuhn (1971). SCARTT, en este cometido, reconoce la relación simbiótica de la economía con la naturaleza, pues finalmente cada elemento de la naturaleza conforma la casa que habita el ser humano. En conjunto, los programas y proyectos que emprenden conservan en forma transversal el concepto de sustentabilidad que precede al acto de armonía en las actividades que emprende. Desde el Proyecto de Educación ambiental hasta el involucramiento de emprendimientos ecológicos que minimizan el gasto de energía y la contaminación ambiental.

E. La Agroecología

La agroecología desde un enfoque científico, está destinada a apoyar una transición que va de desde los actuales modelos de desarrollo y agricultura convencionales hacia estilos de desarrollo rural y agricultura más sustentable (Guzmán & Morales, 2012). Hoy por hoy, la agroecología se está aplicando cada vez más en diversas iniciativas científicas, políticas y prácticas. Contribuyendo con ello a la dificultad para reconocer líneas claras entre sus perspectivas.

La producción agrícola es vista no solo como una actividad que se concentra en la producción de alimentos (café o pimienta), considera además de los factores económicos requeridos para su cultivo, el desarrollo de los procesos sociales y de los ecosistemas involucrados en su producción. En este sentido, se acepta que el proceso de producción es parte de unas interacciones humanas con la naturaleza. Considerándose

esta relación como un sistema complejo (Leon, 2009). La alternativa de recuperación y fortalecimiento de la relación sociedad-naturaleza en Tosepan Titataniske es el resultado de un proyecto general que se fue construyendo en la organización, un proyecto de desarrollo regional y comunitario sustentable, el cual tiene como principales objetivos, “mejorar la calidad de vida de las familias que [integran la cooperativa] a partir de mejorar sus ingresos, la diversificación de sus prácticas productivas y mercados, la agricultura orgánica, el impulso a una cultura democrática y un proyecto de educación ambiental” (Moguel, 2009: 190).

Más específicamente el proceso de recuperación y fortalecimiento se da a través de un Proyecto de Educación Ambiental en la Zona Nororiental de Puebla que tiene como límites el área de influencia de la Cooperativa Tosepan Titataniske. Esta región es una de las zonas más húmedas de México, montañosa y cubierta por reducidos relictos naturales de bosques selvas tropicales húmedas y dominadas hoy por huertos, milpas y cafetales bajo sombra. Es importante mencionar, que esta propuesta fue participativa, interdisciplinaria y holística, con el principal fin de rescatar la identidad histórica cultural y de formas apropiadas de utilización de los recursos naturaleza que aun preserva la cultura náhuat como los son los *kuojtakiloyan* o jardines de café. Tal como lo sugiere Altieri (2012), al hablar de la Agroecología y mencionar se debe establecer un modelo ecológico que no questione el conocimiento tradicional sino que lo incorpore, como una ciencia posnormal (Fontowicz & Ravetz, 1993), lo cual se logra al integrar el conocimiento del campesino mediante un dialogo de saberes.

CONCLUSIONES

Sin duda, aunque la mayoría de las personas en el mundo se mantienen adormecidas por la dinámica del consumismo y el despilfarro, existen espacios que despiertan y buscan formas diferente de regir su vida social y económica, si a esto se le suma el conocimiento científico y esfuerzo de parte de “académicos y no académicos por reconocer la existencia de otras lógicas económicas” (Collin, 2012); el resultado será una alternativa económica que no solo genere bienestar a las sociedades presentes sino que piensa en el bienestar de las venideras. Más allá del bien o el mal, la construcción de estrategias económicas solidarias que integren su propio sistema ético de decisiones en la satisfacción de las necesidades humanas contrarrestan la “pulsión de muerte” (Tamayo,s.f.) en la que mantiene a la humanidad el sistema económico imperante.

Alternativas económicas como la de SCARTT dan una veta de estudio para comprender que existen otras economías que van más allá de una suavización a los preceptos capitalistas y de libre mercado. Emprendimientos económicos como la de Tosepan Titataniske muestran que sus socios pueden vivir mejor, no solo por tener mayores ingresos gracias a la estabilidad del precio del café, es una cuestión de bienestar –menos injusticias, disminución en los índices alcoholismo, empoderamiento de la mujer, un camino abierto a la equidad de género, mayor autoestima, recuperación y preservación de usos y costumbres, mejores caminos, respeto a su cosmovisión, reconstrucción de su relación con la naturaleza. Finalmente es posible afirmar que la alternativa de SCARTT es en realidad un conjunto de estrategias que se han respondido a las necesidades de la organización, a la dinámica económica del entorno y que siempre consideran los preceptos transversales –colectivos y ecológicos- incorporándolos en cada programa o proyecto emprendido.

LITERATURA CITADA

- Alier, J. M. (29 de 05 de 2011). Economista Ecológico. (Aristegi, Entrevistador)
- Altieri, M. (03 de 05 de 2012). Charla Magistral. 1 Foro Debate Mesoamericano Agro Biodiversidad y Semillas Criollas . Nicaragua.
- Bauman, Z. (2009). Comunidad. Madrid: Siglo XXI.
- Bernkopfova, M. (2011). Tesis Doctoral: Posibilidades para el mantenimiento de la identidad cultural de los Nahuas de la Sierra Nororiental de Puebla: El caso de la Unión de Cooperativas Tosepan Titataniske. México.
- Collin, L. (2012). Economía Solidaria. Tlaxcala: El Colegio de Tlaxcala.
- Collin, L. (Febrero de 2015). Economía Solidaria: local y diversa. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=WxTSZtZapQs>
- Collin, L. (2012). Economía Solidaria ¿Capitalismo moralizado o movimiento contracultura? México: El Colegio de Tlaxcala.
- Coraggio, J. L. (2011). Economía Social y Solidaria. Quito: ABYA-YALA.
- Durand, L., Figueroa, F., & Guzmán, M. (2015). La naturaleza en contexto. Hacia una ecología política mexicana. Mexico D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guzmán, G., & Morales, J. (2012). Agroecología y Agricultura Ecológica. Aportes y Sinergias para incrementar la sustentabilidad Agraria. Agroecología (6), 55-62.
- Leon, T. E. (2009). Agroecología, desafíos de una ciencia ambiental. Agroecología, 7-17.
- Mendez, E., Bacon, C., & Cohen, R. (2013). La agroecología con un enfoque transdisciplinar, participativo y orientado a la acción. Agroecología, 9-18.
- Mora, S. (2012). Dinámica social y participación transgeneracional en el desarrollo rural caso: Cooperativa Tosepan Titataniske, región Cuetzalan, Sierra Nororiental de Puebla, México. Puebla, Puebla, México.
- Neef, M. (1994). Desarrollo a Escala Humana. Barcelona: Icaria Editorial,S.A.

Tamayo, L. (s.f.). La locura ecocida.

Ugarteche, O., & Martínez, E. (2013). La gran mutación. El capitalismo real del siglo XXI. México: Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM

TURISMO ALTERNATIVO PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO LOCAL DEL POBLADO SAN PEDRO, BALANCÁN, TABASCO.
ALTERNATIVE TOURISM FOR THE LOCAL ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE POPULATION SAN PEDRO, BALANCÁN, TABASCO.

Ruiz Bautista U, Aguilar García P, Zenteno Pérez S

Universidad Politécnica Mesoamericana (UPM). Carretera Tenosique – El Ceibo km 43.5, Col. Agrícola Sueños de Oro, C.P. 86901. Tenosique, Tabasco, México.
Autor para correspondencia: rubu81@hotmail.com

RESUMEN

El turismo alternativo ha tenido en los últimos tiempos un importante desarrollo, ya que cada día más personas viajan de diferentes rincones del planeta en busca de pasar un momento agradable, realizando actividades que estén enfocadas al goce y disfrute de la naturaleza; por ello este trabajo tiene como objetivo establecer rutas de turismo alternativo, para desarrollar la economía del poblado San Pedro y que al mismo tiempo se aprovechen, los recursos naturales y culturales, diseñando actividades turísticas que cubran las necesidades del turista contemporáneo y que además fomenten la participación comunitaria, para crear una fuente adicional de ingresos económicos, que eleven la calidad de vida de los pobladores, pero además, con ello se refuerza la identidad de esta comunidad, ya que se están conservando y difundiendo sus recursos culturales y naturales.

Para la realización de este proyecto en el poblado “San Pedro”, se siguió la metodología que la Secretaría de Turismo (2004) iniciando con el inventario de recursos naturales y culturales para posteriormente jerarquizarlos de acuerdo a sus valores, localización de atractivos turísticos potenciales, descripción de actividades que pueden desarrollarse en armonía a los recursos y diseño de rutas claves para el desarrollo del turismo alternativo en sus segmentos de ecoturismo y turismo de aventura.

Palabras claves: *turismo, naturaleza, sustentabilidad, cuenca, cultura.*

INTRODUCCIÓN

En junio de 2012, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), firma convenio con la Universidad Politécnica Mesoamericana (UPM), para desarrollar el Plan de Gestión de la Cuenca Media del Río San Pedro – Missicab. Desde entonces se han llevado a cabo acciones en pro de la conservación del río San Pedro Mártir con los usuarios de las comunidades pertenecientes a la Cuenca Media en coordinación con instituciones gubernamentales, civiles y educativas.

Las actividades que se han realizado desde entonces han sido en relación a áreas de educación ambiental y búsqueda de acciones alternativas para el desarrollo económico de las localidades. Una de las comunidades que más han participado es el poblado Capitán Felipe Castellanos Díaz, mejor conocido como “San Pedro”, quienes se han visto interesados en impulsar el turismo en esta zona ya que es una de los lugares más visitados sobre todo en época de estiaje.

Tomando en consideración que en las dos últimas décadas el turismo alternativo ha tenido un importante desarrollo, ya que cada día más personas viajan de diferentes rincones del planeta buscando pasar un momento agradable realizando actividades que estén enfocadas al goce y disfrute de la naturaleza, lo cual viene a cambiar el panorama del turismo tradicional que solo tomaba en cuenta destinos de sol y playa, permitiendo el diseño de nuevas rutas, circuitos e incluso actividades dentro de esta rama.

Como menciona Jiménez (2005) la sustentabilidad en el turismo formula la aspiración de hacer compatible el desarrollo turístico con la naturaleza, teniendo como eje su preocupación por el futuro del ser humano entendido el género, en este caso, tanto los turistas como la comunidad receptora. De aquí que este esquema sea particularmente relevante y se reconceptualice tanto en la naturaleza como los recursos turísticos y el papel que la población local juega en este modelo, no únicamente como instrumento operativo de los servicios turísticos sino como el fin último del desarrollo.

Por ello este trabajo tiene como objetivo establecer rutas de turismo alternativo para desarrollar la economía del poblado San Pedro y aprovechamiento de los recursos naturales y culturales, a través de actividades turísticas que cubran las necesidades del turista contemporáneo y que además fomente la participación comunitaria que les permita tener una fuente adicional de ingresos económicos para elevar la calidad de vida y que al mismo tiempo conserve preserve y difunda sus recursos culturales y naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este proyecto en el poblado “San Pedro”, se siguió la metodología que la Secretaría de Turismo publica en su Fascículo 2. Como desarrollar proyectos de ecoturismo (2004) a través de la realización de un diagnóstico turístico, para identificar los recursos naturales y culturales que presentan ciertas características potenciales para el desarrollo de actividades relacionadas con el turismo alternativo, ya que se pretende aprovechar dichos recursos de manera sustentable.

Inventario de recursos naturales y culturales con potencial turístico. Para ello, durante un año, se llevaron a cabo seis recorridos por las márgenes del río San Pedro y sus alrededores con el fin de identificar los recursos naturales y culturales potenciales turísticamente, tres desde el poblado río arriba hasta El Capulín y tres río abajo hasta las cascadas de San Miguelito, Ejido Provincia; registrando detalles y aspectos que se consideraron relevantes a observar, así como hechos o acontecimientos que sólo se dan en ciertas épocas del año o por temporadas, complementándose con información que se recopiló mediante relatos de una muestra no probabilística aleatoria del 30% de un grupo de 60 integrantes de la Sociedad Cooperativa de pescadores San Pedro representado por 20 pescadores, quienes mencionaron su concepción de estos recursos, del lugar donde viven y lo que significan en su modo de vida (Figura 1).

Cédula de inventario de Recursos Naturales	
Ecosistema:	Selva media perennifolia
Tipo de atractivo:	Lugar donde se puedan observar aves
Nombre con el que se le identifica:	Santuario de las Garzas
Localización:	Se localiza sobre el afluente del Río San Pedro, comúnmente conocido como río arriba antes del ejido Capulín aproximadamente a una hora del Poblado Capitán Felipe Castellanos Díaz.
Vías de acceso:	Vía acuática por el Río San Pedro.
Características particulares:	Lo interesante de este lugar es que, por encontrarse dentro de represas naturales que hace el río en su descenso, las márgenes son aptas para observaciones de flora y fauna de especies endémicas, así como de figuras caprichosas que la naturaleza brinda.
Extensión:	Aproximadamente 3 hectáreas.
Descripción:	Este mágico lugar se encuentra conformado por islas que albergan a diferentes tipos de aves, como garza blanca, garza gris, garza espátula que no es común encontrarla en esta zona, cigüeña americana, pijije, entre otras. Además de estas aves se puede observar orquídeas de diferentes especies que hacen este lugar aún más interesante. Así mismo se puede observar zapote de agua, pucté, barí, diversos tipos de palmas, como el tasiste, entre otras.
Altura sobre el nivel del mar:	Entre 40 y 70 m.s.n.m.
Temporadas para visitarse:	Todo el año, aunque la mejor época para hacerlo es de febrero a mayo, cuando es temporada de sequía.
Que actividades turísticas alternativas podrían desarrollarse en este lugar:	Dentro del lugar se puede practicar observación de flora y fauna, nado libre, senderismo.
Jerarquización:	Atractivo principal de interés nacional.



Figura 1. Cédula de inventario de recursos turísticos naturales.

Jerarquización de los recursos inventariados. Una vez realizado el inventario se determinó el potencial de los recursos de acuerdo a sus valores naturales, culturales y sociales, tomando en cuenta aspectos como el estado de conservación de los ecosistemas, recursos de gran importancia ecológica que bajo un concepto de rescate podrían ser aprovechados mediante la actividad turística y contribuir a su recuperación, la existencia de especies endémicas o en peligro de extinción, la existencia de plantas o

animales de importancia relevante para la cultura del pueblo, particularidades culturales, históricas, costumbres, tradiciones, mitos y/o creencias que los diferencien.

De esta manera, se establecieron 6 atractivos principales o de alta jerarquía; así como 8 atractivos complementarios cuya belleza o características para su aprovechamiento son limitadas, o bien, ayudarán a la protección de aquellos principales que cuentan con ciertas restricciones, ya sea por encontrarse en áreas naturales protegidas, en condiciones de fragilidad o en desventaja si recibieran un volumen considerable de personas y/o para diversificar la oferta. Así mismo se especificó cuáles son de interés local, regional, nacional o internacional.

Localización de atractivos turísticos potenciales. Posteriormente, se generó información a partir de la geolocalización de los recursos naturales y culturales inventariados en base a la utilización de Cartografía representativa. Ya que la principal razón para utilizar un Sistema de Información Geográfica (SIG) es la gestión de información espacial, esta puede ser utilizada por distintas ramas de las ciencias, cualquier sistema capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones descritas.

El sistema permite separar la información en diferentes *capas* (Layers) temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma y que en el actual trabajo pretende la correcta representación de los atractivos culturales y naturales.

Para la elaboración de la cartografía representativa se utilizó el software Arcmap 10.0 y las bases de datos abierta al público de INEGI del año 2016, los mapas fueron elaborados utilizando la metodología del software Arcmap 10.0.

Descripción de actividades que pueden desarrollarse de acuerdo los recursos. Se prescribieron las actividades que se pueden adaptar a las condiciones del lugar, procurando que no comprometan sus características de los recursos naturales y culturales, su conservación y desde luego su existencia. Por lo tanto, se definieron actividades de ecoturismo y turismo de aventura para desarrollarse en la localidad de acuerdo a sus recursos y equipos con los que cuentan los interesados en tener el turismo como actividad alternativa económica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es claro que el objetivo del verdadero ecoturismo consiste en capturar una porción del enorme mercado global del turismo; para ello, atrae a los visitantes hacia las áreas naturales y utiliza los ingresos como fondos para la conservación local y como incentivo del desarrollo económico. Algunos investigadores han descrito al ecoturismo como un pragmático nuevo concepto que mezcla las modernas teorías de conservación con las viejas formas de hacer dinero... para luchar por una misma causa: la preservación de la vida silvestre como un beneficio. (Sandoval, 2006)

El turismo orientado hacia la naturaleza se fundamenta principalmente en el comportamiento y la motivación del posible cliente; un viaje de placer inspirado primordialmente por las características naturales de un área determinada. El viaje tiene como objetivo específico experimentar este ambiente natural, estudiándolo, admirándolo o disfrutándolo.

Esta localidad tiene importantes recursos como: el río San Pedro Mártir y sitios arqueológicos. Por lo que después de analizar las cédulas de los principales puntos focales y los complementarios que integran el inventario de atractivos turísticos se diseñan rutas como producto turístico para implementar a partir del muelle de San Pedro.

En la ruta 1: San Pedro – Capulín, se pueden apreciar vestigios de la cultura maya ya que se encuentra la zona arqueológica llamada el “Tiradero” aunque no descubierta, drenes con flora característica de aguas con poca corriente como el lirio acuático (*Nymphaea alba*) y otras plantas acuáticas que cubren esa superficie convirtiéndolos en hogar de peces y anfibios de diferentes especies. En época de estiaje destacan los playones y balnearios los cuales son visitados por los mismos pobladores y habitantes de las comunidades cercanas. Durante el recorrido se observan aves y plantas típicas de la región como la palma tasiste (*Acoelorrhaphe wrightii*), entre otras, hasta llegar al “Santuario de las garzas”, zona donde los árboles se han convertido en hábitat de mínimo siete especies de garzas entre las cuales yacen la garza conocida como Gaytán en peligro de extinción, *bubulcus ibis* y Espátula Rosada (*Platalea ajaja*); ya que es en ese lugar donde hacen sus nidos y se reproducen. Cerca se encuentra el balneario el “Capulín” donde

por sus corrientes y agua clara está apto para nadar debido a que las rocas dentro del río hacen albercas naturales donde se puede bañar y pasar un rato agradable con la familia.

En la ruta 2: San Pedro – Cascadas de San Miguelito, considerada recorriendo el río abajo, se observaron Islas naturales comunicadas por caminos de piedra, probablemente hechos por ancestros mayas; dichos caminos solo pueden ser vistos cuando el caudal del río es mínimo. Así mismo, se encuentran montículos mayas ubicados en las islas naturales, las cuales por su naturaleza es hogar de aves propias del lugar y al atardecer puede observarse la llegada de las mismas creando un hermoso espectáculo natural. Cabe mencionar que también se pueden apreciar en temporada de sequía, esculturas Olmecas subacuáticas, pero según especialistas fueron realizadas por algún escultor local.

En este recorrido, se localizan en algunas partes arbustos de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) lo que es interesante ya que es una especie característica de los litorales y esteros con influencia de agua salada, así mismo se observaron diversas orquídeas. De las facilidades que se encontraron que proporcionan tanto a los habitantes como a los visitantes, se encuentran las fondas en el mercado y pequeños restaurantes o venta de antojitos regionales en las principales calles de la localidad. También hay tiendas de abarrotes, misceláneas, panaderías, carnicerías, alimentos balanceados, implementos agropecuarios, veterinarias, farmacias y papelerías. Cuentan con servicio médico particular y una Casa de salud, pero solo algunos días de la semana. Un punto muy importante a considerar para el desarrollo del turismo en una localidad, es el apoyo de la comunidad, aunque depende del nivel de sensibilización y del interés de la población. Para ello debe haber organización y esfuerzo comunitario, ya sea en un grupo o todos los actores locales. Lo que tienen claro los integrantes de la sociedad cooperativa de pescadores quienes están interesados en implementar los recorridos de las rutas ya mencionadas.

El río San Pedro es parte de la Ruta Ríos elaborada por la Secretaría de Turismo del estado de Tabasco, la cual comprende los municipios de Emiliano Zapata, Balancán y Tenosique. Este río se considera uno de los ríos más limpio de México, y para seguir conservando esta condición, se han llevado a cabo proyectos de investigación, de conservación y preservación de sus aguas, flora y fauna, por parte de instituciones de educación superior en la región con apoyo del gobierno estatal y federal. Una oportunidad que tiene el desarrollo de las rutas diseñadas, es que a unos kilómetros se encuentra el Centro Turístico Cascadas de Reforma, una Reserva particular natural de flora y fauna, así como la Zona Arqueológica Maya “El Moral Reforma” abierta al público.

Atendiendo a los Recursos Naturales y culturales del poblado, se puede realizar turismo alternativo definido por la Secretaría de Turismo (2004) como los viajes que tienen como fin realizar actividades recreativas en contacto directo con la naturaleza y las expresiones culturales que le envuelven con una actitud y compromiso de conocer, respetar, disfrutar y participar en la conservación de los recursos naturales y culturales; por lo que se determinaron actividades relacionadas con los segmentos de ecoturismo y turismo de aventura, tales como:

Observación de Fauna: Considerando que hay animales inéditos de la región, el turista quien puede ser principiante o experto, presenciara la vida animal en su hábitat natural.

Observación de Flora: Los visitantes contemplarán e interpretarán el mundo vegetal, en cualquiera de sus manifestaciones. Desde plantas de uso doméstico como de ornato.

Recorrido en lanchas y Senderismo Interpretativo: Esta actividad podrá realizarse al dar un recorrido en lancha por el río y bajando en puntos focales para caminar por senderos trazados donde guías locales le relatarán o describirán usos de las plantas, así como historia del lugar o leyendas.

Buceo Libre: El turista se sumergirá en el río a fin de contemplar y conocer las riquezas naturales de la flora y la fauna que habitan este particular ambiente, además de observar las piedras labradas en forma de cabezas olmecas.

Pesca Recreativa: Esta actividad será practicada por turistas y visitantes que desean experimentar la sensación de extraer un pez del río y posteriormente liberarlo, para seguir conservando la especie.

Eco arqueología: Se realizará recorridos a la zona arqueológica “El tiradero” así como a las islas que cuentan con vestigios arqueológicos mayas, para conocer las relaciones entre el hombre y su medio ambiente en épocas antiguas, partiendo de los restos materiales que ha dejado; así como su importancia actual como forma de identidad cultural y conservación ambiental.

Kayak: Los turistas podrán remar por las aguas del río San Pedro, contemplando su naturaleza y a la vez practicando un deporte extremo.

estancia corta o larga en el poblado. Se recomienda entonces que se realicen acciones que integren un proyecto de turismo alternativo contando con la participación coordinada de funcionarios y pobladores, con un programa de capacitación adecuado en los servicios de alimentación, hospedaje y recorridos guiados para generar empleos a los grupos de trabajo de las comunidades. De esta manera, se logrará la capacidad competitiva y de rentabilidad del producto y con ello fomentar el desarrollo regional, entre otros beneficios.

LITERATURA CITADA

- Alfonso de J. J. M. 2005. Desarrollo turístico y sustentabilidad: El caso de México. Porrúa. México. 192 p.
Ewaldo R. S. 2006. Ecoturismo: Operación técnica y gestión ambiental. Trillas. México. 237 p.
Juan I. P. F. 2010. El Turismo rural. SÍNTESIS, S.A. España, 331 p
Lilia R. G. 2004. Fascículo 1 Turismo alternativo una nueva forma de hacer turismo. México. 54 p.
Lilia R. G. 2004. Fascículo 2 Como desarrollar un proyecto de ecoturismo México. 80 p.
Vignati S, F. A. 2009. Gestión de destinos turísticos: como atraer personas a polos, ciudades y países. Trillas. México. 296 p.

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Jorge Martínez Herrera	Dra. Lilia Fraire Sierra
Ph.D. Julio Cámara Córdova	Dra. Rosa Margarita Hernández Vélez
Dr. Roberto Morales Cruz	Dr. Saúl Sánchez Soto
Dr. Ricardo Amado Moheno Barrueta	Dra. Victoria Aquino Bravata
M.C. Miguel Ángel Ramírez Guillermo	Ph.D. Roberto Antonio Cantú Garza
Dr. César Márquez Quiroz	Dr. Metodio Nicolás Vite García
Dr. José Rodolfo Velázquez Martínez	Dr. Ricardo Alfonso García Herrera

ÁRBITROS

Dra. Angélica Alejandra Ochoa Flores	Dra. Consuelo del Carmen Bautista Muñoz
Dra. Eustolia García López	Dra. Lilia Fraire Sierra
Dra. Luz del Carmen Lagunes Espinoza	Dra. María del Carmen Rivera Cruz
Dra. Martha Alicia Perera García	Dra. Nadia Florencia Ojeda Robertos
Dra. Nydia del Rivero Bautista	Dra. Xariss M. Sánchez Chino
Dr. Apolonio Valdez Balero	Dr. David Jesús Palma López
Dr. Edmundo Gómez Méndez	Dr. Eduardo Daniel Bolaños Aguilar
Dr. Efrain de la Cruz Lázaro	Dr. Gilberto Villanueva López
Dr. Joel Zavala Cruz	Dr. Jorge Oliva Hernández
Dr. Jorge Quiroz Valiente	Dr. José Armando León Najera
Dr. José Edith Poot Matu	Dr. José Jesús Obrador Olan
Dr. Juan de Dios Mendoza Palacios	Dr. Juan Manuel Zaldívar Cruz
Ph.D. Julio Cámara Córdova	Dr. Mepivoseh Castelán Estrada
Dr. Ricardo Amado Moheno Barrueta	Ph.D. Roberto Antonio Cantú Garza
Dr. Roberto Reynoso Santos	Dr. Rodimiro Ramos Reyes
Dr. Rodolfo Osorio Osorio	Dr. Rufo Sánchez Hernández
Dr. Rufo Sánchez Hernández	Dr. Rutilo López López
Dr. Saúl Sánchez Soto	Dr. Sergio Octavio Valle Mijangos
MC Agrícola Arrieta Rivera	MC Ana Guadalupe Sánchez Luna
M.Sc. Graciela Beauregard Solís	MC Norma del Carmen Hernández Rivera
MC Rosa María Salvador Esparza	MC Santa I. Corzo Romero
MC Silvia del Carmen Ruíz Acosta	MTSSPT Victoria Aquino Bravata
MC Carlos Mario Carrera Belueta	MC Dante Sumano López
MC Eduardo Lleverino González	MC Ernesto Castillo Domínguez
MC Felipe Mirafuentes Hernández	MC Gustavo Malagón Marin
MC Héctor Sandoval Villa	MC Ismael Valencia Hernández
MC José Cisneros Domínguez	MC José Miguel Hernández Cruz
MC José Miguel Hernández Cruz	MC Juan de la Cruz May
MC Lorenzo Granados Zurita	MC Manuel Barrón Arredondo
MC Mario Rodríguez Cuevas	MC Miguel Ángel Ramírez Guillermo
MC Pablo Ruiz Beltrán	MC Pedro Salvador Morales
MC Ramiro Olivé López	MC Regino Gómez Alvarez
MC Serapio López Jiménez	IMRN Nancy G. González May
Ing. Miriam Gallegos González	MVZ Isabelino Pérez Jiménez

Ing. Sabel Barrón Freyre

SEMBLANZA DE LOS EDITORES



Ph.D. Jorge Martínez Herrera.

Licenciado en Química Industrial (Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana), Maestro y Doctor en Ciencias de los Alimentos (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional), Estancia Posdoctoral en el Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana. Actualmente es Director de Coordinación y Vinculación del estado de Tabasco, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, adscrito al Campo Experimental Huimanguillo. Ha desempeñado labores de Administración e Investigación en el Programa de Biocombustibles, como *Jatropha curcas* o piñón mexicano, en la línea Biodiesel, Alimentos, Aprovechamiento Agroindustrial, Proteínas, Factores No Nutricionales. Cuenta con más de 25 trabajos internacionales, ha impartido conferencias magistrales dentro y fuera del país y ha realizado estancias de investigación en el Departamento de Nutrición Animal y Acuicultura de la Universidad de Hohenheim (Stuttgart, Alemania).



MC Miguel Ángel Ramírez Guillermo.

Ingeniero Agrónomo (Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca) y Maestro en Ciencias (Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Tabasco). Actualmente es investigador en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en el área de Sanidad Forestal y Agrícola y adscrito al Campo Experimental Huimanguillo. En el Programa Cacao trabaja en la línea de fitopatología y mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares, para la búsqueda y selección de germoplasmas nativos de cacao en México. Ha recibido cursos internacionales en el Instituto de Cultivos Tropicales de Perú, en el CATIE de Costa Rica y en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.



Ph.D. Julio Cámara-Córdova.

Ingeniero Agrónomo, especialista en Agricultura Tropical (1985; Colegio Superior de Agricultura Tropical, H. Cárdenas, Tabasco); Ph.D. en Biología con especialidad en Ciencias del Suelos (1995; Facultad de Ciencias del Suelo de la Universidad Estatal de Moscú "Mijaíl Vasílievich Lomonósov", Moscú, Federación Rusa). Inició actividades de investigación en 1983, en el CSAT y desde entonces las ha realizado en otras instituciones, como el CINVESTAV-IPN, los Institutos de Ciencias del Mar y Limnología y el de Geografía de la UNAM, en la Universidad Estatal de Moscú "MV Lomonósov", en el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y en el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en el CE Huimanguillo del INIFAP y en las Universidades Autónoma de Aguascalientes, de Colima, Popular de La Chontalpa y en la Intercultural del Estado de Tabasco (participando en la fundación de éstas dos últimas), en El Colegio de la Frontera Sur, así como para el Gobierno del estado de Tabasco y la UJAT.



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Consejo Divisional Editorial:

Dr. Roberto Flores Bello
Presidente

Ph.D. Julio Cámara Córdova
Secretario

Vocales por Programa Educativo:

Dr. Metodio Nicolás Vite García
MC Lenin Rangel López
Ingeniería en Acuicultura

Dr. César Márquez Quiroz
MC Álvaro Marín Aguilar
Ingeniería en Agronomía

Dr. José Rodolfo Velázquez Martínez
MCE Ma. Esther Pavón Jiménez
Ingeniería en Alimentos

Dr. Ricardo Alfonso García Herrera
MC Iris Antonina Sánchez González
MC Guadalupe Arjona Jiménez
Medicina Veterinaria y Zootecnia

*Se terminó de diagramar y compilar el seis de noviembre de 2017
en la Coordinación de Investigación y Posgrado de la
División Académica de Ciencias Agropecuarias de la UJAT.
Km 25 de la carr. fed. 195, tramo Villahermosa-Teapa.
Ra. La Huasteca, 2ª sección, C.P. 86298, Centro, Tabasco, México.
Tel. +52 (993) 358 1500, extensión 6604.*



Universidad Juárez
Autónoma de Tabasco

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



COLECCIÓN
JOSÉ N. ROVIROSA
Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico