

Ciencia y Tecnología Forestal y Agropecuaria en Tabasco

C O L E C C I Ó N
EDUARDO CABALLERO Y CABALLERO
Memoriasdecongresosysimposios

José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Ciencia y Tecnología Forestal y Agropecuaria en Tabasco

Editores

Jorge Martínez Herrera

Rutilo López López

Julio Cámara Córdova



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

inifap

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

Primera edición, 2015

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

El contenido de la presente obra es responsabilidad exclusiva de los autores. 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. Se autoriza su reproducción parcial siempre y cuando se cite la fuente.

ISBN: 978-607-606-287-6

Diseño y formación: Ricardo Cámara Córdova
Apoyo Editorial: Calíope Bastar Dorantes
José Manuel Vázquez Broca

Hecho en Villahermosa, Tabasco, México

Contenido

Directorio	21
Presentación	27
Reconocimiento	31

Ponencias

ANUALES	34
VALIDACIÓN DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ‘VERDÍN’ EN EL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO	35
Rodríguez RJR, Tosquy VOH y López SE	
FENOLOGIA Y EFICIENCIA EN LA PRODUCCION DE GRANO DE FRIJOL EN EL NORTE DE VERACRUZ, MEXICO	44
Rodríguez RJR, López SE y Tosquy VOH	
CONTENIDO DE MAGNESIO EN MAÍZ Y RELACIÓN Ca:Mg:K EN SUELOS DE QUINTANA ROO, MÉXICO	53
Ramírez Silva J.H., Aguilar Duarte Y., Cano González A.	
IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS DIAZOTRÓFICAS Y HONGOS CON ACTIVIDAD CLOROFILICA EN EL CULTIVO DE SOYA (<i>Glycine max</i> L. Merr.) EN CASA DE MALLA EN VERACRUZ, MÉXICO	61
Durán PA, Vásquez HA, Becerra Leor EN Ángeles NJG, Grageda COA	
EVALUACIÓN DE SIETE TIPOS DE COMPOSTA DE MATERIA ORGÁNICA	71
Hernández MC, Gómez RC, Aguilar AJC.	

CONTENIDO DE ZINC EN SUELOS Y PLANTAS DE MAIZ COMERCIAL EN QUINTANA ROO, MÉXICO.	81
Ramírez Silva J.H., Aguilar Duarte Y., Cano González A.	
EVALUACION DE GENOTIPOS DE MAÍZ BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN EL CICLO PRIMAVERA-VERANO 2014 EN HUIMANGUILLO, TABASCO	98
Barrón FS, Rodríguez MFA, Palafox CA.	
POTENCIAL PRODUCTIVO DE HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE ELOTE EN LA CHONTALPA Y CENTRO, TABASCO	98
Barrón FS, Barrón AM, Palafox CA.	
PERTINENCIA DEL APROVECHAMIENTO DE BIOFERTILIZANTES MICORRÍZICOS COMO PRÁCTICA AGRONÓMICA PARA REDUCIR LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA DE LA SOYA	109
Durán P. A., Becerra L. E. N., Vásquez Hdez. A., Meneses M. I., Zetina, L. R., Aguirre, M. J. Fco.	
COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE SOYA (Glycine max L.) EN YUCATÁN MÉXICO	119
Rangel FMA y Burgos DJA	
FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA DEL MAÍZ H-520 EN LUVISOLES DE YUCATÁN	126
Tun DJC y Burgos DJA	
CONTROL DE MALEZA EN EL ESTABLECIMIENTO DE ESTEVIA (Esteria rebaudiana Bertoni)	133
Avilés B., W. I.	
POTENCIAL DE ESTIERCOLES CRUDOS Y COMPOSTEADOS PARA ABASTECER LOS REQUERIMIENTOS NUTRIMENTALES DE MAIZ EN LA REGION TROPICAL DE VERACRUZ, MEXICO	143
Vásquez HA*, Durán PA, Meneses MI, Zetina LR.	

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN INORGANICA Y BIOLÓGICA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALABACITA (Cucurbita pepo L.)	152
Lozano CMG, Díaz FA, Alvarado CM.	
EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE MAÍZ (Zea mays L.) DE GRANO BLANCO Y AMARILLO EN EL MUNICIPIO DE OCOZOCOAUTLA DE ESPINOSA, CHIAPAS	159
Espinosa, P.N. Martínez S. J. Espinosa, M.I. y Maza G. H. de J.	
EVALUACIÓN DE DOS PRODUCTOS ORGÁNICOS PARA EL CONTROL DE Bemisia tabaci (Gennadius)	166
Tucuch HJI, Cicero JL, Rodríguez MJC y Baeza RJJ.	
DIVERSIDAD DE PARASITOIDES DE Bemisia tabaci EN CULTIVOS DE CHILE HABANERO	174
Cicero JL. y Sandoval CDA.	
ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD DE TRIPS EN UN CULTIVO DE SANDIA (Citrullus lanatus)	183
Chan UJE, Cicero JL, Loeza KE y Lomas BCT	
DENSIDAD DE POBLACIÓN Y FECHAS ÓPTIMAS DE SIEMBRA EN CULTIVOS COMERCIALES DE SOYA DE TEMPORAL EN CAMPECHE, MÉXICO	191
Hernández PM, Tapia MC, Soto RJM, Orona CF	
VALIDACIÓN DE LÍNEAS EXPERIMENTALES DE ARROZ DE GRANO LARGO DELGADO EN TABASCO	204
Jiménez C. J. A. y López L. R.	
EVALUACION DE VARIEDADES DE CHILE HABANERO Capsicum chinense Jacq.) CULTIVADO EN CASA SOMBRA CON DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN	216
Avilés BWI y Campos MMA.	
NÚMERO DE GENERACIONES DE GUSANO COGOLLERO DEL MAIZ EN BASE A LA ACUMULACIÓN DE GRADOS DÍAS EN SEIS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE CAMPECHE	224
Soto RJM, Medina MJ, Hernández PM y Orona CF.	

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CELULOSA A PARTIR DEL FRUTO DE LA ESPECIE <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn (KAPOK)	234
Bolio LGI, López MA, Veleva L, Hernández VMM, Hernández CBI.	
RESPUESTA DE GENOTIPOS DE SORGO DULCE A LA INFECCIÓN CON EL HONGO “ERGOT” (<i>Claviceps africana</i>) EN VERACRUZ	245
Rodríguez EJG, Uribe GS.	
BIOTECNOLOGÍA	253
EFECTO DE LA ESCARIFICACION SOBRE LA GERMINACION <i>in vitro</i> DE SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE <i>Lupinus</i>	254
García HJG, Del Rivero BN, Espinosa LLC, Azpeitia MA y Díaz RR.	
EXPRESIÓN TRANSITORIA DE UNA PROTEÍNA DE AMARANTO EN FRUTOS Y HOJAS DE PLANTAS MODELO	262
Sánchez OMA, Tellez VEC, Morales CJI, Vázquez PRE, López MS, Castillo HD, Arroyo BA, de Folter S, Luna SS, Rosas CFF.	
ESTUDIO DE LA CO-DIGESTIÓN DE ESTIÉRCOL DE VACA CON RESIDUOS VEGETALES	272
Peña BJA, Solís OMM, Chicatto GV, Bustos BEE, Rivadeneyra J.	
EVALUACIÓN DE LA CODIGESTION DE RESIDUOS ANIMALES CON Y SIN RESIDUOS VEGETALES EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y FERTILIZANTE ORGÁNICO	282
Peña BJA, Solís OMM, Solís OA.	
ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE α -D-GALACTOSIDASA DURANTE LA GERMINACIÓN DE <i>Crotalaria longirostrata</i>	291
Garduza-Acosta B, Lagunes-Espinoza LC, Bautista-Muñoz C, García-de los Santos G. y Zaldívar-Cruz JM.	
MEJORAMIENTO DE MAÍZ AZUL A TRAVÉS DE IRRADIACIÓN GAMMA RECURRENTE CON Co60	301
Salmerón EJ1, De la Cruz TE, Mastache LAA, Merlos BMI, Canales SE, García AJM y Gómez RLD.	

MUTAGÉNESIS INDUCIDA CON RADIACIÓN GAMMA A SEMILLA DE SOYA DE PLANTA MUTANTE ESPONTÁNEA	313
Salmerón EJ, De la Cruz TE, Mastache LAA, Merlos BMI, Canales SE, García AJM y Brito MTL.	
LA EXPRESIÓN SEXUAL DE ÁRBOLES DE LINALOE (<i>Bursera linanoe</i> [La Llave] Rzedowski, Calderón & Medina) DE TRES RODALES NATURALES EN GUERRERO, MÉXICO	325
Gutiérrez SJ, Jasso MJ, Queenborough S, Jiménez SY y Jiménez CM	
COMPUESTOS VOLÁTILES DE FLORES DE <i>Jatropha curcas</i> EN SU CENTRO DE ORIGEN	331
Grajales- Conesa Julieta, Rincón-Rabanales Manuel, Cruz-López Leopoldo	
ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EXTRACELULAR DE EXO-1,3/1,4-GLUCANASA DE <i>Moniliophthora roreri</i> EXPRESADA EN RESIDUOS AGRÍCOLAS	336
Sosa GGB, Bautista MCC, Moscoso RPA, Boldo LXM, Hernández VRM y Soto EA	
FORMULACION DE BIO-100 PARA LA PRODUCCION DE FENOLES EN FRUTOS DE CACAO	343
Albores – Flores VJ., Adriano-Anaya Ma. De L. Gutiérrez –Aguilar E., Coronel N. R., Salvador – Figueroa M	
COLONIZACIÓN MICORRÍCICA ARBUSCULAR DE ÁRBOLES DE MANGLE DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA “LA ENCRUCIJADA”, CHIAPAS	350
Sapient GJO, Adriano AML, Salvador FM y Torres SR	
GANADERÍA	356
ACTITUD Y PRACTICAS DE CONTROL DE LA BABESIOSIS Y ANAPLASMOSIS EMPLEADAS POR PRODUCTORES DE BOVINOS DE YUCATÁN	357
Solís CJJ, Hernández OR	

EFECTO DE LA PROPORCIÓN DE RAZA EUROPEA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE POR LACTANCIA EN VACAS SUIZO PARDO POR CEBÚ EN PASTOREO EN CLIMA Aw1	368
García PTB, López GI, Castañeda ARO., Cab JFE	
Boophilus-Babesia-Anaplasma: SITUACIÓN EPIDEMIOLOGICA DE DOS UNIDADES DE PRODUCCIÓN PECUARIA EN EL TRÓPICO VERACRUZANO	375
Castañeda ARO, Álvarez MJA, Rojas MC, Figueroa MJV, Bautista GCR, Martínez IF, Inurreta AHD, Lira AJJ	
PREVALENCIA DE BABESIOSIS BOVINA EN DOS EXPLOTACIONES DEL PAIS UTILIZANDO PRUEBA SEROLOGICA CON ANTIGENOS RECOMBINANTES	384
Lira AJJ, Vargas UP, Cantú CA, Castañeda ARO, Álvarez MJA, Rojas MC, Bautista GCR, Figueroa MJV	
EFECTO DE LA PROPORCIÓN DE RAZA EUROPEA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA DURACIÓN DE LA LACTANCIA EN VACAS HOLSTEIN POR CEBÚ EN CLIMA Aw1	391
García PTB, López GI, Cab JFE, Hernández HVD	
PRODUCCIÓN DE CORDEROS F1 SUFFOLK X PELIBUEY EN SUBTRÓPICO HÚMEDO, PARA LA ENGORDA. AVANCES DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA	400
Olazarán JS, Rosete FJV	
PREVALENCIA E INCIDENCIA DE ANTICUERPOS A LEPTOSPIROSIS Y SU EFECTO SOBRE LA GESTACIÓN EN VACAS EN PASTOREO EN EL SUBTRÓPICO HÚMEDO DE PUEBLA	408
Rosete FJV, Olazarán JS, Fragoso IA, Ríos UA, Banda RVM, Soggi EGA, Sánchez GLC, Carrera SE y Jáimez VMA	
CALIDAD DE LA LECHE EN VACAS SUPLEMENTADAS CON UN ALIMENTO FERMENTADO A BASE DE POLLINAZA	419
Citalan CLH, Ramos JJA, Salinas HRM, Bucio GA, Osorio AMM, Herrera HJG	

PREVALENCIA E INCIDENCIA A DIARREA VIRAL BOVINA EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO EN PASTOREO EN TRÓPICO HUMEDO Rosete FJV, Granados ZL, Zarate MJP, Ríos UA, Banda RVM, Socci EGA, Sánchez CLC, Carrera SE	431
PREVALENCIA E INCIDENCIA DE ANTICUERPOS A NEOSPOROSIS EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO EN PASTOREO EN TRÓPICO HUMEDO Rosete FJV1, Granados ZL, Zarate MJP, Ríos UA3, Banda RVM, Socci EGA, Sánchez CLC, Carrera SE	441
INFLUENCIA DEL CONSUMO DE Stevia rebaudiana variedad Bertoni EN CORDEROS LACTANTES SOBRE SU NIVEL SERICO DE PROTEINAS TOTALES Y MORTALIDAD AL DESTETE Murguía OML y Rojas RO	450
EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE stevia rebaudiana bertoni SUMINISTRADO EN EL ALIMENTO EN CORDEROS LACTANTES Y SU COSTO Rojas R.O., Murguía O. M. Ramírez J.G. y Castillo H. J.	457
EFFECTO DE ESPECIE Y EDAD AL CORTE DE CINCO GRAMÍNEAS INTRODUCIDAS A HUEYTAMALCO, PUEBLA SOBRE LAS FRACCIONES DE PROTEÍNA Ramírez GJM, Carrillo PS, Hernández HH, Corona GL, Castrejón PFA	468
USO DE UNA PRUEBA MOLECULAR PARA LA DIFERENCIACION DE Babesia bovis Y Babesia bigemina EN BOVINOS EXPERIMENTALMENTE INFECTADOS Polanco MDJ, Lira AJJ, Aceves HF, Álvarez MJA, Rojas MC, Bautista GCR, Figueroa MJV	476
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO DE UNA ASOCIACIÓN Brachiaria humidicola – Stylosanthes guianensis Domínguez-Pérez FD, Bolaños-Aguilar ED, Lagunes- Espinoza LC, Salgado-García S, Ramos-Juárez J, Guerrero-Rodríguez JD	484

CONTROL DEL ÁCARO VARROA (Varroa destructor) MEDIANTE TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS	493
Vivas RJ, Berdugo RJ, Baeza RJ, Mex ML	
DIAGNOSTICO ESTÁTICO DE LA SITUACIÓN GANADERA EN LA REGIÓN NORTE DEL ESTADO DE PUEBLA, CAPACITACIÓN Y ASISTENCIA TECNICA EN RELACIÓN AL USO DE RECURSOS FORRAJEROS	504
Hernández VJO, Vázquez GR, Carrillo EH, Hernández MN, Quiroz MA, Pérez BGN	
FACTORES ASOCIADOS A LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DE LECHE EN SISTEMAS BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO, EN RANCHOS DEL MEZCALAPA	513
Báez RUA, Barrón AM, Granados ZL, Quiroz VJ, Purata AN	
EFEECTO ANTIHELMÍNTICO IN VITRO DEL EXTRACTO ACUOSO DE HOJAS Y FLORES DE TITHONIA DIVERSIFOLIA CONTRA HUEVOS DE HAEMONCHUS CONTORTUS DE OVINOS	524
Hernández VMM, Bolaina HE, López CJA, Hernández BGI, Bolio LGI, Cruz BP, Pérez VMA	
MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES	532
ADAPTABILIDAD DEL BAMBÚ Guadua aculeata EN EL EJIDO VILLA DE GUADALUPE, HUIMANGUILLO, TABASCO	533
Arrieta RA, Salaya DJ, León AMC y Aceves NLA	
ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL USO DE SUELO DE LA CUENCA METZTITLÁN, HIDALGO	540
Reynoso SR, Valdez LJR, Escalona MMJ, de los Santos PHM	
PREDICCIÓN DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CUENCA METZTITLÁN USANDO MODELAJE CON CADENAS DE MARKOV-AUTOMATAS CELULARES	550
Reynoso SR, Valdez LJR, Escalona MMJ, de los Santos PHM, Pérez HMJ	

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y CONTENIDO DE ACEITE DE COLECTAS DE CHÍA (<i>Salvia hispánica</i> L.) DEL ESTADO DE PUEBLA	561
Ramos GAA, Rios SR y Honorato SJA	
ANÁLISIS DE DOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL 2050 EN EL ESTADO DE TABASCO	569
Aceves NLA, Rivera HB, Juárez LJF y Arrieta RA	
ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y CARBONO DE LA BIOMASA EN SUELO CON PETRÓLEO FRESCO A DIFERENTES CONCENTRACIONES	578
Rodríguez RodríguezN, Rivera CruzMC y González- Moscoso M	
EFFECTO DE LA RESTAURACION FISICOQUIMICA EN LOS HIDROCARBUROS Y HONGOS DE UN HISTOSOL.	585
Gonzalez-Moscoso M, Alejandro-Cordova A, Rivera-Cruz MC, Trujillo-Narcia A	
EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE COLECTAS DE MORINGA <i>Moringa</i> <i>oleífera</i> EN UN SUELO LUVISOL RÓDICO EN EL ESTADO DE YUCATÁN	594
Basulto GJA., Reyes RAL1., Góngora GS. y Gamboa JA1	
CALIDAD DE VERMICOMPOSTAS ELABORADAS CON DIFERENTES ESTIÉRCOLES DOMÉSTICOS	601
Cámara-Reyna JC, Ruiz ME, Palma-López DJ	
EVALUACIÓN DEL CAMBIO DEL PH Y DE LA MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS DEL EJIDO C-34 “BENITO JUÁREZ GARCÍA” DEL PLAN CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO”	614
De la Cruz-Santamaría JJ, Palma-López DJ	
DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGANICA Y NITROGENO TOTAL POR EFECTO DE LA PENDIENTE Y USOS DEL SUELO AGRICOLA	626
Tinal OS, Palma-López DJ, Zavala CJ, Salgado GS y Hidalgo MCI	
NITRATOS EN SUELOS AGRÍCOLAS Y RIESGOS DE CONTAMINACIÓN EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS DE YUCATÁN MÉXICO	636
Aguilar DY, Ramírez SJH. y Cano GA	

NITRATOS EN SUELOS AGRÍCOLAS COMO FUENTE POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN CAMPECHE MÉXICO	687
Aguilar DY, Cano GA., Ramírez SJH. y Cahuich CMI	
MÉTODO BIDIMENSIONAL SISTEMATIZADO ALEATORIO. ALTERNATIVA PARA EL MUESTREO DE SUELOS EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	697
Cano GA, Uzcanga PNG, Aguilar DY, Canales CR, Ramírez SJ	
 PLANTACIONES	 662
ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE DIÁMETRO NORMAL Y DIÁMETRO DEL TOCÓN EN PLANTACIONES DE <i>Pinus greggii</i> Engelm. EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO	663
Hernández RJ, García CX, García MJJ, Muñoz FHJ, Velarde RJC. y Olvera DEH	
SISTEMA COMPATIBLE DE AHUSAMIENTO Y VOLUMEN COMERCIAL PARA PLANTACIONES COMERCIALES DE <i>Pinus greggii</i> Engelm. EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO.	674
Hernández RJ, Hernández RA, García MJJ, García CX, Muñoz HJ, García EGG y Olvera DEH	
SISTEMA DE CUBICACIÓN PARA TECA ESTABLECIDA EN PLANTACIONES COMERCIALES EN EL SURESTE DE MÉXICO.	687
Tamarit UJC y De los Santos PHM	
POTENCIAL PRODUCTIVO DE <i>Tectona grandis</i> L, BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN TABASCO	697
Ramírez J. G.	
POTENCIAL PRODUCTIVO DE <i>Gmelina arborea</i> Roxb, BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN TABASCO	704
Ramírez J. G.	
DIAGNÓSTICO MACRO-NUTRICIONAL DE 11 CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO AZSUREMEX, TENOSIQUE, TABASCO	711
Espinosa SJO, Salgado GS, Rodríguez VNJ, Santos ARG, Córdova SS	

ESTUDIOS PRELIMINARES DE INSECTOS Y ÁCAROS DEPREDAADORES COMO ENEMIGOS NATURALES DEL ÁCARO ROJO DE LAS PALMAS (<i>Raoiella indica</i> Hirst)	721
Ruiz JKZ osorio OR; Hernández HLU; Santillan GMT	
INTRODUCCIÓN Y COMPORTAMIENTO DE CULTIVARES DE COCOTERO (<i>Cocos nucifera</i> L.) EN MÉXICO	728
Cortazar RM1*, Ramírez SJH, Oropeza SCM, Narváez CMS y Chan RJL	
PROPAGACIÓN DE <i>Lippia dulcis</i> Trevir, ESPECIE MEDICINAL Y AROMÁTICA DE AMPLIA DEMANDA	741
Fierro ÁA; González LMM; López LR; Monsalvo CCA	
PROPAGACIÓN DE <i>Tradescantia zebrina</i> Heynh. ex Bosse, (MATALÍ) EN EL D.F., ESPECIE ORNAMENTAL Y MEDICINAL	749
Fierro ÁA; González LMM; López LR; Monsalvo CCA	
PROPAGACIÓN DE <i>Plectanthus oloroso</i> (VAPORUB) EN MÉXICO D.F., ESPECIE MEDICINAL Y AROMÁTICA	756
González LMaM; Fierro ÁA; López LR; Monsalvo CCA	
CULTIVO DE <i>Plecthranthus amboinicus</i> , L (OREGANÓN) EN LA ZONA TROPICAL DE MÉXICO	763
González LMaM; Fierro ÁA; López LR; Monsalvo CCA	
SELECCIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE ÁRBOLES PARA SOMBRA EN LA ZONA CAFETALERA DE COATEPEC, VERACRUZ	773
Quintanar OJ y Roa DR	
SUSCEPTIBILIDAD DE TRES CULTIVARES DE <i>Musa</i> spp. A INFESTACIONES DEL ÁCARO ROJO <i>Raoiella indica</i>	780
Polanco ACA, Osorio OR, Hernández HLU	
GENOTIPOS HOMOCIGOTOS DE CACAO FORASTERO EN PLANTACIONES DE TABASCO, MÉXICO	787
Ramírez-Guillermo MA, Gutierrez OA, Lagunes-Espinoza LC, Ortiz-García CF, de la Rosa SR	
VARIACIÓN GEOGRAFICA DE PROCEDENCIAS DE CEDRO ROJO EN EL GOLFO Y SURESTE DE MÉXICO	799
Salazar GJG y Sánchez MV	

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE JUGO DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO AZSUREMEX DE TENOSIQUE, TABASCO	810
Izquierdo HJ, Salgado GS, Lagunes ELC, Palma LDJ, Ortiz LH, Córdova SS, Castelán EM	
COMPORTAMIENTO Y TASA DE CRECIMIENTO DE <i>Hirsutella</i> sp. EN RELACION CON <i>Diaphorina citri</i> EN UNA PLANTACION DE LIMON PERSA DE HUIMANGUILLO TABASCO	822
Sumano LD; Arias LVH; Mendoza MM; Miranda MR; Rodríguez CM	
CARACTERÍSTICAS DE UNA SELECCIÓN DE ACCESIONES DE SARAMUYO (<i>Annona squamosa</i> Lin.) DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE SITIO EXPERIMENTAL UXMAL	831
Burgos D JA, Santamaría BF, May LC	
CAPACIDAD PRODUCTIVA DE NUEVAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EVALUADAS PARA ETANOL EN LOS CICLOS PLANTILLA Y SOCA EN SUELOS VERTISOLES DE QUINTANA ROO, MÉXICO	837
García Sandoval José Ángel, Cervantes Preciado Jeovani, Zapata Buenfil Gonzálo	
VARIABILIDAD DEL CACAO <i>Theobroma cacao</i> L. CULTIVADO EN TABASCO, MÉXICO	849
Ramírez- Guillermo MA	
COMPORTAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE <i>Phyllocnistis citrella</i> Stainton EN LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka) EN LA SABANA DE HUIMANGUILLO, TABASCO	859
Arias LVH; Sumano LD, Mendoza MM; Miranda MR; Rodríguez CM	
EFICACIA BIOLÓGICA <i>in vitro</i> DEL INOCULANTE BLITE FREE F-01 SOBRE <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET, PATOGENO DE LA SIGATOKA NEGRA DEL BANANO	865
Méndez Ml, Martinez H, Ramirez SG y De La Cruz GFI	

IMPORTANCIA DEL SEXADO DE LAS PLANTAS DE PAPAYA (Carica papaya L.) EN LA PRODUCCION DEL FRUTO COMERCIAL.	875
Mirafuentes,H.F.; Santamaria, B,F.; Azpeitia, M.A.	
ENFERMEDADES FÚNGICAS EN HELICONIACEAE, ZINGIBERACEAE Y MUSACEAE DE ORNATO EN TABASCO	881
Ortiz GCF, Ramos HE, Terán VN, Saldaña HMI	
HELICONIAS SILVESTRES CON POTENCIAL ORNAMENTAL, EN EL CAMPO EXPERIMENTAL ROSARIO IZAPA, TUXTLA CHICO CHIAPAS	894
Olivera de los SA, Ortiz CS, Avendaño ACH, Grajales SM, Iracheta DL, Canul KJ, Cortés CM, Contreras T.	
REDUCCIÓN DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y USO DE BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO DE PAPAYA (Carica papaya L.)	906
Yerbes VJA, Santamaría BF, Lozano CMG, Burgos DJA.	
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE LAS VARIEDADES DE PAPAYA BS Y BS-2	915
Mirafuentes HF, Santamaría BF*, Azpeitia MA y Yerbes VJA.	
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL HÍBRIDO DE CACAO H-275 PARA RESISTENCIA A MONILIASIS Y ALTO RENDIMIENTO	921
Azpeitia MA, Villordo PE, Mirafuentes HF, y Ramos M.G.	
INFLUENCIA DE LAS AVES EN LA DISMINUCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CACAO Y ESTRATEGIAS PARA PREVENIR SUS DAÑOS	931
Peña LJL, Azpeitia MA, Arias de los Santos G.	
FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE EXTRACCION, EN LA CALIDAD DEL ACEITE VIRGEN DE COCO	939
Domínguez CE, Moreno CA, Domínguez ORF y Domínguez OSE.	
PROTOTIPO PARA SOBREVIVENCIA DE PUTATIVOS VECTORES DE FITOPLASMA DEL AMARILLAMIENTO LETAL DEL COCOTERO (ALC)	946
Ramos HE, Ortiz GCF, Oropeza SC, Sánchez SS2, Magaña AMA y Leshner GJM.	

EVALUACIÓN DE MÓDULOS AGROFORESTALES ESTABLECIDOS EN TIERRAS DE PRODUCTORES EN CALAKMUL COMO APOYO AL PROGRAMA DE LA CRUZADA CONTRA EL HAMBRE EN CAMPECHE	958
Hernández GG, Soto RJM, Canales CR.	
EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE YUCA DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL CAMPO EXPERIMENTAL HUIMANGUILLO, INIFAP, TABASCO	972
De Dios LMO; García SA; Rodríguez CM*; Sumano LD; Gutiérrez BR y Ruíz BP.	
RENDIMIENTO DE NUEVE MATERIALES COMERCIALES DE PALMA DE ACEITE EN JALAPA, TAB. MÉXICO	979
Hernández C.J.M.	
CULTIVOS BIOENERGÉTICOS ASOCIADOS COMO ALTERNATIVA PRODUCTIVA EN EL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO	990
Valdés ROA, Palacios WOM y Pérez VA.	
INFLUENCIA DE LA SALINIDAD DE LA BRISA MARINA EN EL ESTABLECIMIENTO DE <i>Jatropha curcas</i> EN ZONAS COSTERAS	1001
López OF, Ovando MI, Adriano AML, Salvador FM y Ruiz GS.	
SOCIOECONOMÍA Y DESARROLLO RURAL	1006
DISPONIBILIDAD A PAGAR POR ATRIBUTOS DE CALIDAD EN EL CONSUMO DE ELOTES	1007
Fernández G.I.; Cadena I.P.; Jaramillo V. J.L.; Hernández-G. J.A.	
LAS ESCUELAS DE CAMPO; UNA HERRAMIENTA DE TRABAJO PARA LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN EN ZONAS MARGINADAS	1018
Cadena IP; Rodríguez HRF; Ayala SA; Morales GM; Aguilar AJ; Rendón MR; Berdugo RJG y Zambada MA.	
ESTUDIO DE COMPETITIVIDAD DE LAS FAMILIAS EN POBREZA EXTREMA EN SAN ÁNDRES TUXTLA VERACRUZ	1030
Jácome MSM; Zambada MA y Saucedá HG	

ELABORACIÓN DE PAPEL ARTESANAL CON PAJA DE CAÑA DE AZÚCAR	1041
García EY, Salgado GS*, Bolio LGI, Córdova SS, Lagunes ELC, Falconi CR, Veleva L.	
ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD Y OPORTUNIDADES DE AGRONEGOCIOS EN EL MUNICIPIO DE TAHDZIU, YUCATAN, MEXICO	1056
Góngora GSF, Rodríguez HR; Ramírez JG; Cadena IP; Jácome MS; Zambada MA.	
EL ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS Y SU APLICACIÓN EN LA CLASIFICACIÓN DE AGRICULTORES SEGÚN USO DE MAQUINARIA AGRICOLA	1067
Uzcanga PNG, Cano GA y Ramírez SJ.	
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	1079
DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE NANOEMULSIONES CON CURCUMINA	1075
Ochoa FAA, Hernández BJA, Cavazos GA3 y García GHS.	
EVALUACIÓN TÉRMICA DEL PROCESO SECADO SOLAR DE GRANO DE CAFÉ	1086
Quintanar OJ y Roa DR.	
ORIGEN FLORAL Y CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL POLEN (Pollinis), COLECTADO POR Apis mellifera L. EN EL SURESTE DEL ESTADO DE CAMPECHE	1093
López HMA, Alfaro BR y Catzín VG.	
PRODUCCIÓN A NIVEL FERMENTADOR DE UNA PROTEÍNA NUTRACÈUTICA DE AMARANTO	1099
Espinosa HE1, Rosas CFF, Castillo HD, Luna SS.	
COMPORTAMIENTO POSTCOSECHA DE FRUTOS DE Muntingia calabura L. BAJO CONDICIONES AMBIENTALES Y DE REFRIGERACIÓN	1107
Ochoa FAA, Hernández BJA, García JR, Ruiz SFL, Rocher CR, Valadez VA, Hernández MAL.	

CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE MIELES EN EL ESTADO DE TABASCO	1119
Jacinto PS.; Sol SA., Hernández MW y Zaldívar CJM.	
VALOR AGREGADO A LAS MIELES TROPICALES: EVALUACIÓN DEL CONTENIDO FENÓLICO Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	1128
López GM, 2Sauri DE., Moo HV., Estrada MI., Sol SA y Zaldívar CJM.	
EXTRACCIÓN DE ESTEVIÓSIDO Y REBAUDIÓSIDO A POR MÉTODOS NO CONVENCIONALES	1141
Ríos CAM, Rosas MM, López VF, Cabrera HSL, Ríos CG y Rodríguez LLL.	
DESARROLLO, EVALUACIÓN SENSORIAL Y VIDA DE ANAQUEL DE UNA MERMELADA ELABORADA CON HOJAS DE Stevia rebaudiana Bertoni	1150
Moguel OYB, Murguía OML, Cabrera ADL1 y Ruiz RJC.	
FORTIFICACION DE HOTCAKES A PARTIR DE HARINA COMESTIBLE DE JATROPHA CURCAS L.	1158
Martínez HJ, Argüello GE y Sánchez SO.	

Directorio

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

José Eduardo Calzada Rovirosa
Secretario de Estado

Jorge Armando Narvaez Narvaez
Subsecretario de Agricultura

Héctor Eduardo Velasco Monroy
Subsecretario de Desarrollo Rural

Ricardo Aguilar Castillo
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

Carlos Hernández Reyez
Delegado Estatal Tabasco

Gobierno del Estado de Tabasco

Arturo Núñez Jiménez
Gobernador Constitucional

Pedro Jiménez León
Secretario de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca

Víctor Manuel López Cruz
Secretario de Educación

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

José Manuel Piña Gutiérrez

Rector

Dora María Frías Márquez

Secretaria de Servicios Académicos

Wilfrido Contreras Sánchez

Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Universidad Tecnológica de Tabasco

Fernando Calzada Falcón

Rector

Sergio Octavio Valle Mijangos

Secretario Académico

Ricardo Amado Moheno Barraeta

Secretario de Vinculación

Universidad Popular de La Chontalpa

Querubin Fernández Quintana

Rector

Manuel Mateo Hernández Villegas

Secretario Académico

Luz Adriana Ficachi Vera

Secretario de Vinculación

**El Colegio De La Frontera Sur
Unidad Villahermosa**

Johannes Cornelis Van Der Wal
Director

Ramiro Robles Jardón
Unidad de Gestión y Servicios Tecnológicos

María Luisa Martínez Gutiérrez
Coordinadora de Vinculación Unidad-Villahermosa

**Colegio de Postgraduados
Campus Tabasco**

José Francisco Juárez López
Director

Mepivoseth Castelan Estrada
Subdirector de Educación

Saúl Sanchez Soto
Subdirector de Investigación

Angel Martínez Becerra
Subdirector de Vinculación

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco

Mirna Cecilia Villanueva Guevara
Directora General

Tilo Tosca Chablé
Director de Vinculación Investigación y Desarrollo

Aurora Hidalgo Castillo
Director de Formación de Recursos y Apoyo a Investigadores

Fundación Produce Tabasco, A. C.

Adrian Prats Leal

Presidente

Francisco Javier Gurza Merino

Gerente

Instituto Tecnológico de Villahermosa

Humberto José Cervera Brito

Director

José Antonio Canto Esquivel

Subdirector Académico

José Luis Madrigal Eliseo

Subdirector de Planeación y Vinculación

Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca

José Javier Peralta Cosgaya

Director

Salomón Hernández Hernández

Encargado de la Subdirección de Planeación y Vinculación

Carlos Mario Marín Valenzuela

Subdirector Académico

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

Luis Fernando Flores Lui

Director General

Raúl Gerardo Obando Rodríguez

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Jorge Fajardo Guel

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Eduardo Francisco Berterame Barquin

Coordinador de Administración y Sistemas

Centro de Investigación Regional del Golfo Centro

Sergio Alberto Curti Díaz

Director Regional

Julio César Vinay Vadillo

Director de Investigación

Marco Antonio Reynolds Chávez

Director de Planeación y Desarrollo

Francisco González Naranjo

Director de Administración

Jorge Martínez Herrera

Director de Coordinación y Vinculación en Tabasco

Presentación



Tabasco
cambia contigo



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, PESQUERÍA Y
DESARROLLO RURAL,
PECUA Y ALIMENTACIÓN



La importancia de la investigación en el sector agroalimentario, juega un papel fundamental en el desarrollo económico y social de los países, ya que es un factor primordial para incrementar la productividad, que permite satisfacer las necesidades de una población en rápido crecimiento y favorece el propósito de alcanzar la seguridad alimentaria.

En los tiempos actuales, en el concierto mundial de países, se enfrentan nuevos retos derivados de la depreciación de los hidrocarburos, variabilidad climática, fluctuación de precios de los alimentos, entre otros, que han obligado a replantear las expectativas de crecimiento económico, al no alcanzar los índices proyectados.

En este contexto, en México se están implementando una serie de reformas que impulsan una profunda transformación, en lo económico, social y político, que permitan acelerar el desarrollo y progreso del país.

Entre las que conciernen al campo, la estrategia del Gobierno de la República está orientada en transformar los subsidios, en incentivos a la productividad, impulsar esquemas de acceso al crédito, fortalecer la tecnificación del riego y la modernización del agro, fomentar la investigación e innovación tecnológica, integración de cadenas de valor y propiciar el ordenamiento de mercados.

En este contexto, México enfrenta desafíos y la oportunidad de que el sector agroalimentario se



transforme en uno de los principales motores del crecimiento, requiriendo para ello reforzar el trabajo institucional, para llevar nuevos conocimientos, innovaciones y tecnologías al campo, para que los productores cuenten con las herramientas necesarias, que les permitan incrementar la producción de alimentos a partir de mayor productividad.

En la tarea de generar nuevos conocimientos y tecnologías, México cuenta con instituciones que impulsan el desarrollo rural, a través de la investigación para fortalecer la producción, productividad y competitividad de las diferentes actividades agropecuarias, forestales, pesqueras y acuícolas.

Hoy por hoy, una de las principales fortalezas es contar con territorio y litorales que permiten producir más de 800 productos agroalimentarios, de los cuales Tabasco participa con 44 agrícolas, 9 pecuarios y 37 pesqueros. Hay que recordar que México ocupa el tercer lugar en producción de alimentos en Latinoamérica y el doceavo lugar mundial.

Por ello el desarrollo del sector agroalimentario, constituye prioridad en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, en la estrategia para garantizar la seguridad alimentaria y la inserción internacional del país, con acciones de gobierno orientadas a conservar los recursos naturales y la sostenibilidad ambiental, a través de estrategias para preservar acuíferos, suelos, biodiversidad, bosques, selvas, densidad de vida marina y de aguas interiores.

El potencial para la producción de alimentos de origen vegetal y animal con que se cuenta, particularmente en el Sur Sureste y entre ellos Tabasco y ante las estimaciones de organismos internacionales del incremento mundial de la demanda los próximos 35 años, los productores tienen la oportunidad para producir y ofertar en los mercados de manera competitiva sus productos, con el consecuente beneficio económico, generación de empleos y mejora de las condiciones de vida de la población rural.

Para impulsar esta tarea de producir más y mejores alimentos, se impulsa un modelo de extensionismo rural, que se está desarrollando en Tabasco, con un enfoque en la planeación, mayor productividad, capacitación y acompañamiento a los productores, que propicien la transformación de los productos y den valor agregado a las actividades, convirtiéndolas en oportunidades de negocio.

En este nuevo modelo de extensionismo que impulsa la Secretaría

de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, se otorga el acompañamiento técnico a los productores y se impulsan los procesos de transferencia y adopción de las tecnologías, que generan las instituciones de educación e investigación vinculadas con el sector.

Por ello la importancia de generar espacios, para dar a conocer las innovaciones tecnológicas aplicadas al sector agropecuario, forestal, pesquero y acuícola, así como las posibilidades de éxito que implican la integración y organización de las cadenas productivas.

Foros que permiten la integración del investigador-extensionista-productor, como el que constituye la XXVII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2015 y IV Simposium Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical.

M.V.Z. Carlos Hernández Reyez
Delegado de la SAGARPA en Tabasco
Presidente del Comité Organizador

Reconocimiento

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

A la SAGARPA en Tabasco y a la SEDAFOP, instituciones que siempre han mostrado interés en la generación de conocimientos científicos en el área agropecuaria y forestal, y en la difusión de estos conocimientos en el agro tabasqueño.

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

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por su participación activa y entusiasta en el comité organizador que hoy permite la realización de este evento en sus instalaciones, en el marco de la celebración de la XXVII edición.

A los patrocinadores que apoyaron con recursos materiales y económicos: Gobierno del Estado de Tabasco, Delegación SAGARPA en Tabasco, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco, Instituto

Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Universidad Tecnológica de Tabasco, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Fundación Produce Tabasco A.C., Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Universidad Popular de la Chontalpa.

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

Comité Organizador: MVZ. Carlos Hernández Reyez, Dr. Jorge Martínez Herrera, Lic. Pedro Jiménez León, MC Manuel Barrón Arredondo, Ing. Francisco Gurza Merino, Dr. Rutilo López López, MC Lilia Fraire Sierra, Dr. Saúl Sánchez Soto, Lic. Berenice Lacroix Macosay, MVZ. Gonzalo Lanestosa León, MC. Alfonso Sala Pavón, Dr. Roberto Antonio Cantú Garza, Ph.D. Julio Cámara Córdova, Dra. Rosa Margarita Hernández Velez, Mtro. Ricardo Amado Moheno Barrueta. Lic. Ma. Luisa Martínez Gutiérrez

Comité técnico: Jorge Martínez Herrera, Manuel Barrón Arredondo, Rutilo López López, Dante Sumano López, Miguel Ángel Ramírez Guillermo, Jorge Oliva Hernández, Mario Rodríguez Cuevas, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar, Alfonso Azpeitia Morales, Jorge Quiroz Valiente, Felipe Mirafuentes Hernández, Félix Mejía Estrada, Esteban Domínguez Castillo, Lorenzo Granados Zurita, Sabel Barrón Freyre, Alejandro Flores Rodríguez, José Miguel Hernández Cruz, José Alfredo Jiménez Chong, Ángel Sol Sánchez, Marivel Domínguez Domínguez, José J. Obrador Olán, Carlos Fredy Ortíz García, Julián Pérez Flores, Pedro Antonio Moscoso Ramírez, Saúl Sánchez Soto, Joaquín Alfonso Rincón Ramírez, Joel Zavala Cruz, Rubén García de la Cruz, Roberto de la Rosa Santamaría, Apolonio Valdez Valero, Juan Manuel Zaldívar Cruz, Eustolia García López, Nydia del Rivero Bautista, Luz del Carmen Lagunes Espinoza, Sergio Salgado García, Víctor Córdova Ávalos, Edmundo Gómez Méndez, Iris Antonina Sánchez González, José Manuel Salaya Domínguez, José Armando León Nájera, Julio Cámara Córdova,

Nadia Florencia Ojeda Robertos, Roberto Antonio Cantú Garza, Luis Ulises Hernández Hernández, Maximiano Antonio Estrada Botello, Humberto Armando Bojórquez Pereznieta, Efraín de la Cruz Lázaro, Pablo Medina Pérez, Miguel Ángel Alegría Paz, Lluvia Guadalupe Moreno, Rodolfo Osorio Osorio, Martín Adolfo Mijangos Cortés, José Javier Huijara Vasconcelos, Sergio Octavio Valle Mijangos, Juan Javier Castillo Ramiro, Ricardo Amado Moheno Barraeta, Rosa Margarita Hernández Vélez, Kristal de María Jesús de la Cruz, Roberto Morales Cruz, Juan Manuel Urrieta Saltijeral, María Isabel Saldaña y Hernández, Lilia Fraire Sierra, Eduardo Lleverino González, Agrícola Arrieta Rivera, Emeterio Payró de la Cruz, Armando Hernández de la Cruz, Elia Ramos Muñoz, María Mercedes Castillo Uzcanga, Fernando Iriarte Rodríguez, Pablo Martínez Zurimendi, Regino Gómez Álvarez, Aarón Jarquín Sánchez, Rodimiro Ramos Reyes, María Luisa Martínez Gutiérrez, Gilberto Villanueva López, Manuel Cornelio Cruz, Isidro López Noverola, José Alfonso Hinojosa Cuellar, Roberto Gutiérrez Burón, Benjamín Alberto Cocom Cantú, Samuel Córdova Sánchez, Pablo Ruíz Beltrán, Benjamín Rivera Hernández.

ANUALES

VALIDACIÓN DE LA VARIEDAD DE FRIJOL ‘VERDÍN’ EN EL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO

VALIDATION OF BEAN VARIETY ‘VERDÍN’ IN NORTHERN VERACRUZ, MEXICO

Rodríguez RJR^{1*}, Tosquy VOH² y López SE²

Campo Experimental Ixtacuaco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 4.5 Carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Veracruz, Méx. A. P. 162. ²Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba. C.P. 94720. Medellín, Veracruz.

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

RESUMEN

La sequía es el principal factor ambiental que reduce el rendimiento de frijol en el sistema de producción de humedad residual, en el estado de Veracruz. En el ciclo invierno-primavera de 2015, en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, se estableció una parcela de validación de la variedad de frijol ‘Verdín’, con la finalidad de verificar su respuesta productiva en condiciones de humedad residual en el norte de Veracruz. ‘Verdín’ se comparó con la variedad Negro Jamapa y el cultivar Negro Michigan (T39). Cada genotipo ocupó una superficie aproximada de 500 m². Durante el desarrollo del cultivo se cuantificaron los días a floración media y a madurez fisiológica (cuando el 50 % de la población tenía esa característica). Al final de la etapa reproductiva se realizaron cuatro muestreos al azar por genotipo de 3 m² cada uno. Las plantas cosechadas de cada muestreo, se trillaron y el grano obtenido se limpió, pesó y transformó en kilogramos por hectárea al 14 % de humedad; como variable explicativa se registró la precipitación pluvial (mm) durante el ciclo. Los datos de rendimiento se analizaron en diseño estadístico completamente al azar con cuatro repeticiones y las medias se compararon con la prueba Diferencia Mínima Significativa (0.05). Se detectó alta significancia entre tratamientos ($p \leq 0.01$); la variedad Verdín, obtuvo un rendimiento de grano de 1233 kg ha⁻¹, significativamente superior al de los testigos comerciales Negro Jamapa y Negro Michigan, con lo

cual se confirmó su mejor respuesta productiva en humedad residual en el norte de Veracruz.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, sequía, tolerancia, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La producción de un cultivo es el resultado de la acción de muchos genes que interaccionan fuertemente con las condiciones ambientales, bióticas y abióticas, cuya expresión final es el rendimiento total (Rodríguez y Orellana, 1990; Ribeiro *et al.*, 2003). La sequía es uno de los principales factores abióticos que reducen el rendimiento de frijol en el sistema de producción de humedad residual, de los ciclos de otoño-invierno e invierno-primavera, en el estado de Veracruz (Tosquy *et al.*, 2014a), la cual generalmente se presenta durante la fase reproductiva del cultivo y puede provocar pérdidas del 20 hasta el 100 % en el rendimiento de frijol (Acosta-Gallegos *et al.*, 1998; Castañeda *et al.*, 2006; López *et al.*, 2008). El efecto de la sequía depende de su intensidad y duración, de la capacidad del suelo para almacenar agua para la raíz, de las condiciones atmosféricas que influyen en la tasa de evapotranspiración y de la constitución y respuesta genética de cada planta, que condiciona su reacción a este factor abiótico, pero en general reduce el crecimiento y la producción final (Nielsen y Nelson, 1998; Szliagyi, 2003). El mejoramiento genético para resistencia a sequía representa una de las mejores alternativas para incrementar la productividad de frijol bajo esas condiciones limitantes de humedad (Terán y Singh, 2002; Frahm *et al.*, 2003, Acosta-Gallegos y Kelly, 2012). Existe una variación genética entre los genotipos de frijol para las características fisiológicas y fenológicas que confieren adaptación a las condiciones de sequía terminal (Molina *et al.*, 2001). En el Programa de Mejoramiento Genético de Frijol del Campo Experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se realizaron estudios sobre sequía en frijol de grano negro, que es de alta demanda comercial en el estado de Veracruz. De estos estudios se identificaron algunas líneas avanzadas que presentaron buena adaptación en condiciones de deficiencia de humedad (López *et al.*, 2008; 2011); estos cultivares se continuaron evaluando en ensayos de riego-sequía y uniformes de rendimiento, para determinar con mayor precisión su comportamiento productivo en condiciones de estrés por humedad, así se generó la variedad Verdín, la cual

es tolerante a la sequía terminal (falta de humedad después de la floración), tiene alto potencial de rendimiento y amplia adaptación en las diferentes áreas en que se produce frijol en el estado de Veracruz (Tosquy *et al.*, 2014a). Esta variedad de frijol tiene una importante característica que es la precocidad (Tosquy *et al.*, 2014b; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2014), mecanismo mediante el cual escapa a la sequía terminal; esta particularidad le proporciona una respuesta fenológica de adaptación a la falta de humedad, le ayuda a disminuir el impacto de la falta de agua en la parte final del ciclo y le proporcionó un nivel alto en el rendimiento de grano (Acosta-Díaz *et al.*, 2004; Rosales-Serna *et al.*, 2004). El objetivo de este trabajo fue validar la respuesta productiva de la variedad de frijol 'Verdín', en condiciones de humedad residual en el norte de Veracruz, y comparar el rendimiento de esta nueva variedad, con respecto al obtenido con dos testigos comerciales de frijol negro de amplio uso en esa zona de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

La parcela de validación se estableció el 16 de febrero de 2015, en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, ubicado en el municipio de Tlapacoyan, en el norte del estado de Veracruz, a 20° 02' 45'' de latitud norte y 97° 05' 45.4'' de longitud oeste, a una altitud de 88 m. Su clima es cálido húmedo Af(m)(e), con una precipitación pluvial anual de 1743 mm y temperatura media anual de 24.0 °C (García, 1987; Díaz *et al.*, 2006). La variedades Verdín, junto con Negro Jamapa y el cultivar introducido T39 conocido por los productores como Negro Michigan, se sembraron sin diseño experimental, en líneas separadas a 0.60 m, con una densidad de población de 250,000 plantas ha⁻¹. Cada genotipo ocupó una superficie aproximada de 500 m², los cuales se condujeron bajo condiciones de humedad residual durante todo el ciclo del cultivo. Durante la etapa vegetativa, se realizó fertilización mineral al suelo con la fórmula 40N-40P-00K, utilizando como fuentes nutrimentales urea (46 % de N) y fosfato diamónico (grado 18-46-0) (López *et al.*, 1994), se realizaron dos escardas manuales para mantener el cultivo libre de maleza y se controlaron plagas insectiles de doradillas (*Diabrotica* sp.) y chicharritas (*Empoasca kraemeri*), mediante la aplicación de un insecticida a base de imidacloprid (grupo Neoncotinoides) + betacyfluthrin (grupo Piretroides), en dosis de 1 mL de producto por litro de agua (200 mL ha⁻¹ de producto comercial). Cabe indicar, que durante el desarrollo del cultivo no hubo presencia de enfermedades que afectaran

el rendimiento de frijol. Se cuantificaron los días a floración y madurez fisiológica de los genotipos cuando el 50 % de las plantas de cada uno de ellos alcanzaron esas etapas. Al final de la fase reproductiva se realizaron cuatro muestreos de cosecha al azar por genotipo, de una superficie de 3 m²; las plantas cosechadas de cada muestreo, se trillaron y el grano obtenido se limpió, pesó y transformó en kilogramos por hectárea al 14 % de humedad. Como variable explicativa se registró la precipitación pluvial (mm) ocurrida durante el ciclo del cultivo, directamente en el sitio de validación. Los datos de rendimiento se analizaron en diseño estadístico completamente al azar con cuatro repeticiones, considerando cada muestreo como una repetición y para la separación de promedios se aplicó la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 0.05 (Olivares, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo del cultivo, en el sitio de validación ocurrió una precipitación pluvial total de 262 mm, con una adecuada distribución de lluvias durante la fase vegetativa de los genotipos y un periodo de sequía de 14 días (del 31 de marzo al 13 de abril). Fernández *et al.*, (1985) mencionan las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo del frijol durante su ciclo, de acuerdo a esta propuesta se puede señalar que la variedad Verdín presentó su floración media a los 37 días después de la siembra (dds) y su madurez fisiológica a los 65 dds, cinco y seis días antes, respectivamente, que los testigos comerciales (Cuadro 1). La precocidad de Verdín le permitió disponer de mayor humedad durante las etapas de prefloración, floración y formación de vainas, en las que el cultivo recibió precipitaciones pluviales de 18.72, 16.84 y 27.15 mm, respectivamente (62.71 mm en total), en tanto que la variedad Negro Jamapa y el cultivar Negro Michigan, al ser genotipos más tardíos, sólo recibieron 25.28 y 1.87 mm de lluvia (27.15 mm en total) durante las etapas de prefloración y floración, y no dispusieron de humedad en la etapa de formación de vainas. En las etapas de llenado de vainas y madurez fisiológica del cultivo, los tres genotipos recibieron 73.0 y 31.8 mm de precipitación pluvial, respectivamente, distribuidos de manera más o menos uniforme, es decir, sin ningún periodo prolongado de sequía o deficiencia de humedad. La característica de precocidad de la variedad Verdín, ha sido documentada en otros trabajos de investigación (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2014; Tosquy *et al.*, 2014a), la cual le permite escapar a periodos de sequía durante la fase reproductiva del cultivo (Tosquy *et al.*, 2014b) y

generalmente se asocia con una buena adaptación a las condiciones de estrés por sequía o a ambientes desfavorables (Rosales-Serna *et al.*, 2001; 2004; Acosta-Díaz *et al.*, 2004).

Cuadro 1

Número de días después de la siembra a la floración media y madurez fisiológica de la variedad Verdín y dos testigos comerciales de frijol. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo invierno-primavera de 2015

Genotipo	Número de días después de la siembra	
	Floración	Madurez fisiológica
Verdín	37	65
Negro Jamapa	42	71
Negro Michigan (T39)	42	71

En los análisis de varianza se detectó efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) entre tratamientos. Verdín, fue el genotipo más productivo, con un rendimiento de grano significativamente superior a los obtenidos por Negro Jamapa y Negro Michigan (Cuadro 2), lo cual se debió principalmente a una mejor adaptación a las condiciones de deficiencia de humedad que prevalecieron durante las primeras etapas de la fase reproductiva del cultivo, que favorecieron una mayor producción de grano. Estos resultados de validación permiten confirmar la superioridad en rendimiento de la nueva variedad de frijol ‘Verdín’, obtenida en la etapa experimental, con los mismos testigos comerciales, bajo condiciones de humedad residual, en el norte de Veracruz (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2014). A su vez, el bajo nivel de tolerancia a sequía de Negro Jamapa (Tosquy *et al.*, 2014a) y la poca precocidad mostrada por esta variedad y Negro Michigan, no les permitieron escapar a las condiciones de deficiencia de humedad durante las etapas de floración y formación de vainas, y consecuentemente obtuvieron bajos rendimientos de grano (Ribeiro *et al.*, 2004; Manjeru *et al.*, 2008), lo cual concuerda con Calvache *et al.*, (1997); Boutraa y Sanders, (2001); Szilagy, (2003) quienes señalan que una deficiencia de humedad en esas etapas, provoca una disminución significativa del rendimiento de grano, principalmente por una reducción en el número de vainas por planta.

Cuadro 2

Rendimiento de grano (kg ha^{-1}) de la variedad Verdín y dos testigos comerciales de frijol. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo invierno-primavera 2015

Genotipo	Rendimiento
Verdín	1233.0 a
Negro Jamapa	854.2 b
Negro Michigan (T39)	893.0 b
Promedio	993.4
ANVA	**
CV (%)	11.8
DMS (0.05)	187.8

CONCLUSIONES

La variedad Verdín mostró una productividad significativamente superior, a la de los testigos comerciales Negro Jamapa y Negro Michigan, con lo cual se confirmó su mejor adaptación a las condiciones de humedad residual, en el norte del estado de Veracruz.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Díaz, E., C. Trejo-López, L. Ruiz-Posadas, S. Padilla-Ramírez, J. A. Acosta-Gallegos. 2004. Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoamericana*. 22(1): 49-58.
- Acosta-Gallegos, J. A., E. Acosta-Díaz, S. Padilla-Ramírez, E. López-Salinas, R.A. Salinas Pérez, N. Mayek Pérez y J.D. Kelly. 1998. Seed yield of dry bean cultivars under drought stress. *Annual Report Bean Improvement Cooperative*. 41: 151-152.
- Acosta-Gallegos, J. A. y J. Kelly. 2012. Strategies to improve adaptation of common bean to drought. *Annual Report Bean Improvement Cooperative*. **55: 7-8**.
- Boutraa, T. and F. Sanders. 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Journal of Agronomy and Crop Science*. 187(4): 251-257.

-
- Calvache, M., K. Reichardt, O. Bacchi and D. Dourado-Neto. 1997. Deficit irrigation at different growth stages of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Imbabello). *Scientia Agricola*. (Piracicaba, Brazil). 54 (núm. especial): 1-16.
- Castañeda, S. M. C., Córdova, T. L.; González, H. V. A.; Delgado, A. A.; Santacruz, V. A. Q. y García, de los S. G. 2006. Respuestas fisiológicas, rendimiento y calidad de semilla en frijol sometido a estrés hídrico. *Interciencia* 31(6): 461-466.
- Díaz, P. G., J. A. Ruiz C., M. A. Cano G., V. Serrano A. y G. Medina G. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Veracruz (período 1961-2003). Libro Técnico Núm. 13. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 292 p.
- Fernández, F., P. Gepts y M. López. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In: Frijol: Investigación y Producción. López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp. 61-78
- Frahm, M., J. C. Rosas, N. Mayek, E. López, J. A. Acosta y J. D. Kelly. 2003. Resistencia a sequía terminal en frijol negro tropical. *Agronomía Mesoamericana*. 14:143-150.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª. ed. UNAM. México, D. F. 130 p.
- López, S. E., A. Durán P., E. N. Becerra L., V. A. Esqueda E. y O. Cano R. 1994. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. Folleto para Productores Núm. 7. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Cotaxtla, Veracruz, México. 29 p.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., F. J. Ugalde A. y J. A. Acosta G. 2008. Rendimiento y tolerancia a sequía de genotipos de frijol negro en el estado de Veracruz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31 (Núm. Especial). 3:35-39.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., J. A. Acosta G., B. Villar S. and F. J. Ugalde A. 2011. Drought resistance of tropical dry black bean lines and cultivars. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 4(2):749-755.
- Manjeru, P., T. Madanzi, B. Makedredza, A. Nciizah and M. Shitole. 2007. Effect of water stress at different growth stages on components and grain yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L). *African Crop Science Conference Proceedings* 8:299-303.

-
- Molina, J., V. Moda-Cirino, N. da Silva, R. Teixeira and D. Destro. 2001. Response of common bean cultivars and lines to water stress. *Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas. Crop Breeding and Applied Biotechnology* 1 (4): 363-372.
- Nielsen, D. C. and N. O. Nelson. 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. *Crop Science*. 38:422-427.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales (programa de cómputo) versión 2.5. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México.
- Ribeiro N., L. Hoffmann, M. Dobler and S. Possebon. 2003. Genotype x environment interaction in common bean yield and yield components. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 3(1): 27-34.
- Ribeiro, N., L. H. Leo, S. Possebon, B. Sandro. 2004. Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. *Revista Brasileira de Agrociência*. 10 (1): 19-29.
- Rodríguez, R. y C. Orellana. 1990. Mejoramiento del rendimiento y la precocidad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agronomía Mesoamericana*. 1: 15-19.
- Rodríguez-Rodríguez J. R., O. H. Tosquy-Valle y E. López-Salinas. 2014. Genotipos de frijol negro y su tolerancia a sequía terminal, en Veracruz, México. Tercer Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas. Ciencias Biológicas y Agronómicas. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. pp. 79-88.
- Rosales-Serna, R., R. Ochoa-Márquez y J. A. Acosta-Gallegos. 2001. Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. *Agrociencia* 35: 513-523.
- Rosales-Serna R., J. Kohashi-Shibata, J. A. Acosta-Gallegos, C. Trejo-López y J. D. Kelly. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought stressed common bean cultivars. *Field Crops Research*. 85: 203-211.
- Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. *Bulgarian Journal Plant Physiology. (Special Issue)* 320-330.
- Terán, H. and S. P. Singh. 2002. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. *Crop Science*. 42(1): 64-70.
- Tosquy-Valle O. H, E. López-Salinas, N. Francisco-Nicolás, J. A. Acosta-Gallegos y B. Villar-Sánchez. 2014a. Genotipos de frijol negro opaco resistentes a sequía terminal. *Revista Mexicana de Ciencias. Agrícolas*. 5(7): 1205-1217.

Tosquy-Valle, O. H., E. López-Salinas, B. Villar-Sánchez, N. Francisco-Nicolás y J. R. Rodríguez-Rodríguez. 2014b. Verdín, variedad de frijol negro, precoz y tolerante a la sequía para las áreas tropicales de Veracruz y Chiapas. Desplegable para productores Núm. 90.

FENOLOGIA Y EFICIENCIA EN LA PRODUCCION DE GRANO DE FRIJOL EN EL NORTE DE VERACRUZ, MEXICO

PHENOLOGY AND EFFICIENCY IN BEAN GRAIN PRODUCTION IN NORTHERN VERACRUZ, MEXICO

Rodríguez RJR^{1*}, López SE² y Tosquy VOH²

Campo Experimental Ixtacuaco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 4.5 Carretera Fed. Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Veracruz, México. A.P. 162. ²Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 34.5 Carretera Fed. Veracruz-Córdoba. C.P. 94720. Medellín, Veracruz.

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

RESUMEN

El frijol forma parte esencial en la dieta alimenticia de los mexicanos. En el norte de Veracruz se siembran cultivares con bajo potencial de rendimiento, baja eficiencia fisiológica y vulnerables a patógenos. Por lo anterior, el INIFAP ha desarrollado nuevas variedades, con características deseables y rendimiento superior a los cultivares comerciales actuales; así se generó la variedad de frijol 'Negro Comapa', con alto rendimiento, tolerancia a las enfermedades de la región y alta eficiencia en producción de grano. En el ciclo invierno-primavera 2012, en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, a una altitud de 92 m se estableció un ensayo con el objetivo de comparar el comportamiento fenológico, rendimiento y eficiencia en la producción de grano de los genotipos Negro Jamapa, Negro Michigan y Negro Comapa; se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental fueron cuatro surcos de 5 m de longitud, separados a 0.60 m, teniendo como parcela útil los dos surcos centrales. Las variables registradas fueron: floración, madurez, rendimiento (kg ha^{-1}) y eficiencia en la producción de grano ($\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) (rendimiento dividido entre días a madurez); precipitación (mm), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad (%). Se realizó análisis de varianza de las variables con el paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León, versión 2.5, las medias se compararon con la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS 0.05). La variedad Negro Comapa

registró un aceptable comportamiento en madurez, tuvo significativamente el mayor rendimiento ha⁻¹ y eficiencia de producción (g m² día⁻¹).

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, floración, madurez, falta de humedad.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del frijol es un grano muy importante la vida económica y social de México, y forma parte esencial en la dieta alimenticia de los mexicanos. En el año 2013 se sembraron en el Mexico 1'615,900 ha, con un promedio de rendimiento de 620 kilogramos por hectárea; este mismo año en el estado de Veracruz se sembraron 33,984 ha, con un rendimiento medio de 650 kilogramos por hectárea y en el Distrito de Temporal de Martínez de la Torre, se sembraron sólo 1432 has con un promedio de producción de 620 kilogramos por hectárea (SIAP, 2013). Estos bajos rendimientos en la región se deben a varios factores, entre otras cosas a la siembra de genotipos con bajo potencial de rendimiento, baja eficiencia fisiológica y susceptibles a patógenos que se presentan en las siembras comerciales de las regiones tropicales (Acosta-Gallegos *et al.*, 2000, López-Salinas *et al.*, 2002). Así como a las condiciones del clima, principalmente por alta humedad relativa y temperatura (Rodríguez *et al.*, 2009). La variedad Jamapa se liberó desde hace varias décadas en el estado de Veracruz, tiene buena adaptación a las condiciones ambientales del sureste del país (Cárdenas y Velo, 1965); sigue teniendo gran aceptación entre los consumidores; aún es muy solicitada su semilla, pero es susceptible a la presencia del hongo denominado Roya (*Uromyces appendiculatus var. appendiculatus*) y al virus del Mosaico dorado del frijol (BGMV) (Yoshii, 1981; Becerra *et al.*, 1995). Otro cultivar de frijol que se siembra comúnmente en esta región es el genotipo Negro Michigan, el cual es importado de los Estados Unidos y tiene gran aceptación entre las amas de casa y consumidores por su sabor, menor tiempo de cocción, uniformidad del grano, etc. (Guzmán-Tovar *et al.*, 2009); el grano es relativamente fácil de conseguir en el mercado regional. Aunque este tipo de frijol tiene muchas bondades como alimento, su producción es muy problemática debido a su bajo potencial de rendimiento y su poca tolerancia a las enfermedades regionales que se presentan comúnmente (Rodríguez, 1998). Debido a lo anterior, se han desarrollado nuevas variedades mejoradas, con características agronómicas deseables, rendimiento y mayor eficiencia a los cultivares comerciales actuales;

así se generó la variedad 'Negro Comapa', la cual ha mostrado alta capacidad de rendimiento, tolerancia a las enfermedades que se presentan en la región y tiene amplia adaptación en las diferentes áreas en donde se produce frijol en Veracruz y otros estados del país. Los resultados experimentales, que se han obtenido, confirman su mayor capacidad productiva de esta variedad con respecto a los cultivares comúnmente sembradas por los productores locales (López-Salinas *et al.*, 2010; López-Salinas *et al.*, 2012). El objetivo del presente trabajo es registrar el comportamiento fenológico, rendimiento y eficiencia en la producción de grano de los genotipos de frijol Negro Michigan, Negro Jamapa y Negro Comapa en el norte de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció durante el ciclo invierno-primavera en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, el cual está ubicado a 20° 09' latitud norte y 97° 04' longitud oeste, a una altitud de 92 m, en el norte del estado de Veracruz. La siembra se realizó el 17 de febrero de 2012; se utilizaron el genotipo Negro Michigan (T39) y las variedades Negro Jamapa y Negro Comapa (liberada en el Campo Cotaxtla para condiciones de temporal y de humedad residual del estado de Veracruz y otras regiones tropicales y subtropicales), las tres variedades son de grano negro opaco y pequeño. Se fertilizó con la fórmula 40-40-00, utilizando como fuente nitrogenada la Urea y como fuente fosfatada el DAP (Fosfato Diamónico o 18-46-00). Se realizaron dos escardas manuales para mantener el cultivo libre de maleza. Se presentaron las plagas insectiles de doradillas (*Diabrotica sp.*) y chicharritas (*Empoasca kraemeri*), las cuales fueron controladas con insecticida a base de Cipermetrina 1 mL litro de agua⁻¹ (200 ha⁻¹) para proteger al cultivo. Los genotipos se sembraron en diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones y parcelas de cuatro surcos de 5 m de longitud, separados a 0.60 m, de los cuales se cosecharon los dos surcos centrales como parcela útil. Las variables registradas fueron: número de días a floración media, días a madurez, presencia de enfermedades, las cuales fueron calificadas con una escala 1-5, donde 1 representa la mayor resistencia y 5 la mayor susceptibilidad (CIAT, 1989); rendimiento por parcela ajustado al 14 % de humedad el cual se convirtió en kilogramos por hectárea, se determinó la eficiencia en la producción de grano (g m⁻² día⁻¹), la cual resultó de dividir el rendimiento m² entre el número de días a madurez fisiológica. Fueron registradas la precipitación

(mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%) (WWO, 2013). Se realizó análisis de varianza de las variables medidas con el paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León, versión 2.5, y las medias se compararon con la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de días en que los genotipos de frijol llegaron a la etapa de floración y madurez fisiológica se muestran en el Cuadro 1. El cultivar Negro Michigan tuvo estadísticamente el período más corto y llegó a esta etapa superando significativamente a las otras dos variedades, aunque fue muy poca esa diferencia. Es importante señalar que se presentó un período de sequía que abarcó desde la etapa de prefloración hasta la formación de vainas según datos reportados por el INIFAP, (2012); biológicamente los tres genotipos estudiados tuvieron la misma tendencia de respuesta ante este factor limitante, y todos redujeron los días en llegar a madurez, esta expresión es común ante la falta de humedad ya que las plantas aceleran su ciclo cuando existen estas condiciones (Manjeru *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2009; Zilio *et al.*, 2013). La reducción en el número de días en llegar a madurez por lo general se observa cuando la sequía es prolongada durante la fase reproductiva y no existen condiciones favorables para la recuperación (Acosta-Díaz *et al.*, 2004).

Cuadro 1

Número de días después de la siembra en que ocurrió la floración y madurez fisiológica de tres genotipos de frijol. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo invierno-primavera 2012

Variedades	Número de días después de la siembra	
	Floración	Madurez fisiológica
N. Comapa	41.7 a	79.2 a
N. Jamapa	41.5 a	79.0 a
N. Michigan	39.2 b	77.0 b
Promedio	40.8	78.4
CV	2.20	1.02
DMS	1.5531	1.3355

El Cuadro 2 señala que no existieron diferencias entre los genotipos de frijol evaluados, ante la presencia de los hongos que provocaron la presencia de Mancha

angular (*Isariopsis griseola*) y la Mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*). Las regiones tropicales son las más favorables para la presencia de patógenos, pero son diversos los factores inciden en el desarrollo de los desórdenes fitopatológicos: como respuestas genotípicas diferentes, altas variaciones en temperatura, alta humedad relativa, densidad de siembra, manejo agronómico, etc. (CIAT, 1989; Araya, 2006); esto explica que aunque hubo altas temperaturas (25.01 °C), la humedad relativa no fue muy elevada (66.66 %), y esto provocó que las condiciones ambientales no fueron las adecuadas para el progreso de las enfermedades mencionadas (WWO, 2013);

Cuadro 2

Calificación con la escala de 1-5 de las enfermedades Mancha Angular y Mustia hilachosa en tres genotipos de frijol. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo invierno-primavera 2012

Variedades	Mancha angular	Mustia hilachosa
N. Comapa	1.8 a	1.3 a
N. Jamapa	2.6 a	1.7 a
N. Michigan	2.5 a	2.3 a
Promedio	2.3	1.7
CV (%)	16.37	43.36
DMS (0.05)	---	---

A pesar de que se disminuyó la producción debido a las condiciones limitantes de humedad que se presentaron en este ciclo, en esta localidad y en el año en que se estableció el ensayo (INIFAP, 2012; Rodríguez *et al.*, 2014), la variedad Negro Comapa superó significativamente en rendimiento a la variedad Jamapa y al cultivar Negro Michigan, esto coincide con lo señalado por López-Salinas *et al.*, (2010 y 2012) en el sentido del potencial de producción y buena adaptación de este genotipo (Cuadro 3). El cultivar Negro Michigan fue el que sufrió mayor reducción o acortamiento del período de llenado de grano y en estas condiciones presentó el menor rendimiento por hectárea. Llovieron 480 mm desde la siembra hasta la madurez sin embargo, hubo un período de baja humedad que abarcó desde la prefloración hasta la formación de vainas, y es en ésta etapa reproductiva cuando es más severa la reducción de la producción debida a las condiciones limitantes de humedad (Molina *et al.*, 2001; Rosales *et al.*, 2002)

Cuadro 3

Rendimiento (kg ha^{-1}) de tres genotipos de frijol. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo invierno-primavera 2012

Varietades	Rendimiento
N. Comapa	651.70 a
N. Jamapa	496.03 b
N. Michigan	399.70 b
Promedio	515.81
CV (%)	13.32
DMS (0.05)	118.87

La Figura 1, señala que 'Negro Comapa' tuvo estadísticamente la mayor capacidad y eficiencia en la producción de grano en ($1.36 \text{ g m}^2 \text{ día}^{-1}$), superando a la variedad Jamapa ($1.04 \text{ g m}^2 \text{ día}^{-1}$) y al cultivar Negro Michigan ($0.85 \text{ g m}^2 \text{ día}^{-1}$), a pesar del bajo rendimiento ocasionado por la falta de humedad, esto refleja una alta eficiencia fisiológica y una buena distribución de asimilados hacia la semilla en la primera variedad mencionada (Escalante y Kohashi-Shibata 1993; Kelly *et al.*, 1998; Klaedtke *et al.*, 2012).

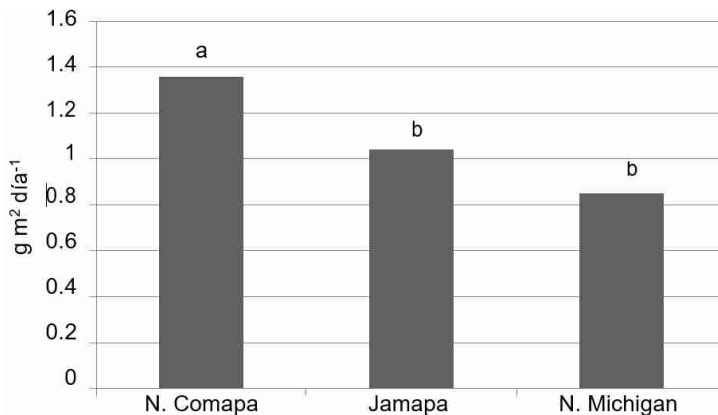


Figura 1. Eficiencia en la producción de grano ($\text{g m}^2 \text{ día}^{-1}$) de tres genotipos de frijol en el Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo invierno-primavera 2012

CONCLUSIONES

La variedad Negro Comapa presentó el mayor rendimiento ha⁻¹, la mayor eficiencia en la producción de grano en g m² día⁻¹ y aceptable comportamiento fenológico.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Díaz, E., C. Trejo, L. Ruiz, S. Padilla y J. Acosta. 2004. Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *TERRA Latinoamericana*. 22 (1): 49-58.
- Acosta-Gallegos J. A., R. Rosales-Serna, R. Navarrete-Maya y E. López-Salinas. 2000. Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agricultura Técnica en México*. 26 (1): 79-98.
- Acosta-Gallegos, J. A. and J. Kohashi S. 1989. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Field Crops Research*. 20:81-93.
- Araya F. C. y J. C. Hernández F. 2006. Guía para la identificación de enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Ministerio de Agricultura (MAG). San José, Costa Rica. 44 p.
- Becerra N. López-Salinas E. y Acosta-G- J. A. 1995. Resistencia genética y control químico de la roya del frijol en el trópico húmedo de México. *Agronomía Mesoamericana*. 6: 61-67.
- Cárdenas R. F. A. y Velo G. 1965. Jamapa una variedad de frijol mejorada para el trópico. In 3^a Reunión del Proyecto Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de frijol. Antigua. Guatemala. 1964. Informe Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. p 35-38 (Publicación Miscelánea No. 22).
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1989. Problemas de producción de frijol. Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. Howard F. Schwartz y Guillermo E. Gálvez (eds). Cali, Colombia, CIAT. 424 p.
- Escalante, J. A. y J. Kohashi-Shibata 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.

-
- Guzmán-Tovar I., E. Almanza-Aguilera, J. A. Acosta-Gallegos y S. H. Guzmán-Maldonado. 2009. Estudio comparativo de características de calidad entre genotipos de frijol de grano negro. *Agricultura Técnica en México*. 35 (4): 446-454.
- Kelly J., J. Kolkman and K. Schneider. 1998. Breeding for yield in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Euphytica* 102(3): 343-356.
- Klaedtke, S., C. Cajiao, M. Grajales, J. Polanía, G. Borrero, A. Guerrero, M. Rivera, I. Rao, S. E. Beebe and J. León. 2012. Photosynthate remobilization capacity from drought-adapted common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines can improve yield potential of interspecific populations within the secondary gene pool. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* Vol. 4(4): 49-61.
- López Salinas E., O. H. Tosquy-Valle, B. Villar-Sánchez, J. R. Rodríguez-Rodríguez, F. J. Ugalde-Acosta, A. Morales-Rivera y J. A. Acosta-Gallegos. 2010. Negro Comapa, nueva variedad de frijol para el estado de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1 (5): 715-721.
- López- Salinas E.; Becerra, L. E. N.; Cano, R. O. y López, G. V. O. 2002. Detección de líneas y variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con resistencia múltiple a enfermedades en el trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 20(2):193-199.
- López-Salinas, E., Ó. H. Tosquy-Valle, Y. Jiménez-Hernández, R. A. Salinas, B. Villar-Sánchez y Jorge A. Acosta- Gallegos. 2012. Rendimiento y adaptación de la variedad de frijol 'Negro Comapa' en dos regiones de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 35 (4): 309-315
- Manjeru, P., T. Madanzi, B. Makeredza, A. Nciizah and M. Sithole. 2007. Effect of water stress at different growth stages on components and grain yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *African Crop Science Conference Proceedings*. 8:299-303.
- Molina, J., V. Moda-Cirino, N. da Silva, R. Teixeira and D. Destro. 2001. Response of common bean cultivars and lines to water stress. *Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas. Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 1 (4): 363-372.
- Rodríguez, O., O. Chaveco, R. Ortiz, M. Ponce, H. Ríos, S. Miranda, O. Días, Y. Portelles, R. Torres y L. Cedeño. 2009. Evaluación del comportamiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequía, en condiciones de riego y sin riego, e incidencia de enfermedades. *Temas de Ciencia y Tecnología*. 13(39): 19 - 30

-
- Rodríguez-Rodríguez J. R., E. López-Salinas y O. H. Tosquy-Valle. 2014. Efecto del déficit hídrico en el rendimiento de frijol negro en el norte de Veracruz, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2(3): 307-311.
- Rodríguez-Rodríguez J. R. 1998. Desarrollo y producción de frijol en Tlapacoyan, Ver. p 168-170. *In: Memoria de la XI Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria. Veracruz, Ver. México.*
- Rosales-Serna R., J. Kohashi, J. Acosta, C. Trejo, J. Ortíz-Cereceres and J. Kelly. 2002. Yield and phenological adjustment in four drought-stressed common bean cultivars. *Bean Improvement Cooperative*. 45:198-199.
- Yoshii, O. K. 1981. Enfermedades del cultivo de frijol en el sureste de México. IX Simposium Nacional de Parasitología Agrícola (IAP). 15-17 de Octubre, Mazatlán, Sin., Mex. p 52-74.
- Zilio, M., C. Arruda, C. M. Medeiros, D. Miquelluti and A. Ferreira. 2013. Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 35(1): 21-30.

Referencias informáticas

- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2012. Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. Estado de Veracruz. Estación Campo Experimental Ixtacuaco. Municipio de Tlapacoyan. <http://www.inifap.gob.mx>; (consultado el 8 de agosto de 2012).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Cierre de la producción agrícola por cultivo. *Producción Nacional Anual del Cultivo del Frijol*. <http://www.siap.gob.mx>; (consultado mayo 6 de 2015).
- WVO (World Weather Online). 2013. Martínez de la Torre Historical Weather, México. <http://www.worldweatheronline.com> (consultado abril 13 de 2015).

CONTENIDO DE MAGNESIO EN MAÍZ Y RELACIÓN Ca:Mg:K EN SUELOS DE QUINTANA ROO, MÉXICO

MAGNESIUM CONTENT IN CORN AND RELATIONSHIP Ca: Mg:K IN SOIL OF QUINTANA ROO, MEXICO

¹Ramírez Silva J.H.*, ¹Aguilar Duarte Y., ¹Cano González A.

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

RESUMEN

Este trabajo contribuye al conocimiento sobre las deficiencias de Mg en suelos de origen calcáreo al evaluar el grado de deficiencia/suficiencia de Magnesio en plantas de maíz de ocho lotes comerciales con diferentes suelos. El contenido en follaje se comparó con los contenidos de Mg en el suelo y se midió su dependencia con otros atributos edáficos tales como pH, Ca, K y con las relaciones Ca/Mg, Ca/k, Mg/k y Ca+Mg/K por posibles antagonismos. El 87.5 % de las localidades tienen suficiencias y hasta excesos de Mg, en el suelo, pero solamente el 37.5 % presenta suficiencia de Mg en hojas por lo que el $R^2=0.0033$. Existe una relación inversamente proporcional entre el contenido de Mg en la planta con el pH y el K intercambiable del suelo. El 62.5 % de los suelos demostraron tener una relación Mg/K debajo de la referencia de 2.5-15. Solamente los V de Nicolás Bravo y Emiliano Zapata, así como el LV cro de Álvaro Obregón se encuentran dentro del rango aceptable de Mg/K. El Coeficiente de Determinación mas alto ($R^2=0.61$) se encontró con el Ph seguido con el de Mg/k ($R^2=0.51$) y Ca/Mg ($R^2=0.48$), siendo K el principal antagonista. En regresión múltiple se encontró que el Mg en la planta se explica mejor con la combinación Ph-Mg/K con un R^2 es de 0.82.

Palabras clave: Deficiencias, antagonismo, suelos calcáreos.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es común encontrar, en la diversidad de los sistemas de producción de maíz de la Península de Yucatán (PY), síntomas de deficiencias de Magnesio (Mg); un elemento esencial secundario que, por lo general, pasa desapercibido para técnicos y productores de la región debido a que en forma tradicional nuestro interés se ha enfocado en los elementos esenciales primarios Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Sobre este tema Summers-Rivero, (2000) comenta que el resto de los elementos, diferentes de N, P y K, que antes se encontraban en cantidades suficientes, han sufrido reducciones considerables como consecuencia de las continuas extracciones, siendo hoy frecuente encontrar síntomas de deficiencias. Este mismo autor hace referencia a la función básica del Mg en la fisiología vegetal al ocupar una posición central en la molécula de la clorofila; por lo que su adecuado suministro puede intensificar claramente la actividad fotosintética de las hojas.

En el estado de Quintana Roo no se han documentado, para muchos cultivos incluyendo maíz, deficiencias de Mg tanto en planta como suelo. Sin embargo experiencias de campo indican que el cultivo de maíz sufre de deficiencias sin conocerse aun el grado de severidad del problema.

La hipótesis de este trabajo se enfoca a que las deficiencias de Mg pueden estar ligadas a su baja disponibilidad en el suelo y/o que debido a los altos contenidos de Calcio (Ca) y Potasio (K), típicos de la región Karstica carbonatada de la PY, induzcan a un proceso antagónico donde estos elementos, solos o en conjunto, no permiten la entrada del Mg a la planta. Por lo que este trabajo tiene como objetivo contribuir al conocimiento sobre las deficiencias de Mg en suelos de origen calcáreo al evaluar el grado de deficiencia/suficiencia de Magnesio en plantas de maíz midiendo su dependencia con atributos del suelo como el pH, Ca, Mg, K y las relaciones: Ca/Mg, Ca/K, Mg/K y Ca+Mg/K.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de Muestreo. Para este estudio se consideraron 8 localidades: 2 (Nicolas Bravo y Emiliano Zapata) ubicadas en suelo *Vertisol (VR)* (ak'alche), 1 (Puerto Arturo) en *Luvisol rodico (LV ro)* (kancab), 3 (Álvaro Obregón, Juan Sarabia 1 y Salamanca) en *Luvisol cromico (LV cr)* (yaax-hom), 1 (Juan Sarabia 2) en *Luvisol rendzico (LVrz)* y 1 (Xul Ha) *Leptosol rendzico (LPrz)* todos cultivados con

maíz híbrido durante el ciclo primavera-verano 2013/2013 en unidades compactas de producción de 10 hectáreas. Las localidades se ubicaron en los municipios de Othón P. Blanco, Bacalar, José María Morelos y Felipe Carrillo Puerto; los dos primeros municipios se sitúan en el sur de la entidad y los otros en el centro del estado.

Muestras de suelo. Se tomaron en cada localidad 9 muestras individuales del primer horizonte, ubicando los puntos de muestreo de acuerdo al método bidimensional sistematizado; considerando un primer punto georeferenciado de donde se ubicaron los otros 8 puntos con distancias y rumbos preestablecidos. Las muestras de un kg cada fueron enviadas al laboratorio de suelos del Campo Experimental Edzná del estado de Campeche donde se analizó el contenido de Ca, Mg y K extraídos con Acetato de Amonio y leídos con Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Los resultados para Mg, en el suelo, se reportaron en ppm y las relaciones Ca/Mg, Ca/K, Mg/K y Ca+Mg/K en meq/100gr. El contenido de Mg se comparó con los rangos de suficiencia (200-500ppm) reportados por Laboratorios Phytomonitor, (2005) y las relaciones Ca:Mg:K con información consignada por literatura (Molina, E. y Meléndez, G. 2002.). La información se sometió a un Análisis de Varianza comparando medias con el procedimiento de Fisher; considerando a las localidades y sus respectivos tipos de suelo como tratamientos (8) y los 9 puntos de muestreo como repeticiones..

Muestras foliares. Se tomaron 30 hojas de maíz en cada localidad, para hacer una muestra compuesta, durante la etapa reproductiva, considerando plantas ubicadas en cada punto donde se muestreo el suelo. La muestra foliar se tomó de las hojas opuestas a la mazorca, fueron secadas en estufa a 65°C durante 36 horas para después molerlas y analizar el contenido de Mg en %. Este resultado se comparó con rangos de suficiencia (0.2-1%) reportados por la literatura (Phytomonitor, 2015). Mediante un análisis de regresión, simple y múltiple, se midió la dependencia del contenido de Mg en el follaje con el contenido de Mg en suelo, y otros atributos el suelo como: pH, Ca, K, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K y Ca+Mg/K.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico del suelo. El análisis de varianza realizado para localidades y suelos muestra diferencias altamente significativas como se precia en el Cuadro

1. En el Cuadro 2 se consignan los resultados promedio de Mg (ppm) encontrados en suelos de la 8 localidades estudiadas. La información indica que el Mg varía de 179.76 ppm en un suelo LVro, de color rojo con arcilla Kaolinita tipo 1:1 hasta 758.96 ppm en un VR de color gris con arcilla Montmorillonita tipo 2:1. En el mismo cuadro se observan 5 grupos de localidades estadísticamente iguales; sobresaliendo en un primer grupo Puerto Arturo y Xul Ha con suelos contrastantes LVro y LPrz respectivamente. Estos dos suelos aun cuando son estadísticamente iguales son diferentes cuando se comparan con los rangos de suficiencia de 200 a 500 ppm reportado en las referencias (Phytomonitor, 2015); siendo el primer suelo (LVro) deficiente y el segundo (VR) suficiente como se indica en color rojo y verde respectivamente.

Cuadro 1

Análisis de Varianza para contenidos de Mg (ppm) en suelos dedicados a maíz comercial en 8 localidades del estado de Quintana Roo México. Ciclo P-V 2013/2013

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	P
Entre Localidades	2.14E+06	7	305484	19.43	0.000
Dentro Localidades	1.01E+06	64	15719.7		
Total	3.14E+06	71			

Por otra parte, existen otros grupos estadísticamente iguales conformados por: Álvaro Obregón-Salamanca ambos con suelos LVcr; Juan Sarabia 2 (LVrz)-Juan Sarabia 1 (LVcr); Emiliano Zapata (VR) y Nicolás Bravo (VR). Sobresale Nicolás Bravo con suelos VR por tener 50 % más que el máximo permisible de 500 ppm reportado en los rangos de suficiencia e indicado en morado en el cuadro 1. Todas las demás localidades y suelos se encuentran dentro del rango de suficiencia indicado en verde en el mismo cuadro. EL 87.5 % de las localidades (8) muestran tener contenidos entre suficientes (6) y excesos (1) de Mg.

Cuadro 2

Contenido de Mg (ppm) en suelos dedicados a maíz comercial en el estado de Quintana Roo México. Ciclo P-V 2013/2013.

Localidad	Media	Deficiencia en suelo
Puerto Arturo. (LV ro)	179.76 a	DD Deficiente
Xul-Ha. (LP rz)	204.31 a	
Alvaro Obregon. (LV cr)	283.02 ab	
Salamanca. (LV cr)	296.21 ab	Suficiente
Juan Sarabia 2. (LV rz)	389.92 bc	
Juan Sarabia. (LVcr)	394.83 bc	
Emiliano Zapata. (VR)	463.01 d	
Nicolas Bravo. (VR)	758.96 e	Exceso

Nota: Media con la misma letra significa que son estadísticamente iguales.

Análisis foliar. En el Cuadro 2 se observa que solamente el 37.5 % de las localidades presentan contenidos suficientes de Mg en hojas de maíz y que el restante 62.5 % tienen deficiencias de este elemento cuando se considera 0.2-1.0 % como rango de suficiencia. Estos resultados muestran poca dependencia con los valores de Mg en el suelo, consignados en el Cuadro 1 donde se ha comentado que el 87.5 % de las localidades tienen suficiencia y hasta exceso nutrimental. Por lo que se infiere que existen otros factores que están influyendo en la entrada de Mg a la planta debido a que el suelo tiene contenidos adecuados. Los suelos que presentan suficiencia nutrimental son el LVro y LVcr de Puerto Arturo y Álvaro Obregón aun cuando en el suelo solamente Álvaro Obregón mostró tener contenidos suficientes de abastecimiento.

Cuadro 3

Contenido de Mg (ppm) en hojas de maíz comercial en diferentes suelos y localidades del estado de Quintana Roo México. Ciclo P-V 2013/2013

Localidad	Media	Deficiencia en Planta
Puerto Arturo. (LVro)	0.21	Suficiente
Xul-Ha. (LPrz)	0.11	Deficiente
Álvaro Obregón. (LVcr)	0.36	
Salamanca. (LVcr)	0.13	
Juan Sarabia 2. (LVrz)	0.15	
Juan Sarabia. (LVcr)	0.09	
Emiliano Zapata. (VR)	0.12	

Contenido de Mg en hoja de Maíz.vs. Atributos del suelo. En los Cuadros 4 y 5 se observan los diferentes Coeficientes de Determinación (R^2) considerando al Mg en la planta como Variable Dependiente (Y) y los atributos del suelo pH, Ca, Mg, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K y Ca+Mg/K como Variables Independientes (X). No existe relación alguna entre el Mg en la planta y el Mg en suelo con una R^2 muy baja de 0.0035; siendo la relación con el pH la que explica mejor el contenido de Mg en la planta, con un R^2 de 0.61 seguido de 0.51 para Mg/K y 0.48, 0.47, 0.45, 0.07 y 0.04 para Ca/Mg, K, Ca, Ca+Mg/K y Ca/K respectivamente. En las Figuras 1 A y B podemos observar la relación de Mg en hojas con el pH y con la relación Mg/K del suelo; él 62.5 % de los suelos demostraron tener una relación Mg/K debajo de la referencia de 2.5-15 (Cuadro 5) reportado por Molina y Meléndez, (2002). Solamente los VR de Nicolás Bravo y Emiliano Zapata, así como el LVcr de Álvaro Obregón se encuentran dentro del rango aceptable de Mg/K.

Al considerar una combinación de variables para una regresión múltiple se encontró que la relación pH-Mg/K explica mejor los contenidos de Mg en la planta con una R^2 de 0.82 (Fig. 2). Resultados semejantes mencionan Doll y Lucas, (1971) al referirse a los trabajos de Salmón, (1964) quienes encontraron una pobre correlación entre el porcentaje de Mg en la planta y el Mg intercambiable del suelo y que la variación en la planta esta mas asociada con el pH y al K intercambiable.

Cuadro 4

Coefficientes de Determinación (R^2) para contenido de Mg (%) en hojas de maíz como variable dependiente (Y) y atributos del suelo (ppm) como variables independientes (X) en diferentes suelos de Quintana Roo México. Ciclo P-V 2013/2013

SUELO	Y (%Mg hoja)	X1 (ppm Mg)	X2 (pH)	X3 (ppm Ca)	X4 (ppm K)
VR	0.20	758.97	7.03	574.57	6661.39
VR	0.12	463.01	7.93	338.04	7453.61
LVro	0.21	179.75	6.86	537.86	1708.81
LVcr	0.36	283.02	6.75	123.08	1780.69
LVcr	0.13	296.19	7.73	870.5	6269.72
LVcr	0.09	394.81	7.36	800.03	4854.17
LVrz	0.15	389.92	7.61	1106.44	6901.39
LPrz	0.11	204.31	7.54	862.28	5391.63
R^2		0.0035	0.61	0.45	0.47

Cuadro 5

Coefficientes de Determinación (R^2) para contenido de Mg (%) en hojas de maíz como variable dependiente (Y) y las relaciones Ca:Mg:K (meq/100gr) del suelo como variables independientes (X) en diferentes suelos de Quintana Roo México. Ciclo P-V 2013/2013

SUELO	(%Mg hoja) Y	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
		X5 (meq/100 gr.)	X6 (meq/100 gr.)	X7 (meq/100 gr.)	X8 (meq/100 gr.)
VR	0.2	5.49	22.97	4.32	37.63
VR	0.12	11.31	45.08	4.86	42.13
LVro	0.21	5.89	6.45	1.11	9.65
LVcro	0.36	3.84	28.96	7.55	16.45
LVcro	0.13	13.89	14.51	1.16	32.51
LVcro	0.09	7.8	14.99	1.90	26.17
LVrz	0.15	12.73	13.75	1.23	35.74
LPrz	0.11	16.99	12.57	0.77	27.73
R^2		0.48	0.04	0.51	0.07

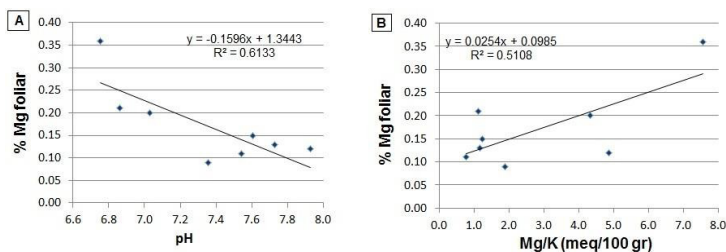


Figura 1. Relación entre propiedades edáficas y el contenido de Mg en hojas de maíz, A) pH edáfico versus % Mg foliar y B) Mg/K edáfico versus % Mg foliar.

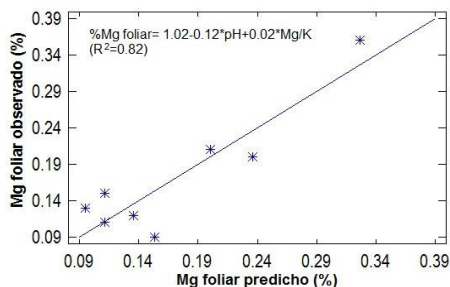


Figura 2. Validación cruzada de la absorción de Mg en hojas de maíz con la relación

CONCLUSIONES

El 87.5 % de las localidades tienen contenidos entre suficientes y excesos de Mg en el suelo pero solamente el 37.5 % presenta suficiencia de Mg en hojas por lo que el $R^2=0.0033$. Existe una relación inversamente proporcional entre el contenido de Mg en la planta con el pH y el K intercambiable del suelo. El 62.5 % de los suelos demostraron tener una relación Mg/K debajo de la referencia de 2.5-15. Solamente los VR de Nicolás Bravo y Emiliano Zapata, así como el LVcr de Álvaro Obregón se encuentran dentro del rango aceptable de Mg/K. El coeficiente de determinación más alto ($R^2=0.61$) se encontró con el pH seguido del de Mg/K ($R^2=0.51$) y Ca/Mg ($R^2=0.48$). En regresión múltiple se encontró que la mejor relación del Mg en la planta se explica con la combinación pH-Mg/K con un R^2 de 0.82. Es importante generar nuevas líneas de investigación para los suelos de la PY que permitan elucidar mejor la dinámica del Mg en una relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera.

LITERATURA CITADA

- Doll, E.C. and Lucas, R. E. 1973. Testing Soils for Potassium, Calcium, and Magnesium. p(133-151).In: Walsh L.M. and Beaton J.D. 1973. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin USA. 491 p.
- Molina, E. y Meléndez, G. 2002. Tabla de interpretación de análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Mimeo.
- Phytomonitor. 2015. Análisis de Fertilidad de suelos y niveles de suficiencia. Reportes de Laboratorio. Culiacán Sinaloa.

Referencias informáticas

- Summers-Rivero, P. 2000. Importancia del magnesio y el azufre en una fertilización equilibrada. En: <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaIntAgronomia/fertiberia.pdf> (consultado el 12 de junio de 2015).

IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS DIAZOTRÓFICAS Y HONGOS CON ACTIVIDAD CLOROFILICA EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* L. Merr.) EN CASA DE MALLA EN VERACRUZ, MÉXICO

Durán PA¹, Vásquez HA¹, Becerra Leor EN¹ Ángeles NJG², Grageda COA²

¹INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Km. 34.5 Carretera Fed. Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Ver., México. ²INIFAP. Campo Experimental Bajío-INIFAP. Km. 6 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Gto., México.
Contacto: *durán.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El experimento se realizó en el Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP, durante los meses de julio a noviembre de 2014. Los objetivos del trabajo fueron disminuir la fertilización química de la soya en al menos un 30 % de la recomendada, complementada con la inoculación de la semilla con cepas de bacterias diazotróficas y hongos con actividad clorofilica a base de *Ranhellia* sp., *Enterobacter* spp. y *Trichoderma* spp., en condiciones de casa de malla. Se sembró la variedad Huasteca 200, colocando tres semillas por maceta de plástico con 6.0 kilogramos de sustrato a base de suelo agrícola virgen y lombricomposta en relación 1:1, se regaron previo a la siembra con 150 ml de agua por maceta para que tuvieran buena humedad al momento de sembrar. En total se evaluaron nueve tratamientos de los cuales cuatro fueron inoculados con microorganismos y el 70 % de la fertilización química (F. Q.), los otros cinco fueron testigos sin inoculación y con el 70 % de la F. Q.; con el 70 % de P₂O₅ sin N (00-28-00), con 70 % de N sin fósforo (42-00-00), el fertilizado 100 % (60-40-00) y el testigo absoluto (00-00-00). Se utilizó un diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones. El contenido de clorofila en hojas desarrolladas de soya fue determinado con el medidor SPAD Minolta, y se realizaron a partir de los 14 días después de la siembra (DDS), indicaron que solo a los 14 DDS hubo diferencias altamente significativas ($\alpha = 0.01$) entre tratamientos siendo el tratamiento 3 (INI SA-03) con mayor contenido de 35.96 y a los 35 DDS 43.28 siendo superior en la primer etapa al trat. 1 INI SA-01 en 9.1% y a los 35 DDS en 6.2 % sobre el trat. 2 INIA SA-02. A los 63 y 70 DDS, el trat. 3 INI SA-03 supero al menor valor que lo obtuvo el trat. 5 testigo 42-28-00 en 23.4 % y 26.1 % respectivamente. A

los 21 y 56 DDS el mejor tratamiento fue el trat. 2 INI SA-02, superando al trat. 1 INI SA-01 y trat. 4 INI SA-04 en 13.1 % y 9.3 % respectivamente. A los 28 y 49 DDS el más alto valor lo registró el trat. 9 (42-00-00) con 42.34 y superó en ambas etapas al trat. 5 (42-28-00) en 9.3 % y 4.9 % respectivamente. Solo a los 42 DDS el trat. 7 00-00-00 fue el mayor registro de unidades SPAD (45.13) superando al trat. 1 INI SA-01 en 3.0 %. En la última lectura a los 77 DDS el trat. 1 INI SA-01 registró 40.28 unidades SPAD, superando en 11.0 % al trat. 2 INI SA-02.

Palabras clave: *Glycine max* L. Merrill; *RanHELLia* sp., *Enterobacter* spp. y *Trichoderma* spp., índice SPAD, N-P-K foliar, fertilización química.

INTRODUCCIÓN

La soya es uno de los cultivos más importantes del mundo, debido a su amplio uso en la alimentación humana y animal, y en la fabricación de productos industriales. México es un país importador de soya (3.612 millones de ton anuales) que representan US \$1,913.77 millones de dólares, ya que la producción nacional de esta leguminosa no es suficiente para cubrir la demanda interna del sector pecuario y de la industria aceitera. En 2013, la superficie cosechada fue de 157,000 hectáreas en donde se obtuvo una producción de 239,248 toneladas, que corresponde a un rendimiento promedio de 1.5 toneladas/hectárea (SAGARPA, 2014). El precio medio rural fue de \$6,307.00 por tonelada, y el valor de la producción de \$1,509'000,000.00. En México, las zonas productoras de soya se encuentran en los estados de Tamaulipas (117,730 t), San Luis Potosí (38,097 t), Campeche (33,025 t), Chiapas (29,048 t) y Veracruz (9,058 t). La soya crece y se desarrolla satisfactoriamente en una gran variedad de suelos, siendo los más apropiados los siguientes: suelos de vega de río, o que tienen de media a alta profundidad, buen drenaje y capacidad de retención de humedad, suelos de textura media a pesada con buena capacidad de retención de humedad y suelos arenosos arcillosos con un subsuelo más pesado que tengan de buena a media capacidad para retener humedad. Los mayores rendimientos se obtienen en suelos con un nivel de fertilidad medio a bueno, aunque esta planta ha demostrado producir cosechas rentables en suelos ácidos, donde otros cultivos no generan ganancias. En relación a la respuesta de la soya en México a la aplicación de microorganismos, esta planta se ve favorecida con la inoculación de bacterias fijadoras de N₂ atmosférico del género *Bradyrhizobium japonicum* (Durán *et al.*,

1993), así como a hongos micorrízicos *Glomus intraradices* (Maldonado *et al.*, 2013), existen otros microorganismos como las bacterias diazotróficas que pueden favorecer el crecimiento vegetal del cultivo de soya (Clavijo *et al.*, 2012). El INIFAP en la búsqueda de nuevos microorganismos benéficos en la agricultura, establece como objetivo del presente trabajo la identificación de bacterias diazotróficas y hongos para detectar los que promuevan una mayor capacidad de producir clorofila mediante la medición de su contenido en hojas de la planta durante el desarrollo del cultivo. Los medidores de clorofila pueden ser una valiosa herramienta para el manejo de nitrógeno de la producción de maíz de riego cuando se usa para evaluar el estado de nitrógeno en el cultivo en grandes planicies de riego (Blackmer y Shepers, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

El 21 de julio de 20014, en la localidad del Campo Experimental Cotaxtla, Mpio. de Medellín de Bravo, Ver., con la ubicación geográfica de 18° 50' Latitud Norte y 97° 43' Longitud Oeste, a una altitud de 14 metros sobre el nivel del mar, se realizó la siembra de un experimento en macetas de plástico (bolsas negras de vivero perforadas en la parte inferior) con capacidad de seis kilogramos llenadas con un sustrato a base de suelo agrícola virgen y lombricomposta en relación 1:1, se regaron previo a la siembra con 150 ml de agua por maceta para que tuvieran buena humedad al momento de sembrar se utilizó semilla de soya variedad Huasteca 200 (Maldonado y Ascencio, 2010), se trataron las semillas con biofertilizantes preparados en el Laboratorio de Biotecnología del Campo Experimental Bajío, de Celaya, Gto., perteneciente al INIFAP enviadas por el Dr. Juan Gabriel Ángeles Nuñez, de acuerdo a la lista de tratamiento de Cuadro 1.

Cuadro 1

Lista de tratamientos bacterias diazotróficas y hongos en soya Huasteca 200. P-V 2014. Casa malla del C. E. Cotaxtla

N° Trat.	Tratamiento (Bacteria y/o hongo)	Fertilizante químico (Kg/ha N-P-K)	F. Q. (%)
1	INI SA-01 <i>RanHELIA</i> sp.*	42-28-00	70
2	INI SA-02 <i>Enterobacter</i> spp.*	42-28-00	70
3	INI SA-03 <i>Trichoderma</i> spp.*	42-28-00	70
4	INI SA-04 <i>Trichoderma</i> spp.*	42-28-00	70
5	Testigo	42-28-00	70
6	Testigo	60-40-00	100
7	Testigo	00-00-00	70
8	Testigo	00-28-00	70
9	Testigo	42-00-00	70

*= Biofertilizantes comerciales proporcionados por el C. E. Bajío. INIFAP. Dosis 1.5 Kg/ha.

Después de la germinación se llevó a cabo un aclareo para dejar solamente dos plántulas por maceta. La variable cuantificada fueron las siguientes: Análisis foliar de N-P-K a inicio de floración a los 42 días después de la siembra (DDS) y registro de lectura del SPAD Minolta, cada 7 DDS (14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70 y 77 DDS), los datos se sometieron al análisis de varianza con SAS versión 9.2 y prueba de Tukey (0.05). El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones se establecieron nueve tratamientos. Se ocuparon un total de 6 kilos por maceta por 36 macetas= 234 kg de sustrato el cual fue mezclado en la relación (1:1) de suelo + Lombricomposta (*E. foetida*) a razón de 234 kg de cada uno. Se llenaron macetas de plástico negro y se regaron con 150 ml de agua para humedecer el sustrato antes de la siembra. Se sembraron el 21 de julio de 2014, tres semillas por maceta en tres hoyos equidistantes de manera circular depositando dos semillas por hoyo a 5 cm de profundidad tapando inmediatamente. La unidad experimental fue una maceta con dos plantas cada una. El sustrato tenía buen contenido de humedad y se regó en cuanto fue requerido el riego, se aplicaron de 200 a 300 ml por maceta y los riegos subsecuentes se realizaron cada tercer día o diario si así lo requiriera dependiendo de las condiciones de temperatura prevaleciente en la casa de malla. Se estableció un termómetro portátil dentro de la casa de malla para su registro de manera diaria a las 8:00 am y a las 12:00 pm. La variable principal que se midió fue el contenido de clorofila en hojas desarrolladas de soya determinadas con el medidor SPAD Minolta, y que se realizaron a partir de los 14 días después de la siembra (DDS) y se tomaron cada siete días hasta los 77 DDS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza de indicaron que solo a los 14 días después de la siembra (DDS) hubo diferencias altamente significativas ($\alpha = 0.01$) entre tratamientos siendo el tratamiento 3 (INI SA-03) con mayor contenido de 35.96, seguido por el tratamiento 1 (INI SA-01) con 35.37, el menor contenido lo reporta el tratamiento 9 (sin bacteria + 42-00-00) con 32.91, los análisis de varianza de las determinaciones realizadas a los 21, 28 y 35 DDS no detectaron diferencias entre tratamientos, cabe mencionar que el tratamiento 2, 9 y 3 fueron los tratamientos con los índices de clorofila más altos en esas tres etapas respectivamente con 39.34; 42.34 y 43.28 respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2

Lectura de SPAD de hojas de planta de soya huasteca 200 a los 7, 14, 21, 28 y 35 días después de la siembra (DDS) en respuesta a la aplicación de bacterias diazotróficas. Ciclo P-V 2014

N° Trat.	Tratamiento (Bacteria y/o hongo)	14 DDS	21 DDS	28 DDS	35 DDS
1	INI SA-01	35.37 a	34.77	39.57	42.32
2	INI SA-02	34.85 ab	39.34	40.23	39.81
3	INI SA-03	35.96 a	38.51	41.04	43.28
4	INI SA-04	34.79 ab	35.65	40.66	42.09
5	Testigo (42-28-00)	34.87 ab	35.97	38.73	40.37
6	60-40-00	34.60 ab	35.23	39.37	41.51
7	00-00-00	33.54 bc	35.18	40.38	41.88
8	00-28-00	34.82 ab	34.82	41.56	42.72
9	42-00-00	32.91 c	35.06	42.34	42.90
Media		34.63	36.05	40.43	41.87
C. V. (%)		4.57	7.51	3.91	4.51
DMS (0.05)		1.5855	--	--	--
Signif.		**	N.S.	N.S.	N.S.

El análisis de varianza del contenido de clorofila en hojas desarrolladas de soya que se realizaron a los 42, 49 y 56 días después de la siembra (DDS), a los 42 DDS no se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos, fue hasta los 63 DDS que el ANOVA, reportó diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre tratamientos siendo el tratamiento 3 (INI SA-03) el de mayor contenido de clorofila con 48.26, seguido por

el tratamiento 1 (INI SA-01) con 46.96, el menor contenido lo reporta el tratamiento 5 (testigo sin bacteria + 42-28-00) con 39.09, las lecturas realizadas a los 42, 49 y 56 DDS aunque el análisis de varianza no detectaron diferencias entre tratamientos, cabe mencionar que los tratamientos 7, 9 y 2 fueron los que contaron con los índices de clorofila más altos en esas tres etapas respectivamente con 45.13; 46.88 y 47.99 respectivamente. Los análisis de varianza a los 63 DDS encontraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el de mayor índice registrado el tratamiento 3 (INI SA-03) con 48.26 y el tratamiento con el menor índice fue el tratamiento 5 testigo sin bacteria y 42-28-00 de N-P-K con 39.09. (Cuadro 3 y Figura 1).

Cuadro 3

Lectura de SPAD de hojas de planta de soya Huasteca 200 a los 42, 49, 56 y 63 días después de la siembra (DDS) en respuesta a la aplicación de bacterias diazotróficas. Ciclo P-V 2014

Nº Trat.	Tratamiento (Bacteria y/o hongo)	42 DDS	49 DDS	56 DDS	63 DDS
1	INI SA-01	43.79	45.56	47.31	46.96 ab
2	INI SA-02	44.29	45.07	47.69	46.03 ab
3	INI SA-03	43.88	46.16	45.02	48.26 a
4	INI SA-04	43.96	46.13	43.70	46.61 ab
5	Testigo (42-28-00)	44.56	44.69	44.75	39.09 b
6	60-40-00	44.06	46.13	45.00	44.38 ab
7	00-00-00	45.13	46.76	44.92	44.77 ab
8	00-28-00	44.38	46.18	43.82	42.28 ab
9	42-00-00	44.92	46.88	45.07	43.62 ab
Media		44.33	45.95	45.25	44.66
C. V. (%)		2.91	4.28	11.11	7.59
Tukey (0.05)		--	--	--	8.1533
Signif.		N.S.	N.S.	N.S.	*

El análisis de varianza de las lecturas realizadas a los 70 y 77 DDS aunque no detectó diferencias entre tratamientos, cabe mencionar que el tratamiento 3 INI SA-03, 2 INI SA-02 y 1 INI SA-01 fueron los tratamientos con los índices de clorofila más altos a los 70 DDS con 43.76; 42.72 y 42.43 respectivamente, el menor índice lo reportó el tratamiento 5 testigo (42-28-00) con índice de 34.72. La última lectura realizada a los 77 DDS, aunque los valores de clorofila bajaron levemente en promedio de 40.81 a 37.43 en esta etapa el mejor el tratamiento lo fue el 1 INI SA-01 con 40.29 seguido

por el tratamiento 3 INI SA-03 con 40.16 el menor índice lo manifestó el trat. 4 INI SA-04 con 32.50 bajando en siete días 8.76 unidades representando una reducción de 21.26 %, cabe mencionar que los tratamientos también bajaron sus índices en cambio el tratamiento 5 testigo (42-28-00) elevó su índice en 1.72 % (Cuadro 4 y Figura 2). En esta misma etapa de floración (42 DDS) se tomaron muestras de tres hojas de soya del segundo tercer medio de la altura de la planta por tratamiento para determinar los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en % de base seca estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos del C. E. Cotaxtla y los resultados obtenidos muestran que el contenido de N foliar más alto lo obtuvo el tratamiento 1 INI SA-01 con 4.10 %, le siguieron los tratamientos 4 INI SA -04 y 2 INI SA -02 con 3.61 y 3.54 % respectivamente, el menor contenido lo reportó el tratamiento 7 00-00-00 con 2.58 % de N. El mayor contenido de fósforo lo reportó el tratamiento 9 42-00-00 con 0.34 % superior incluso al tratamiento 6 60-40-00 que obtuvo 0.21 %, los tratamientos 1 al 4 reportaron contenidos inferiores al 0.19%. En relación al contenido de potasio, el mayor contenido lo arrojó el tratamiento 6 60-400-00 con 2.26% de K, le siguieron con los más altos contenidos los tratamientos 1, 3, 2 y 4 con 1.87 %, 1.80 % 1.55 % y 1.36 % respectivamente, el menor contenido de K lo registró el tratamiento 8 00-28-00 con 1.00 % de potasio en hojas (Cuadro 5).

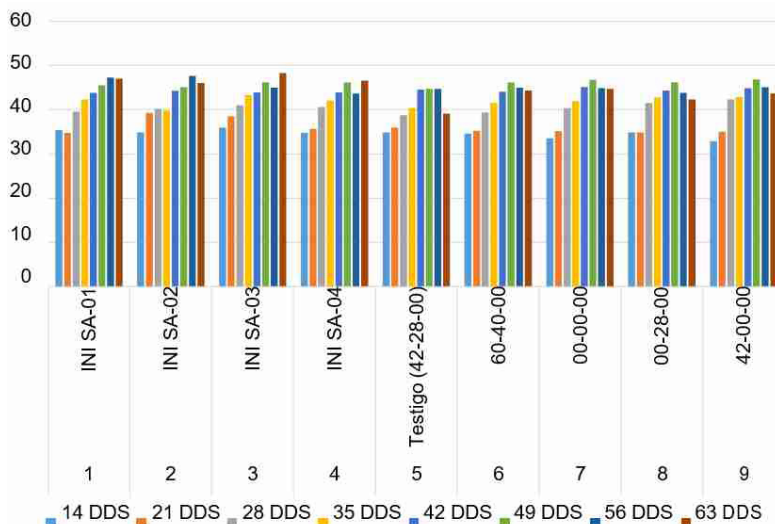


Figura 1. Lectura de índice SPAD en hojas de soya con bacterias diazotróficas a diferentes días después de la siembra (DDS). P-V 2014.

Cuadro 4

Lectura de SPAD de hojas de planta de soya Huasteca 200 a los 70 y 77 días después de la siembra (DDS) en respuesta a la aplicación de bacterias diazotróficas. Ciclo P-V 2014

N° Trat.	Tratamiento (Bacteria y/o hongo)	70 DDS	77 DDS
1	INI SA-01	42.43	40.29
2	INI SA-02	42.72	36.27
3	INI SA-03	43.76	40.16
4	INI SA-04	41.26	32.50
5	Testigo (42-28-00)	34.72	35.32
6	60-40-00	39.80	36.92
7	00-00-00	39.70	36.85
8	00-28-00	41.54	37.82
9	42-00-00	41.36	38.47
Media		40.81	37.43
C. V. (%)		8.73	12.01
Tukey (0.05)		--	--
Signif.		N.S.	N.S.

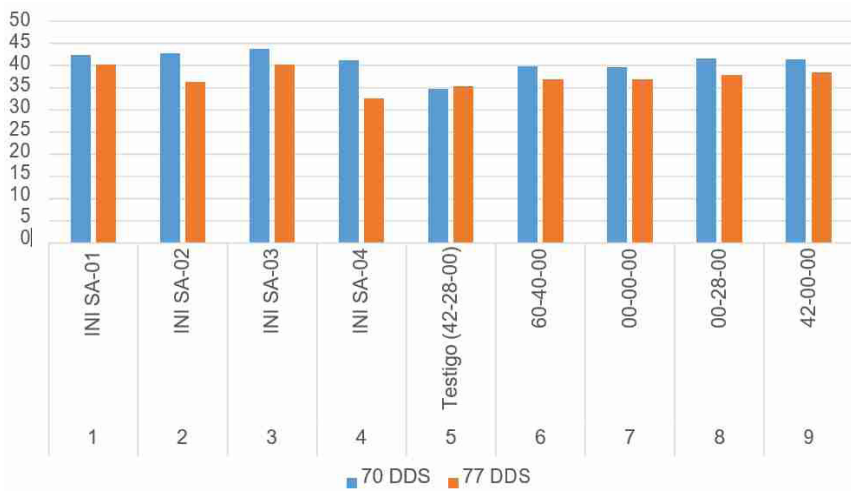


Figura 2: Lectura de SPAD en hojas de soya con bacterias diazotróficas a los 70 y 77 DDS. P-V 2014.

Cuadro 5
Análisis foliar de hojas de soya del experimento de bacterias diazotróficas

Tratamiento	% Base seca		
	N	P	K
T1. INI SA-01	4.10	0.13	1.87
T2. INI SA-02	3.54	0.18	1.55
T3. INI SA-03	3.19	0.15	1.80
T4. INI SA-04	3.61	0.16	1.36
T5. Testigo (42-28-00)	3.50	0.21	1.23
T6. 60-40-00	3.26	0.21	2.26
T7. 00-00-00	2.58	0.22	1.26
T8. 00-28-00	2.63	0.23	1.00
T9. 42-00-00	2.11	0.34	1.19

CONCLUSIONES

Con estos resultados se concluye que la soya en casa de malla, respondió favorablemente a los tratamientos a base de las bacterias diazotróficas INI SA-03 con el 70% de la fertilización química (42-28-00 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente) con mayor índice SPAD a los 14, 35, 63 y 70 días después de la siembra (DDS) y que puede tener un desarrollo similar o mejor comparado con los tratamientos 5 testigo (42-28-00) y 6 (60-40-00) sin rizobacterias en el índice SPAD estudiado.

Los resultados permiten sugerir que estas bacterias diazotróficas pueden ser utilizadas para ensayos a nivel de invernadero y posteriormente a nivel de campo como posibles promotores del crecimiento vegetal en soya y otros cultivos de interés económico.

LITERATURA CITADA

- Blackmer, T.M. y Schepers, J.S. 1995. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. J. Prod. Agric. 8:56-60.
- Clavijo, C., Chipana, V., Centeno, J., Zúñiga, D. y Guillén, C. 2012. Aislamiento, caracterización e identificación de bacterias diazotróficas de la rizósfera del cultivo de *Olea europea* "olivo" en Tacna Perú. Ecología Aplicada, 11: 89-102.

-
- Durán, A., Espinosa, J. y Cumpián, J. 1993. Varietal response of soybean cultivars to inoculation with selected strains of *Bradyrhizobium japonicum* in two locations of Veracruz-México. *In*: Palacios, R., Mora, J. Newton, W. E. (editors) *New Horizons in Nitrogen Fixation*. Kluwer Academic Publishers. p. 718.
- Durán-Prado, A., Tosquy-Valle, O.H. y López-Galván, V. 2007. Respuesta de variedades de soya a la inoculación con micorriza *Glomus intraradices* en Veracruz. *En*: Díaz-Franco, A, y N. Mayek-Pérez (editores). *La biofertilización como tecnología sustentable*. Plaza y Valdés. México. 196-199.
- Maldonado M.N. y Ascencio L. G. 2010. Huasteca 200, variedad de soya de baja sensibilidad al fotoperiodo corto para el trópico de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 1:707-714.
- Maldonado, M.N. y Ascencio, L.G., Espinosa, V.G. y Peña del Río, M.Á. 2013. Estrategias tecnológicas para contrarrestar la sequía en la producción de soya en el sur de Tamaulipas. *Campo Experimental Las Huastecas*. Centro de Investigación Regional del Noreste. INIFAP. SAGARPA. Villa Cuauhtémoc, Tam. Septiembre de 2013. Folleto técnico N° MX-0-310301-47-03-14-09-34. 65 p.
- SAGARPA, 2014. *Atlas Agroalimentario 2014*. SIAP. p. 126-127.

EVALUACIÓN DE SIETE TIPOS DE COMPOSTA DE MATERIA ORGÁNICA

EVALUATION OF SEVEN TYPES OF ORGANIC MATTER COMPOSTA

Hernández MC¹, Gómez RC¹, Aguilar AJC^{1*}

¹Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra. Carretera Teapa-Tacotalpa km 4.5 Francisco Javier Mina, Teapa, Tabasco.

Autor para correspondencia: Jcaguilar_81@hotmail.com

RESUMEN

La composta aerobia registra un incremento espontáneo en la temperatura que favorece la descomposición de la materia orgánica, elimina microorganismos patógenos y no libera olores (SEMARNAT, s.f.). El objetivo fue la elaboración de compostas de estiércol de bovino, estiércol de ovino, plátano banano, pinzote de plátano y cascarilla de palma de aceite, estos dos últimos adicionados con microorganismos eficaces (bacterias ácido lácticas y actinomicetos) con o sin harina de roca, almacenados en contenedores con el proceso de fermentación natural. In situ se determinó la temperatura, en laboratorio se evaluaron pH, humedad, conductividad eléctrica, nitrógeno, cenizas y materia orgánica. El tiempo de degradación fue de 11 semanas para determinar su efectividad y aportación de sustrato se sembró chile, tomate y cilantro, logrando con esto un crecimiento de 11.5, 12 y 10.6 cm respectivamente con la composta ovino, la cual apporto 1.015 % de N, en cambio la composta de bovino se obtuvo 11, 11.5 y 7.5 cm de altura. Se concluye que si es factible usar las compostas en la siembra de hortalizas.

Palabras claves: Germinación, harina de roca, maduración, microorganismos eficaces, sustrato.

INTRODUCCIÓN

El proceso de compostaje se puede definir como la oxidación biológica de residuos orgánicos en condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación,

realizado por microorganismos. Estos utilizan el carbono y nitrógeno disponibles en los residuos, liberando energía y produciendo a través de una serie de reacciones bioquímicas agua, dióxido de carbono, humus y sales minerales.

La fermentación natural, dura de 2 a 3 meses, y cada volteamiento se práctica cuando la temperatura aumenta de forma periódica, con objeto de conseguir la necesaria aireación que aporta el oxígeno responsables de la fermentación de los microorganismos (Castillo *et al.*, 2000).

Rodríguez y Córdova (2006) menciona que la producción y uso de la composta es una forma latente para comenzar y aprender cuestiones sobre el uso de materiales orgánicos reciclados para aumentar las propiedades fértiles del suelo. Como se generan residuos orgánicos como las hojas de los árboles (cocoite), estiércol de ganados bovinos y ovinos, cascaras de cítricos, plátanos en el Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra, se tomó la opción de elaborar siete tipos de compostas con la adición de restos de cacao, virutas, cenizas, hoja de tulipán, harina de roca, cascarillas de palma de aceite y tierra para obtener los minerales necesarios para la composta, además que se adicionó melaza y microorganismos eficaces. Ya que estos se desechaban al medio ambiente provocando la generación de malos olores, contaminación de fuentes de aguas, entre otros impactos ambientales.

El objetivo es la elaboración de compostas a partir de materias orgánicas e inorgánicas evaluando sus características nutritivas, para así determinar cuál es la más efectiva, en el crecimiento y el desarrollo de las plantas (hortalizas), dándoles un uso como abono orgánico para cultivos o contenedores de macetas (Birnbaum y Fogiel, 2004). Con esto se logra que los residuos orgánicos generados tengan un aprovechamiento adecuado fomentando a los alumnos de la carrera de ingeniería bioquímica y de agronomía el interés por el cuidado del medio ambiente. Además de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo como aireación, retención de humedad, estructura, suprimir patógenos y de este modo mejorar el crecimiento de las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó a 300 m del edificio F de la carrera de ingeniería en agronomía del Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra, ubicado en la carretera Teapa –Tacotalpa, km. 4.5, ejido Francisco Javier Mina a 2 km del puente

Río Puyacatengo, Teapa, Tabasco. Para la elaboración de las compostas se realizó los siguientes pasos:

- 1) Preparación del lugar:** El área que se utilizó para monitorear el compostaje fue de 106.4 m², (14 m de largo y 7.60 m de ancho) en donde se eliminó la maleza y se delimitó con alambre de púas (Figura 1).



Figura 1. Limpieza del lugar.

- 2) Construcción de los contenedores:** Se unieron 8 cajas de madera para formar 4 contenedores, dos de 50.5 x 32 x 61.5 cm y dos de 49 x 30.5 x 55.5 cm. Después se cubrió con malla mosquitera (Figura 2), en las primeras tres compostas se usó tres contenedores y para las otras cuatro compostas se compró dos cajas para formar una de 50.5 x 32 x 61.5 cm, y se reutilizó las tres cajas anteriores.



Figura 2. Construcción de contenedores.

- 3) Formulación de las compostas:** Se pesó con una báscula de gancho el estiércol de ovino contenido en baldes en el lugar de la recolección (Figura 3), los plátanos se tomó en el establo del área de agronomía, el estiércol de bovino se recolectó del Rancho enfrente de la institución (Cuadro 1). Para la composta de pinzote de plátanos, harina de roca y cascarillas de palma de aceite se transportaron de empresas cercanas al instituto (Cuadro 2).



Figura 3. Pesado del estiércol.

Cuadro 1

Formulación de las tres compostas

Composta de ovino	Cantidad (kg o L)	Composta de bovino	Cantidad (kg o L)	Composta de plátano	Cantidad (kg o L)
Estiércol	20	Estiércol	20	Plátanos bananos	14
Tierra negra	10	Tierra negra	10	Tierra negra	20
Viruta	5	Hojarasca seca	5	Cenizas	2
Naranja	5	Cascarilla de cacao	5	Hojas de cocoite	2
Melaza	0.600	Melaza	0.600	Melaza	0.600
Agua	5	Agua	5	Agua	5
		Hojas de tulipán	2		

Cuadro 2

Formulación de las cuatros compostas

Composta de pinzote	Cantidad (kg)	Cantidad (kg)	Composta de cascarilla de palma de aceite	Cantidad (kg)	Cantidad (kg)
Pinzote	15	15	Cascarilla de palma de aceite	15	15
Estiércol de borrego	5	5	Estiércol de borrego	5	5
Tierra	5	5	Tierra	5	1
Harina de roca	1	0	Harina de roca	1	0
Microorganismo eficaces al (65 %)	0.065	0.065	Microorganismo eficaces al (65 %)	0.065	0.065

4) Mezclado de las compostas: Primero se diluyó 600 ml de melaza con 5 L de agua. Para la composta de ovino se mezcló la mitad de los materiales con el estiércol de borrego, la naranja debe estar en pequeños trozos, luego se agregó la otra mitad hasta formar una mezcla homogénea y se dejó reposar por 10 min. Para la composta de bovino se agregó la mitad de la tierra negra, hojas de tulipanes, cascarillas de cacao y melaza, se mezcló, la otra mitad se agregó junto con las hojarascas secas, se homogenizó y se dejó reposar por 10 min. Para la composta de plátanos se trituró, se agregó la mitad de cenizas y de melaza, se revolvió y se agregó las materias primas restantes hasta tener una mezcla homogénea y se dejó reposar 10 min (Figura 4). Para la composta de pinzote se trituró, se agregó tierra, harina de roca, estiércol de borregos y microorganismos eficaces al 65 % mezclando homogéneamente. Para la otra composta de pinzote se realizó de la misma forma pero sin agregar harina de roca. Para la composta de cascarilla de palma de aceite se agregó tierra, estiércol de borrego, harina de rocas, y microorganismos eficaces al 65 % y para la otra composta de cascarilla de palma de aceite se mezcló de la misma forma, pero no se agregó la harina de roca.



Figura 4. Mezclado de las compostas.

5) Almacenamiento en contenedores: Las compostas se colocaron en los contenedores, en la parte de abajo tienen bolsas y se cubrió con otra bolsa la parte superior para evitar la entrada de agua al interior en caso de lluvia (Figura 5). Se volteó cada vez que había aumento de temperatura o cuando tenía humedad baja hasta llegar a la maduración la cual se comprueba al tomar un puñado en las manos y sentir olor a bosque, ver que se trata de una tierra de color negro o marrón oscuro, que mancha muy poco las manos porque no es muy húmeda y que no se reconoce nada de lo que se había depositado en el compostador.



Figura 5. Almacenamiento en contenedores.

6) Análisis fisicoquímicos: Para las tres primeras compostas se determinó in situ la temperatura dos veces al día cada semana y para las otras cuatro compostas dos veces por semana, introduciendo el termómetro hasta la mitad en la parte central de la composta por un tiempo de 5 minutos (Figura 6). En el laboratorio del suelo se determinó el pH y la conductividad eléctrica con el potenciómetro HANNA HI2211 (NMX-AA-21-RECNAT-2001 AS-02) y el conductímetro HANNA EC 215 (NOM-AA-021-RECNAT-2000 AS-18), para las tres compostas semanalmente, y para las otras cuatro compostas al inicio y final, en el laboratorio de química general se evaluó la humedad en la termo balanza (NMX-F-428-1982) y en el laboratorio de fisicoquímica se determinó al inicio y final de la composta el nitrógeno con el equipo de kjeldahl (NMX-F-068-S-1980), las cenizas en la mufla (NOM-021-RECNAT-2000 TMECC 05.07-A) y la materia orgánica por calcinación.



Figura 6. Análisis fisicoquímicos.

7) Prueba de germinación de las compostas obtenidas como sustrato:

Se comparó con una muestra testigo no comercial de 4 meses de haberse elaborado con 40 kg de estiércol de ovino, 10 kg de hojarascas secas, 10 kg de tierra negra y 650 ml de melaza. En el cual se sembró semillas de tomate y chile jalapeño en dos cajas de maderas de forma incontrolada agregando agua cada tercer día. Para la composta de bovino, ovino y plátano banano se colocó en tres charola de 54 cavidades (49 x 30.6 cm) dividiendo 18 cavidades para cada uno, en el cual se sembró 4 semillas de tomate y chile, y 10 semillas de cilantro, respectivamente (Figura 7). Se agregó 5 L de agua cada tercer día, se registró la germinación de la plántula (radícula y plúmula) y se midió el crecimiento desde el tallo hasta el nudo o base de la primera hoja. Para las compostas de pinzote con y sin harina de roca, y las compostas de cascarilla de palma de aceite con y sin harina de roca, se colocaron en 6 charolas de 54 cavidades, dividiendo en 24 cavidades para cada uno, en el cual se sembró 4 semillas de tomate, chile y cilantro. Agregando agua cada tercer día, se registró la germinación de la plántula (radícula y plúmula) y se midió el crecimiento desde el tallo hasta el nudo o base de la primera hoja.



Figura 7. Prueba de germinación de las compostas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se elaboró 40, 42, 38, 26.065 y 25.065 kg de composta de ovino, bovino, de plátanos bananos, de pinzote con y sin harina de roca y de cascarilla de palma de aceite con y sin harina de roca, que se colocaron en los contenedores, teniendo como resultado final 36, 39, 22.5, 26.065, 25.065, 26.065 y 25.065 kg, respectivamente, perdiendo así 3, 4 y 15.5 kg de materia orgánica durante la etapa de la degradación de las tres primeras compostas, esto se llevó en 11 semanas hasta obtener característica de color negro o marrón oscuro y con olor a tierra de bosque, además ya no se debe

reconocer los residuos iniciales, en cambio para otras cuatro composta solo se llevó 8 semanas. Con el proceso del volteo se mantuvo la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la composta.

En los análisis fisicoquímicos se obtuvo los siguientes resultados de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis (Cuadro 3).

Cuadro 3

Parámetros de las compostas según la NOM-021-SEMARNAT-2000

Tipo de Composta	Parámetros				
	pH (5.0 - 8.5)	CE (1 - 16 dS/m)	% H (40-60)	% N (0.05 - 0.25)	% Materia Orgánica (0.5 - 6)
Testigo	8.03	0.90	42.99	0.511	40.26
Ovino	7.82	1.41	44.96	1.02	39.31
Bovino	7.21	0.95	40	0.75	29.04
Plátanos	9.02	0.22	20.52	0.64	64.04
Pinzote con harina de roca	8.72	2.77	18.08	0.021	42.74
Pinzote sin harina de roca	8.68	1.762	16	0.042	37.63
Cascarilla de palma de aceite con harina de roca	7.95	5.13	16.86	0.46	23.73
Cascarilla de palma de aceite con harina de roca	7.42	7.41	18.04	0.44	21.89

La temperatura final para cada composta de ovino, bovino, de plátanos, de pinzote con y sin harina de roca, de cascarilla de palma de aceite con y sin harina de roca fueron de 25 °C, 24 °C, 23 °C, 27 °C, 29 °C, 27 °C y 29 °C respectivamente, llegando a una temperatura ambiente (Defrieri et al, 2005), las cenizas fue de 39.31, 29.04, 64.04, 42.74, 37.63, 23.73 y 21.89 % en base seca, por lo que se encuentra en el rango 20 – 50 % según la NOM-021-RECENAT-2000 TMECC 05.07-A.

Se colocó 10 kg de las compostas en cada charola obteniéndose la siguiente lectura de crecimiento de las plantas de chile, tomate y cilantro (Cuadro 4) para la tres primeras compostas. Las otras cuatro compostas no se pesó la cantidad solo se llenó las cavidades de las charolas para sembrar las mismas hortalizas.

Cuadro 4
Crecimiento de las plantas después de la germinación

Tipo de composta	Germinación (Días)			Altura (7 día, cm)			Altura (14 día, cm)		
	Chile	Tomate	Cilantro	Chile	Tomate	Cilantro	Chile	Tomate	Cilantro
Testigo	8	8	-----	7.7	8.6	-----	11.8	12.5	----
Ovino	8	8	8	5.5	6.5	5.5	11.5	12	10.6
Bovino	8	8	8	4	5.5	4	11	11.5	7.5
Plátanos	9	9	9	2	3	2	3.3	4.5	4

A los 26 días de desarrollo el tomate con la composta de cascarilla de palma de aceite con harina de roca tuvo un crecimiento de 8 cm y sin harina de roca 5 cm. Las demás hortalizas no presentaron crecimiento en las compostas de pinzote de plátano con y sin harina de roca.

CONCLUSIONES

Las compostas de plátanos, de pinzote con y sin harina de roca tuvieron un valor de % H de 20.25, 18.08 y 16, ya que la tierra es muy compacta por lo que tiene poca humedad, además presentó un pH de 9.02, 8.72 y 8.68 considerado así como fuertemente alcalino de acuerdo a la NMX-AA-021-RECNAT-2001 AS-02.

La composta de ovino y la de pinzote sin harina de roca tuvieron una conductividad eléctrica muy ligeramente salino y las compostas de bovino y plátanos efectos despreciables de la salinidad. La composta de pinzote con harina de roca fue moderadamente salina, y la de cascarilla de palma de aceite con y sin harina de roca tuvo valores de suelo salino.

Las compostas ovino, bovino, plátanos, testigo y de cascarilla de palma de aceite con y sin harina de roca presentaron valores de nitrógeno total muy altos, por lo que actúa como balance en el suelo.

Se pudo comprobar que la composta de ovino favorece el crecimiento de las plantas después de la germinación para las tres muestra de semillas que se sembró con esta formulación, seguida de la composta de bovino no siendo recomendable para el cilantro y la composta de plátanos bananos no es factible para ninguna de esta hortalizas.

LITERATURA CITADA

- Biernbaum, J. y Fogiel, A. (2004) Compost Production and Use Department of Horticulture, Michigan State University.
- Castillo A. E., Quarín S. H. E., Iglesias M. C. (2000) Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Agricultura Técnica Chile. 60:74-79.
- Defrieri, R. L., Jimenez, M. P., Efron D. y Palma M. (2005) Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de composteo. Agriscientia 22:25-31.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-021-RECNAT-2000 Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. DOF: 31/12/2002.
- Rodríguez, M. y Córdova, A. (2006) Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (s.f.). Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales. Op Cit., p. 51

CONTENIDO DE ZINC EN SUELOS Y PLANTAS DE MAIZ COMERCIAL EN QUINTANA ROO, MÉXICO.

ZINC CONTENT IN SOIL AND PLANTS COMMERCIAL CORN IN QUINTANA ROO, MEXICO.

¹Ramírez Silva J.H. *, ¹Aguilar Duarte Y., ¹Cano González A.

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

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

RESUMEN

El maíz es un cultivo que demanda cantidades importantes de Zinc (Zn), por lo que es muy probable que presente deficiencias de este elemento en los suelos de origen calcáreo de la Península de Yucatán donde la alcalinidad limita la disponibilidad de este elemento. Experiencias de campo demuestran que el maíz comercial sufre de deficiencias de Zinc pero no esta debidamente fundamentado. Por lo que se planteó el siguiente trabajo con el objeto de medir en suelo y planta el grado de deficiencia del elemento así como la dependencia que puede tener el estado nutricional con otros atributos del suelo. El 87.5% de los suelos presentan deficiencias de Zn, tanto en suelo como follaje, pero la correlación suelo-follaje es muy baja al obtener un R^2 de 0.44. Ningún atributo del suelo se correlacionó ampliamente con Zn del follaje. El R^2 con Ca fue de 0.25 mientras que el pH fue de 0.21.

Palabras clave: suelos calcáreos, deficiencias, microelementos, maíz.

INTRODUCCIÓN

Mucho se ha comentado que los suelos de la Península de Yucatán (PY), por ser de origen calcáreo, pueden tener limitantes químicas para el crecimiento óptimo de diferentes cultivos. Un tercio de los suelos del mundo son calcáreos (Adams,

1995) y suelen presentar mucho desorden de microelementos como el Zinc (Zn) debido a altas concentraciones de CO_3^{2-} y OH^- al formarse complejos de Zn de baja solubilidad. La disponibilidad de este elemento depende del pH y disminuye 100 veces por cada unidad de pH aumentada.

El maíz es un cultivo que demanda cantidades importantes de Zn, pero su importancia ha sido minimizada ante el interés cotidiano por los elementos primarios nitrógeno, fósforo y potasio. Es muy probable que las mas de 396 mil hectáreas sembradas con maíz en la PY, con rendimientos promedio muy bajos, de 1.3 Ton/ha (SIAP, 2013), tengan deficiencias de Zn aun poco fundamentadas.

El estado de Quintana Roo, en la PY, es una entidad con rendimientos de maíz de solo 0.89 Ton/ha; y aunque se han visualizado deficiencias de Zn en maíz, cultivado en diferentes suelos, es importante fundamentar la severidad del problema. En consecuencia este trabajo pretende medir en suelo y planta de maíz el grado de deficiencia de este elemento así como la dependencia que puede tener el grado nutricional con otros atributos del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de Muestreo. Para este estudio se consideraron 8 localidades: 2 (Nicolas Bravo y Emiliano Zapata) ubicadas en suelo Vertisol (VR) (ak'alche), 1 (Puerto Arturo) en Luvisol rodico (LVro) (kancab), 3 (Álvaro Obregón, Juan Sarabia 1 y Salamanca) en Luvisol cromico (LVcr) (yaax-hom), 1 (Juan Sarabia 2) en Luvisol rendzico (LVrz) y 1 (Xul Ha) Leptosol rendzico (LPrz) todos cultivados con maíz, de diferentes híbridos y compañías, durante el ciclo primavera-verano 2013/2013 en unidades compactas de producción de 10 hectáreas. Las localidades se ubicaron en los municipios de Othón P. Blanco, Bacalar, José María Morelos y Felipe Carrillo Puerto; los dos primeros municipios se sitúan en el sur de la entidad y los otros en el centro del estado.

Muestras de suelo. Se tomaron en cada localidad 9 muestras individuales del primer horizonte, ubicando los puntos de muestreo de acuerdo al método bidimensional sistematizado; considerando un primer punto georeferenciado de donde se ubicaron los otros 8 puntos con distancias y rumbos preestablecidos.

Las muestras de 1 kg fueron enviadas al laboratorio de suelos del Campo Experimental Edzná del estado de Campeche donde se analizo el contenido de Zn

en suelo por método de extracción DTPA y determinado con espectrofotómetro de absorción atómica. Los resultados en ppm se sometieron a un Análisis de Varianza con el programa Stat Advisor y las medias se compararon con la prueba de Fisher. Se consideraron a las localidades y sus respectivos tipos de suelo como tratamientos (8) y los 9 puntos de muestreo como repeticiones. Los resultados se compararon con las referencias reportadas por: Lindsay y Norvell, 1978 y Phytomonitor, 2015.

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 reportar el contenido de Zinc en por ciento (%). Este resultado se comparó con rangos de suficiencia reportados por la literatura (Phytomonitor, 2015, Ratto y Miguez, 2006). Mediante un análisis de regresión simple se midió la dependencia del contenido de Zn en el follaje con el contenido del suelo, y otros atributos importante del suelo como el pH.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico del suelo. En el Cuadro 1 se observa el ANVA para localidades mostrando diferencias altamente significativas entre y dentro localidades. En el Cuadro 2 se consignan los resultados promedio de Zn (ppm) encontrados en las 8 localidades estudiadas con sus respectivos suelos. La información indica que el Zn varía de 0.50 ppm en la localidad de Xul-Ha con suelos LPrz de mayor pedregosidad hasta 9.28 ppm en Juan Sarabia 2 con suelo LVrz. En el mismo cuadro se observan solamente 2 grupos de localidades estadísticamente iguales entre si; el grupo formado únicamente por Juan Sarabia 2 sobresale por su contenido extremo mas alto de Zn con 9.28 ppm. Esta clasificación estadística, en dos grupos, coincide ampliamente cuando se reclasifica nuevamente pero considerando el rango de suficiencia de 3 a 10 ppm sugerido por Phytomonitor, (2015). Los contenidos de Zn, de menor a mayor, fueron: 0.50, 0.61, 0.71, 0.97, 1.61, 1.83, 1.86 y 9.28 ppm para Xul-Ha (LPrz), Salamanca 2 (LVcr), Emiliano Zapata 2 (VR), Alvaro Obregon 2 (LVcr), Juan Sarabia (LVcr), Nicolas Bravo (VR), Puerto Arturo 2 (LVcr) y Juan Sarabia 2 (LVrz) respectivamente. Las 7 localidades indicadas en rojo (deficientes en Zn) marcan la diferencia con la indicada en verde (suficiente en Zn). Sin embargo

esas aseveraciones no coinciden al considerar otros rangos de suficiencia como los sugeridos por Lindsay y Norvell, (1978) de 0.8 ppm para maíz en suelos calcáreos y no calcáreos.

Análisis foliar. Se observa en el Cuadro 3 que el 87.5 % de las localidades (7) presentan deficiencias de Zn en hojas de maíz. Solamente Puerto Arturo con LVcr presenta contenidos de Zn arriba del límite crítico de 20 ppm sugerido por Ratto y Miguez, (2006) y también del rango establecido por Phytomonitor, (2015) de 25 a 100 ppm y de 25 a 150 ppm de Barbezan, (1998).

Cuadro 1

Análisis de Varianza para contenidos de Zn (ppm) en suelos dedicados a maíz comercial en 8 localidades del estado de Quintana Roo México. Ciclo P-V 2013/2013

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	P
Entre Localidades	538.636	7	76.948	14.03	0.00
Dentro Localidades	350.995	64	5.4843		
Total	889.631	71			

Cuadro 2

Contenido de Zn (ppm) en diferentes suelos y localidades dedicados a maíz comercial en el estado de Quintana Roo México. Ciclo P-V 2013/2013

Localidad	Media	Comparación de Medias	Deficiencia en suelo
Xul-Ha (LPrz)	0.50	A	
Salamanca 2 (LVcr)	0.61	A	DERD
Emiliano Zapata 2 (VR)	0.71	A	Deficiente DeD
Alvaro Obregon 2 (LVcr)	0.97	A	
Juan Sarabia (LVcr)	1.61	A	
Nicolas Bravo (VR)	1.83	A	
Puerto Arturo 2 (LVcr)	1.86	A	
Juan Sarabia 2 (LVrz)	9.28	B	Suficiente

Nota: Los valores se compararon con los rangos de suficiencia de Phytomonitor, (2015).

Cuadro 3

Contenido de Zn (ppm) en hojas de maíz comercial en diferentes suelos y localidades del estado de Quintana Roo México. Ciclo P-V 2013/2013

Localidad	Media	Deficiencia en Planta
Xul-Ha (LPrz)	12	
Salamanca 2 (LVcr)	10	
Emiliano Zapata 2 (VR)	13	Deficiente
Alvaro Obregon 2 (LVcr)	14	
Juan Sarabia (LVcr)	10	
Nicolas Bravo (VR)	14	
Puerto Arturo 2 (LVcr)	31	Suficiente
Juan Sarabia 2 (LVrz)	17	

Contenido de zinc en hoja de maíz vs. atributos del suelo. En el Cuadro 4 se observan los diferentes Coeficientes de Determinación (R^2) considerando al Zn en hojas de maíz como Variable Dependiente (Y) y los atributos del suelo: pH, Zn, Fe y Ca como Variables Independientes (X). No existe relación alguna entre el Zn en hojas con el Zn en el suelo por lo que la R^2 es muy baja con 0.044. Ningún atributo del suelo explica con claridad el contenido de Zn en las hojas y por lo consiguiente las deficiencias y/o suficiencias deben ser explicados por otros factores. El R^2 más alto de 0.25 se encontró con el Ca mientras que con el pH el R^2 fue de 0.21. Los estudios de Buffa y Ratto, (2005) en suelos de Córdoba Argentina sugieren la necesidad de fortalecer trabajos en mineralogía y componentes orgánicos que expliquen mejor la disponibilidad de microelementos como el Zinc.

Cuadro 4

Coefficientes de Determinación (R^2) para contenido de Zn (ppm) en hojas de maíz como variable dependiente (Y) y atributos del suelo como variables independientes (X) en diferentes suelos de Quintana Roo, México. Ciclo P-V 2013/2013

SUELO	Y (ppm Zn hoja)	X1 (ppm Zn)	X2 (pH)	X3 (ppm Fe)	X4 (ppm Ca)
Xul-Ha (LPrz)	12	0.50	7.54	1.39	862.28
Salamanca 2 (LVcr)	10	0.61	7.73	1.89	870.5
Emiliano Zapata 2 (VR)	13	0.71	7.93	2.19	338.04
Alvaro Obregon 2 (LVcr)	14	0.97	6.65	3.00	123.08
Juan Sarabia (LVcr)	10	1.61	7.36	1.90	800.03
Nicolas Bravo (VR)	14	1.83	7.03	2.06	574.57
Puerto Arturo 2 (LVcr)	31	1.86	6.86	1.49	537.86
Juan Sarabia 2 (LVrz)	17	9.28	7.61	1.87	1106.44
R^2		0.044	0.21	0.010	0.25

CONCLUSIONES

El 87.5 % de los suelos presentan deficiencias de zinc tanto en suelo como follaje pero la correlación suelo-follaje es muy baja al obtener un R^2 de 0.44. Ningún atributo del suelo se correlacionó ampliamente con zinc del follaje. El R^2 con calcio fue de 0.25 mientras que con el pH fue de 0.21.

LITERATURA CITADA

- Adams. M. 1995. Fundamentos de química de suelos Universidad Central de Venezuela Consejo de Desarrollo Científico y Humanismo.
- Barbezán, M. 1998. Análisis de plantas, y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Facultad de Agronomía. Universidad de la República Montevideo-Uruguay.
- Lindsay, W.L. & Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal. 42, 421-428.
- Phytomonitor. 2015. Análisis de Fertilidad de suelos y niveles de suficiencia. Reportes de Laboratorio. Culiacán Sinaloa.

-
- Ratto, S.E. y Miguez, F.H. 2006. Zinc en el cultivo de maíz, deficiencia de oportunidad. Informaciones Agronómicas N° 63. Instituto de la Potasa y el Fósforo. INPOFOS A.S. Quito Ecuador. p (8-15).
- Buffa, E.V. y Ratto, S.E. 2005. Disponibilidad de zinc, cobre, hierro y manganeso extraíble con DTPA en suelos de Córdoba (Argentina) y variables edáficas que lo condicionan. Ciencia del Suelo. 23, 2. Buenos aires.

Referencias informáticas

SIAP, 2013. <http://www.siap.gob.mx/> (consultado el 18 de junio de 2015).

EVALUACION DE GENOTIPOS DE MAÍZ BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN EL CICLO PRIMAVERA-VERANO 2014 EN HUIMANGUILLO, TABASCO

CORN GENOTYPES EVALUATION UNDER CONDITIONS OF TEMPORARY IN 2014 SPRING-SUMMER SEASON IN HUIMANGUILLO, TABASCO

Barrón FS¹, Rodríguez MFA², Palafox CA²

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

RESUMEN

La formación de material genético se realiza por lo general en condiciones controladas o favorables, por lo que al ponerse a disposición de los productores su comportamiento difiere al caracterizado por el genetista, esto obliga a la evaluación de los materiales antes de ser recomendados, (Rodríguez *et al.*, 2011). Para evaluar las características agronómicas de genotipos de maíz en primavera-verano 2014, en el Campo Experimental Huimanguillo, bajo condiciones de temporal se condujo un ensayo con los híbridos de maíz RW-4000, RW-4001, RW-5001, RY-9000, DK-390, DK-393, DK-395, DK-7500, HS-55, HE1B, HE3B, HE4B, H-564C y el testigo H-520. En la evaluación se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas experimentales de cuatro surcos de 5 m de largo separados a 80 cm. La siembra se realizó el 7 de julio en forma manual a una densidad de 62,500 plantas por hectárea, fertilizándose con la fórmula 130-60-30 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, además del control de la maleza y plagas presentes. 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. Los resultados y su análisis permite señalar que por su

producción de grano y demás características agronómicas los híbridos DK-390 con 7801 kg ha⁻¹, DK-395 con 7466 kg ha⁻¹ y DK-393 con 7424 kg ha⁻¹ son los de mejor comportamiento agronómico; el grupo de genotipos evaluados por sus días floración masculina y femenina y altura de planta y de mazorca son de ciclo y porte intermedio; la evaluación agronómica del material genético permite identificar los de mejor comportamiento agronómico en una situación agroecológica determinada; es posible obtener rendimientos que superan la media de producción Estatal en 4130 kg ha⁻¹ con material genético mejorado y la tecnología de manejo recomendada.

Palabras clave: Maíz, grano, comportamiento.

INTRODUCCIÓN

En el año agrícola 2012, en Tabasco se sembraron 94,480 hectáreas de maíz y se cosecharon 92,855 hectáreas con un rendimiento medio de 1,955 kg ha⁻¹, (INEGI, 2013); de la superficie sembrada el 44.1 % pertenece al otoño-invierno 2011/12 y el 55.9 % a primavera-verano 2012, entre los cuales existe un diferencial de rendimiento a favor del P-V de 357 kg ha⁻¹. Los municipios del Estado donde se concentró el 79.6 % de la producción de maíz fueron Balancán, Huimanguillo, Tacotalpa, Tenosique, Jonuta, Cárdenas y Centla.

Los bajos rendimientos se asocian a diversos factores como lo es el exceso y/o deficiencia de humedad, la acidez y el bajo contenido de nutrientes en el suelo, la utilización de genotipos no adaptados y de porte alto, bajas densidades de siembra y un manejo deficiente en la nutrición, en las malezas y las plagas.

La siembra de maíz en Tabasco es de autoconsumo, por lo que los productores utilizan poblaciones criollas que escapan a la presencia de plagas de almacén como el gorgojo, aun así, durante el 2012 se utilizó semilla mejorada en el 40.22 %, de la superficie sembrada, de ahí la necesidad de recomendar genotipos que tengan buen desempeño productivo en las condiciones agroclimáticas de Tabasco para minimizar los riesgos en la producción por esta componente tecnológica.

En forma empírica, el mejoramiento genético del maíz se inicia con los indígenas de México, quienes del teocintle (*Zea Mays* spp. *Mexicana*) comenzaron a seleccionar plantas que ofrecían algunas características de su grano para ser aprovechadas en la alimentación, (Márquez, 2008), de tal forma que en México se cuenta con una tradición de por lo menos 50 años en el mejoramiento genético del

maíz obteniéndose variedades, sintéticos e híbridos, los más recientes superiores a sus predecesores en rendimiento o en alguna otra característica agronómica.

La formación de material genético se realiza por lo general en condiciones controladas o favorables, tal que al ponerse a disposición de los productores su comportamiento difiere al caracterizado por el genetista, esto obliga a la evaluación de los materiales antes de ser recomendados, (Rodríguez *et al.*, 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), confirman al señalar que las condiciones de siembra y ambientales influyen ampliamente en el rendimiento y las características físicas de los híbridos, especialmente en el tamaño del grano y la dureza.

Por lo anterior, 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.

OBJETIVO

Evaluar las características agronómicas de genotipos de maíz en el ciclo primavera-verano 2014 en suelos fluvisoles de Huimanguillo, Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

En primavera-verano 2014 en el Campo Experimental Huimanguillo, bajo condiciones de temporal se condujo un ensayo para evaluar las características agronómicas de los híbridos de maíz RW-4000, RW-4001, RW-5001, RY-9000, DK-390, DK-393, DK-395, DK-7500, HS-55, HE1B, HE3B, HE4B, H-564C y el testigo H-520. En la evaluación se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas experimentales de cuatro surcos de 5 m de largo separados a 80 cm. El suelo del sitio es de textura franco arenosa, pH de 7.9, bajo contenido de materia orgánica (1.6 %) y de nitrógeno aprovechable (17.6 ppm de $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$), el fósforo presente es de 14 ppm y el de potasio 0.30 me/100 g.

La preparación del suelo consistió en un chapeo mecánico y tres pasos de rastra para facilitar la incorporación de residuos orgánicos de la cosecha anterior. La siembra se realizó el 7 de julio en forma manual y se depositaron dos semillas cada 20 cm; a los 12 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, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, incorporándose la mitad del nitrógeno, el total de fósforo y del potasio cinco días después de la siembra, el resto de nitrógeno se aplicó 24 días después de la siembra (dds).

Para reducir la presencia de maleza se aplicó en presiembra 1080 g de I.A. de glifosato por hectárea complementándose con un cultivo aporque mecánico a los 25 dds. El control de plagas como la Diabrotica (*Diabrotica Balteata*) y el Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se llevó a cabo a los 9, 21, 26 y 37 dds con 50 g de I. A. de Cipermetrina por hectárea. La dobla y cosecha se efectuaron en forma manual a los 98 y 126 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 y tizón en la planta se hizo a los 80 días utilizando una escala de 1 a 9, donde uno indica ataque severo y 9 ausencia de enfermedad; así mismo, se calificó el arquetipo de planta y de mazorca, donde 1 implica arquetipo deficiente y el 9 arquetipo excelente.

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la siembra a la cosecha, la precipitación acumulada fue de 1123.1 mm, resultado de 56 días con lluvia, cantidad superior a la requerida por el cultivo de maíz en condiciones tropicales; en la Figura 1 es posible observar que durante la prueba

no se presentó un solo período decenal sin lluvia y que durante la floración y la madurez, la lluvia acumulada superó los 100 mm; así mismo después de la dobla entre los 101 y 110 días se tuvo una precipitación de 418 mm en nueve días con lluvia, esto provocó un incremento en el porcentaje de mazorca podrida.

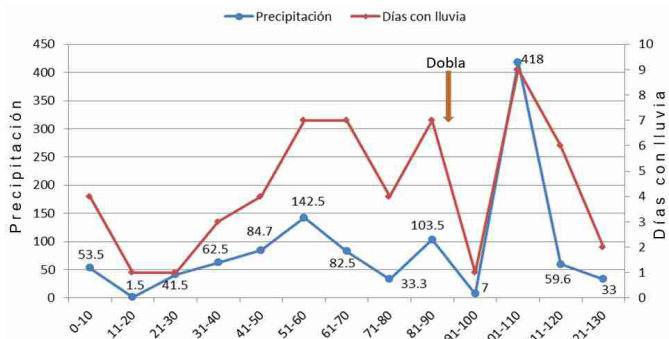


Figura 1: Precipitación y Días con Lluvia en Períodos Decenales.

Ciclo Primavera-Verano 2014 en suelos fluvisoles de Huimanguillo, Tabasco.
 INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo.

En el Cuadro 1 se describen los resultados del análisis de varianza a seis variables de respuesta, en todos los casos se encontró diferencia estadística altamente significativa con coeficientes de variación (CV) aceptables y que muestran que la significancia no se debe al error experimental sino al efecto de los genotipos evaluados; la mayor variación se asoció al rendimiento de grano con un 9.17 %.

Cuadro 1

Análisis de Varianza de Seis Variables en la Evaluación de Genotipos de Maíz para el Comité Calificador de Variedades de Planta (CCVP). Ciclo Primavera-Verano 2014/14. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo

VARIABLE	C.M.E.	MEDIA	C. V. (%)	Pr > F
Días a flor masculina	0.590946	51.6	1.49	0.000
Días a flor femenina	0.413462	51.8	1.24	0.000
Altura de planta (cm)	86.512817	274.8	3.38	0.000
Altura de mazorca (cm)	49.355770	137.5	5.11	0.000
Relación grano/olote	0.000174	0.84	1.58	0.000
Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	311548.718750	6085	9.17	0.000

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

Por otra parte, al analizar el comportamiento individual de cada genotipo, Cuadro 2, se puede observar que en la variable días a floración masculina el híbrido HE4B es el más tardío con 53.5 días y los más precoces el RW-5001, DK-390 y H-520 con 50.5 días; la prueba de medias permite observar diferencia estadística entre el testigo H-520 y los híbridos DK-395, HE3B, HE4B y H-564C cuya floración se dio a los, 52.3, 52.3, 53.5 y 52.8 días respectivamente; la antesis media del ensayo se presentó a 51.6 días después de la siembra.

Cuadro 2

Características Agronómicas de Genotipos de Maíz Evaluados para el CCVP y Prueba de Medias. Ciclo Primavera-Verano 2014/14. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo

GENOTIPO	DIAS A FLORACIÓN		ALTURA (cm)		REL. Grano/olote	REND. (kg ha ⁻¹)
	Masculina	Femenina	Planta	Mazorca		
RW-4000	50.8	51.0	270.5	135.0	0.83	6552*
RW-4001	51.5	52.3*	275.0	134.5	0.82	5777
RW-5001	50.5	50.3	274.0	134.5	0.83	6089*
RY-9000	52.3	53.3*	288.5*	153.3*	0.83	6508*
DK-390	50.5	50.5	296.5*	155.8*	0.86	7801*
DK-393	51.3	52.0*	268.0	132.3	0.87	7424*
DK-395	52.3*	52.0*	286.5*	147.3*	0.85	7466*
HS-55	51.8	52.0*	269.0	124.5	0.83	5000
DK-7500	51.5	51.0	267.0	141.5*	0.87	6651*
HE1B	51.5	51.8	267.8	133.0	0.82	6022
HE3B	52.3*	52.3*	287.8*	145.8*	0.82	5761
HE4B	53.5*	53.5*	277.0	137.8	0.83	5188
H-546C	52.8*	53.0*	256.5	123.5	0.81	4050
H-520	50.5	50.5	263.5	126.5	0.84	4900
Dunette (P=0.95)	1.6	1.3	19.3	14.5	0.03	1156

* = Diferencia estadística respecto al testigo H-520

En cuanto a la floración femenina su media fue de 51.8 días, lo que implica una excelente sincronía y un comportamiento adecuado en esta variable, lo que se traduce en buena formación de grano y de mazorca. La prueba de medias indica que en la variable citada los híbridos RW-4000, RW-5001, DK-390, DK-7500 y HE1B, tienen un comportamiento estadístico igual al testigo H-520.

La altura de planta promedio fue de 274.8 cm y el de mazorca 137.5 cm, tal que la posición de la mazorca en el tallo se ubica en la parte media de la planta lo que puede favorecer una disminución en el porcentaje de acame o volcamiento de la planta. Al realizar la prueba de medias se encontró que cuatro de los genotipos tienen una altura de planta estadísticamente mayor que la del testigo H-520, éstos son el RY-9000 con 288.5 cm, DK-390 con 296.5 cm, DK-395 y HE3B con 286.5 cm y 287.8 cm respectivamente, solo el híbrido H-564C con 256.5 cm obtuvo un porte menor que el testigo, sin mostrar diferencia estadística.

La máxima altura de mazorca se asocia al híbrido DK-390 con 155.8 cm y la mínima al H-564C con 123.5 cm; respecto al testigo H-520 los híbridos RY-9000, DK-390, DK-395, DK-7500 y HE3B son de porte mayor y diferentes de acuerdo con la prueba de medias y sus valores oscilan de 141.5 cm a 155.8 cm y al igual que en altura de planta el H-564C tiene la menor altura.

Al analizar la relación grano-olote se obtuvo una media de 0.84, índice igual al mostrado por el testigo H-520 y aunque el análisis de varianza demuestra la existencia de diferencia estadística la prueba de medias no la detecta respecto al testigo, Cuadro 2, sin embargo, si se comparan las medias del RW-4001 (0.82) y H-564C (0.81) respecto de DK-393 y DK-7500, ambos con 0.87, entonces es posible detectar valores diferentes estadísticamente.

En cuanto al rendimiento de grano la media del ensayo fue de 6085 kg ha⁻¹, valor que supera en 4130 kg ha⁻¹ a la media de producción Estatal, evidencia que permite afirmar que es posible con la tecnología de manejo utilizada y genotipos adecuados superar el nivel productivo actual del maíz en Tabasco.

En el Cuadro 2 destacan por su rendimiento mayor a 7000 kg ha⁻¹ los híbridos DK-390, DK-395 y DK-393 con 7801, 7466 y 7424 kg ha⁻¹ respectivamente, valores que difieren al rendimiento cuantificado en el testigo H-520 (4900 kg ha⁻¹), sin embargo otros genotipos también diferentes al H-520 fueron RW-4000, RW-5001, RY-9000 y DK-7500 cuyos rendimientos oscilaron entre 6651 kg ha⁻¹ y 6089 kg ha⁻¹; los rendimientos menores se encontraron en los híbridos HS-55 (5000 kg ha⁻¹), H-564C (4050 kg ha⁻¹) y H-520 (4900 kg ha⁻¹).

En el Cuadro 3, se describen los resultados en el porcentaje de acame, cuya media fue de solo 0.2 %, valor considerado muy bajo e inferior a las medias obtenidas en ensayos y ciclos homólogos de los dos últimos años; el máximo valor se cuantificó en DK-7500 con 1.1 %.

En cuanto al porcentaje de mazorca con mala cobertura, su media fue de 5.6 %, característica que es una desventaja para genotipos como el HS-55 con 9.7

% o para los híbridos HE1B, HE3B y HE4B con 6.7, 6.7 y 7.3 % respectivamente, ya que en Tabasco al tener un alto porcentaje de productores que siembran para autoconsumo, requieren genotipos con buena cobertura para reducir la infestación de plagas de almacén o el daño de aves; esto incide en la baja utilización de materiales mejorados.

Relacionado con lo anterior, se tiene el porcentaje de mazorca dañada por pájaros, cuya media es de 7.3 % considerada alta; los híbridos HS-55 y HE4B con 13.3 y 10.4 % respectivamente son los que presentan la mayor problemática en este aspecto, no así para los genotipos DK-393 y DK-395, cuyos índices fueron 2.2 y 2.3 %.

En el caso del porcentaje de mazorca podrida en su totalidad, como consecuencia de la presencia de enfermedades como *Fusarium sp.* o *Diplodia maydis* o del exceso de humedad, la media fue de 8.4 %, presentándose el mayor valor en los genotipos H-564C (17.4 %), H-520 (11.7 %), DK-7500 (12.0 %), HE4B (11.6 %) y HS-55 (10.9 %) y la menor pudrición en DK-390 (1.7 %), DK-395 (2.3 %), sin duda los dos últimos tienen hongos mencionados.

La evaluación en sanidad de planta a través de la incidencia de enfermedades como la Roya (*Puccinia polysora*) y el Tizón (*H. maydis* y *H. turcicum*) permite concluir que el mejor comportamiento se observó en DK-393 (8.5) para las enfermedades citadas y que la mayor incidencia de tizón se asocia al testigo H-520, cuya calificación fue de 6.5; es importante mencionar que las enfermedades del follaje se presentan al final del ciclo de prueba y en las hojas de mayor edad, por lo que su efecto en rendimiento puede no ser significativo. Por su parte, la sanidad de mazorca en general presenta deficiencias ya que en promedio obtuvo un 6.5 de presencia de enfermedades, los híbridos DK-390 y DK-395 con una calificación de 8.0 presentaron la menor incidencia de enfermedades, en cambio H-564C y H-520 con 5.0 y 5.8, respectivamente, tuvieron el mayor porcentaje de grano podrido.

Cuadro 3

Características Agronómicas de Genotipos de Maíz Evaluados para el CCVP. Ciclo Primavera-Verano 2014/14. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo

GENOTIPO	PORCENTAJE				SANIDAD		CALIFICACION		
	Acame	Mala Cobertura	Daño Pájaro	Mazorca Podrida	Planta		Mazorca	Planta	Mazorca
					Roya	Tizón			
RW-4000	0.0	4.3	4.9	4.9	7.5	8	7.3	7	7.3
RW-4001	0.7	5.0	4.4	7.7	8	7.5	6.5	7	6.5
RW-5001	0.0	4.9	8.2	9.3	7.5	8	6.8	6.5	5.8
RY-9000	0.0	4.6	4.6	6.9	7	7	7.5	6.5	7.5
DK-390	0.0	5.7	6.3	1.7	8	8	8.0	6.5	7.5
DK-393	0.0	2.7	2.2	4.3	8.5	8.5	7.3	8	7.5
DK-395	0.0	5.8	2.3	2.3	7.5	7.5	8.0	6.5	7.8
HS-55	0.0	9.7	13.3	10.9	7.5	7	6.3	6	5.8
DK-7500	1.1	5.4	9.8	12.0	7.5	8	6.3	6.5	6.8
HE1B	0.0	6.7	8.9	8.9	8	8	6.8	6.5	6.3
HE3B	0.0	6.7	9.7	10.3	8	8	6.3	7	6.3
HE4B	0.5	7.3	10.4	11.6	7.5	8	6.0	7.5	6.0
H-546C	0.0	5.8	8.4	17.4	7	7.5	5.0	4.5	5.3
H-520	0.6	4.9	9.9	11.7	7.5	6.5	5.8	4.5	5.3
MEDIA	0.2	5.6	7.3	8.4	7.6	7.7	6.7	6.5	6.5

Al evaluar el arquetipo de planta a través de la uniformidad en altura de planta y de mazorca, la cobertura de mazorca, el grosor de tallos, el ángulo de inserción de hoja, se pudo definir que el híbrido DK-393 con un valor de 8.0 obtuvo el mejor comportamiento seguido del híbrido HE4B con 7.5, en contraparte los más deficientes son H-564C y H-520 con 4.5 de calificación. Por su parte la calificación a mazorca indica que DK-395, DK-393, DK-390 y RY-9000 con calificaciones entre 7.8 y 7.5 son los mejores arquetipos y los peores calificados H-564C, H-520, HS-55 y RW-5001 con 5.3 los dos primeros y 5.8 los segundos; tanto la media en arquetipo de planta como de mazorca fue de 6.5, valor que implica comportamiento medio.

CONCLUSIONES

Por su producción y demás características agronómicas los híbridos DK-390 con 7801 kg ha⁻¹, DK-395 con 7466 kg ha⁻¹ y DK-393 con 7424 kg ha⁻¹ son los de mejor

comportamiento agronómico en las condiciones de clima y suelo presentadas en el ciclo del cultivo.

El grupo de genotipos evaluados por sus días floración masculina y femenina y altura de planta y de mazorca son de ciclo y porte intermedio.

La evaluación agronómica del material genético permite identificar los de mejor comportamiento agronómico en una situación agroecológica determinada.

Existen genotipos mejorados de maíz con rendimientos que superan la media de producción Estatal en 4130 kg ha⁻¹ mediante el uso de la tecnología de manejo recomendada.

LITERATURA CITADA

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2013. Anuario Estadístico de Tabasco. Sección Agricultura. México, D. F.
- Márquez, S. F. 2008. De las variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I: Recolección de germoplasma y variedades mejoradas. Rev. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Vol. 5(2): 151-166.
- 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.
- Rodríguez, G. R. E.; Ponce, M. J. F.; Rueda, P. E. O.; Avendaño, R. L.; Paz, H. J. J.; Santillano, C. J. y Cruz, V. M. 2011. Interacción genotipo - ambiente para la estabilidad de rendimiento en trigo en la región de Mexicali, B.C., México. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 14 (2): 543-558.
- 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.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE ELOTE EN LA CHONTALPA Y CENTRO, TABASCO

COMMERCIAL PRODUCTION POTENTIAL OF HYBRID MAIZE FOR THE PRODUCTION OF CORN IN CHONTALPA AND CENTER, TABASCO

Barrón FS¹, Barrón AM¹, Palafox CA²

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.

RESUMEN

En la actualidad, en el trópico mexicano, no existen genotipos tropicales especializados para producir elote, por ello los productores han optado por utilizar semillas criollas o mejoradas que las compañías de semillas comercializan como de doble propósito sin que realmente se halla evaluado su potencial elotero. Durante el ciclo otoño-invierno 2013/14 en Huimanguillo y Centro Tabasco, se establecieron dos parcelas de maíz para evaluar el potencial elotero de los híbridos DAS-2382, HE4B, H-564C, P3575W, C-3311, RW-4001, RW-4000 y el testigo A-7573. La siembra del sitio Caobanal se realizó el día 23 de enero, mientras que en Corregidora el 5 de febrero; en todos los casos la actividad fue manual en surcos separados a 80 cm y distribuyendo la semilla a 25 cm entre plantas para lograr una densidad de 50,000 plantas por hectárea. La fertilización del maíz se llevó a cabo con la fórmula 120-40-30 de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente. Para cuantificar las variables se realizaron cinco muestreos al azar en 5 m lineales por cada genotipo evaluado y la información se analizó con el diseño experimental completamente al azar y la prueba de medias DMS aun nivel de significancia del 0.05, exceptuando los días a floración masculina y femenina donde solo se consideró a nivel de media. Durante el ciclo de prueba se cuantificó la precipitación pluvial de la estación ubicada en el Campo Experimental Huimanguillo, tomándose como referencia para ambos sitios de

prueba. Los resultados y su análisis permite afirmar que el híbrido P3575W compite adecuadamente con el testigo A-7573 para producir elote, ya que su producción fue de 8.7 t ha⁻¹ contra 9.9 t ha⁻¹ del A-7573; que el híbrido P3575W supera al testigo comercial en sólidos solubles y sabor y es igual estadísticamente al calificar la vida de anaquel y que el promedio de elote comercial cosechado con la tecnología de manejo actual fue del 75 %.

Palabras clave: Maíz, elote, comportamiento.

INTRODUCCIÓN

El maíz es usado en más formas distintas que cualquier otro cereal; las principales es como alimento humano, ya sea doméstico o industrial; alimento para animales y fermentado para varios productos industriales.

En muchos ambientes tropicales los maíces duros y cerosos comunes se cultivan para la producción de elote a causa de los problemas que presentan los maíces de tipo dulce, (Paliwal, 2001). El mismo autor señala que esta costumbre tiene algunas ventajas, por ejemplo, que el maíz cosechado verde no tiene el problema de la pudrición de las mazorcas o del ataque de los insectos en el campo, además, proporciona una fuente de alimentos y energía entre las dos épocas de cultivo principales. Las mazorcas verdes asadas o hervidas son consumidas sobre todo por los niños y las mujeres y el grano en el estado lechoso es más nutritivo que el arroz. Las plantas están aún verdes cuando se cosechan las mazorcas y proporcionan un buen alimento para el ganado, mejor que los restos secos que quedan después de la cosecha del maíz maduro.

La producción nacional de maíz para elote se fundamenta en el uso de materiales criollos pues sus características de rendimiento y calidad compiten adecuadamente con materiales mejorados, tal es el caso del criollo Jala en Nayarit que en una prueba realizada por Valdivia *et al.*, 2010, fue de los más sobresalientes con un rendimiento de elote de 12,041 kg ha⁻¹ y el mejor en calidad medida como contenido de sólidos solubles con 2.53 °Brix seguida de maíces Morado y D-880.

Las características que con mayor frecuencia se utilizan para medir la potencialidad de genotipos en la producción de elote son rendimiento de elote, longitud del elote, diámetro del elote, número de hileras, número de granos por hilera, número total de granos del elote, peso de 200 granos frescos; además se

mide la calidad elotera, mediante el contenido de sólidos solubles totales (SST; °Brix) y se califica el sabor del grano cocido, Valdivia et al., 2010.

Otros autores como Ramírez, 2006, además de las variables anteriores utilizaron el peso del elote, el contenido de humedad, las cenizas, la acidez, el contenido de proteína, el contenido de grasa, azúcares totales, azúcares reductores y el contenido de almidón en el grano. Los resultados al evaluar criollos amarillos, blancos, azules y rojos indican que la longitud del elote, y el peso de grano fue mayor en los azules; los granos de elote criollo rojo presentaron mayor porcentaje de proteína y humedad, pero decremento en grasa y los granos de elote blanco presentaron mayor contenido de sólidos solubles totales.

Barrón, 2010 indica que la vida de anaquel es una característica importante en la elección de genotipos para la producción de elote, al evaluar el potencial de tres híbridos obtuvo en promedio tuvo un valor de 57.5 horas, destacando el HS-1002 con 65 horas en promedio, otros dos híbridos tuvieron un vida útil de 54 horas. Así mismo determinó que a una densidad de 50,000 plantas por hectárea el 70% de la mazorca cosechada se puede comercializar como elote y que el rango entre los genotipos evaluados en dicho parámetro es de sólo 3 %.

En el año agrícola 2012, en Tabasco se sembraron 94,480 hectáreas de maíz y se cosecharon 92,855 hectáreas con un rendimiento medio de 1,955 kg ha⁻¹, (INEGI, 2013); este nivel productivo es económicamente no rentable, por lo que los productores maiceros han buscado otras opciones productivas que les sean redituables como lo es la producción de maíz para elote.

En la actualidad, en el trópico mexicano, no existen genotipos tropicales especializados para producir elote, por ello los productores han optado por utilizar semillas criollas o mejoradas que las compañías de semillas comercializan como de doble propósito sin que realmente se halla evaluado su potencial para elote. Con base a lo anterior, el objetivo fue: evaluar el potencial productivo de híbridos comerciales de maíz tropical para la producción de elote en el ciclo de otoño-invierno en las regiones de la Chontalpa y Centro Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo otoño-invierno 2013/14 en Huimanguillo y Centro Tabasco, se establecieron dos parcelas de maíz para evaluar el potencial elotero de los híbridos DAS-2382, HE4B, H-564C, P3575W, C-3311, RW-4001, RW-4000 y el testigo A-7573.

El clima del área de estudio es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y temperatura media anual de 26.2 °C; los sitios donde se establecieron las actividades se encuentran en la Ranchería Caobanal 2ª Sección de Huimanguillo (17° 37.552' N, 93° 29.548' W, 34 msnm) y en la Ranchería Corregidora 1ª Sección del Centro, (17° 54.973' N, 93° 7.249' W y 16.5 msnm).

Los suelos de Caobanal 2ª Sección tienen textura franca, pH de 6.89, 1.04 % de materia orgánica 0.7 % de nitrógeno total y contenido de fósforo y potasio de 34.43 mg kg⁻¹ y 28 ppm respectivamente, mientras que en Corregidora, se tiene suelo de textura arcillosa, pH de 6.72, 1.99 % de MO y 18.96 mg kg⁻¹ de fósforo y 18 ppm de potasio.

La preparación del suelo en la parcela Caobanal se inició con la aplicación en pre siembra de glifosato a una dosis de 1080 g de I. A. por hectárea, para luego realizar dos pasos de rastra; un tercer paso se efectuó dos días antes de la siembra; en la parcela Corregidora la preparación se inicia con un chapeo mecánico, paso de arado y tres de rastra.

La siembra del sitio Caobanal se realizó el día 23 de enero, mientras que en Corregidora el 5 de febrero; en todos los casos la actividad fue manual en surcos separados a 80 cm y distribuyendo la semilla a 25 cm entre plantas para lograr una densidad de 50,000 plantas por hectárea.

La fertilización del maíz se llevó a cabo con la fórmula 120-40-30 de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, la primera fertilización fue manual a la emergencia del cultivo depositando el fertilizante a 10 cm de la planta y la segunda en banda cubriéndolo con la cultivadora. El control de maleza se logró con una aplicación pre emergente de atrazina (1440 g de I.A. ha⁻¹) y con un cultivo aporque, complementado con uno manual para eliminar maleza ubicada sobre las líneas del maíz.

Los insectos plaga que hubo necesidad de controlar en la parcela Caobanal fueron gusano trozador, y gusano cogollero, en el primer caso se aplicó a 18 días de la siembra Cipermetrina (50 g de I.A. ha⁻¹) y en el segundo se complementó con aplicaciones del mismo producto a los 30 y 41 días. En la parcela de Corregidora, las plagas como diabrotica y sobre todo el gusano cogollero fue muy importante dadas las condiciones de sequía presentes, por ello se realizaron cinco aplicaciones de Cipermetrina o Clorpirifos etil a los 10, 17, 25, 40, y 46 días de la siembra.

Las variables de respuesta utilizadas fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, longitud y diámetro de elote con y sin hoja o joloche, número de hileras, granos por hilera, peso de 100 granos, vida de anaquel, contenido de sólidos solubles y de sabor del grano.

Para cuantificar las variables se realizaron cinco muestreos al azar en 5 m lineales por cada genotipo evaluado y la información se analizó con el diseño experimental completamente al azar y la prueba de medias DMS aun nivel de significancia del 0.05, exceptuando los días a floración masculina y femenina donde solo se consideró a nivel de media. Durante el ciclo de prueba se cuantificó la precipitación pluvial de la estación ubicada en el Campo Experimental Huimanguillo, tomándose como referencia para ambos sitios de prueba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de evaluación, la cantidad de lluvia registrada fue de 84 mm en 13 eventos, cantidad que de acuerdo a los requerimientos del maíz está abajo de ellos, pues se estima que para lograr altos niveles productivos se necesitan 600 mm; sin embargo, fue evidente el aprovechamiento de agua residual en el perfil del suelo, ya que antes de la siembra (mes de diciembre y hasta el 20 de enero) se acumularon 582 mm; en Corregidora, Centro si se presentaron claras evidencias de deficiencia de agua de la floración a la cosecha, asociadas a la textura del suelo y a la fecha de siembra 13 días después respecto a la de Huimanguillo.

Al analizar las medias de los días a floración masculina y femenina, se puede afirmar que en ambos sitios de prueba el comportamiento de los genotipos evaluados fue similar, ya que existe una diferencia de un día entre sitios; así, en Caobanal la masculina varió entre 58 y 63 días, en tanto en Corregidora de 60 a 63 días. A nivel de ciclo la floración masculina y femenina se presentó a los 60 días, lo que implica buena adaptación y sincronía eficiente; por esta característica al grupo de genotipos se pueden clasificar como de ciclo intermedio.

Los resultados descritos en el Cuadro 1 indican diferencia estadística significativa entre tratamientos para las variables de altura de planta y de mazorca y en promedio la altura de planta en Caobanal fue superior en 55 cm respecto a la registrada en Corregidora, en el caso de altura de mazorca la diferencia es de 26 cm, las diferencias señaladas son el resultado de deficiencias en la disponibilidad de humedad antes y durante la floración.

Cuadro 1

Altura de planta y mazorca de genotipos de maíz evaluados para producción de elote en las regiones Chontalpa y Centro de Tabasco. Otoño-Invierno 2013/14. INIFAP.CIRGOC.CEHUI.

GENOTIPO	ALTURA (cm)				PROMEDIO DE SITIOS	
	Caobanal, Hguillo		Corregidora, Centro		Planta	Mazorca
	Planta	Mazorca	Planta	Mazorca		
A-7573	235 ^d	95 ^d	192 ^{de}	82 ^{cde}	214	88
DAS2382	266 ^{ab}	110 ^{bc}	206 ^{bc}	79 ^{de}	236	94
HE4B	264 ^{ab}	114 ^{bc}	203 ^{cd}	83 ^{cde}	234	98
H-564C	254 ^c	107 ^c	200 ^{cd}	85 ^{bcd}	227	96
RW-4000	269 ^{ab}	114 ^b	228 ^a	96 ^a	248	105
RW-4001	266 ^{ab}	115 ^b	187 ^e	75 ^e	226	95
C-3311	272 ^a	125 ^a	217 ^{ab}	91 ^{ab}	244	108
P3575W	262 ^b	107 ^c	217 ^{ab}	89 ^{abc}	240	98
MEDIA	261	111	206	85	234	98

Aunque la altura de planta y mazorca para la producción de elote no es tan relevante como para la producción de grano o forraje, si es conveniente utilizar genotipos que muestren alturas de mazorca mayores al metro, para facilitar la cosecha y evitar el contacto con malezas presentes durante el proceso de producción, sobre todo en aquellos casos donde su control no es efectivo. Es importante señalar que bajo condiciones de stress hídrico los genotipos que tuvieron un mayor desarrollo en altura de planta fueron RW-4000 con 228 cm y P3575W y C-3311 con 217 cm; el promedio del ciclo muestra que los híbridos mencionados mantienen dicho comportamiento.

Cuadro 2

Longitud de elote con y sin hoja de genotipos de maíz evaluados para producción de elote en las regiones Chontalpa y Centro de Tabasco. Otoño-Invierno 2013/14. INIFAP.CIRGOC. CEHUI

GENOTIPO	LONGITUD DE ELOTE CON Y SIN HOJA (cm)				PROMEDIO DE SITIOS	
	Caobanal, Hguillo.		Corregidora, Centro		CON	SIN
	CON	SIN	CON	SIN		
A-7573	22.9 ^b	20.3 ^{ab}	21.8 ^{bcd}	18.0	22.4	19.2
DAS2382	24.3 ^{ab}	20.6 ^{ab}	22.2 ^{abcd}	17.6	23.3	19.1
HE4B	25.8 ^a	21.3 ^a	23.4 ^{ab}	17.8	24.6	19.6
H-564C	24.9 ^{ab}	20.1 ^{ab}	24.0 ^a	18.6	24.5	19.4
RW-4000	23.5 ^b	18.2 ^c	21.0 ^{cd}	15.8	22.3	17.0
RW-4001	24.5 ^{ab}	18.4 ^c	20.4 ^d	16.2	22.5	17.3
C-3311	26.3 ^a	21.0 ^a	23.6 ^{ab}	16.8	25.0	18.9
P3575W	23.5 ^b	19.2 ^{bc}	22.4 ^{abc}	17.2	23.0	18.2
MEDIA	24.5	19.9	22.4	17.3	23.4	18.6

La longitud de elote con y sin hoja resultó estadísticamente diferente entre genotipos en la localidad de Caobanal, Huimanguillo (Cuadro 2), mientras que en Corregidora, Centro solo se detectó diferencia estadística en longitud con hoja. La prueba de medias permite señalar que el C-3311 con 26.3 cm de longitud con hoja es el de mayor tamaño en Caobanal, aunque estadísticamente no difiere de DAS2382, HE4B, H-564C y RW-4001; en Corregidora el mayor desarrollo se asocia al híbrido H-564C con 24 cm, pero no difiere del DAS2382, HE4B, C-3311 y P3575W, en ambas localidades el testigo A-7573 es superado por los genotipos que en la prueba presentaron el mayor desarrollo.

Sin embargo, al cuantificar la longitud del elote sin hoja el mejor desarrollo pertenece al genotipo C-3311 con 21 cm en la parcela de Caobanal y en este caso igual estadísticamente al A-7573 cuya longitud fue de 20.3 cm en el mismo sitio y de 18 cm en Corregidora. Al comparar las medias en tamaño en ambas localidades, se observa que en Huimanguillo existe mejor desarrollo, 2.1 cm y 2.6 cm con y sin hoja respectivamente y durante el ciclo la diferencia entre elote con y sin hoja es de 4.8 cm.

Otras características evaluadas fueron el diámetro del elote con y sin hoja o joloche; así, en el Cuadro 3 es posible verificar que los genotipos evaluados difieren

estadísticamente en ambas variables para la localidad de Caobanal y sólo existe diferencia en el diámetro sin joloche para Corregidora.

Cuadro 3

Diámetro del elote con y sin hoja de genotipos de maíz evaluados para producción de elote en las regiones Chontalpa y Centro de Tabasco. Otoño-Invierno 2013/14. INIFAP.CIRGOC. CEHUI

GENOTIPO	DIÁMETRO DEL ELOTE CON Y SIN HOJA (cm)				PROMEDIO DE SITIOS	
	Caobanal, Hguillo.		Corregidora, Centro		CON	SIN
	CON	SIN	CON	SIN		
A-7573	5.7 ^a	4.7 ^a	5.0	4.1 ^b	5.4	4.4
DAS2382	5.6 ^{ab}	4.5 ^{abc}	5.2	4.3 ^b	5.4	4.4
HE4B	5.6 ^{ab}	4.4 ^{bc}	5.3	4.2 ^b	5.5	4.3
H-564C	5.5 ^{ab}	4.4 ^c	5.2	4.4 ^b	5.3	4.4
RW-4000	5.6 ^{ab}	4.4 ^c	5.0	4.2 ^b	5.3	4.3
RW-4001	5.2 ^c	4.1 ^d	4.9	4.1 ^b	5.0	4.1
C-3311	5.4 ^b	4.3 ^{cd}	5.3	4.3 ^b	5.4	4.3
P3575W	5.5 ^{ab}	4.6 ^{ab}	5.2	4.6 ^a	5.3	4.6
MEDIA	5.5	4.4	5.1	4.3	5.3	4.4

En Caobanal el mejor desempeño se logra con el A-7573 con 5.7 cm en elote con joloche y 4.7 cm sin joloche, aunque la prueba de medias lo ubica en el mismo grupo donde se encuentra P3575W y cuatro genotipos más, sólo el RW-4001 difiere del resto y logra el menor diámetro (5.2 cm). Por su parte en Corregidora para diámetro sin hoja fue P3575W con 5.3 cm, valor estadísticamente diferente al obtenido por los demás materiales.

El comportamiento en el número de hileras por mazorca y del número de granos por hilera (Cuadro 4) sólo se detectó diferencia estadística en la primera variable para el sitio Corregidora, así los genotipos con el mayor número de hileras fueron P3575W y el HE4B, ambas con 16 hileras, sin embargo y de acuerdo a lo observado el mayor número de hileras implica menor tamaño de grano.

El promedio en el número de hileras entre sitios es similar con 15.1 y 14.6, no así en el número de granos por hilera ya que en Huimanguillo resultó de 38.5 y en el Centro de 32.4; la diferencia sin duda está influenciada por las condiciones adversas de humedad presentes en ésta localidad.

En relación al peso de 100 granos y sólidos solubles, los genotipos presentaron diferencia estadística significativa en las dos localidades de prueba (Cuadro 5), en Caobanal el testigo A-7573 es el de mejor comportamiento con 27.3 g, valor que difiere del resto de genotipos según la prueba de medias, en cambio en Corregidora, el de mejor comportamiento es el C-3311 con 27.5 g pero que no difiere del peso obtenido por A-7573, RW-4000, RW-4001 y P3575W; en promedio la media del peso en Corregidora (22.9 g), supera al de Caobanal (19.3 g) en 3.6 g.

Cuadro 4

Número de hileras y granos por hilera de genotipos de maíz evaluados para producción de elote en las regiones Chontalpa y Centro de Tabasco. Otoño-Invierno 2013/14. INIFAP. CIRGOC.CEHUI

Genotipo	Número de hileras y granos por hilera				Promedio de sitios	
	Caobanal, Hguillo.		Corregidora, Centro		H	G/H
	H	G/H	H	G/H		
A-7573	14.4	37.4	14.0 ^{bc}	30.8	14.2	34.1
DAS2382	14.8	40.0	14.0 ^{bc}	30.0	14.4	35.0
HE4B	15.2	39.2	16.0 ^a	34.4	15.6	36.8
H-564C	14.4	38.4	14.0 ^{bc}	33.0	14.2	35.7
RW-4000	16.0	38.0	13.6 ^c	33.2	14.8	35.6
RW-4001	15.6	38.0	15.2 ^{ab}	32.2	15.4	35.1
C-3311	14.4	39.6	14.0 ^{bc}	30.6	14.2	35.1
P3575W	16.2	37.2	16.0 ^a	35.2	16.1	36.2
MEDIA	15.1	38.5	14.6	32.4	14.9	35.5

Cuadro 5

Peso de 100 granos y sólidos solubles de genotipos de maíz evaluados para producción de elote en las regiones Chontalpa y Centro de Tabasco. Otoño-Invierno 2013/14. INIFAP. CIRGOC.CEHUI.

Genotipo	Peso de 100 granos (g) y sólidos solubles (°brix)				Promedio de sitios	
	Caobanal, Hguillo.		Corregidora, Centro		Gramos	°brix
	Gramos	°brix	Gramos	°brix		
A-7573	27.3 ^a	7.9 ^{bc}	22.7 ^{abcd}	10.0 ^{cd}	25.0	9.0
DAS2382	21.3 ^b	9.1 ^{ab}	21.8 ^{bcd}	12.6 ^a	21.6	10.8
HE4B	18.2 ^{bc}	7.2 ^c	18.9 ^d	10.0 ^{cd}	18.6	8.6
H-564C	17.0 ^c	7.8 ^{bc}	19.4 ^{cd}	8.6 ^d	18.2	8.2
RW-4000	18.3 ^{bc}	8.3 ^{bc}	22.4 ^{abcd}	13.0 ^a	20.4	10.7
RW-4001	17.6 ^c	10.2 ^a	24.3 ^{abc}	12.5 ^a	21.0	11.3
C-3311	17.3 ^c	9.8 ^a	27.5 ^a	10.9 ^{bc}	22.4	10.3
P3575W	17.5 ^c	7.9 ^{bc}	25.7 ^{ab}	12.3 ^{ab}	21.6	10.1
MEDIA	19.3	8.5	22.9	11.2	21.1	9.9

Una variable que define el sabor del elote, es el contenido de sólidos solubles; ésta característica tiene un comportamiento diferencial entre genotipos en ambas localidades de prueba y los resultados señalan que el menor contenido de azúcares se asocia al A-7573, al HE4B y a H-564C y que el promedio entre sitios difiere en 2.7 °BRIX a favor de Corregidora, esto permite señalar que la concentración de azúcares, no solo está en función del momento de cosecha sino del contenido de humedad que contiene el grano, de hecho los resultados obtenidos por Valdivia *et al.*, 2010, de 2.5 °BRIX, están relacionados con la dilución hecha con agua, misma que en nuestra medición no se realizó y por consecuencia la concentración es mayor como esta de manifiesto en el Cuadro 5.

El porcentaje de elote comercial a nivel de media, en Caobanal fue de 86.1 % para A-7573 de 87.8 % el H-564C y de 85 % el P3575W, en cuanto a la producción de elote por hectárea se produjeron 11.6, 7.8 y 9 t ha⁻¹ respectivamente; también se pudo observar que en general es posible producir más del 70 % de elote comercial, solo en el caso de los genotipos H-564C y H-520 éste indicador fue menor al valor citado.

Al calificar el sabor y la vida de anaquel a cuatro días de la cosecha, en Caobanal no se detectaron diferencias estadísticas por lo que el comportamiento

de los genotipos es similar; sin embargo, para la localidad de Corregidora el mejor comportamiento se observa en HE4B con 3 de calificación y el peor DAS2382 con 1.8 en una escala del 1 al 5, donde 1 es lo peor y 5 lo mejor. En el caso de la variable de sabor, el mejor comportamiento lo tiene el híbrido HE4B, asignándole una calificación de 4.3, mientras que los genotipos A-7573 y C-3311 con una valor de 3.3 son los menos adecuados.

CONCLUSIONES

- El híbrido P3575W compite adecuadamente con el testigo A-7573 para producir elote, ya que su producción fue de 8.7 t ha⁻¹ contra 9.9 t ha⁻¹ del A-7573.
- El híbrido P3575W supera al testigo comercial en sólidos solubles y sabor y es igual estadísticamente al calificar la vida de anaquel.
- El promedio de elote comercial cosechado con la tecnología de manejo actual fue del 75 %.

LITERATURA CITADA

- Barrón, F. S. 2010. Potencial productivo de genotipos de maíz para elote en el ciclo primavera-verano en la región de la Chontalpa, Tabasco. En: memorias de la XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2010. Villahermosa, Tabasco. Pp 6-11
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2013. Anuario Estadístico de Tabasco. Sección Agricultura. México, D. F.
- Paliwal, R. L. 2001. El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, Italia. p 53-73.
- Ramírez, C. M. A. 2006. Caracterización y almacenamiento de granos de elotes criollos de la región Otomí Tepehua del estado de Hidalgo. Tesis Lic. Ing. Ing. Agroindustrial. Univ. Aut. Edo. Hgo. Tulancingo de Bravo, Hgo. 79 p.
- Valdivia, B. R., Caro, V. F. J., Medina, T. R., Ortiz, C. M., Espinosa, C. A., Vidal, M. V. A., y Ortega, C. A. 2010. Contribución genética del criollo Jala en variedades eloteras de maíz. Rev Fitotec Mex; 33 (Núm. Especial 4): 63 - 67.

PERTINENCIA DEL APROVECHAMIENTO DE BIOFERTILIZANTES MICORRÍZICOS COMO PRÁCTICA AGRONÓMICA PARA REDUCIR LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA DE LA SOYA

Durán P. A.^{1*}, Becerra L. E. N.¹, Vásquez Hdez. A.¹, Meneses M. I.¹, Zetina, L. R.¹, Aguirre, M. J. Fco.²

¹INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Km. 34.5 Carretera Fed. Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Ver., México. ²INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. Km. 18 Carretera Tapachula-Cacahuatán, Col. Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chis., México.

Contacto: *duran.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Como consecuencia del alto costo de la fertilización química, es obligada la búsqueda de nuevas alternativas que puedan suplir las necesidades de nutrimentos en el cultivo de soya. El empleo de los biofertilizantes representa una gran oportunidad para sostener la producción a bajo costo. Los biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos del suelo que se asocian a las raíces de las plantas y favorecen su nutrición y disminuyen los costos del cultivo. Los biofertilizantes no contaminan al medio ambiente y permiten además, sustituir parcial o totalmente el uso de fertilizantes químicos, principalmente nitrogenados por ser una planta leguminosa. Su facilidad de transportación y bajo costo permite su utilización en grandes superficies. Como alternativa para contribuir a resolver esta problemática, existen diversos microorganismos que pueden utilizarse como biofertilizantes: Las bacterias *Bradyrhizobium japonicum* (Durán, *et. al.*, 1993), *Azospirillum brasilense* (Bashan y Holguín, 1993) y el hongo micorrízico *Glomus intraradices*, son los más comunes (Maldonado *et al.*, 2013). Se validó el efecto en diferentes variables de los biofertilizantes micorriza INIFAP y biofertilizantes fabricados por la AMPHYDIOBE, reduciendo el 50% de la fertilización química fosfatada (60-20-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente), comparándolos con el tratamiento sin biofertilizantes y el 100 % de la fertilización química (60-40-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente). Los resultados encontrados corroboraron con el establecimiento de la parcela de validación de las tecnologías de INIFAP y de AMPHYDIOBE que en el cultivo de

soya logra incrementos de rendimiento de grano de soya en el centro del estado de Veracruz, para contar con alternativas ecológicas y rentables de producción agrícola. El rendimiento de soya obtenido en la parcela de validación de tecnología (2,426 kg ha⁻¹) superó en 1,468 kg ha⁻¹ al rendimiento medio estatal (1,770 kg ha⁻¹), lo que equivale a 37.06 % de incremento real. El tratamiento con la tecnología INIFAP resultó el más rentable para el cultivo de soya, resaltando que la micorriza puede disminuir la fertilización fosfatada en un 50 %. Lo que favorece a esta tecnología como una oportunidad viable de aplicar en el cultivo de soya el cual se considera como alternativo con alto potencial productivo para áreas de temporal del centro del estado de Veracruz.

Palabras clave: *Glycine max* L., bifertilizantes, *Glomus intraradices*, validación, relación beneficio-costo.

INTRODUCCIÓN

Debido al alto costo de la fertilización química, es obligada la búsqueda de nuevas alternativas que puedan suplir las necesidades de nutrimentos en el cultivo de soya. El empleo de los biofertilizantes representa una gran oportunidad para sostener la producción a bajo costo. Los biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos del suelo que se asocian a las raíces de las plantas y favorecen su nutrición y disminuyen los costos del cultivo. Los biofertilizantes no contaminan al medio ambiente y permiten además, sustituir parcial o totalmente el uso de fertilizantes químicos, principalmente nitrogenados por ser una planta leguminosa. Su facilidad de transportación y bajo costo permite su utilización en grandes superficies. Como alternativa para contribuir a resolver esta problemática, existen diversos microorganismos que pueden utilizarse como biofertilizantes: Las bacterias *Bradyrhizobium japonicum* (Durán, *et. al.*, 1993), *Azospirillum brasilense* (Bashan y Holguín, 1993) y el hongo micorrízico *Glomus intraradices* (Durán *et al*, 2009), son los más comunes, la utilización de la micorriza arbuscular incrementa el crecimiento vegetativo y el rendimiento de grano además de mejorar la nodulación del sistema radical. Existen otros biofertilizantes que producen las empresas privadas en México y en ese contexto el INIFAP, también produce comercialmente el biofertilizante INI2709 formulado a base de un consorcio de cepas de la especie *Pseudomonas fluorescens*, el cual si consideramos que en nuestro país se siembran

aproximadamente 6 millones de hectáreas, que en estas áreas se llegan a utilizar 210 kg de fertilizante nitrogenado y 60 kg de fertilizante fosfatado por ha y que el biofertilizante INI2709 logrará reducir en un 30% la cantidad de fertilizante químico aplicado, entonces sería factible que nuestro país ahorrará cerca de \$1,900 millones de pesos (asumiendo un costo estimado de \$3,880.00 por tonelada de urea y \$3,500.00 por tonelada de fosfato diamónico) y la necesidad de importar 810,000 ton de fertilizante químico (Aguado-Santacruz, 2011, citado por Aguado-Santacruz y Moreno-Gómez, 2012). El INIFAP particularmente ha trabajado con el estudio de cepas de *Bradyrhizobium japonicum* en algunas zonas del país y en el caso de la micorriza-arbuscular el instituto la produce de manera masiva desde 1999 a nivel nacional, en base a este escenario el Campo Experimental Cotaxtla estableció el presente trabajo con el objetivo de validar la eficiencia de utilizar biofertilizantes micorrízicos del mismo INIFAP comparándose con las micorrizas comerciales como las producidas por la AMPHIDIOBE y reducir en 50% la fertilización química fosfatada y el tratamiento del productor (sin biofertilizante + 60-40-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente) utilizándose la variedad de soya Huasteca 200 en condiciones de temporal, manteniendo la productividad y rentabilidad económica de esta leguminosa con buen potencial productivo en el centro de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el C. E. Cotaxtla, Municipio de Medellín de Bravo, Ver., ubicado entre los meridianos 95°58' y 96°03' de longitud oeste y entre los paralelos 18°44' y 18°48' con 18 metros sobre el nivel del mar, el tipo de suelo es un fluvisol eutrico, se estableció una parcela de validación de 1.0 ha en el lote B6 bajo condiciones de temporal ciclo primavera-verano 2009 con los tratamientos siguientes: 1). Tecnología INIFAP (micorriza + 60-20-00 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente), 2). Tecnología del productor (60-40-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente) y 3). Tecnología AMPHYDIOBE (Ferbiliq + 60-20-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, empleando como fuentes urea (46.0 % de N) y superfosfato de calcio triple (46% de P₂O₅) aplicada al momento de la siembra. La inoculación con microorganismos para el tratamiento 1 se aplicó a la semilla una dosis de micorriza INIFAP *Glomus intraradices* 1 kg ha⁻¹ y para el tratamiento 3 Tecnología AMPHYDIOBE se utilizó el recomendado por dicha asociación de productores de productos orgánicos (Ferbiliq *Glomus intraradices* 1 L ha⁻¹) Cuadro 1.

Cuadro 1

Lista de tratamientos de tecnología validados en el cultivo de soya en el C. E. Cotaxtla, Ver. Ciclo P-V 2009

N° de tratamiento	Biofertilizante	Fertilización química (kg ha ⁻¹ de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O)
1. Tecnología INIFAP	Micorriza INIFAP(<i>Glomus intraradices</i>) 1 kg ha ⁻¹	60-20-00
2. Tecnología productor	Sin biofertilizante	60-40-00
3. Tecnología AMPHIDIOBE	Ferbiliq (Micorriza <i>Glomus intraradices</i>) 1 L ha ⁻¹	60-20-00

La fecha de siembra fue el 31 de julio de 2009 con siembra mecanizada de labranza reducida de tres unidades separadas para surcar a 80 cm, depositando una densidad de siembra de 58 Kg ha⁻¹ de semilla usándose la variedad de soya Huasteca-200 la cual es considerada como insensible al foto-período (Maldonado, 1994). La distancia entre plantas fue de 5 cm. y depositando a “chorrillo” de 19 a 22 semillas por metro lineal, la densidad de siembra establecida fue de 200,000 a 250,000 semillas por hectárea; para el tratamiento del productor mientras que para los tratamientos 1 y 3 se usó el 100 % de la fertilización nitrogenada y el 50 % de la fertilización fosfatada (60-20-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente) ya que se sustituye mediante la inoculación de la semilla antes de la siembra con el biofertilizante micorriza *Glomus intraradices* marca comercial de la empresa privada y marca INIFAP para el tratamiento 3 y 1 respectivamente. El manejo agronómico del cultivo para el tratamiento de tecnología INIFAP se basó en las recomendaciones técnicas del Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP para la soya de temporal en el centro de Veracruz. La maleza se controló mediante el método químico y cultural para el caso de la siembra del 31 de julio fue mediante dos cultivos el primero a los 15 días después de la siembra y el segundo 15 días después del primero y posteriormente fue necesario el control químico, con el uso de herbicidas post-emergentes empleando Fusilade + Flex en dosis de 1.0 L ha⁻¹ + 1.0 L ha⁻¹ aplicado a los 27 días después de la siembra, utilizando una bomba motorizada con una boquilla tee jet 8003 en volúmenes de agua de 200 litros de agua por hectárea. Los demás factores como lo fue el control fitosanitario de plagas y enfermedades que se presentaron en la soya durante el desarrollo de la parcela se manejaron conforme a las recomendaciones técnicas del C. E. Cotaxtla. Las variables cuantificadas fueron: altura (cm) de planta a los 20, 36, 43, 50, 90 y 131 días después de la siembra (DDS); número de entrenudos por planta en las etapas fenológicas de R2 y

R8; altura (cm) de vaina baja; número de vainas por planta promedio de 10 plantas por tratamiento y cuatro repeticiones. La cosecha se realizó el día 11 de diciembre de 2009, mediante el muestreo de 12 parcelas al azar de dos surcos de 0.80 m de ancho x 10 metros de longitud (16.0 m²) con las cuales se cuantificó el peso de 100 semillas (g) y el rendimiento de grano en kg ha⁻¹ ajustado al 14 % de humedad y el análisis económico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas prevaecientes durante el desarrollo del trabajo (precipitación pluvial (mm), humedad relativa (%) y de temperatura (°C) media mensual) fueron obtenidos de la estación climatológica del C. E. Cotaxtla. Durante el periodo en que se condujo la parcela de validación se cuantificó una precipitación pluvial de 298.3 mm en total caída en el ciclo de temporal de lluvias (ocurridas del mes de agosto al mes de diciembre de 2009).cuya ocurrencia se indica en el Cuadro 2, la precipitación del mes de agosto fue la más abundante la cual fue aprovechada por la soya los meses restantes la lluvia fue muy baja por debajo de los requerimientos de la soya indicando con esto que por la fecha oportuna esta oleaginosa manifestó un potencial productivo aceptable de rendimiento. Las temperaturas medias mensuales fueron: en agosto 26.9 °C, septiembre 26.2 °C, octubre 26.2 °C, noviembre 22.7 °C y diciembre de 21.4 °C, la humedad relativa siempre estuvo arriba del 82.52 %, siendo el mes de diciembre el de mayor humedad relativa con 88.35 %. (Cuadro 2).

Cuadro 2

Temperatura media (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm) registrada en el período del ciclo primavera-verano 2009, en el C. E. Cotaxtla, Ver. INIFAP.

Mes	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
Agosto	26.9	85.97	149.0
Septiembre	26.2	86.05	84.8
Octubre	26.2	86.27	30.1
Noviembre	22.7	82.52	11.4
Diciembre	21.4	88.35	23.6
Total			298.3

Fuente: Estación meteorológica del Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Altura de plantas de soya. Las alturas se midieron en cm en seis etapas diferentes del desarrollo de cultivo, en el Cuadro 3. se puede apreciar que a los 20 días después de la siembra (DDS) la mayor altura se registró en el tratamiento de Micorriza INIFAP seguido por el tratamiento del productor con 18.57 y 18.35 cm respectivamente el tratamiento de orgánicos (AMPHYDIOBE) logró la menor talla de planta, a los 36 DDS se comportó como de mayor altura el tratamiento de INIFAP seguido por el de orgánicos (AMPHYDIOBE), a los 43 DDS (R2) se comportaron las alturas como lo fue en la primer medición pero a los 50 DDS el tratamiento de orgánicos se colocó en segundo lugar de mayor altura de planta superando al del productor, a los 90 DDS el tratamiento del productor fue el de mayor talla superando a INIFAP y al de orgánicos finalmente a los 131 DDS a la cosecha del cultivo el tratamiento de INIFAP con 90.45 cm de altura supero al tratamiento de orgánicos y del productor que midieron 90.32 cm y 86.97 cm respectivamente.

Cuadro 3

Altura de planta (cm) de soya Huasteca 200 a diferentes días después de la siembra (DDS) validado con tres tratamientos de tecnología en el C. E. Cotaxtla, Ver. Ciclo P-V 2009

N° de tratamiento	Altura de planta (cm)					
	20 DDS	36 DDS	43 DDS	50 DDS	90 DDS	131 DDS
1. Tecnología INIFAP	18.57	46.05	70.25	82.35	90.52	90.45
2. Tecnología productor	18.35	43.95	68.27	79.47	91.20	86.97
3. TecnologíaAMPHYDIOBE	17.85	44.85	67.90	81.95	89.19	90.32
Media	18.25	44.85	68.80	81.25	90.41	90.24

Número de entrenudos por planta. En la variable de número de entrenudos por planta cuantificado en dos etapas fenológicas de la soya esta variable reportó en el Cuadro 4, que en la etapa R2 (43 DDS) que es cuando las plantas aparece una flor en alguno de los dos nudos superiores del tallo principal con una hoja completamente desarrollada, cuantificada en 10 plantas para obtener la media de cuatro repeticiones, aquí se observa en la primer etapa el tratamiento de INIFAP produjo el mayor número de entrenudos por planta de 11.10 respecto al tratamiento de orgánicos (AMPHYDIOBE) y del productor que tuvieron 10.97 y 10.40 planta⁻¹ respectivamente no obstante en la etapa R8, cuando las plantas tengan vainas de color gris o café en alguno de los cuatro nudos superiores. En este momento las

plantas generalmente han perdido todo el follaje y están listas para la cosecha, en esta etapa el tratamiento de orgánicos obtuvo 13.15 entrenudos planta⁻¹ y supera a los otros dos tratamientos los cuales produjeron 13.10 planta⁻¹, finalmente en el promedio de entrenudos de las dos etapas cuantificadas el tratamiento de INIFAP fue superior y le siguió el tratamiento de orgánicos ambos superan en un tercio de entrenudo al tratamiento del productor.

Cuadro 4

Número de entrenudos por planta, altura de vaina baja y número de vainas por planta de soya Huasteca 200 en la etapa R8 (80 DDS) validado con tres tratamientos de tecnología en el C. E. Cotaxtla, Ver. Ciclo P-V 2009

N° de tratamiento	Número de entrenudos por planta		Altura de vaina baja (cm)	Número de vainas por planta
	R2	R8		
1. Tecnología INIFAP	11.10	13.10	7.05	203.07
2. Tecnología Productor	10.40	13.10	6.50	161.42
3. Tecnología AMPHYDIOBE	10.97	13.15	6.60	218.15
Media	10.82	13.11	6.71	194.21

Altura de vaina baja y número de vainas por planta. La variable de altura de vaina baja se puede apreciar en el Cuadro 4, que en promedio se tuvo una altura de 6.71 cm la cual se considera baja para la cosecha mecanizada aquí el tratamiento de INIFAP logro la mayor altura con 7.05 cm seguido por el tratamiento de orgánicos (AMPHYDIOBE) con 6.60 cm y el más bajo fue el tratamiento del productor con 6.50 cm, en este mismo cuadro se presentan la cantidad de vainas producidas por planta en promedio de 10 plantas y cuatro repeticiones al momento de la cuantificación es notorio que el tratamiento de orgánicos (AMPHYDIOBE) logro el mayor número de vainas producidas con 218.15 seguida por el tratamiento de INIFAP con 203.07 el menor número lo logro el tratamiento del productor con 161.42 vainas por planta este fue superado en 56.73 vainas y 41.65 vainas por los tratamientos de orgánicos (AMPHYDIOBE) y de INIFAP respectivamente.

Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) y peso de 100 semillas. El mayor peso de 100 semillas lo registró el tratamiento de orgánicos (AMPHYDIOBE) con 18.45 gramos mientras que el del productor obtuvo 18.10 gramos y el tratamiento de INIFAP 17.67 gramos (Cuadro 5). El rendimiento de grano obtenido en los tratamientos validados de la parcela de validación de soya en el centro de Veracruz, Se reportan

en el Cuadro 5, se observó que el tratamiento 1 con la tecnología INIFAP obtuvo el mejor rendimiento de 2,590 kg ha⁻¹ contra los 2,254 kg ha⁻¹ obtenido tecnología del Productor existiendo diferencia numérica de 336 kg/ha o sea un incremento de 14.30 %; la respuesta en rendimiento de la variedad Huasteca-200 fue positiva también a la tecnología AMPHYDIOBE el rendimiento obtenido fue de 2,434 kg ha⁻¹ y con la tecnología del productor fue la más baja de 2,254 kg ha⁻¹, el incremento en rendimiento fue de 180 kg ha⁻¹ significando un incremento de 7.98 %, cabe mencionar que el rendimiento promedio en el estado de Veracruz es de 1,770 Kg ha⁻¹. Existiendo una diferencia de rendimiento de 554 a 890 kg ha⁻¹ respecto a las tecnologías INIFAP y AMPHYDIOBE siendo esto un 32.58 % hasta de 52.35 % de aumento en el suelo y condiciones ambientales del C. E. Cotaxtla, el rendimiento promedio de esta parcela de validación en siembra de 31 de julio de 2009 fue de 2,426 kg ha⁻¹ superior en 656 kg/ha al rendimiento promedio del estado de Veracruz de 1,770 kg ha⁻¹ significando esto un 31.06 % de aumento en la productividad al adoptarse cualquiera de estas dos tecnologías sustentables.

Cuadro 5

Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) y peso de 100 semillas (g) de soya Huasteca 200 con tres tratamientos de tecnología en el C. E. Cotaxtla, Ver. Ciclo P-V 2009

N° de tratamiento	Peso de 100 semillas (g)	Rendimiento (kg ha⁻¹)	Incremento (%) / trat. 2
1. Tecnología INIFAP	17.67	2,590	114.30
2. Tecnología AMPHYDIOBE	18.10	2,434	107.98
3. Tecnología Productor	18.45	2,254	100.00
Media	18.07	2,426	111.14

En general la respuesta del cultivo de soya a los tratamientos validados es buena para ser incorporada a la recomendación práctica por parte del productor sojero. Se observó que tanto la tecnología INIFAP como la de AMPHYDIOBE inoculadas con micorriza incrementaron en 336 y 228 kg ha⁻¹ respectivamente más producción respecto al tratamiento del productor sin micorriza de INIFAP ni de AMPHYDIOBE siendo los incrementos por el uso de este hongo micorrízico de 13.84 % para INIFAP y de 7.98% para el paquete de micorriza de AMPHYDIOBE, estos datos confirman las ventajas de poder mantener e incluso elevar la producción de grano con insumos biológicos como es el empleo de biofertilizantes a base de micorrizas.

Análisis económico. Con los datos de rendimiento obtenidos de los tratamientos validados se realizó el análisis económico, tomando como precio de comercialización

de la soya de \$3,500.00 t⁻¹, se presenta en el Cuadro 6 el beneficio neto (BN) de dichos tratamientos, se puede observar que el tratamiento tecnología INIFAP obtuvo el mayor beneficio bruto (BB) de \$9,065.00 ha⁻¹, así como el máxima beneficio neto (BN) de \$1,839.42 ha⁻¹ y el más alto Beneficio-Costo (B/C) de 1.25 cabe mencionar que el tratamiento de orgánicos (AMPHYDIOBE) reduce su utilidad por el costo y aplicación de estos insumos biológicos en su conjunto los cuales representan el 25.46 % de su costo de producción total, la tecnología del productor obtuvo el beneficio neto y beneficio costo muy bajos lo cual hace menos rentables que el tratamiento del INIFAP, estos resultados obtenidos son similares a los reportados por Durán *et al.*, 2009, donde encontraron respuestas positivas en el rendimiento por efecto de la aplicación del biofertilizante micorriza INIFAP *Glomus intraradices* con una relación Beneficio/Costo de 1.84 y un ahorro del 100 % de la fertilización fosfatada (60-00-00) comparado con el 1.25 y el 50 % de la fertilización fosfatada (60-20-00). La reducción del 50 % de la fertilización química fosfatada puede representar un ahorro interesante para los productores el cual se reflejará en base a la superficie de siembra que los productores la adoptarán para poder obtener una buena rentabilidad y disminuir la importación de este insumo como lo asentó Aguado-Santacruz y Moreno-Gómez, 2011. Es importante citar que la precipitación durante el desarrollo del cultivo fue de menos de 291.0 mm la cual se considera limitante para la máxima expresión del rendimiento de grano de esta oleaginosa.

Cuadro 6

Análisis económico de tres tecnologías validadas en el cultivo de soya de temporal en el C. E. Cotaxtla, Ver. Ciclo P-V 2009

N° de tratamiento	BB (\$ ⁻¹)	CP (\$ ⁻¹)	BN (\$ ha ⁻¹)	(B/C)
1. Tecnología INIFAP	9,065.00	7,225.58	1,839.42	1.25
2. Tecnología AMPHYDIOBE	8,519.00	8,379.42	139.58	1.01
3. Tecnología Productor	7,889.00	7,460.65	503.35	1.05
Media				1.10

CONCLUSIONES

1. Se corroboró con el establecimiento de la parcela de validación de la tecnología de INIFAP complementaria al 50 % de fertilización química fosfatada (60-20-00) que en el cultivo de soya, logra incremento de

rendimiento de grano de soya del 14.30 % respecto a la tecnología del productor del 100 % de F. Q. (60-40-00) en el centro del estado de Veracruz, siendo factible la pertinencia del aprovechamiento de biofertilizantes micorrízicos como práctica agronómica para reducir la fertilización química de la soya.

2. El tratamiento con la tecnología INIFAP resulto económicamente el más rentable para el cultivo de soya (B/C= 1.25), resaltando que la micorriza INIFAP puede disminuir la fertilización fosfatada en un 50 %.

LITERATURA CITADA

- Aguado-Santacruz G. A. y B. Moreno-Gómez. 2012. Biofertilizantes bacterianos desarrollados por el INIFAP. *In: Aguado-Santacruz, 2012 (ed.). Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. INIFAP. SAGARPA. México. p. 151-170.*
- Bashan Y. and G. Holguin. 1993. Irreversible attachment of *Azospirillum brasilense* to hydrophobic surfaces. *In: Palacios, R., Mora, J. Newton, W. E. (editors).1993. New Horizons in Nitrogen Fixation. Kluwer Academic Publishers. p. 218.*
- Durán A., J. Espinosa, y J.Cumpián. 1993. Inoculation studies with comercial and experimental inoculants with Jupiter soybean in two locations of Veracruz-México. *In: Palacios, R., Mora, J. Newton, W. E. (editors). 1993. New Horizons in Nitrogen Fixation. Kluwer Academic Publishers. p. 716.*
- Durán, P. A., López, G. V. y Becerra, L. E. N. 2009. Biofertilización con micorriza (*Glomus intraradices*) en soya (*Glycine max* (L.) Merrill) de temporal en Veracruz. *In: INIFAP; UV; CP; UACH; ITUG; ITBOCA. Avances en la investigación agrícola, pecuaria, forestal y acuícola en el trópico mexicano. 2009. Libro científico N° 6. Veracruz, México. p. 87-93.*
- Lambert, D. H. and T. C. Weidensau. 1991. Element uptake by mycorrhizal soybean from sewage-sludge-treated soil. *Soil. Sci. Soc. Am. J. 55: 393-398.*

COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE SOYA (*Glycine max* L.) EN YUCATÁN MÉXICO

BEHAVIOR SOYBEAN VARIETIES (*Glycine max* L.) IN YUCATAN MEXICO

Rangel FMA^{1*} y Burgos DJA¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochoá Km 25 antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán. Autor para correspondencia: rangel.alma@inifap.gob.mx

RESUMEN

De las leguminosas la soya cuenta con un aprecio especial, ya que cuenta con características nutrimentales sobresalientes. Se cultiva en diversas regiones y puede contribuir en los programas de combate al hambre. A pesar de ser de climas templados se ha adaptado exitosamente a condiciones de trópico contribuyendo a la diversificación de cultivos en estas regiones. Se probaron cuatro variedades de soya para trópico bajo condiciones de riego y con inoculaciones de *Rhizobium japonicum* durante el ciclo OI 2014-2015, en el Sitio Experimental Uxmal Yucatán. Se contabilizaron 1) días a floración, 2) días a cosecha, 3) número vainas, 4) peso de semillas de diez plantas, 5) peso de 1000 semillas y 6) rendimiento calculado a 14 % de humedad. En las variables días a floración y días a cosecha se formaron dos grupos de 40 y 54 días y 105 y 94 días respectivamente, resultando las más tempranas Tamesí y Huasteca 100. En las variables número vainas y peso de semillas de diez plantas registraron diferencias ($p < 0.05$) sobresaliendo Huasteca 200 con inoculación; sin embargo para el resto de las variables evaluadas no reportaron diferencias significativas. Las variedades de soya para trópico generadas por el INIFAP registraron rendimientos por arriba de la media nacional. El cultivo de soya en Yucatán es una opción viable en cuanto a rendimientos.

Palabras clave: Rendimiento, variedad, trópico.

INTRODUCCIÓN

La soya es una de las oleaginosas de mayor importancia en el mundo. Es originaria del medio oriente. Su cultivo se ha desarrollado principalmente en regiones templadas pero la introducción en los trópicos ha sido exitosa (Pecina et al. 2005). México es el cuarto importador de este grano, el cual es destinado principalmente a la industria alimenticia por sus altos contenidos proteicos, lo que permite la elaboración de alimentos tanto para humanos como la elaboración de alimentos balanceados para animales y en últimos años para la elaboración de biodiesel. Este cultivo se explota en diferentes regiones del mundo y es un alimento que puede contribuir a los problemas de desnutrición, particularmente en las regiones del trópico (Romero et al, 2013). En México, en el 2013 se cultivaron 178, 532 ha de soya, de las cuales se cosecharon 157, 418 ha y se obtuvieron 239, 024 ton. En la Península de Yucatán se registraron 20,026 ha sembradas con soya de las cuales se cosecharon 18,107 ha. La producción total fue de 36,870 toneladas, lo que representa el 15 % de la producción nacional, sin embargo en Yucatán solamente se registraron 2061 ha (SIAP, 2013). Esta falta de interés sobre el cultivo puede deberse a diversos factores, entre los que se pueden contar las condiciones edáficas de la región y el desconocimiento del cultivo.

El éxito en la producción y la productividad de la soya en las diferentes condiciones agroecológicas de las regiones productoras y potenciales para este cultivo, está en función de su establecimiento en zonas de alto potencial productivo, la generación de variedades mejoradas, la disponibilidad de semillas de alta calidad, el manejo agronómico adecuado, el control fitosanitario eficiente y el valor agregado de los subproductos. El INIFAP cuenta con materiales que están adaptados a condiciones del trópico, se han probado en el sur de Tamaulipas, Chiapas, Veracruz y Campeche obteniendo resultados satisfactorios donde ya se cuentan con el paquete tecnológico adecuado para las producciones de temporal (Asencio y Maldonado, 2011; Tosquy et al.,2004). Recientemente se ha tratado de impulsar la producción de soya en el estado de Yucatán, en las regiones que presentan suelos profundos, sin embargo se desconoce el comportamiento, de los materiales indicados para las regiones del trópico, en las condiciones de Yucatán. Se pretende contar con mayores opciones de variedades y paquetes tecnológicos adecuados a la región que aliente el interés por este cultivo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento en cuanto al rendimiento de cuatro de las variedades generadas para condiciones del trópico en las condiciones de invierno de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció durante el ciclo otoño-invierno 2014-2015 bajo condiciones de riego, en el Sitio Experimental Uxmal en Muna Yucatán, ubicado en el km 75 de la carretera Mérida-Uxmal, en Muna, Yucatán (20° 25' N y 89° 46' O). El clima es cálido subhúmedo (Aw0), con precipitación y temperatura media anual de 990 mm y 25 °C. El tipo de suelo es un Cambisol crómico (Duch, 1988). Se evaluaron cuatro variedades (Tamesí, Huasteca 100, Huasteca 200 y Huasteca 400) y la aplicación de *Rizhobium japonicum* teniendo como resultado ocho tratamientos establecidos en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones (Cuadro 1).

Cuadro 1

Tratamientos evaluados en el S.E. Uxmal en el ciclo OI 2014-2015

No.	Tratamiento
1	Huasteca 100
2	Huasteca 100 + inoculación
3	Huasteca 200
4	Huasteca 200 + inoculación
5	Huasteca 400
6	Huasteca 400+ inoculación
7	Tamesí
8	Tamesí + inoculación

Las parcelas consistieron en seis surcos de 6 metros de largo y de 80 cm entre surco y como parcela útil se tomaron los surcos centrales de cada parcela. Previo a la siembra se dieron dos pasos de rastra, se marcaron los surcos y se instaló la cinta para el riego por goteo. La siembra se hizo el 12 de noviembre de 2014 bajo sistema de riego. La densidad de siembra para todas las variedades fue de 250 000 plantas/ha. y el manejo agronómico se llevó a cabo con lo recomendado por el INIFAP. Para inocular las semillas con *Rizhobium japonicum* se siguieron las especificaciones del producto. Las variables a evaluar fueron: 1) días a floración, 2) días a cosecha, 3) número vainas, 4) peso de semillas, 5) peso de 1000 semillas y 6) rendimiento calculado a 14 % de humedad. La variable 1 se contabilizó desde la fecha de siembra hasta contar con el 50 % de la floración de la parcela; en la variable 2 se contó desde la siembra hasta que la planta estuvo lista para la cosecha; las variables 3 y 4 se seleccionaron al azar diez plantas de la parcela útil; para la variable 5 se procedió con lo indicado por Moreno 1996. Con los datos

recabados se elaboró un análisis de varianza y la comparación de medias por Tukey con $\alpha=0.05$ con ayuda del paquete estadístico SAS 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los días a floración y cosecha formaron dos grupos, para dos variedades la floración se presentó a los 54 días (Huasteca 200 y 400) mientras que para Tamesí y Huasteca 100 esto se hizo presente a los 40 días; en cuanto a los días a la cosecha Huasteca 200 y 400 registraron 105 y Tamesí y Huasteca 100 solamente 94. De acuerdo con Maldonado y Ascencio (2010 a y b; 2012) y Maldonado et al. (2010) las variedades presentan una floración media de entre 48 y 53 días, siendo la Huasteca 400 la más tardía y la Tamesí las más precoz, mientras que para cosecha el intervalo va de 111 a 144 días teniendo a Huasteca 400 con cosecha más temprana y Huasteca 100 la más tardía. A pesar de registrar variaciones con lo reportado en la literatura, todas las variedades entran dentro del intervalo reportado. Estas variaciones pueden deberse a ciclo de cultivo, todas están recomendadas para ciclos PV, sin embargo aclaran que también pueden obtenerse buenos resultados en el ciclo OI, como fue el caso de este ensayo, tal como lo reportado por Tosquy et al. (2006) quienes evaluaron Huasteca 200 producida en Veracruz durante el ciclo. Para las variables de número de vainas y peso de semilla de diez plantas se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) sobresaliendo la variedad Huasteca 200 con inculación de *Rhizobium* el mayor número de vainas por plantas y el peso de las semillas de diez plantas. Mientras que Tamesí y Huasteca 100 no registraron diferencias (Cuadro 2). Para las variables peso de 1000 semillas, rendimiento de parcela útil y rendimiento potencial (ton/ha) no registraron diferencias ($p \geq 0.05$), sin embargo los resultados reportan a Tamesí con el mayor peso de 1000 semillas, Huasteca 200 con mayor rendimiento en parcela útil y Huasteca 400 con mayor rendimiento potencial. A pesar de estos resultados, todos ellos coinciden con los intervalos que se reportan en la literatura, para el peso de 1000 semillas se registran 13.9, 15.1, 12.7 y 16 para Huasteca 100, 200, 400 y Tamesí respectivamente. Mientras que los rendimientos van de 2387, 2174, 2625 y 2602 kg/ha para Huasteca 100, 200, 400 y Tamesí respectivamente.

Cuadro 2

Resultados de la evaluación de cuatro variedades de soya más la inoculación con *Rhizobium japonicum*

Tratamiento	Numero de vainas	Peso de semilla de 10 plantas (g)	Peso de 1000 semillas	Rendimiento de parcela útil (kg)	Rendimiento potencial (kg/ha)
1	21.8 b	7.14 b	12.86 a	1.54 a	3.09 a
2	21.8 b	8.94 b	13.34 a	1.39 a	2.69 a
3	48.53ab	19.11 ab	13.24 a	1.77 a	3.19 a
4	74.2 a	28.26 a	13.13 a	1.43 a	2.61 a
5	43.45 ab	16.16 ab	13.14 a	1.63 a	3.43 a
6	50.4 ab	19.39 ab	12.96 a	1.75 a	3.33 a
7	20.9 b	8.04 b	15.79 a	1.46 a	2.84 a
8	28.8 b	10.27 b	14.81 a	1.53 a	3.10 a
DMS	32.2	15.9	3.13	0.93	1.90

Medias con la misma letra en cada variable no son estadísticamente diferentes.

Tosquy *et al.* (2006) en evaluaciones bajo condiciones de riego en el estado de Veracruz concluyo que es posible el cultivo de soya en el ciclo OI. En cuanto a las evaluaciones en las siembras con semillas inoculadas con *Rhizobium japonicum*, se realizaron observaciones sobre las raíces de las plantas una vez cosechadas localizando nódulos en las cuatro variedades, sin embargo no se contabilizaron y dentro de los resultados no se observa un comportamiento claro de que haya existido una mejora en rendimiento con la inoculación ya que no se obtuvieron diferencias significativas en esta variable. Varios autores (Stougaard, J. 2000; Madigan, *et al.*, 2003; Benintende *et al.*, 2010) recomiendan la inoculación con algún tipo de *Rhizobium* con la finalidad de conseguir fijación de nitrógeno y en consecuencia mejore la nutrición y sanidad de la planta y como consecuencia rendimientos mayores, desafortunadamente esta condición de asociación está condicionada por diversos factores como el tipo de suelo, la nutrición actual del terreno de siembra, las temperaturas entre otros (Hussein, 1999; Susuky *et al.*, 2014). Por otro lado Corbera y Nápoles (2000) observaron diferencias significativas en soya inoculada con *Bradyrhizobium japonicum* registrando rendimientos superiores al testigo, sin embargo señalan que el efecto está sujeto a las condiciones edafoclimáticas.

CONCLUSIONES

Las variedades de soya generadas por el INIFAP para las condiciones del trópico responden alentadoramente para las condiciones de Yucatán bajo ambientes de riego en el ciclo OI, los rendimientos se encuentran por arriba de los promedios nacionales. Las inoculaciones de *Rhizobium* no generaron mejoría visible en cuanto a rendimiento sin embargo pudo deberse a diversos factores no controlados durante la ejecución del ensayo. Se recomienda continuar con las evaluaciones tomando en cuenta más factores que contribuyen al éxito en la inoculación.

LITERATURA CITADA

- Benintende S., W. Urich, M. Herrera, F. Gangge, M. Sterren y M. Benintende. 2010. Comparación entre coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja. *Agriscientia*. 27:71-77.
- Corbera J. y M. C. Nápoles. 2000. Evaluación agronómica de la coinoculación de *Bradyrhizobium japonicum* y hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo de la soya sobre suelo ferralítico rojo compactado. *Cultivos Tropicales*. 21: 21-25.
- Duch G. J. 1988. Conformación territorial del estado de Yucatán. Los componentes del medio físico. Universidad Autónoma Chapingo-Centro Regional de la Península de Yucatán. Chapingo, Estado de México.
- Hussein Z. H. 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Mycrobiology and Molecular Biology Reviews*. 63: 968-989.
- Madigan M., T. J. M. Martinko y J. Parker. 2003. Brock biology of microorganisms. Tenth Edition. Prentice Hall. Pearson Education, Inc. NJ.
- Maldonado M. N. y L. G. Ascencio. 2010 (a). Huasteca 100, variedad de soya para el sur de Tamaulipas y trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1: 699-705.
- Maldonado M. N. y L. G. Ascencio. 2010 (b). Huasteca 200, variedad de soya de baja sensibilidad al fotoperiodo corto para el trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1: 707-714.

-
- Maldonado M. N. y L. G. Ascencio 2012. Tamesí, nueva variedad de soya para el trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3: 1671-1677.
- Maldonado M. N., L. G. Ascencio y L. H. R. Gill. 2010. Huasteca 400, nueva variedad de soya para el sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y norte de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1: 687-692.
- Moreno M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Autónoma de México. México, DF. Pp389.
- Pecina Q. V., H. L. Maldonado, M. N. Maldonado, J. Simpson, O. Martínez de la Vega y V. K. del C. Gil 2005. Diversidad genética en soya del trópico húmedo de México determinada con marcadores AFLP. *Fitotecnia Mexicana*. 28: 63-69.
- Romero A., R. Ruz y M. González. 2013. Evaluación de siete cultivares de soya (*Glycine max*) en las condiciones edafoclimáticas del municipio Majibacoa, Las Tunas. *Pastos y Forrajes* 36: 459-463.
- Stougaard, J. 2000. Regulators and regulation of legume root nodule development. *Plant Physiology*.124: 531-540.
- Suzuky Y., D. Adhikari, K. Itoh and K. Suyama 2014. Effects of temperature on competition and relative dominance of *Bradyrhizobium japonicum* and *Bradyrhizobium elkanii* in the process of soybean nodulation. *Plant Soil*. 374: 915-924.
- Tosquy V. H. O., E. A. V. Esqueda y P. A. Durán. 2006. Sistemas de siembra para soya de invierno en Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*. 17:47-53.
- Tosquy, O. H.; López, V.; V. A. Esqueda, A. Durán, I. Meneses, G. Ascencio. 2004. Evaluación de sistemas de siembra en soya de temporal en el centro del estado de Veracruz. In: M. C. Mendoza; L. Córdova; S. Cruz; C. G. Mendoza comps. *Memoria de Resúmenes del XX Congreso Nacional de Fitogenética*. Toluca, Edo. de México, México. p. 354.

FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA DEL MAÍZ H-520 EN LUVISOLES DE YUCATÁN

PHOSPHORIC FERTILIZATION OF CORN HYBRID H-520 ON LUVISOL SOILS OF YUCATAN STATE, MEXICO

Tun DJC^{1*} y Burgos DJA¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochoá. Km. 24.5 antigua carretera Mérida-Motul. CP 97454. Mocochoá, Yuc.

*Autor para correspondencia: tun.jose@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En 2013 se sembraron en Yucatán 130,316 ha de maíz bajo condiciones de temporal, cuyo rendimiento medio fue de 0.660 t ha⁻¹; bajo condiciones de riego se establecieron 5,936 ha con un rendimiento medio de 3.420 t ha⁻¹. Los suelos con mayor potencial para el cultivo de maíz en el estado, son los Luvisoles y los Vertisoles. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de fertilizante fosfórico sobre el rendimiento del cultivo de maíz en un suelo Luvisol. El experimento se realizó en el S.E. Uxmal, del INIFAP en Yucatán. Se estableció en un Luvisol ródico representativo del área productora de maíz. Se evaluaron ocho tratamientos formados por las dosis uniformes de nitrógeno (150 kg ha⁻¹) y potasio (100 kg ha⁻¹) y dosis variables de fósforo: 0, 40, 80, 120, 160, 200 y 240 kg ha⁻¹. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Se estableció el híbrido de maíz H-520 a una densidad de 66,600 plantas por hectárea, bajo condiciones de riego. Se evaluó el rendimiento de grano. El análisis estadístico reportó diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) entre los tratamientos, siendo todos estadísticamente iguales excepto el tratamiento 1 en el cual no se aplicó fertilizantes (00-00-00). La alta fertilidad inicial del suelo propició la falta de respuesta del cultivo a las dosis de fósforo aplicadas.

Palabras clave: Dosis de fósforo, Suelo mecanizable, Maíz.

INTRODUCCIÓN

En el 2013 se sembraron en Yucatán 130,316 ha de maíz bajo condiciones de temporal cuyo rendimiento medio fue de 0.660 t ha⁻¹; bajo condiciones de riego se establecieron 5,936 ha con un rendimiento medio de 3.420 t ha⁻¹ (SIAP, 2014), el cual se puede considerar medio, para las condiciones de clima y suelo del estado, ya que el potencial es mayor. La mayoría de los factores del clima son favorables para este cultivo, pero el exceso de radiación y la mala distribución de la precipitación limitan los rendimientos. Otro factor limitante es el suelo, ya que en el estado más del 70% de la superficie lo ocupan los Leptosoles (suelos pedregosos y de poca profundidad), lo cual limita la mecanización de las labores agrícolas, con el consiguiente incremento del costo de cultivo. Sin embargo, en los suelos de alto potencial (Luvisoles y Vertisoles) el rendimiento está limitado por diversos factores de manejo, entre los cuales se pueden mencionar, el material genético, la baja densidad de población, la falta de fertilización y el inadecuado control de plagas. La fertilización se considera como uno de los factores controlables clave en la obtención de un mejor rendimiento en maíz, ejerciendo alta influencia sobre los componentes de rendimiento y sobre las características agronómicas (Tosquy *et al.*, 1998). La producción de materia seca del cultivo de maíz está estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación solar incidente, de la capacidad de la planta para interceptarla y su eficiencia para transformarla y enviarla a sus órganos (Andrade *et al.*, 1993).

Los suelos mecanizables de la península de Yucatán (Luvisoles Y Vertisoles), representan una superficie de 559,743 y sus características físicas y químicas son similares a los de otras regiones del país; sin embargo, su comportamiento productivo no corresponde a las diagnosticadas mediante el empleo de los análisis de suelos. Por ejemplo, los Luvisoles crómicos presentan altos contenidos de arcilla, pero su comportamiento hidráulico y la capacidad de intercambio catiónico corresponden a las de un suelo arenoso (Bautista y Palacio, 2005). Además, los altos contenidos de materia orgánica reportados en los análisis químicos son muy variables y se reducen drásticamente en un lapso de tiempo muy corto, demostrando poca estabilidad en su fertilidad y productividad, condición común en zonas tropicales y sub tropicales del país en contraste con las zonas templadas en donde la actividad microbiana se reduce por las temperaturas manteniendo el nivel de materia orgánica del suelo. Tun *et al.* (2014), recomiendan el empleo de la dosis de fertilización 150-80-100 para el híbrido de maíz H-520 cultivado bajo condiciones de riego por goteo y

con una densidad de 66,600 plantas por hectárea, con lo cual se obtuvo el mayor rendimiento de grano (9.463 t ha^{-1}) y de materia seca. También indicaron que los factores nitrógeno y potasio tuvieron poco impacto sobre las variables evaluadas ya que el fósforo determinó en mayor medida los resultados obtenidos, razón por la cual se recomienda estudiar más el efecto de este nutrimento.

Los cultivos establecidos en los suelos mecanizables de la península de Yucatán presentan una respuesta heterogénea dentro de una misma parcela, la cual se refleja de diversas maneras, siendo las más evidentes la diferencia en el crecimiento y la producción de los mismos, lo cual es un indicador de que los suelos no son homogéneos y que el manejo de los mismos requiere de un mejor conocimiento de la heterogeneidad de su fertilidad. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de fertilizante fosfórico sobre el rendimiento del cultivo de maíz en un Luvisol mecanizable.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Uxmal, perteneciente al Campo Experimental Mocochoá del Centro de Investigación Regional Sureste del INIFAP, localizado en el Km. 178 de la carretera Campeche-Mérida (vía ruinas), ubicado en el municipio de Muna, Yuc. Se seleccionó un terreno cuya clase de suelo (Luvisol ródico) es representativo de los suelos cultivados con maíz del sur del estado de Yucatán.

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

Los tratamientos estudiados se conformaron con base en los resultados de un trabajo previo en el cual se definió que la mejor dosis de fertilización para este cultivo fue la 150-80-100 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$), pero en el cual también se detectó que uno de los principales factores que determinan el rendimiento es el nutrimento fósforo (Tun *et al.*, 2014). Con base en lo anterior, se evaluaron ocho tratamientos en los cuales se mantuvieron constantes las dosis de nitrógeno (150 kg ha^{-1}) y de potasio (100 kg ha^{-1}) y se hicieron variar las dosis de fósforo (P_2O_5) desde 0 hasta 240 kg ha^{-1} , con intervalos de 40 kg ha^{-1} tal y como se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Descripción de los tratamientos aplicados al híbrido de maíz H-520

Tratamiento	Dosis de fertilización (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	100
2	150	0	100
3	150	40	100
4	150	80	100
5	150	120	100
6	150	160	100
7	150	200	100
8	150	240	100

Los tratamientos mencionados se arreglaron en un diseño experimental Completamente al Azar con tres repeticiones. La unidad experimental total tuvo una superficie de 20 m² y la superficie de la parcela útil fue de 8 m². El cultivo indicador fue el maíz, cuya siembra manual se realizó el 26 de agosto del 2014, y se cultivó bajo condiciones de riego por goteo (cinta de riego) ya que se estableció fuera de la época de siembra recomendada y las condiciones del temporal no eran adecuadas para un buen desarrollo del cultivo. El material genético utilizado híbrido H-520 de maíz, el cual es de grano blanco dentado y adaptado a las condiciones del trópico mexicano. Las plantas se arreglaron con una distancia entre hileras de cultivo de 1.00 m y entre plantas de 0.30 m, colocando dos plantas por golpe, para obtener una densidad equivalente a 66,600 plantas por hectárea. Se evaluó el rendimiento de grano ajustado al 14 % de humedad.

El manejo agronómico del cultivo se hizo de acuerdo con las recomendaciones que para la región ha generado el INIFAP, aunque la densidad de siembra y el arreglo topológico empleados son algo poco común para el estado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo en el cual se estableció el experimento es un Luvisol róxico, calcáreo, cuyo análisis de fertilidad indicó que tiene un pH moderadamente alcalino (7.9), conductividad eléctrica de 0.7 dS m⁻¹, mediano en materia orgánica (2.35%), alta capacidad de intercambio catiónico (25.3 meq 100g⁻¹), textura Arcillosa y profundo (> 1.0 m). en cuanto a su contenido de nutrimentos, presentó un contenido mediano

de nitratos (24 mg kg^{-1}) y sulfatos (47 mg kg^{-1}), así como altos contenidos de fósforo (40 mg kg^{-1}), potasio (520 mg kg^{-1}), calcio ($3,600 \text{ mg kg}^{-1}$) y magnesio (640 mg kg^{-1}). Por otro lado, el análisis de extracto saturado indican una alta disponibilidad de fosfatos (5.0 mg kg^{-1}) y cobre (3.6 mg kg^{-1}), mediana disponibilidad de nitratos (4.1 meq L^{-1}), calcio (3.2 meq L^{-1}) y boro (0.5 mg kg^{-1}), y baja disponibilidad de potasio (0.5 meq L^{-1}), magnesio (1.7 meq L^{-1}), sulfatos (0.8 meq L^{-1}), hierro (1.2 mg kg^{-1}), zinc (1.4 mg kg^{-1}) y manganeso (0.6 mg kg^{-1}), de tal manera que se puede decir que la fertilidad inicial del suelo fue de media a alta, lo cual se reflejó en los resultados que se presentan y discuten a continuación.

En el Cuadro 2 se presenta el efecto de los tratamientos de fertilización fosfórica evaluados sobre el rendimiento de grano del híbrido de maíz H-520, ajustado al 14% de humedad. Al realizar el análisis estadístico se encontraron diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) entre los tratamientos aplicados. Al realizar la prueba de comparación de medias de los rendimientos (DMS) sólo se encontraron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre el tratamiento 1 que no recibió fertilización (00-00-00) y el resto de los tratamientos, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí.

Cuadro 1

Efecto de la aplicación de diferentes dosis de fertilizante fosfórico sobre el rendimiento de grano del híbrido de maíz H-520. Muna, Yuc. 2014

Tratamiento	Dosis de N- P ₂ O ₅ - K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (ton ha ⁻¹)
1	00 – 00 – 00	2.954 b
2	150 – 00 – 100	6.504 a
3	150 – 40 – 100	6.495 a
4	150 – 80 – 100	6.957 a
5	150 – 120 – 100	6.789 a
6	150 – 160 – 100	6.611 a
7	150 – 200 – 100	5.945 a
8	150 – 240 – 100	6.632 a

*Rendimientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha= 0.05$)

Los resultados de la aplicación de diferentes dosis de fósforo al cultivo de maíz indican primeramente que el alto contenido inicial de fósforo del suelo (130 kg ha^{-1}), en los primeros 30 cm de profundidad y con alta disponibilidad, fue determinante en el rendimiento obtenido, por lo cual no se observaron efectos de los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo. En segundo término se puede apreciar que el mayor

rendimiento se obtuvo con la dosis 150-80-100 (tratamiento 4), la cual concuerda con los resultados de Tun *et al.* (2014) para este tipo de suelos. Finalmente, el menor rendimiento (2.954 t ha^{-1}) se obtuvo con el tratamiento 1 (00-00-00), lo cual es el reflejo de la fertilidad inicial del suelo del sitio experimental pues se situó apenas a 0.5 ton ha^{-1} por debajo del rendimiento medio (3.420 t ha^{-1}) obtenido con este cultivo bajo condiciones de riego y fertilización en el sur de Yucatán.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que no se tuvo efecto significativo entre los tratamientos evaluados debido al alto contenido inicial del fósforo disponible en el suelo del sitio experimental.

Los rendimientos obtenidos permiten corroborar los resultados obtenidos previamente por lo que se puede señalar que la mejor dosis de fertilización (N-P₂O₅-K₂O) para este cultivo, es la 150-80-100 en los Luvisoles ródicos del sur de Yucatán.

LITERATURA CITADA

- Andrade F., S.A. Uhart, and M.I. Frugone. 1993. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade vs. plant density effects. *Crop Science*, 33:482-485.
- Bautista F. y G. Palacio. 2005. Caracterización y manejo de los suelos de la península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. 282 p.
- Castellanos J. Z. 2003. Manejo de la fertirrigación en suelo. En: Muñoz R., J. J. y J. Z. Castellanos (Eds.). 2003. Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México. pp. 109-129.
- Tosquy-Valle, O.H., R. de la Garza-Garza, G. Castañón-Nájera y R. Morones-Reza. 1998. Fertilización edáfica y densidades de población para producción de semilla de líneas de maíz. *Agric. Téc. en México* 24: 111-119.
- Tun D. J.C., J.H.S. Ramírez, A.J. G. Cano y N.G.P. Uzcanga. 2014. Producción de materia seca y rendimiento de maíz bajo riego, en Luvisoles del sur de Yucatán. En: Flores, M.J.P., B. Corral D., P. Osuna A., J. Torres P., J. Valero

G. y A.I. Flores A. 2014. Memoria del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 19 al 24 Octubre de 2014. Ciudad Juárez, Chihuahua. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. 213-217.

Referencias informáticas

SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx/>. 15 de febrero de 2015.

CONTROL DE MALEZA EN EL ESTABLECIMIENTO DE ESTEVIA (*Estevia rebaudiana* Bertoni)

WEED CONTROL IN ESTEVIA (*Estevia rebaudiana* Bertoni) ESTABLISHMENT

Avilés B., W. I.^{1*}

¹Campo Experimental Mocochoá. CIRSE. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 25, antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán, México.
aviles.wilson@inifap.gob.mx

RESUMEN

Durante los meses de febrero a septiembre de 2014 se llevó a cabo un experimento en el municipio de Muna, Yucatán para evaluar el efecto de la aplicación del herbicida Trifluralina en dos dosis comerciales y la instalación de acolchado plástico para controlar la maleza durante el establecimiento de Estevia (*Estevia rebaudiana* Bertoni). Los resultados indicaron que los tratamientos a base de Trifluralina y Acolchado Plástico controlaron satisfactoriamente la maleza durante la etapa de establecimiento del cultivo de Estevia, tanto desde el punto de vista técnico como económico, disminuyendo la cobertura de la maleza de 14.2 a 16.2 % en el caso de las dosis de herbicida y hasta 0.5 % en el caso del acolchado plástico, durante el período de estudio. La especie de maleza *Cyperus rotundus* (Coquillo) resultó tolerante a la aplicación de Trifluralina y es capaz de ocasionar rupturas al acolchado plástico, por lo que no se sugiere el establecimiento del cultivo en terrenos infestados con esta especie.

Palabras clave: Estevia, control de maleza

INTRODUCCIÓN

En la actualidad esta planta es cultivada comercialmente en Japón, China, Taiwán, Tailandia, Indonesia y Filipinas. En Japón (líder mundial de su industrialización) representa el 41% de los endulzantes consumidos (Villa y Chifa, 2006) y reemplaza

a los endulzantes químicos como el aspartame, que fueron prohibidos en los años 70's; incluso la "Diet Coke" usa esteviósidos (Midmore and Rank, 2002). Las hojas de esta planta poseen una demanda creciente en los EE.UU., la Unión Europea y Japón, principalmente (Villa y Chifa, 2006).

En países de primer mundo como Estados Unidos, los esteviósidos están en fuerte competencia con los edulcorantes artificiales, pero estos están perdiendo terreno. En Australia, país que explora la posibilidad de iniciar este cultivo, se considera que una industria exitosa podría proporcionar los siguientes beneficios: A los productores primarios, les da una gran oportunidad de diversificación y de ahorro en megalitros de agua de riego; al sector rural, les proporciona empleo adicional si se establece una planta de extracción comercial; a los usuarios de los edulcorantes artificiales, la reducción de riesgos a la salud y a la economía, la reducción de las importaciones de estos edulcorantes (Midmore and Rank, 2002).

En contraste, en países latinoamericanos como Paraguay, la producción del cultivo de ka'a he'e es considerado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería como un rubro agrícola más a ser utilizado en pro de la diversificación agrícola del pequeño productor. En general, no se presenta como un cultivo que desplace a cultivos de renta tradicionales como el algodón, maíz, etc., sino como un rubro complementario que permite un ingreso de capital en periodos en que los cultivos de renta no lo hacen. En la producción del cultivo de ka'a he'e se utiliza gran cantidad de mano de obra ya sea para la limpieza, cosecha, secado etc. Por lo que se recomienda no superar las 0,5 ha por agricultor, de manera que no interfiera con las labores de los otros cultivos que hacen parte del sistema de producción de la finca. Algunos criterios que se consideran para determinar superficie de producción del cultivo de ka'a he'e por agricultor son los siguientes: Superficie total utilizable de la finca del pequeño productor, cantidad de mano de obra familiar disponible por finca, facilidad de comercialización de la materia prima producida, implementos disponibles para las labores de limpieza (azadas, bueyes, etc.), infraestructura de la finca, depósitos, galpones o piezas para el almacenamiento de los productos, agua abundante y de buena calidad para el riego y cantidad suficiente de paja (Capi'í pacholí u otro material) para cobertura muerta (Casaccia y Alvarez, 2006).

Una de las razones por las cuales se toma en cuenta la disponibilidad de mano de obra como criterio para determinar la superficie a cultivar es el control de maleza, labor que generalmente se ha realizado en forma manual debido por una parte a la dificultad que representa el arreglo topológico del cultivo en campo y por otra, a la necesidad de no contaminar el producto principal que son las hojas, con productos químicos.

La alta demanda de mano de obra para el control de maleza representa en consecuencia fuertes incrementos en el costo de producción, reducción de la rentabilidad y limita el establecimiento del cultivo únicamente a las áreas con disponibilidad de fuerza de trabajo. En el INIFAP se han realizado estudios al respecto y se cuenta con información validada para el control de maleza durante el establecimiento, la cual en el presente trabajo se diversificó al comparar el efecto del uso de herbicidas con el acolchado plástico, para eliminar los problemas de competencia en la etapa de establecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el municipio de Muna, Yucatán, en la Unidad Agrícola Lázaro Cárdenas, durante los meses de febrero a septiembre de 2014 en un suelo arcilloso-rojo, conocido localmente como K'ankab de acuerdo con la clasificación maya, el cual es equivalente a un vertisol crómico con base en el Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) (Bautista y Zinck, 2010). El suelo se preparó con dos pasos de rastra ligera entre 15 y 20 cm de profundidad y posteriormente se realizó una aplicación del herbicida Finale (Glufosinato de amonio) en dosis de 10 ml de producto comercial/L de agua, antes del transplante.

Se utilizó un sistema de riego por goteo con cinta de riego calibre 8,000 y goteros integrados a 20 cm con caudal de 1.0 l/h, la distancia entre líneas fue de 25 cm. El sistema de riego contó con un dispositivo venturi de 3/4" de diámetro para la inyección de fertilizantes y otros agroquímicos. Se utilizó una densidad de 78,666 plantas/ha (Camas con cuatro líneas de plantas distribuidas a 30 cm entre líneas y 30 cm entre plantas y 50 cm entre calles. Tres líneas de riego por camas).

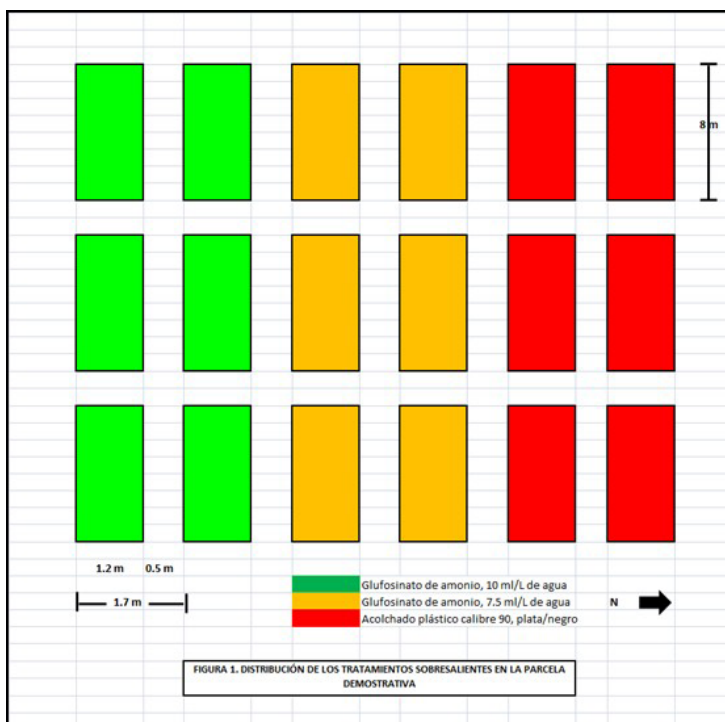
Metodología experimental

Se establecieron tres tratamientos sobresalientes en el control de maleza en la etapa de establecimiento de Estevia, en experimentos previos:

1. Trifluralina (600 g de i. a./L) en dosis comercial de 10 ml/L de agua.
2. Trifluralina (600 g de i. a./L) en dosis comercial de 7.5 ml/L de agua.
3. Acolchado plástico calibre 90, color plata/negro.

Estos tratamientos se establecieron el día 28 de abril de 2014 y el transplante se realizó el día 30 del mismo mes. Se realizaron dos deshierbes de apoyo durante el período comprendido entre el trasplante y el 31 de agosto, los días 19 de junio y 2 de agosto.

Para cada tratamiento se utilizaron seis camas de 1.2 m de ancho por 8 m de largo, con 106 plantas cada una y un total de 640 plantas por tratamiento. Se utilizaron en total 18 camas con 1,920 plantas de Estevia en la parcela, la cual tuvo dimensiones totales de 10.2 x 30 m (306 m²). (Figura 1). Cada cama se consideró una repetición de cada tratamiento, con lo cual se estructuró un experimento con tres tratamientos y seis repeticiones, en un diseño de bloques al azar.



Las variables registradas fueron: % visual de cobertura de maleza y de cultivo, y costo por tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cobertura de maleza (%). En el Cuadro 1 se presentan los datos de cobertura de la maleza registrados de manera quincenal después del trasplante, analizados mediante ANVA (a excepción del primer muestreo, que no registró presencia de maleza) y comparadas las medias con la metodología de Tukey $p < 0.05$, en los casos en que se detectaron diferencias significativas. Se observa que los valores en el acolchado plástico son siempre menores, aunque el ANVA no detectó diferencias significativas entre tratamientos en los muestreos del 22 de mayo, 9 y 23 de junio y 7 de julio debido a los valores altos en los Coeficientes de Variación de cada muestreo (de 123.6 a 197.7 %), los cuales fueron ocasionados por la irregularidad de la distribución de la maleza en la parcela experimental, influida por la presencia de la especie *Cyperus rotundus* (Coquillo), la cual representó siempre el 99% de la cobertura de maleza.

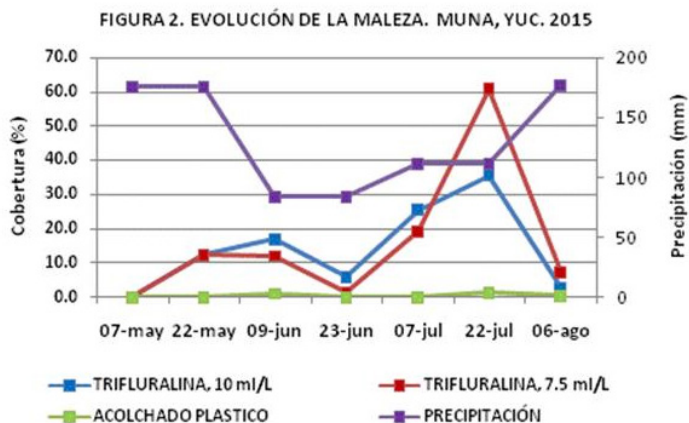
Únicamente en los muestreos realizados en los días 22 de julio y 06 de agosto, el ANVA detectó diferencias significativas, y la prueba de medias señaló al acolchado plástico como estadísticamente diferente de las dosis de Trifluralina, con los valores más bajos de cobertura (1.5 y 0.7 %). La presencia de maleza en el acolchado plástico se detectó mayormente en los orificios realizados para el trasplante de las plántulas de Estevia en las áreas perforadas por Coquillo, el cual tiene la particularidad de romper el plástico a medida que se desarrolla.

La tendencia observada en la cobertura de la maleza en los tratamientos, es que el acolchado plástico registró siempre la menor cantidad de maleza, como se puede apreciar tanto en el Cuadro 1 como en la Figura 2. Adicionalmente en la Figura 2 es notorio que Trifluralina en ambas dosis fue capaz de mantener la maleza en valores menores al 20 % de cobertura hasta nueve semanas después del trasplante, antes del apoyo del primer deshierbe manual (realizado el 19 de junio).

Cuadro 1

Prueba de medias para cobertura de maleza con diferentes tratamientos de control. Muna, Yuc. 2014

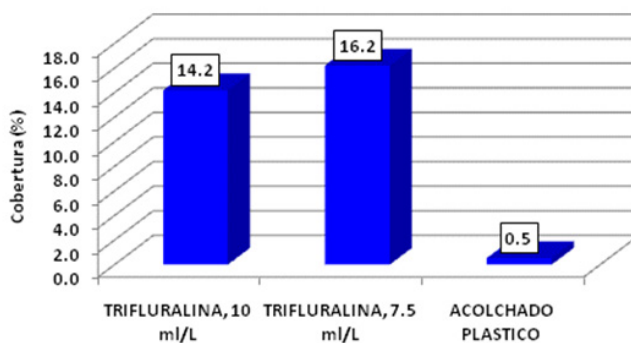
TRATAMIENTOS	FECHAS DE MUESTREO							MEDIA
	07-may	22-may	09-jun	23-jun	07-jul	22-jul	06-ago	
		NS	NS	NS	NS	*	*	
TRIFLURALINA, 10 ml/L	0.0	12.4	17.0	5.9	25.5	35.5 a	2.9 a	13.9
TRIFLURALINA, 7.5 ml/L	0.0	12.3	12.2	1.6	19.2	60.8 a	7.3 a	16.3
ACOLCHADO PLASTICO	0.0	0.0	1.3	0.2	0.2	1.5 b	0.7 b	0.4
CV (%)		139.2	154.4	197.7	123.6	65.4	66.8	



La cobertura media de la maleza durante el período de estudio (marzo a agosto), permitió detectar que todos los tratamientos la mantuvieron bajo control durante el establecimiento de *Estevia*, aunque el acolchado plástico logró hacerlo de una forma significativamente menor que las dosis de Trifluralina (Figura 3). Es importante señalar que la recuperación de la maleza en cada muestreo estuvo influenciada por la presencia de *C. rotundus*, la cual representó siempre más del 95 % de la maleza presente y sobre la cual Trifluralina tiene un efecto limitado debido al tipo de reproducción por bulbos que presenta dicha especie.

Cobertura del cultivo (%). El análisis de varianza para el desarrollo del cultivo, medido en términos de porcentaje de cobertura a través del tiempo, únicamente mostró diferencias significativas a los 22 días después del transplante, tiempo en el cual el mayor desarrollo se observó en el acolchado plástico y en la dosis mayor de Trifluralina, los cuales no fueron significativamente diferentes (Cuadro 2).

FIGURA 3. COBERTURA MEDIA DE MALEZA. MAY-AGO. 2014

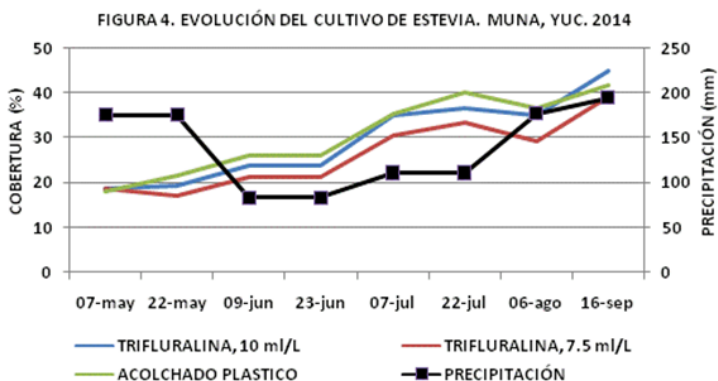


Cuadro 2

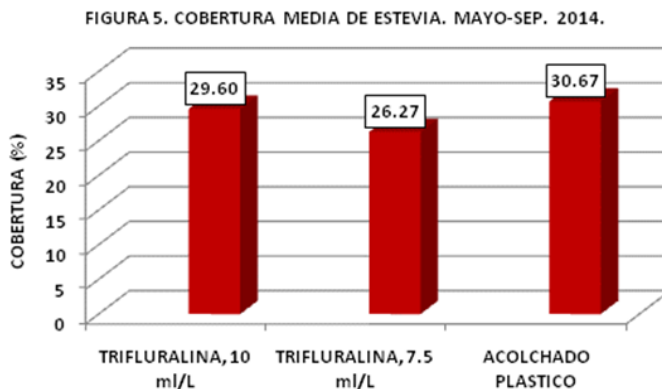
Prueba de medias para cobertura del cultivo con diferentes tratamientos de control. Muna, Yuc. 2014

TRATAMIENTOS	FECHAS DE MUESTREO								MEDIA
	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	07-may	22-may	09-jun	23-jun	07-jul	22-jul	06-ago	16-sep	
TRIFLURALINA, 10 ml/L	18.67	19.17ab	23.67	23.67	35.0	36.7	35.0	45.0	29.60
TRIFLURALINA, 7.5 ml/L	18.67	17.00 b	21.17	21.17	30.5	33.3	29.2	39.2	26.27
ACOLCHADO PLÁSTICO	18.00	21.67a	26.00	26.00	35.3	40.0	36.7	41.7	30.67
CV (%)	3.23	10.7	14.9	14.7	19.3	22.1	27.7	33.5	

La Figura 4 muestra la evolución de la cobertura del cultivo y en ella se observa una tendencia muy similar del desarrollo de Estevia entre tratamientos, sobre todo entre el Acolchado plástico y la dosis mayor de Trifluralina, mientras que la dosis menor se manifestó durante todo el período con la menor cobertura.

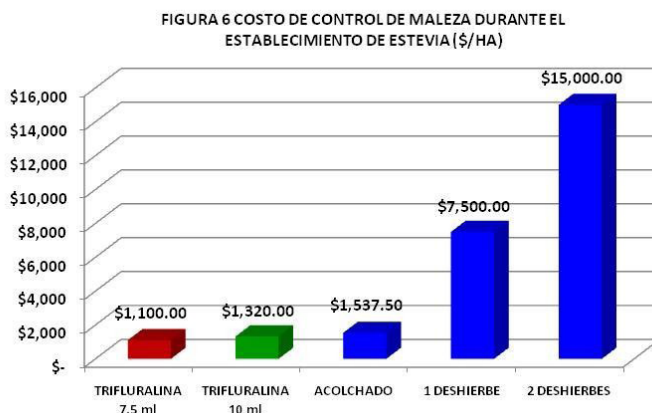


Este comportamiento se reflejó en una cobertura media del cultivo por tratamiento en valores muy similares entre 26.27 y 30.67 % (Figura 5). Al relacionar la cobertura media de maleza de la Figura 3 con la cobertura media del cultivo en la Figura 5, es evidente una relación inversa en la cual a mayor cantidad de maleza, menor cobertura del cultivo.



Costo de la Tecnología. Se calculó el costo para las primeras seis semanas del cultivo por hectárea, tomando en cuenta una aplicación del herbicida, el costo del material plástico y su colocación con maquinaria y jornales. El costo estimado fue de \$ 1,100.00 para la dosis más baja de Trifluralina, \$ 1,320.00 para la más alta y \$ 1,537.50 para el acolchado plástico.

En comparación con el control manual a través de deshierbes, el cual se estimó de \$7,500.00 a \$ 15,000.00 (1 a 2 deshierbes/ha), el costo de establecimiento con cualquiera de las estrategias descritas resulta significativamente menor.



CONCLUSIONES

- 1) Los tratamientos a base de Trifluralina y Acolchado Plástico controlaron satisfactoriamente la maleza durante la etapa de establecimiento del cultivo de Estevia, tanto desde el punto de vista técnico como económico.
- 2) La especie de maleza *Cyperus rotundus* (Coquillo) es tolerante a la aplicación de trifluralina y es capaz de ocasionar rupturas al acolchado plástico, por lo que no se sugiere el establecimiento del cultivo en terrenos infestados con esta especie.

LITERATURA CITADA

Casaccia J., Álvarez E. 2006. Recomendaciones técnicas para una producción sustentable del KA'A HE'E (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni) en el Paraguay. Manual técnico N° 8. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

-
- Subsecretaría de Estado de Agricultura. Dirección de Investigación Agrícola. Programa de Investigación de Ka'a He'e. Caacupe, Paraguay. 50 p.
- Casaccia V., J.; Sánchez, O. 2006. Ka' a he' e Stevia rebaudiana (Bertoni), Bertoni. (Tríptico-Desplegable). INSTITUTO AGRONÓMICO NACIONAL "Ing. Agr. Hernando Bertoni" MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. VICE MINISTERIO DE AGRICULTURA. DIRECCION DE INVESTIGACION AGRICOLA. Caacupé – Paraguay.
- Duarte R. C. 2008. Análisis de la producción del Ka'a He'e. Agencia Financiera de Desarrollo (AFD). Paraguay. Pag. 3, 17 y 18.
- Midmore D. J.; A. H. Rank. 2002. A new rural industry – Stevia – to replace imported chemical sweeteners. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Web Publication No W02/022. Australia, pp 1-2.
- Villa M. P.; C. Chifa. 2006. Contribución al comportamiento de la "Yerba dulce" *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni (Asteraceae) en el Chaco argentino. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Cátedra de Farmacobotánica, Carrera de Farmacia, Facultad de Agroindustrias, Universidad Nacional del Nordeste. Resumen: A-056. Chaco, Argentina.

**POTENCIAL DE ESTIERCOLES CRUDOS Y COMPOSTEADOS PARA
ABASTECER LOS REQUERIMIENTOS NUTRIMENTALES DE MAIZ EN LA
REGION TROPICAL DE VERACRUZ, MEXICO.**

**POTENTIAL OF MANURE RAW AND COMPOSTEADOS TO SUPPLY THE
NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF MAIZE IN THE TROPICAL REGION OF
VERACRUZ, MEXICO.**

Vásquez HA*, Durán PA, Meneses MI, Zetina LR.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo
Experimental Cotaxtla.

*Autor para correspondencia: vasquez.andres@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los altos costos de los fertilizantes químicos hacen necesario ofrecer al productor agrícola alternativas que le permitan suministrar los nutrimentos requeridos por los cultivos a un menor precio. En las fincas de producción de México existen materiales orgánicos rastrojo y estiércoles de animales cuyo potencial como sustitutos o complemento de los fertilizantes químicos no han sido suficientemente valorados. Una alternativa que permite optimizar los nutrimentos consiste en combinar estas fuentes orgánicas con fuentes químicas para encontrar un mejor balance nutricional. Además de los efectos nutrimentales que los materiales orgánicos tienen sobre los cultivos, estos también influyen en los rendimientos a través de los cambios favorables que producen en las propiedades físicas de los suelos, tales como la densidad aparente, y la capacidad de retención de humedad, además del incremento en la actividad biológica del suelo. El objetivo del presente trabajo fue estimar el potencial de estiércoles de animales crudos y composteados, como sustitutos totales o parciales de los fertilizantes químicos en maíz y como mejoradores de algunas propiedades químicas y físicas del suelo bajo condiciones tropicales, además de estimar la posibilidad de la aplicación de los residuos orgánicos como sustituto parcial o total de los fertilizantes químicos. Durante el ciclo O.I, se estableció un experimento de evaluación de compostas con maíz H-520 en el Campo Experimental Cotaxtla en la parte central de Veracruz, se combinó estiércol

crudo y composteado en sustitución del fertilizante químico nitrogenado en 25, 50 y 100%. Como variables de respuesta se evaluaron densidad aparente del suelo, altura de planta, días a floración y rendimiento de grano. En los resultados obtenidos no se observó efecto de los tratamientos sobre la densidad aparente del suelo, días a floración ni altura de planta. Aunque se observó efecto estadísticamente significativo sobre biomasa de hojas y tallo, así como sobre el rendimiento de grano; pero el más alto rendimiento se obtuvo con fertilización química sola y combinada con 25 % de estiércol o composta, lo que nos abre la posibilidad de sustituir en 25% la fertilización química mediante la aplicación de estos abonos orgánicos ya sea sin compostear o composteados.

Palabras clave: compostas, maíz, fertilización química.

INTRODUCCIÓN

Los altos costos de los fertilizantes químicos hacen necesario ofrecer al productor agrícola alternativas que le permitan suministrar los nutrimentos requeridos por los cultivos a un menor precio. En las fincas de producción de México existen materiales orgánicos rastrojo y estiércoles de animales cuyo potencial como substitutos o complemento de los fertilizantes químicos no han sido suficientemente valorados. Estos subproductos aplicados en forma cruda o composteada contribuyen al mejoramiento de los rendimientos de los cultivos, en parte, a través del suministro de nutrimentos esenciales (Eghball *et al.*, 2004; Ma *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 1998). Diversos estudios indican que los estiércoles crudos o composteados pueden por si mismos satisfacer en forma total las demandas nutrimentales de los cultivos (Cooperband *et al.*, 2002; Eghball y Power 1999; Paul y Beauchamp 1993). Sin embargo, dado que las tasas de suministro de los nutrimentos contenidos en estos materiales orgánicos dependen tanto de las características de los mismos residuos (Eghball, 2000; Ma *et al.*, 1999), como de factores ambientales (Eriksen *et al.*, 1999; Griffin y Honeycutt, 2000; Goncalves and Carlyle 1994), es necesario realizar estudios bajo las condiciones agro ecológicas regionales donde se planea utilizarlos, con el fin de estimar con cierto grado de precisión las dosis de cada material orgánico por aplicar (Araji y Abdo, 2001). Se ha observado que al no ser los estiércoles formulas nutrimentales balanceadas, existe el riesgo de incurrir en la aplicación de dosis excesivas de elementos como el fósforo (P), ya que comúnmente, se hace el cálculo

de la dosis de los materiales por aplicar en base a la demanda de nitrógeno (N) (Bar-Tal *et al.*, 2004; Eghball y Power 1999). Una alternativa que permite optimizar los nutrimentos consiste en combinar estas fuentes orgánicas con fuentes químicas para encontrar un mejor balance nutrimental (Chattopadhyay *et al.*, 1992; Lotfollahi, 2004; MacKay *et al.*, 1989). Además de los efectos nutrimentales que los materiales orgánicos tienen sobre los cultivos, estos también influyen en los rendimientos a través de los cambios favorables que producen en las propiedades físicas de los suelos, tales como la densidad aparente, y la capacidad de retención de humedad (Badaruddin *et al.*, 1999; Sabrah *et al.*, 1995), además del incremento en la actividad biológica del suelo. El objetivo del presente trabajo fue estimar el potencial de estiércoles de animales crudos y composteados, como sustitutos totales o parciales de los fertilizantes químicos en maíz y como mejoradores de algunas propiedades químicas y físicas del suelo bajo condiciones tropicales, además de estimar la redituabilidad de la aplicación de los residuos orgánicos como sustituto parcial o total de los fertilizantes químicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo O.I, se estableció un experimento de evaluación de compostas con maíz H-520 en el Campo Experimental Cotaxtla en la parte central de Veracruz. El experimento se estableció en un suelo tipo Fluvisol órtico de textura franca, pH de 6.61 (medianamente ácido) y un contenido de materia orgánica de 2.65 % (mediano). En el experimento establecido se aplicaron 8 tratamientos de N y P derivados de fuentes orgánicas (estiércoles crudos y composteados) y químicas, de acuerdo a la relación del Cuadro 1). El tratamiento base de fertilización fue de 138-46-30 el cual corresponde a la recomendación de fertilización para maíz a nivel regional. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con cuatro repeticiones; se sembró a una distancia de 0.80 m entre surcos y 0.50 m entre matas con dos plantas por mata. La parcela experimental estuvo formada por cinco surcos de cinco metros de largo; la parcela útil fueron los tres surcos centrales de 4 metros de largo. El estiércol usado fue estiércol bovino seco proveniente de un establo regional; la composta se preparó con el mismo estiércol bovino húmedo mezclado con paja de avena picada en una relación 3:1 estiércol-paja, esta mezcla se humedeció con agua poniendo la cantidad adecuada mediante la prueba del “puño”, la cual se hace apretando con la mano una muestra de la composta sin que escurra agua o los

componentes se separen fácilmente. Hecha la mezcla se formó una pila que se volteó diariamente durante aproximadamente 30 días, al cabo de los cuales bajó la temperatura y se estabilizó, dejándose curar por otros 30 días hasta su uso.

Cuadro 1

Relación de tratamientos aplicados en un experimento de compostas establecido en el C.E. Cotaxtla, Veracruz

No. TRAT.	N ORGANICO	N DE FERTILIZANTE QUIMICO*
1	ESTIERCOL 100 % N (25 ton ha ⁻¹)	0
2	COMPOSTA 100 % N (70 ton ha ⁻¹)	0
3	ESTIERCOL 50 % N (12.5 ton ha ⁻¹)	50
4	COMPOSTA 50 % N (35 ton ha ⁻¹)	50
5	ESTIERCOL 25 % N (6.25 ton ha ⁻¹)	25
6	COMPOSTA 25 % N (17.5 ton ha ⁻¹)	25
7	TESTIGO REGIONAL (138-46-00)	100
8	TESTIGO ABSOLUTO)	0

*Tratamiento aplicado: 138-46-00

En los tratamientos que se aplicó fertilizante químico, este se dividió en dos dosis, la primera se aplicó a los 8 días posteriores a la nacencia del cultivo y la segunda dosis se aplicó a los 25 días posteriores a la nacencia . En la primera dosis se aplicó la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y la mitad del potasio, en la segunda dosis se aplicó el resto del N y K; las fuentes químicas de fertilizantes fueron N: urea, N-P₂O₅:18-46-00 y K₂O: KCl.

Los tratamientos de estiércol y composta fueron calculados considerando un contenido promedio de nitrógeno del 65 %. El día anterior a la siembra se aplicó el 100% de los tratamientos de estiércol y composta al voleo por parcela, incorporándolo inmediatamente mediante dos pasos de rastra. El cultivo se manejó con riego rodado. Al inicio de la floración se realizó un muestreo de 20 hojas (inferior opuesta al jilote) por tratamiento y repetición para determinar el estado nutrimental de los tratamientos aplicados. Al final del ciclo se colectaron plantas completas de los tratamientos para estimar las extracciones de nutrimentos. Al inicio y final del estudio se tomaron muestras de suelo para analizarles materia orgánica, fertilidad y salinidad. En suelo también se realizaron mediciones de variables físicas, tales como densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente en dos etapas: antes de la preparación del suelo y a la cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto al efecto de los tratamientos sobre la densidad aparente del suelo, los resultados mostraron valores que variaron de 1.52 a 1.60 g cm³⁻¹ con tan solo 0.08 g cm³⁻¹ como diferencia máxima entre tratamientos como se observa en el Cuadro 3, pero al realizar el análisis de varianza entre tratamientos no se encontró diferencia estadística significativa; se considera que posiblemente el periodo de evaluación fue corto y aún no se notó el efecto de la materia orgánica aplicada, sobre esta propiedad del suelo, por lo que se deberá realizar la evaluación por lo menos un año después, para definir si ha habido efecto sobre esta propiedad.

Cuadro 2

Promedio de algunas variables de respuesta evaluadas en un experimento de campo de Aplicación de compostas a maíz H-520 en Veracruz

Tratamiento	Densidad aparente suelo g.cm ³⁻¹	Días a floración	Altura de plantas (cm)
1. EST. 100% N	1.53	62.00	173.875
2. COMP. 100 % N	1.55	60.50	171.25
3. EST 50 % N + F.Q. 50 %	1.60	61.25	174.625
4. COMPOSTA 50 % N + F.Q. 50%	1.56	61.00	182.5625
5. ESTIERCOL 25% N + F.Q.75 %	1.54	59.50	199.5
6. COMPOSTA 25 % N + F.Q. 75 %	1.60	60.25	196.125
7. TESTIGO REGIONAL (138-46-00)	1.52	60.00	196.3125
8. TESTIGO ABSOLUTO	1.57	62.75	163.1875

Respecto a los días a floración (Cuadro 2) se detectaron diferencias máximas de 2.25 días entre tratamientos; el análisis de varianza para esta propiedad no mostró diferencia estadística significativa por lo que se considera no hubo influencia de los tratamientos sobre esta variable. En cuanto a la variable altura de plantas (Cuadro 2), tampoco se obtuvieron diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados, considerándose que estos tampoco influyeron sobre la altura de las plantas en este experimento.

Respecto a la producción de biomasa total (tallos + hojas) se observaron variaciones importantes entre los tratamientos aplicados (Cuadro 3), el análisis de varianza mostro diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 3

Valores promedio de biomasa total de plantas y rendimiento de grano en un experimento de evaluación de compostas y estiércol con maíz H-520 en Veracruz

Tratamiento	Biomasa (Hojas + Tallos (Kg ha ⁻¹))	Rendimiento de grano (Kg ha ⁻¹)
1. Estiércol 100%	5108	3479
2. Composta 100 %	5639	3304
3. Estiércol 50 % + Fert. Quím. 50 %	6681	3792
4. Composta 50 % + Fert. Quím. 50%	6038	3471
5. Estiércol 25% + Fert. Quím. 75 %	7283	5182
6. Composta 25 % + Fert. Quím. 75 %	8092	4767
7. Testigo regional (138-46-30)	8767	5404
8. Testigo absoluto (00-00-00)	5143	1356

Cuadro 4

Análisis de varianza para Biomasa total (kg ha⁻¹) de plantas de maíz en un experimento de evaluación de compostas y estiércol con maíz H-520 en Veracruz

Fuente de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Prob.
Rep.	3	11089535.75000000	3696511.91666667	3.06	0.0508 N.S.
Trat.	7	51943855.00000000	7420550.71428572	6.13	0.0005 **
Error	21	25401141.25000000	1209578.15476191		
Total	31	88434532.00000000			

C.V. = 16.67956 R²= 0.712769

Cuadro 5

Prueba de Tukey para Materia seca total (k ha⁻¹) de plantas de maíz en un experimento de evaluación de compostas y estiércol con maíz H-520 en Veracruz

Tratamiento	Clase
7	8767.0 A
6	8092.3 A B
5	7283.3 A B C
3	6680.5 A B C
4	6037.8 B C
2	5638.5 B C
8	5143.0 C
1	5107.8 C

DMS=2608.5 ALFA=0.05

En la prueba de comparación de promedios de Tukey (Cuadro 5) se observa que los mejores tratamientos fueron el T7 (testigo regional 138-46-30), T6(Composta 25 % + fertilizante químico 75 %) , 5 (estiércol 25 % + fertilizante químico 75 %) y T3 (estiércol 50 % + fertilizante químico 50 %); aunque resulta sobresaliente que los más altos rendimientos se obtuvieron con las más altas proporciones de fertilizante químico, sin embargo estos son estadísticamente iguales a la combinación de estiércol-fertilizante químico al 50 %.

Cuadro 6

Análisis de varianza para grano de maíz H-520 (kg ha⁻¹) en un experimento de evaluación de compostas y estiércol en Veracruz. Ciclo O-I

Fuente de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Prob
Rep.	3	4567049.34375000	1522349.78125000	1.71	0.1962 N.S.
Trat.	7	47328036.71875000	6761148.10267857	7.58	0.0001**
Error	21	18729259.40625000	891869.49553571		
Total	31	70624345.46875000			

C.V=24.56646 R²= 0.734804

En cuanto al rendimiento de grano, que finalmente es la variable de mayor interés para el productor (Cuadro 3), se observaron diferencias marcadas con los diferentes tratamientos aplicados, como es notorio en el análisis de varianza, el cual mostro diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados (Cuadro 6). Al efectuar la prueba de Tukey con un alfa del 5%(Cuadro 7) se observan que el mejor rendimiento se obtuvo con el tratamiento a base de fertilización química, seguida por fertilización química al 75 %idos poblaciones, sin embargo los tratamientos con los más altos rendimientos fueron en los que se aplicaron las mayores proporciones de fertilizante químico, aunque no hubo diferencia estadística con los tratamientos a base de composta y estiércol, lo que indica que su eficiencia fue semejante.

Cuadro 7

Prueba de Tukey para grano (kg/ha) de maíz H-520 en un experimento de evaluación de compostas y estiércol con maíz H-520 en Veracruz. Ciclo I-P, 2005-2006

Tratamiento	Clase
7. TESTIGO REGIONAL F.Q. (138-46-30	5403.8 A
5. ESTIERCOL 25% N + F.Q.75 %	5181.8 A
6. COMPOSTA 25 % N + F.Q. 75 %	4767.0 A
3. EST 50 % N + F.Q. 50 %.	3792.3 A
1. EST. 100% N	3478.8 A B
4. COMPOSTA 50 % N + F.Q. 50%	3470.8 A B
2. COMP. 100 % N	3303.5 A B
8. TESTIGO ABSOLUTO)	1356.0 B

DMS= 2239.8 Alfa=0.05

CONCLUSIONES

- No se observó efecto de los tratamientos a base de composta y estiércol sobre densidad aparente del suelo, días a floración ni altura de planta.
- Se observó efecto estadísticamente significativo de los tratamientos a base de composta y estiércol sobre biomasa de hojas y tallo, así como sobre el rendimiento de grano.
- El más alto rendimiento se obtuvo con el tratamiento T7 a base fertilización química sola y el tratamiento a base de fertilización química en 75% combinada con 25 % de estiércol y o composta (T7 y T6).

LITERATURA CITADA

- Araji, A.A. y Z.O. Abdo. 2001. Optimal utilization of animal manure on cropland. Univeristy of Idazo. Collage of Agricultural and Life Sciences. Bul. 829.
- Badaruddin, M., M. P. Reynolds y O.A.A. Ageeb. 1999. Wheat management in warm environments: effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency, and mulching. Agron. J. 91:975-983.
- Bar-Tal, A., U. Yermiyahu, .J. Beraud, M. Keinan, R. Rosenberg, D. Zohar, V. Rosen y P. Fine. J. Environ. Qual. 33:1855-1865.
- Chattopadhyay, N. M. D. Gupta y S.K. Gupta. 1992. Effect of city waste compost and fertilizers on the growth, nutrient uptake and yield of rice. J. Indian Soc. Soil. Sci. 40: 464-468.

-
- Cooperband, L., G.Bollero y F. Coale. 2002. Effect of poultry litter and compost on soil nitrogen and phosphorus availability and corn production. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 62:185-194.
- Czymmek, K.J., Q.M. Ketterings, L.D. Geohring y G.L. Albretch. 2003. *The New York Phosphorus Runoff Index: User's Manual and Documentation*. New York State Department of Environmental Conservation and New York Department of Agriculture and Markets. Cornell University, Ithaca, NY. 64 pp.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure and compost. *Soil Sci. Soc. Am. J* 64:2024-2030.

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN INORGANICA Y BIOLÓGICA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALABACITA (*Cucurbita pepo* L.)

INFLUENCE OF INORGANIC FERTILIZATION AND BIOLOGICAL ON THE CHARACTERISTICS OF ZUCCHINI (*Cucurbita pepo* L.)

Lozano CMG^{1*}, Díaz FA², Alvarado CM²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rio Bravo.

*Autor para correspondencia: lozano.monica@inifap.gob.mx

RESUMEN

La práctica de fertilización biológica podría sustituir o disminuir a la fertilización sintética y traer consigo efectos benéficos desde las perspectivas económica, social y ecológica. Se han realizado diversos estudios para conocer los efectos de los abonos orgánicos en los cultivos, no obstante, es limitada la información relacionada con la efectividad independiente o asociada entre los abonos orgánicos y la inoculación con hongos formadores de micorrizas. Por lo anterior, el propósito del presente estudio fue conocer el efecto de gallinaza y el HMA *Rhizophagus intraradices*, en combinación e independientes, en las características de la planta de calabacita. El experimento se estableció en un invernadero de baja tecnología del CERIB, empleando el híbrido de calabacita tipo *zuchini* cv. 'Spineless Perfection'. Los tratamientos evaluados fueron: a) gallinaza procesada y deshidratada [Meyfer® (4.64% N total, 5.42% P, 3.13% K, 338 mg/L Cu, 6588 mg/L Fe, 799 mg/L Mn, 568 mg/L Zn, 42.1% M.O.)] a razón de 5 g/maceta; b) el HMA *R. intraradices* (Micorriza INIFAP®; con ≥ 60 esporas/g) inoculado al suelo, 3 g/maceta; c) la combinación de gallinaza y *R. intraradices*, mismas dosis; d) testigo fertilizado (120-90-00); y e) testigo absoluto. Los resultados indicaron que todos los tratamientos superaron al testigo absoluto en las características de planta medidas, excepto en colonización, donde los mayores porcentajes se registraron con el HMA y gallinaza más HMA. Los efectos sugieren que el HMA, gallinaza y la combinación de ambos, fueron capaces de inducir un mayor desarrollo y crecimiento de las plantas de calabacita

y en general de manera competitiva con el tratamiento fertilizado. Los resultados de características de planta demostraron que el abono orgánico con gallinaza procesada, la inoculación micorrízica y la combinación de ambos, pudieron competir con el tratamiento testigo que llevó el fertilizante inorgánico.

Palabras clave: Calabacita, gallinaza, *Rhizophagus intraradices*.

INTRODUCCIÓN

El excesivo uso de agroquímicos ha tenido como resultado contaminación, decremento de la biodiversidad, degradación de los suelos e incrementos de los costos de producción. Adesemoye y Kloepper (2009) señalan que se ha percibido la necesidad de implementar métodos que permitan, entre otras cosas, mejorar la eficiencia de los cultivos, disminuir la tasa de uso de fertilizantes sintéticos, mitigar los efectos adversos sobre el ambiente y aumentar las ganancias por área cultivada.

La fertilización biológica se basa en la utilización de insumos naturales (abonos orgánicos, compostas, biosólidos y microorganismos como hongos y bacterias) para mejorar la absorción de nutrientes en la rizósfera, producir estimulantes de crecimiento para las plantas, mejorar la estabilidad del suelo, biodegradar sustancias, reciclar nutrientes, favorecer sinergias microbianas, entre otros. Adicionalmente, su uso permite mejorar la productividad por área cultivada en corto tiempo, consumir menores cantidades de energía, mitigar la contaminación del suelo y el agua, incrementar la fertilidad del suelo y favorecer el control biológico de fitopatógenos (Carbajal y Mera 2010). En particular, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) durante la simbiosis aportan beneficios como la promoción del crecimiento y mayor nutrición mineral de la planta (Carpio *et al.* 2005, Díaz *et al.* 2013); tolerancia a patógenos del suelo (Tahat *et al.* 2010); y a condiciones abióticas adversas (Davies *et al.* 2002, Rabie 2005). Otra opción viable es utilizar abonos orgánicos ya que tienen el potencial de ser una fuente de nutrientes económica y de gran eficacia en la nutrición de los cultivos. De los diferentes tipos de estiércoles la gallinaza es de los más ricos desde el punto nutrimental y de mayor liberación de nutrimentos en el primer año, mientras que los estiércoles más pobres son el de vacuno y el equino (Hue y Silva 2000).

Por lo tanto, la práctica de fertilización biológica podría sustituir o disminuir a la fertilización sintética y traer consigo efectos benéficos desde las perspectivas

económica, social y ecológica (Adesemoye y Kloepper 2009, Carbajal y Mera 2010). Se han realizado diversos estudios para conocer los efectos de los abonos orgánicos (Desgan y Bozkoylu 2007, Rodríguez *et al.* 2009, Bouajila *et al.* 2011, Velázquez *et al.* 2014) y de bioinoculantes (Davies *et al.* 2002, Carpio *et al.* 2005, Terry *et al.* 2005, Díaz *et al.* 2013) en los cultivos, no obstante, es limitada la información relacionada con la efectividad independiente o asociada entre los abonos orgánicos y la inoculación con hongos formadores de micorrizas. Por lo anterior, el propósito del presente estudio fue conocer el efecto de gallinaza y el HMA *Rhizophagus intraradices*, en combinación e independientes, en las características de la planta de calabacita.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante 2012 y 2013 en condiciones de invernadero en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB), INIFAP, Río Bravo, Tam. (25° 57' LN, 98° 01' LO; 25 msnm); región de clima semicálido y suelos vertisoles. Las características particulares de los suelos en presiembra manejados en el estudio están descritas en el Cuadro 1. El híbrido de calabacita utilizado fue tipo *zuchini* cv. 'Spineless Perfection'.

El experimento se estableció en un invernadero de baja tecnología del CERIB. El suelo utilizado se mezcló con 20 % (v/v) de termolita, se depositó sobre lona de plástico, se cubrió con la misma y se esterilizó con bromuro de metilo; después de cinco días se llenaron macetas de plástico de 7 kg de capacidad. Los tratamientos evaluados fueron: a) gallinaza procesada y deshidratada [Meyfer® (4.64 % N total, 5.42 % P, 3.13 % K, 338 mg/L Cu, 6588 mg/L Fe, 799 mg/L Mn, 568 mg/L Zn, 42.1 % M.O.)] a razón de 5 g/maceta; b) el HMA *R. intraradices* (Micorriza INIFAP®; con ≥60 esporas/g) inoculado al suelo, 3 g/maceta; c) la combinación de gallinaza y *R. intraradices*, mismas dosis; d) testigo fertilizado (120-90-00); y e) testigo absoluto. El 9 de enero de 2014 se sembraron tres semillas por maceta y solo se dejó una plántula. Cada tratamiento se repitió 12 veces (macetas) en un diseño con distribución completamente al azar. Se aplicaron riegos regulares y el cultivo se mantuvo hasta el estado de floración.

En floración se midió in situ el índice de clorofila con lecturas en las hojas superiores de las plantas, mediante determinaciones con Minolta SPAD 502, también el diámetro de tallo, altura de planta, y biomasa foliar y radical seca. Raíces frescas

se lavaron para eliminar el suelo, se cortaron en fragmentos de 1 cm, se mezclaron y se tomaron submuestras de ≈ 1 g, en éstas se determinó la colonización micorrízica mediante la técnica de clareo con 10 % KOH y de tinción de azul tripano al 0.03 % (Phillips y Hayman 1970) y el porcentaje de estructuras fúngicas se hicieron con el método de Giovannetti y Mosse (1980). La información se sometió a análisis de varianza y la separación de medias fue mediante Tukey ($p < 0.05$).

Cuadro 1

Características químicas y físicas de los suelos utilizados en el estudio

Estudio	M.O. (%)	pH	C.E. (dS/m)	N (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)	Textura
Invernadero	1.28	8.0	1.26	18.1	17.3	1022	Franco limoso

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indicaron que todos los tratamientos superaron al testigo absoluto en las características de planta medidas, excepto en colonización, donde los mayores porcentajes se registraron con el HMA y gallinaza más HMA. No obstante, hubo variaciones en la respuesta; los mayores valores de índice de clorofila fueron con el tratamiento que llevó fertilizante inorgánico. La mayor altura de la planta se registró con la combinación de gallinaza más la inoculación micorrízica; aunque en el peso de biomasa foliar destacaron la fertilización inorgánica y la mezcla de gallinaza con la inoculación micorrízica. En el diámetro de tallo y la biomasa radical, los tratamientos superaron de manera semejante al testigo absoluto (Cuadro 2). Los efectos sugieren que el HMA, gallinaza y la combinación de ambos, fueron capaces de inducir un mayor desarrollo y crecimiento de las plantas de calabacita y en general de manera competitiva con el tratamiento fertilizado. En pepino desarrollado en agricultura protegida (Vásquez *et al.* 2014), los valores de área foliar, índice SPAD y biomasa foliar fueron similares entre la fertilización sintética al 100% (200-200-100) comparada con la mitad del fertilizante más la inoculación de biofertilizantes.

Los datos apuntan a que la combinación gallinaza y HMA manifestó un efecto sinérgico para altura de planta y biomasa foliar, con ésta última variable compitió con la fertilización inorgánica, en suelo estéril de invernadero. Desgan y Bozkoylu (2007) determinaron que las concentraciones foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu en calabacita, fueron semejantes o con pequeñas diferencias entre

plantas con fertilización orgánica e inorgánica. Carvajal y Mera (2010) señalaron que a pesar de que los abonos orgánicos tienen menor cantidad de nutrimentos, comparado con los fertilizantes químicos, la disponibilidad de dichos elementos es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a que están sometidos.

Cuadro 2

Influencia de gallinaza y micorriza arbuscular en las características de la planta de calabacita en invernadero

Tratamiento	Clorofila (SPAD)	Diámetro de tallo (mm)	Altura de planta (cm)	Biomasa foliar (g)	Biomasa radical (g)	Colonización (%)
Gallinaza (G)	28.0 b*	12.5 a	34.5 b	71 b	13.5 a	18.2 b
HMA (M)	29.9 b	11.9 a	33.8 b	67 b	14.8 a	53.8 a
G + M	28.4 b	12.7 a	39.7 a	85 a	13.8 a	64.2 a
120-90-00	33.5 a	12.1 a	34.5 b	92 a	13.0 a	0.0 c
Testigo	22.2 c	9.1 b	29.0 c	41 c	5.6 b	0.0 c
	<i>P>F</i> 0.001	0.001	0.001	0.003	0.01	0.01

*Valores unidos con la misma letra no difieren (Tukey, $p \leq 0.05$).

Los inoculantes microbianos pueden ser capaces de sustituir o disminuir la fertilización inorgánica en los cultivos ya que promueven el crecimiento de las plantas, mejoran la disponibilidad y la absorción de nutrientes, y la sanidad de las plantas (Adesemoye y Kloepper 2009). Otro aspecto importante a considerar con el uso de bioinoculantes en los cultivos, es el hecho de que se pueden reducir las emisiones de N_2O asociadas con la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Calvo *et al.* 2013).

CONCLUSIONES

Los resultados de características de planta demostraron que el abono orgánico con gallinaza procesada, la inoculación micorrizica y la combinación de ambos, pudieron competir con el tratamiento testigo que llevó el fertilizante inorgánico.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero de esta contribución a la SAGARPA mediante el proyecto “Impulso a nuevos productos y procesos de la bioeconomía y de investigación, transferencia de tecnología y uso de biocombustibles, biofertilizantes y abonos orgánicos”.

LITERATURA CITADA

- Adesemoye A.O. y Kloepper J.W. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency, *Appl. Microbiol. Biotechnol*, 85, 1-12.
- Bouajila K. y Sanaa M. 2011. Effects of organic amendments on soil physic-chemical and biological properties, *J. Mater. Environ. Sci*, 2, 485-490.
- Calvo P., Watts D.B., Ames R.N., Kloepper J.W. y Torbert H.A. 2013. Microbial-based inoculants impact nitrous oxide emissions from an incubated soil medium containing urea fertilizers, *J. Environ. Qual*, 42, 704-712.
- Carpio A.L., Davies F.T. y Arnold M.A. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi, organic and inorganic controlled-release fertilizers: effect on growth and leachate of container-grown bush morning glory (*Ipomoea carnea spp. fistulosa*) under high production temperaturas, *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 130, 131-139.
- Carvajal M.J. y Mera B.A. 2010. Fertilización biológica: técnica de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible, *Producción*, 5, 78-96.
- Davies F.T., Olalde P.V., Aguilera G.L., Alvarado M.J., Ferrera C.R. y Boutton T.W. 2002. Alleviation of drought stress of chile ancho pepper (*Capsicum annuum L.*) with arbuscular mycorrhiza indigenous to Mexico, *Sci. Hort*, 92, 347-359.
- Desgan H.Y. y Bozkoylu A. 2007. Comparison of organic and synthetic-inorganic nutrition of soilless grown summer squash, *Acta Hort*, 747, 523-528.
- Díaz F.A., Ortiz C.F.E., Lozano C.M., Aguado S.A. y Grageda C.O. 2013. Growth, mineral absorption and yield of maize inoculated with microbe strains, *Afr. J. Agr. Res*, 8, 3764-3769.
- Giovannetti M. y Mosse B. (1980): An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots, *New Phytol*, 84, 489-500.
- Hue N.V. y Silva J.A. 2000. Organic soil amendments for sustainable agriculture. In: *Plant Nutrient Management* (Silva J.A. y Uchida R., Eds.). University of Hawaii. Pp. 133-144.

-
- Phillips J.M. y Hayman D.S. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi, *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 55, 158-161.
- Plenecassangne A., Romero F.E. y López B.C. 1999. Manual de laboratorio para análisis de suelo, planta y agua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Gómez Palacio, Durango, México. 423 p.
- Rabie G.H. 2005. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and kinetin on the response of mungbean plants to irrigation with seawater, *Mycorrhiza*, 15, 225-230.
- Rodríguez D.N., Cano R.P., Figueroa V.U., Favela C.E., Moreno R.A., Márquez H.C., Ochoa M.E. y Preciado R.P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero, *Terra Lantinoamer*, 27, 319-327.
- Tahat M.M., Sijam K. y Othman R. 2010. Mycorrhizal fungi as a biocontrol agent, *Plant Pathology J*, 9, 198-207.
- Terry A.E., Leyva A. y Hernández A. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*), *Rev. Colombiana Biotecnol*, 7, 47-54.
- Vásquez S.E. Lira S.R., Valdez A.L., Cárdenas F.A., Ibarra J.L. y González D. 2014. Respuesta de pepino a la fertilización biológica y mineral con y sin acolchado plástico en condiciones de casa sombra, *Rev. Inter. Inv. Innov. Tecnol*, 10, 1-11.

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) DE GRANO BLANCO Y AMARILLO EN EL MUNICIPIO DE OCOZOCOAUTLA DE ESPINOSA, CHIAPAS.

EVALUATION OF GENOTYPES OF MAIZE (*Zea mays* L.) WHITE AND YELLOW GRAIN IN THE MUNICIPALITY OF OCOZOCOAUTLA DE ESPINOSA, CHIAPAS.

¹Espinosa, P.N*. Martínez S. J.¹ Espinosa, M.I.² y Maza G. H. de J.²

Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro de Chiapas. Km 3. Carretera Internacional Cintalapa-Ocozocoautla, Chiapas.

² Estudiante de la Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Campus V. Villa Flores, Chiapas. *Autor de correspondencia: espinosa.nestor@inifap.gob.mx

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar, comparar y seleccionar genotipos de maíz (*Zea mays* L.) de color blanco y amarillo en base al rendimiento de grano, características fenotípicas y tolerancia a enfermedades foliares. La investigación se realizó bajo condiciones de temporal, en los terrenos del Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en el km 3.0 de la carretera Ocozocoautla – Cintalapa, en el Municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones, tanto para maíces blancos como para maíces amarillos, debido a la poca disponibilidad de la semilla. Se evaluaron 24 genotipos blancos y nueve amarillos. La unidad experimental en ambos experimentos fue de cuatro surcos de cinco metros de longitud, separados a 80 y 20 cm entre plantas. Se fertilizó con 160 kilogramos de nitrógeno y 100 de fósforo por hectárea. El control de malezas y plagas se hizo con productos químicos. Las variables estudiadas fueron: rendimiento de grano, características fenotípicas de la planta y de la mazorca y tolerancia a enfermedades foliares. Se realizó un análisis de varianza (ANAVA). Los genotipos blancos mostraron diferencias estadísticas significativa para rendimiento y los sobresalientes fueron: DK-357, TR4312, TR4311, P4082W con

valores de 10,345, 9,615, 9,097, 9,032 kg ha⁻¹, respectivamente. Mientras que lo de color amarillo no mostraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo, los genotipos con mayor rendimiento numérico fueron: CLYN352/CLYN214, CLRCY017/CLO2450//CLYN205, CLRCY017/CL02450//CLYN214, CLRCY015/CLYN 214 con valores de 9,538, 8,340, 8,289, 8,261 kg ha⁻¹ respectivamente. El genotipo de grano color blanco más precoz fue TR4311 con 56 días a floración y el más tardío TW7 con 60 días. Para los genotipos amarillos, el más precoz fue CLYN352/CLYN214 con 57 días a floración y el más tardío fue DK 399 con 62 días. No hubo condiciones ambientales favorables para que se expresaran las enfermedades foliares con niveles severos.

Palabras claves: Rendimiento, *Zea Mays*, grano blanco, grano amarillo.

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz es uno de los cultivos de mayor importancia desde el punto de vista alimentario, ambiental, económico y social. Por lo tanto, más del 47.2 % de la superficie agrícola del país es sembrada con este cultivo, la producción promedio anual es de 22 millones de toneladas. Anualmente se establecen en promedio 7, 372, 218 hectáreas para grano. El estado de Chiapas contribuye con el 8.8 % de la producción nacional y ocupa el quinto lugar nacional en producción de maíz para grano (SIAP¹, 2013; Martínez y Espinosa, 2014).

La demanda anual aparente del maíz blanco es de 45.5 %; mientras que la del maíz amarillo es de 54.5 % (Álvaro, 2014). El maíz blanco cumple una función esencial en la alimentación y se cultiva en mayor superficie en los países en desarrollo. Por el contrario, la mayor parte del maíz cultivado en todo el mundo es amarillo y es destinado a la alimentación de animales (FAO², 2000). Turrent *et al.*, (2012) indican que el incremento de los precios internacionales del maíz actualmente es causa central de disturbios por los altos costos de la importación de alimentos y la dependencia alimentaria

El consumo de maíz amarillo está directamente relacionado con su utilización en la cadena de origen pecuario, la tecnificación de las industrias pecuarias han demandado cantidades crecientes de maíz amarillo. De éstas, definitivamente es la industria avícola la que muestra el mayor dinamismo, constituyéndose en la mayor consumidora de grano de maíz amarillo (Fuentes y Queme, 2008).

En el estado de Chiapas, anualmente se siembran en promedio 650 mil hectáreas, con un rendimiento promedio estatal de dos toneladas por hectárea, los DDR con mayor superficie sembrada en la entidad son 01 Tuxtla, 03 Comitán y 04 Villaflores (SIAP¹, 2013) y se tienen 300 mil productores con una población estimada de 4.0 millones que consumen maíz diariamente (Mendoza *et al.*, 2008).

OBJETIVO

Evaluar, comparar y seleccionar genotipos de maíz de grano color blanco y amarillo con mayor rendimiento de grano y de buenas características agronómicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en terrenos del Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en el km 3.0 de la carretera Ocozocoautla – Cintalapa, en el municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. El clima del lugar es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de precipitación de 900 – 1800 mm anuales. Con una temperatura media anual de 21 – 23°C (INEGI⁵, 2005). Suelo con pH moderadamente alcalino, textura fina, libre de salinidad, alto en materia orgánica, con baja conductividad, bajo en fósforo, bajo en potasio y alto en magnesio.

En el experimento de maíces blancos se tuvieron 24 tratamientos (genotipos) y en el de grano amarillo fueron nueve. En ambos experimentos, se usó un diseño experimental de bloques completas al azar con dos repeticiones, debido a que no hubo suficiente semilla. La unidad experimental estuvo formada por cuatro surcos de cinco metros de longitud cada uno. La parcela útil la constituyeron los dos surcos centrales. La preparación del terreno consistió en un barbecho, rastra y surcado. La siembra se realizó el 24 de junio de 2015 en suelo húmedo. Se fertilizó con 160 kilogramos de nitrógeno y de fósforo por hectárea, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en el momento de la siembra. El resto del nitrógeno se aplicó a los 45 días después de la siembra. El control de plagas y malezas se hizo con productos químicos. Las variables de estudio fueron: días a floración masculina, femenina y madurez fisiológica del grano, altura de la planta y de la mazorca, rendimiento del grano y sus componentes y presencia de enfermedades foliares. Se hizo un análisis de varianza para cada variable con el programa SAS versión 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento sobre maíces blancos

El análisis de varianza (ANAVA) mostró diferencias significativas para: días a floración femenina, altura de la planta, diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera y rendimiento de grano (Cuadro 1).

Cuadro 1

Rendimiento y componentes del rendimiento de 24 genotipos de maíz blanco

Genotipos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Longitud mazorca (cm)	Diámetro mazorca (cm)	Hileraspor mazorca	Granos por hilera
REGA STX	7,470 cadb	17.6 cadb	4.3 ab	16 ab	34 fcadbe
CANCELLER	7,318 cadb	18.3 cadb	4.3 ab	15 ab	34 fcadbe
REGA STZ	8,334 cadb	18.9 cadb	4.0 ab	16 ab	32 fcadbe
AZTECA	5,442 d	17.8 cadb	4.1 ab	17 a	34 fcadbe
PS 970	7,585 cadb	16.9 cdb	4.4 ab	15 ab	33 fcadbe
H 377	7,406 cadb	18.8 cadb	4.4 ab	15 ab	42 a
TW 5	8,193 cadb	17.2 cdb	4.0 ab	15 ab	32 fcadbe
H 318	7,119 cdb	18.1 cadb	4.6 ab	16 ab	33 fcadbe
TW 6	7,696 cadb	16.8 cd	3.8 b	13 b	31 fcde
HV 313	7,937 cadb	18.5 cadb	4.3 ab	15 ab	40 cab
TW 7	6,155 cd	17.6 cadb	4.1 ab	14 ab	34 fcadbe
TW 8	8,124 cadb	18.5 cadb	4.4 ab	15 ab	40 cab
B-875	6,742 cdb	19.2 cadb	3.9 ab	14 ab	39 cadb
T48/CLWN-247//HCF291	8,633 cadb	19.5 cab	4.6 ab	16 ab	38 cadbe
T48/CML 449//HCF291	7,513 cadb	16.9 cdb	4.2 ab	15 ab	32 fcdbe
TR 4311	9,097 cab	16.5 cd	3.9 ab	17 a	29 fde
TR 4312	9,615 ab	19.2 cadb	3.9 ab	16 ab	32 fcdbe
CML 549/CLWN 218//CML 269	8,399 cadb	16.5 cd	3.9 ab	17 a	27 f
CLRCW 100/CLRCW 96// CLWN 247	7,788 cadb	17.6 cadb	4.0 ab	16 ab	33 fcadbe
CML 549/CLWN 207// CLWN 247	7,792 cadb	16.0 d	4.0 ab	15 ab	28 fe
CLRCW 97/CML494	8,555 cadb	20.2 ab	4.3 ab	15 ab	41 ab
CML498/CML500//CML494	8,233 cadb	17.8 cadb	3.6 b	15 ab	33 fcadbe
DK-357	10,345 a	20.7 a	5.0 a	15 ab	40 cab
P4082W	9,032 cab	18.6 cadb	4.1 ab	16 ab	38 cadb
C.V (%)	9.8	4.4	6.7	5.6	7.1
DSH	3,209.9	3.3	1.1	3.6	10.2

C.V (%) Coeficiente de variación; DSH= diferencia significativa honesta (Tukey, 5 %); Medias con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes.

Los genotipos estudiados presentaron una altura de planta menor de dos metros, característica importante para evitar el acame. Los días floración masculina fueron de 56 a 60 días y todo los genotipos mostraron buena sincronía en la floración masculina y femenina, característica deseable en los genotipos para condiciones de temporal (lluvias) y de acuerdo con De la Cruz *et al.*, 2009, los genotipos para el clima cálido deben de ser de este ciclo de desarrollo. Durante el periodo de estudio en campo se presentó un periodo de 30 días sin lluvias, sin embargo, no hubo manifestación de un déficit hídrico en las plantas de los 24 genotipos, debido a que el suelo es vertisol de textura arcillosa y además, los genotipos es probable presenten tolerancia al déficit hídrico (Espinosa-Paz, 1995).

El rendimiento del grano de los genotipos varió de 5 422 kilogramos por hectárea a 10 445 kilogramos. Estos rendimientos se consideran como potenciales debido a que hubo un manejo agronómico óptimo (De la cruz *et al.*, 2009; Ángeles *et al.*, 2010). Los mayores rendimientos lo presentaron los genotipos DK-357, TR4312, TR4311, P4082W con valores de 10 345 kg ha⁻¹, 9,615, 9,097, 9,032 kg ha⁻¹ respectivamente.

Experimento sobre maíces amarillos. El ANAVA detectó diferencias estadísticas significativas para días a floración masculina, días a floración femenina, hileras por mazorca, granos por hileras y longitud de la mazorca. No hubo diferencias significativas para el rendimiento de grano (cuadro 2).

Cuadro 2

Rendimiento y componentes del rendimiento de nueve genotipos de maíz amarillo

Genotipos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Longitud mazorca (cm)	Diámetro mazorca (cm)	Hileras por mazorca	Granos por hilera
ZAPATA -5	7,524 a	16 Bbc	4.6 a	13 a	30 bc
H-384 A	5,544 a	15 c	4.8 a	14 a	29 c
REGA STY	7,140 a	18 ba	4.7 a	16 a	31 bac
CLRCY017/CLO2450// CLYN 205	8,340 a	18 ba	4.8 a	15 a	35 bac
CLYN 352/CLYN 214	9,538 a	19 a	4.4 a	12 a	39 a
CLRCY015/CLYN 214	8,261 a	16 bc	4.4 a	15 a	33 bac
CLRCY017/CL02450//CLYN 214	8,289 a	17.5 bac	4.3 a	13 a	38 ba
DK 399	5,778 a	18 ba	4.5 a	16 a	33 bac
30F35	7,732 a	17 bac	5.0 a	16 a	33 bac
C.V (%)	14.7	3.6			5.9
DSH	4,550.2	2.5			8.2

C.V (%)= coeficiente de variación; D.S.H.: diferencia significativa honesta (tukey, 5 %); Medias con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes.

Si bien no hubo diferencias estadísticas significativas entre los genotipos por su rendimiento de grano, tal vez por tener pocas repeticiones y tratamientos, en virtud de que ya no hubo semilla para dos repeticiones más en los experimentos, los rendimientos son alentadores y los genotipos CLYN 352/CLYN 214, CLYN 015/CLYN 214, CLRCY017/CLO2450//CLYN205, CLRCY017/CL02450//CLYN214, sobresalieron con rendimientos de 9,538 kg ha⁻¹ 8 340, 8 289, 8261.

Los días a floración masculina de estos genotipos variaron de 53 a 60 días y mostraron sincronía a floración. La altura de planta, fue menor a dos metros y de mazorca menor a un metro. La longitud de la mazorca varió de 15 a 19 centímetros con 12 a 16 hileras y 29 a 39 granos por hilera.

El ANAVA no mostró diferencias estadísticas significativas entre los genotipos blancos ni entre los genotipos amarillos, para las cuatro enfermedades evaluadas, tizón (*Exserohilum turcicum* L.), roya (*Puccinia polysora* U.), mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* M.), número de plantas con achaparramiento (*Spiroplasma kunkeli* D.)

CONCLUSIONES

- Los genotipos de grano color blanco mostraron diferencias estadísticas significativas para el rendimiento de grano, no así para los genotipos de color amarillo.
- Los genotipos de grano color blanco estadísticamente con mayor rendimiento fueron: DK-357, TR4312, TR4311 y P4082W con valores de 10,345, 9,615, 9,097, 9,032 kg ha⁻¹ respectivamente.
- El genotipo de grano blanco que resultó más precoz fue TR4311 con 56 días a floración. Por el contrario, el más tardío fue TW7 con 60 días.
- Los genotipos de grano color amarillo numéricamente mayores en rendimiento fueron: CLYN352/CLYN214, CLRCY017/CLO2450//CLYN205, CLRCY017/CL02450//CLYN214, CLRCY015/CLYN 214 con valores de 9,538, 8,340, 8,289, 8,261 kg ha⁻¹ respectivamente.
- El genotipo de grano amarillo que resultó más precoz fue CLYN352/CLYN214 con 57 días a floración. Por el contrario, el más tardío fue DK 399 con 62 días.

LITERATURA CITADA

- Álvaro M. 2014. México importará 45% del maíz que consumirá en 2014-2015. (En línea). Consultado 13 de abril del 2015. Disponible en: <http://www.elfinanciero.com.mx/mercados/commodities/mexico-importara-45-del-maiz-que-consumira-en-2014-2015.html>
- Ángeles, E., E. Ortiz, P.A. López y G. López. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones nativas de Molcaxac, Puebla. Vol. 33 (4): Pp. 287-296.
- De la cruz, L., H. Córdoba, M. A. Estrada, J. D. Mendoza, A. Gómez y N. P. Brito. 2009. Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrado bajo tres densidades de población. Vol. 25 (1): Pp. 93-98.
- Espinosa P., N. 1005. Estudio anatómico, morfológico y fisiológico de variedades de maíz bajo dos agrosistemas con deficiencias hídricas en la Mixteca Alta de Oaxaca. Tesis de Doctor en Ciencias. Montecillo estado de México.
- FAO. 2000. El maíz blanco un grano alimentario. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (En línea). Consultado el 07 de noviembre del 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-w2698s.pdf>
- Fuentes M. R. y Queme W. 2008. Evaluación de híbridos de maíz de grano amarillo y blanco en diferentes ambientes de América latina, Guatemala. Pp. 5 – 6.
- INEGI. 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.
- Martínez, S. J y N. Espinosa P. 2014. Sugerencias para el control del “complejo de la mancha de asfalto” del maíz en la frailesca, Chiapas. Folleto para productores No. 13. INFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. México: p. 15.
- Mendoza S., C. E Aguilar, J. Galdámez y A. Gutiérrez. 2008. Alternativas para la producción de maíz en la frailesca, Chiapas, México. Universidad Autónoma de Chiapas, cuerpo académico en agricultura sostenible: Pp.1-8.
- SIAP. 2013. Estadísticas agropecuarias y pesqueras. SAFARPA. México.
- Turrent, A., A. Timothy y E. Garvey. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México .No.12-03: p. 6.

EVALUACIÓN DE DOS PRODUCTOS ORGÁNICOS PARA EL CONTROL DE *Bemisia tabaci* (Gennadius)

ASSESSMENT OF TWO ORGANIC PRODUCTS FOR THE CONTROL OF *Bemisia tabaci* (GENNADIUS)

Tucuch HJI¹, Cicero JL¹, Rodríguez MJC² y Baeza RJJ¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mocochoá. ²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

*Autor para correspondencia: leamsi182@hotmail.com y tucuch@colpos.mx; cel. 9979-73-30-59.

RESUMEN

Se evaluó el grado de efectividad biológica de dos productos orgánicos a base de extractos vegetales: Neemacar (extracto de *Azadirachta indica* y *Cinnamomum zeylandicum*) y Gamma (extracto de *Allium sativum*, *Capsicum frutescens* y *Cinnamomun zeylanicum*) para el control de la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius). El experimento se realizó en los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Experimental Mocochoá, Yucatán. Se utilizó una población de insectos susceptibles de *B. tabaci*, provenientes de plantas arvenses silvestre libre de presión de selección por insecticidas, la cría de los insectos se realizó sobre plantas de chile habanero donde se dio con abundancia de manera exitosa. Posteriormente, se realizaron los ensayos aplicando 9 concentraciones conocidas (0.000001, 0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1, 5 y 10 %) del extracto deseado y un testigo (agua destilada), la aplicación fue directa sobre el insecto con la ayuda de una torre de Potter. Una vez tratados los insectos se evaluó la mortalidad a las 24, 48, 72 y 96 horas. Se utilizó un diseño completamente al azar y las medias de cada tratamiento se compararon por medio de la prueba de Tukey ($P > 0.05$). Neemacar y gamma mostraron el 100 y 69.2 % de mortalidad respectivamente, ambos resultados se registraron a las 96 h después de la aplicación de cada producto a una concentración del 10 %, sin embargo ambos productos mostraron diferencia significativa comparada con el testigo. En general, neemacar registro el 100 % de mortalidad a partir de la dosis del 1 %.

Palabras clave: Mosca blanca, begomovirus, extractos vegetales, Control biológico.

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, el uso indiscriminado de plaguicidas durante las últimas décadas, ha ocasionado el desarrollo de resistencia en insectos de importancia agrícola, como la mosca blanca, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), insecto plaga de importancia económica en varios cultivos, debido a que es vector de geminivirus (Jiménez-Martínez *et al.*, 2012). La alta incidencia que presenta *B. tabaci* se debe a que posee alto potencial reproductivo, elevada fecundidad, ciclo de vida corto y ha desarrollado un alto grado de resistencia a varias clases de insecticidas, incluyendo organofosforados, carbamatos y piretroides (Castillo-Sánchez *et al.*, 2012). En México, *B. tabaci* ocasiona grandes pérdidas en la producción de cultivos hortícolas que pueden alcanzar hasta el 90% (Castillo-Sánchez *et al.*, 2012). En el cultivo del chile habanero (*Capsicum chinensis* Jacq) la mosca blanca es el principal problema a combatir ya que aumenta los costos de producción, debido a la gran cantidad de productos químicos que se usan para el control de dicha plaga. Actualmente, los insecticidas sintéticos continúan siendo el principal método de control; el abuso, el aumento de dosis y el uso indiscriminado de productos sintéticos induce al desarrollo de resistencia por el incremento en la presión de selección y la eliminación de sus enemigos naturales (Asifa *et al.*, 2010). Para atender esta problemática, se considera de suma importancia la búsqueda de nuevas alternativas de control contra insectos plagas de repercusión económica y que representen menos riesgos a la salud humana, que sean seguros para los organismos benéficos, tales como abejas, depredadores, parasitoides e incluso hasta para mamíferos y para el ambiente. Una de las alternativas disponibles, es el uso de productos orgánicos, como extractos de plantas de las cuales se derivan metabolitos secundarios que tienen la capacidad de disminuir altas poblaciones de insectos. Debido a lo antes mencionado, el objetivo general del presente trabajo fue evaluar la efectividad biológica de productos orgánicos para matar sobre insectos adultos de mosca blanca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colonia de Insectos

Se utilizó una población de insectos susceptibles de *B. tabaci*, provenientes de plantas arvenses silvestres, esta población fue trasladado a los invernaderos, donde se ha estado reproduciendo en jaulas entomológicas (70 x 70 cm de base x 100 cm de altura) libre de presión de selección por insecticidas desde el 2013 (aproximadamente 40 generaciones). La cría de los insectos se realizó sobre plantas de chile habanero con ≥ 100 d de edad en condiciones de invernadero bajo 35-40 °C y luz natural.

Productos (extractos)

Progranic Neemacar (extracto de neem *Azadirachta indica* equivalente a 514.25 g/L y canela *Cinnamomum zeylandicum* 140.25 g/L) concentrado emulsionable. Este se diluyó con agua destilada para preparar la concentración requerida.

Progranic Gamma (extracto de ajo *Allium sativum* equivalente a 251.75 g/L, chile picante *Capsicum frutescens* equivalente a 251.75 g/L., canela *Cinnamomun zeylanicum* equivalente a 100.70 g/L., líquido soluble). Este se diluyó con agua destilada para preparar la concentración requerida.

Ensayo

Para evaluar la efectividad del Neemacar, Gamma y un testigo (agua destilada) sobre adultos de mosca blanca, se usó una torre de Potter (Potter, 1952) que se calibró para aplicar 2 mg /cm² de las concentraciones requeridas (Hassan, 1985). En ensayos separados, grupos de 10 a 100 individuos sin sexar de 24 a 48 h de edad, se anestesiaron con CO₂ a 20 Psi de presión durante 3 minutos; una vez anestesiados los insectos, se procedió a la aplicación del extracto en la concentración deseada con la ayuda de la torre de Potter. Para cada tratamiento, se aplicaron 30 ml de la concentración correspondiente a una presión de 0.703 kg/ cm² (10 lb pulgada²) y después de 1 minuto, los adultos tratados se depositaron en cajas Petri con discos foliares sin tratar, registrándose el porcentaje de mortalidad a las 24, 48, 72 y 96 h. Se consideró muerto aquel individuo que no saltaba o no respondía al toque del pincel. Para el ensayo se utilizó un diseño experimental completamente al azar.

Los datos fueron evaluados mediante el análisis de varianza, considerando como variable independientes el producto y la concentración de éste. Las medias de cada tratamiento se compararon por medio de la prueba de Tukey ($P>0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación de porcentaje de mortalidad de *B. tabaci*, realizado a las 24, 48, 72 y 96 h después de la aplicación del producto correspondiente, se observan diferencia entre los tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1

Promedio de mortalidad en (%) de B. tabaci, a las 24, 48, 72 y 96 h des pues de la aplicación del producto correspondiente

Producto	% de mortalidad			
	24 hs (*)	48 hs (*)	72 hs (*)	96 hs (*)
Gamma	10 c	17 c	26 c	36 b
Neemacar	25 b	36 b	47 b	53 a

Medias con letras distintas en la columna, son diferentes estadísticamente entre sí. $P>0.05$

Lo que se puede observar es que ambos productos son diferentes estadísticamente durante la evaluación de las 24, 48, 72 y 96 h, pero dentro la evaluación de las primeras 72 h del producto neemacar son iguales estadísticamente, sin embargo existe diferencia significativa entre las primeras 72 h y 96 h dentro el mismo producto (neemacar), este mismo comportamiento se puede observar para el producto gamma, no obstante el porcentaje de mortalidad de neemacar (25 %) a las 24 h es estadísticamente igual a la mortalidad del producto gamma (36 %) a las 96 h después de la aplicación del producto (Cuadro 1).

Cuadro 2

Eficacia de tratamientos, concentración, producto y promedio de mortalidad en (%) de *B. tabaci* después de 96 h de aplicar el producto correspondiente

Concentración (%)	% Mortalidad	
	Gamma	Neemacar
0	8.33 mn	7.88 n
0.000001	19.75 lmn	13.33 lmn
0.00001	24.58 jklmn	26.67 ijklm
0.0001	28.6 hijkl	38.33 fghijk
0.001	39.13 efghijk	43.33 defghi
0.01	40.35 efghijk	48.79 cdefg
0.1	41.02 efghij	63.33 bc
1	45.03 cdefgh	100 a
5	50.29 cdef	100 a
10	69.24 b	100 a

Medias con literales distintas en la columna, son diferentes estadísticamente entre sí $p < 0.05$

En la cuarta evaluación realizada a las 96 h después de la aplicación de los productos, se observa que el producto neemacar a la concentración del 1 % presenta el 100 % de mortalidad. Gamma a la concentración del 10% presenta el 69.24 % de mortalidad, siendo diferentes estadísticamente entre ambos (Cuadro 2). En los resultados obtenidos, nos muestran que existe relación entre la concentración, tiempo de acción y porcentaje de mortalidad. En la tabla (1) se puede observar la variación del porcentaje de mortalidad en función al tiempo de acción, observándose una correlación positiva, a mayor tiempo de acción, mayor porcentaje de mortalidad; además, se observa que a mayor concentración utilizada, el porcentaje de mortalidad aumenta, observándose el mayor porcentaje de mortalidad a partir de la concentración del 0.1 % en comparación a las demás dosis del producto neemacar. Estos resultados coinciden con Encina *et al.*, (2011) quienes en su experimento de evaluación de extractos sobre *Tetranychus spp* documentan que el efecto del neemacar va incrementando en forma proporcional al tiempo y que a mayor concentración mayor porcentaje de mortalidad (con la concentración de 10 g en 100 ml de agua destilada obtuvieron 95.77 % de mortalidad a las 96 h de haber aplicado el producto). En otro estudio, Coudriet *et al.*, (1985) reportaron que el efecto insecticida de *A. indica* en ninfas, se atribuye a sus propiedades antiecdisteroides, ya que reduce la viabilidad de los huevos y la oviposición, además de que prolonga el periodo juvenil, y causa mortalidad de las ninfas de *B. tabaci*. Es importante mencionar

que *C. zeylanicum* es otro de los ingredientes de neemacar y es considerado como un insecticida potencial para el control de adultos de *B. tabaci*, *Ceratitis capitata*, *Anopheles tessellatus*, *Culex quinquefasciatus*, Passino *et al.*, (1999) y Samarasekera *et al.*, (2005). Passino *et al.*, (1999), reportan los efectos tóxicos del aceite de *C. zeylanicum* en adultos de *C. capitata* (más del 90 % de mortalidad después de 72 h), lo cual se explica la actividad del aldehído cinámico (cerca de 80 % de aceite de *C.*) lo que concuerda con Samarasekera *et al.*, (2005), quienes reportan que el cinnamaldehído es el constituyente mayoritario del aceite de corteza de *C. zeylanicum* y que representa un efecto knock-down y mortalidad en contra de *Anopheles tessellatus* (LD₅₀ 0.33 g/mL) y *C. quinquefasciatus* (LD₅₀ 0.66µg/mL). El producto gamma (extracto de *Allium sativum*, *Capsicum frutescens* y *Cinnamomun zeylanicum*) presento el 36% de mortalidad a la 96 h después de aplicar el producto (Cuadro 1), lo que coincide con Jiménez-Martínez *et al.*, (2012) al reportar el 26 % de mortalidad de adultos de mosca blanca cuando se le aplico la combinación de chile, ajo y jabón, por lo tanto los mismos autores reportan a *A. sativum* como un producto con actividad repelente que actúa inhibiendo la alimentación de los insectos (2.69 insectos por planta después de 24 h de la aplicación del producto) lo que contradice a Kalu *et al.*, (2010), al reportar que el extracto etanólico del bulbo de *A. sativum* es un larvicida efectivo contra larvas de *C. quinquefasciatus*, lo que puede deducirse que *A. sativum* puede actuar como insecticida y como repelente, todo depende al estado biológico del insecto a controlar, siendo repelente para adultos de *B. tabaci* y mostrando efecto insecticida sobre larvas de *C. quinquefasciatus*. Por otro lado Jiménez-Martínez *et al.*, (2012) reportan a *C. frutescens* con actividad insecticida, la capcicina actúa como ingrediente activo, estos mismos resultados reporta Vinayaka *et al.*, (2010), al descubrir que existe mayor efecto insecticida del extracto metanólico en frutos que en hojas de *C. frutescens* en contra del segundo y tercer instar larval de *Aedes aegypti*.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y las condiciones que fue desarrollada la presente investigación se concluye que: Neemacar y Gamma poseen efecto insecticida sobre *B. tabaci* a partir de la concentración del 1 %. Neemacar mostro el 100 % de mortalidad de adultos de *B. tabaci* en comparación con el producto gamma (69.24 %). Neemacar fue más eficaz para el control de adultos de mosca blanca.

LITERATURA CITADA

- Asifa, H; Muhammad, A. and Ghulam M. 2010. Susceptibility of *Bemisia tabaci* Gen. (Homoptera: Aleyrodidae) to Selected Insecticides, Pakistan J. Zool., 42(3), 295-300.
- Castillo-Sánchez, L; Jiménez-Osorio, J. and Delgado-Herrera M. 2012. The *in vitro* Biological Activity of *Capsicum chinense* Jacq Extract against *Bemisia tabaci* Genn, Revista Chapingo Serie Horticultura, 18(3), 345-356.
- Coudriet, D.L; Prabhaker, N. and Meyerdirk, D.E. 1985. Sweet-potato whitefly (Homoptera, Aleyrodidae) Effects of neem seed extract on oviposition and immature stages, Environmental Entomology, 14, 776-779.
- Encina, R.R; Ramirez, L.M. and Pino Q.C. 2011. Effect of two aqueous extracts of meliaceae on *Tetranychus spp.* (Acari:Tetranychidae) under laboratory condition, Investig. Agrar 13 (2), 95-100.
- Hassan, S. A. 1985. Standers methods to test the side effects of pesticides on natural enemies of in sects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group Pesticides and beneficial organisms, EPPO Bull, 15, 214-255.
- Jimenez-Martinez, E; Lanuza R.E. and Rizo G.E. 2012. Evaluation of botanical and chemical insecticides to control whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius) and geminivirus in tomato (*Solanum esculentum* Mill) in Tisma, Masaya, Revista Cientifica la Calera, 12(19), 96-106.
- Kalu, I.G; Ofoegbu, U; Eroegbusi, J; Nwachukwu, C.U. and Ibeh, B. 2010. Larvicidal activities of etanol extract of *Allium sativum* (garlic bulb) against the filarial vector, *Culex quinquefasciatus*, Journal of Medicinal Plants Research, 4(6), 496-498. DOI: 10.5897/JMPR09.173
- Majeed, A. and Abidunnisa, T. 2011. Study on repellent activity of *Argemone Mexicana* on *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*, International Journal of Pharmaceutical Research & Development, 3(3), 206-211.
- Passino, G.S; Bazzoni, E; Moretti, L. and Prota, R. 1999. Effects of essential oil formulations on *Ceratitis capitata* Wied. (Dipt, Tephritidae) adult flies, 123(3), 145-149. DOI: 10.1046/j.1439-0418.1999.00332.x
- Potter, C. 1952. An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on electrostatic charge on atomized spray fluids, Ann Appl Biol, 39, 1-29.
- Samarasekera, R; Kalhari, K.S. and Weerasinghe, I.S. 2005. Mosquitocidal activity of leaf and bark essential oils of Ceylon *Cinnamomum*

zeylanicum, Journal of Essential Oil Research, 17(3), 301-303. DOI:
10.1080/10412905.2005.9698909

Vinayaka, K.S; Kekuda, P; Nandini, K.C; Rakshitha, M.N; Martis, R; Shruthi, J; Nagashtree, G.R. and Anitha, B. 2010. Potent insecticidal activity of fruits and leaves of *Capsicum frutescens* (L.) var. *longa* (Solanaceae), Der Pharmacia Lettre 2(4), 172-176.

**DIVERSIDAD DE PARASITOIDES DE *Bemisia tabaci*
EN CULTIVOS DE CHILE HABANERO**

**PARASITOID DIVERSITY OF *Bemisia tabaci*
IN HABANERO PEPPER CROPS**

Cicero JL^{1*} y Sandoval CDA¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá, Km 25 antigua carretera Mérida-Motul, Yucatán.

*Autor para correspondencia: cicero.lizette@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La mosquita blanca es una de las plagas que genera más pérdidas económicas alrededor del mundo. El conocimiento de la fauna benéfica asociada a *Bemisia tabaci* en diferentes cultivos es de gran utilidad para el control y manejo de la plaga. El uso de parasitoides afelínidos se ha extendido por todo el mundo y ha tenido éxito en muchas regiones. El objetivo de este estudio fue conocer y comparar la riqueza y diversidad de parasitoides de mosquita blanca en cultivos de chile habanero en diferentes puntos de la Península de Yucatán. Para ello, se colectaron ninfas de *B. tabaci* a lo largo de dos ciclos de cultivo en parcelas experimentales de chile habanero. En total se identificaron 18 especies de parasitoides pertenecientes a la familia Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea), y dentro de los géneros *Encarsia* y *Eretmocerus*. Las especies más abundantes fueron *En. bimaculata* y *Er. emiratus* con 414 y 146 individuos respectivamente. Se encontraron diferencias significativas para la riqueza específica entre los sitios de muestreo, siendo la parcela de Tizimín la más rica en especies. Sin embargo, la diversidad entre sitios no fue estadísticamente diferente, de modo que la relación entre la riqueza y la abundancia entre sitios a lo largo del tiempo fue igual en todas las parcelas estudiadas. Se concluye que existe una riqueza y diversidad de afelínidos importante asociada al cultivo de chile habanero, la cual puede ser explorada con más detalle para fines de control biológico.

Palabras clave: parasitoides, diversidad, *Bemisia tabaci*, Aphelinidae, chile habanero

INTRODUCCIÓN

Una de las plagas más devastadoras que ocasiona pérdidas millonarias alrededor del mundo, es la mosquita blanca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) (Brown, 1994; Oliveira *et al.*, 2001). Debido a que en los trópicos y subtropicos del mundo, muchos de los cultivos más afectados por la mosquita blanca son hortalizas (De Barro *et al.*, 2011), es frecuente encontrar estudios en cultivos como melón, jitomate, chile, frijol, berenjena, entre otros. Aunque su importancia en cultivos de algodón y plantas ornamentales es evidente (Naranjo *et al.*, 2004).

Dada su importancia como plaga cosmopolita, se han llevado a cabo numerosos esfuerzos para controlarla, siendo el control químico el más ampliamente utilizado (Sharaf, 1986). Sin embargo, se han llevado a cabo numerosos esfuerzos para usar otras alternativas de control, como el control biológico (Gerling *et al.*, 2001). A partir de la década de los 90's, se ha hecho más frecuente encontrar estudios que involucren el control biológico para *B. tabaci* (Naranjo, 2001).

Por otro lado, el conocimiento de la fauna benéfica nativa de un sitio en particular, es de gran ayuda y aporta ventajas importantes cuando se decide implementar un programa de control biológico (Van Driesche *et al.*, 2007). La diversidad de parasitoides relacionados a *B. tabaci* ha sido ampliamente estudiada en varias partes del mundo, aunque es difícil hacer un estimado de la cantidad de especies usadas actualmente, pues aún existen deficiencias en el conocimiento de su taxonomía y biología (Gerling *et al.*, 2001; Liu *et al.*, 2015). Dentro de este grupo, la familia de parasitoides que más se ha estudiado y que actualmente se utiliza más frecuentemente por su importancia en el control de mosquitas blancas, es Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) (Myartseva *et al.*, 2014). Esta familia de avispas parasitoides es muy diversa, con 32 géneros y cerca de mil especies descritas, aunque básicamente los dos géneros más estudiados y utilizados para el control de *B. tabaci* son *Eretmocerus* y *Encarsia* (Gerling *et al.*, 2001; Begun *et al.*, 2011). En México, se ha documentado que existen 184 especies pertenecientes a 12 géneros. Los géneros más diversos son *Encarsia* (94 especies), *Coccophagus* (27 especies), *Eretmocerus* (21 especies) y *Aphytis* (20 especies) (Myartseva *et al.*, 2014).

La importancia de la diversidad de parasitoides en los sistemas agrícolas es evidente, ya que provee al agroecosistema de servicios ambientales que contribuyen al control natural de plagas. Al respecto, Macfayden *et al.* (2010) demostraron que existe una relación positiva entre la riqueza de especies parasitoides y la estabilidad

temporal en el parasitismo. Los autores concluyen, que esto podría llevar a un control de plagas más confiable a través del tiempo.

Con la finalidad de conocer la diversidad y abundancia de parasitoides asociados a *B. tabaci* y en un futuro considerar su uso como agentes de control, ya sea por conservación o realizando liberaciones, se planteó el objetivo de conocer y comparar la riqueza y diversidad de parasitoides de *B. tabaci* en cultivos de chile habanero localizados en distintos puntos de la Península de Yucatán. El cultivo de chile habanero es de gran importancia en la región, tanto por su valor económico, como cultural, además que la superficie sembrada se ha ido incrementando en los últimos años (Tun-Dzul, 2001; SIAP, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en cuatro parcelas experimentales de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) localizadas en: 1) Campo Experimental Mocochoá (Mocochoá, Yucatán) (Latitud 21° 06' 19.50" N, Longitud 89° 26' 26.10" W, Altitud 18 msnm), 2) Sitio Experimental Uxmal (Uxmal, Yucatán) (Latitud 20° 24' 33.70" N, Longitud 89° 44' 57.00" W, Altitud 36 msnm), 3) Sitio Experimental Tizimín (Tizimín, Yucatán) (Latitud 21° 09' 35.09" N, Longitud 87° 59' 42.40" O, Altitud 15 msnm), 4) Campo Cayal del Centro de Innovación Tecnológica de la Fundación Produce Campeche, A. C. (Cayal, Campeche) (Latitud 19° 45' 7.73" N, Longitud 90° 9' 51.53" W, Altitud 91 msnm). Los sitios donde se ubicaron las parcelas se eligieron respetando las siguientes características: acceso a riego, un área con arvenses alrededor, sin aplicaciones de herbicidas y plaguicidas en al menos 30 m a la redonda.

Se monitorearon dos ciclos de cultivo, el primer ciclo fue de julio a diciembre del 2013, y el segundo ciclo fue de abril a agosto del 2014. El manejo agronómico que se les dio a las parcelas fue sin el uso de insecticidas, y el control de malezas fue manual, el manejo nutricional fue vía fertirriego, recomendado por el INIFAP (Tun-Dzul, 2001). Se realizó fertilización de liberación lenta a razón de 20 g/planta cuando las precipitaciones pluviales fueron muy elevadas y en lapsos cortos, para evitar problemas de enfermedades por exceso de humedad al aplicar los nutrientes en el riego.

Para determinar la diversidad de parasitoides de mosca blanca (*Bemisia tabaci*), el muestreo consistió en coleccionar de 10 a 20 hojas (dependiendo de la abundancia de ninfas en las plantas de chile) con presencia de ninfas de mosca blanca de 10 o 20 plantas diferentes de chile habanero y colocarlas en frascos

plásticos de 1 lt. Las hojas en los frascos se transportaron en una hielera con geles refrigerantes para evitar su desecación. En el laboratorio cada hoja colectada fue revisada bajo el estereoscopio para contar el número de ninfas de mosca blanca por hoja. Posteriormente, cada hoja se colocó en una caja petri desechable con una base de papel filtro humedecido con agua destilada y benzoato de sodio al 2 % para evitar el crecimiento de hongos y mantener la hoja por más tiempo. Las cajas petri fueron revisadas diariamente en busca de moscas blancas o parasitoides emergidos por al menos dos semanas a partir de la colecta. Todos los insectos emergidos (moscas y parasitoides) se colocaron en tubos eppendorf con alcohol al 70 % y se mantuvieron en refrigeración a 4 °C hasta su identificación. Para la identificación se utilizaron las claves taxonómicas para la familia Aphelinidae de Myartseva *et al.* (2012) y para el género *Encarsia* de Myartseva y Evans (2007).

Para cada sitio y fecha de muestreo se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener para los parasitoides emergidos de ninfas de *B. tabaci*. Debido a la falta de normalidad en los datos, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para comparar la diversidad entre sitios, y posteriormente una corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples. Para comparar la riqueza específica entre sitios, se realizó un modelo lineal generalizado con distribución poisson y una comparación de medias por el método de Tukey. Todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico R (R Core Team, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total emergieron 751 parasitoides de ninfas de *B. tabaci*, pertenecientes a la familia Aphelinidae. El género más abundante fue *Encarsia*, con un total de 578 individuos (77%), divididos en 16 especies, mientras que se recuperaron 173 parasitoides del género *Eretmocerus* (23%), repartidos en dos especies. Las especies identificadas fueron: *Encarsia bimaculata*, *En. citrella*, *En. luteola*, *En. nigricephala*, *Eretmocerus emiratus* y *Er. eremicus*. Las 12 especies restantes sólo pudieron ser identificadas hasta género (*Encarsia*). La mayoría de estas especies fueron reportadas anteriormente en un estudio realizado en Florida, EUA y varios países del Caribe, Centro y Sud América (Schuster *et al.*, 1998). Asimismo, en un estudio realizado en África, en cultivos de mandioca, encontraron que las principales especies de parasitoides asociadas a *B. tabaci*, pertenecían a los géneros *Encarsia* y *Eretmocerus* (Guastella *et al.*, 2014).

Las especies más abundantes en el presente estudio, fueron *En. bimaculata*, con 414 individuos (55 %), y *Er. emiratus* con 146 individuos (19 %). Estas dos especies conforman el 74 % de todas las especies encontradas. *Encarsia bimaculata* fue más abundante durante los meses de mayo y junio, mientras que *Er. emiratus* en abril y mayo.

En general se puede observar que los parasitoides son más abundantes durante los meses más cálidos y secos (ciclo del 2014), mientras que disminuyen su abundancia conforme llega la temporada de lluvias en los meses de julio y agosto (Figura 1). Esto coincide con lo encontrado por Riley y Ciomperlik (1997), quienes observaron que las poblaciones de parasitoides presentan un patrón agregado en ciertas épocas del año, determinado por la disponibilidad y calidad de sus hospederos. Por otra parte, Bianchi *et al.* (2015) encontraron que el género *Encarsia* es el que coloniza primero en cultivos de algodón, y que la actividad de los parasitoides (parasitismo) está influenciada por factores abióticos, tales como la temperatura de rocío y la velocidad del viento.

Por otro lado, se observa que la especie *En. bimaculata* tiene un patrón de abundancia más estable, mientras que *Er. emiratus* se mantiene con muy bajos números la mayor parte del año (Figura 1). Además, se observa una disminución en *En. bimaculata*, cuando *Er. emiratus* es más abundante, denotando un recambio temporal en las especies que explotan el mismo recurso, como se ha observado en otros estudios (Tylianakis *et al.*, 2006).

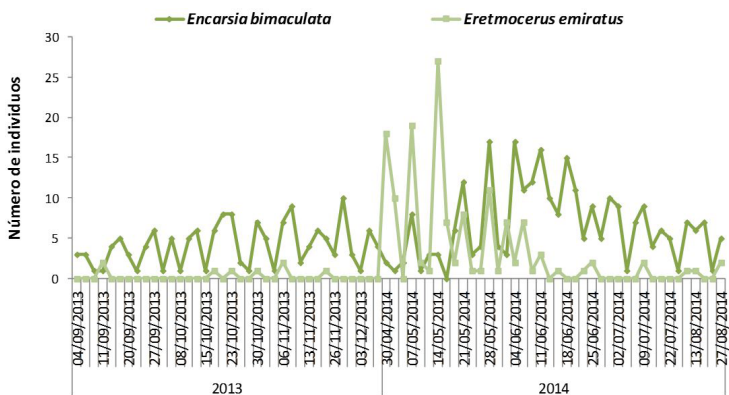


Figura 1. Abundancia de los parasitoides *Encarsia bimaculata* y *Eretmocerus emiratus* en ninfas de *B. tabaci* en cuatro parcelas experimentales de chile habanero en dos ciclos de cultivo.

La riqueza específica de parasitoides de *B. tabaci* encontrada para todos los sitios en conjunto fue de 18 especies de afelínidos. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en la riqueza específica entre sitios (GLM: $X^2_{(3,111)}=68.16$, $P=0.028$), siendo la parcela de Tizimín en donde se encontró la mayor riqueza, y Campeche la menor (Figura 2).

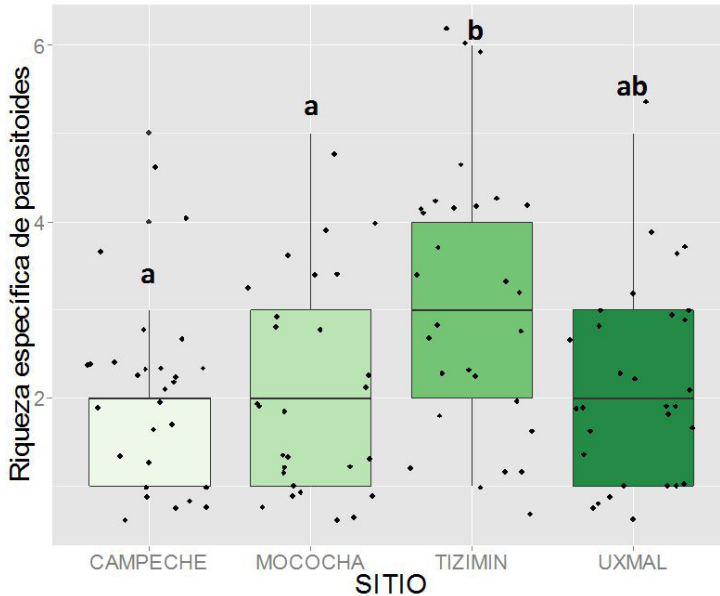


Figura 2. Comparación de la riqueza específica de parasitoides de *B. tabaci* en cuatro parcelas experimentales de chile habanero.

La comparación de los índices de Shannon para cada sitio fue evaluada. A pesar de que los resultados del Kruskal Wallis dieron significativos (KW: $X^2=15.08$, $GL=3$, $P=0.0017$), al efectuar la corrección de Bonferroni, resultó que ninguna diferencia entre sitios fue significativa (Figura 3). De este modo, se observa una diferencia entre el número de especies entre sitios, pero no entre la diversidad, en la que se considera la abundancia por especie. La variabilidad entre las diversidades entre un sitio y otro en el tiempo es tan elevada que no logra verse un efecto significativo.

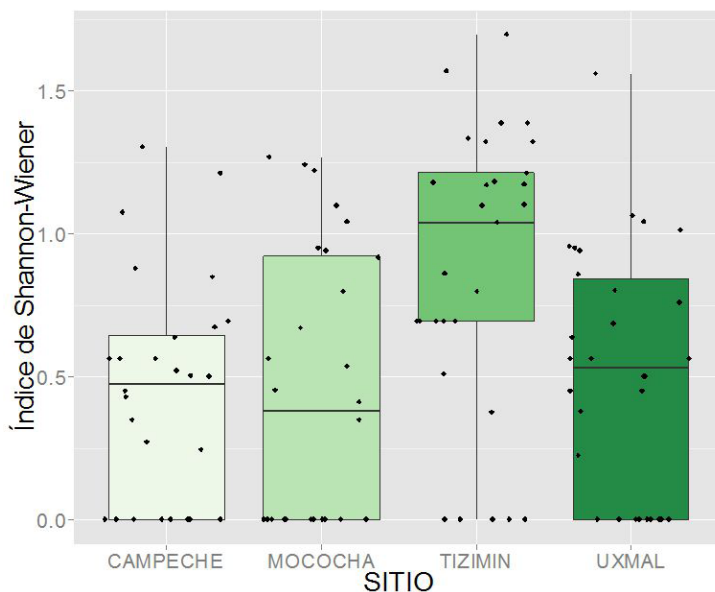


Figura 3. Comparación de los índices de diversidad de Shannon-Wiener para parasitoides de *B. tabaci* en cuatro parcelas experimentales de chile habanero.

CONCLUSIONES

Las especies más abundantes en ambos ciclos de cultivo y que se presentaron a lo largo de los muestreos fueron *En. bimaculata* y *Er. emiratus*, ambas especies reportadas en México.

La riqueza de parasitoides entre sitios fue diferente, siendo Tizimín la parcela con un mayor número de especies a través del tiempo. Sin embargo, la diversidad no fue diferente entre sitios, denotando que la forma en la que las especies abundan es similar en todos los sitios.

LITERATURA CITADA

- Begum, S., Anis, S.B., Farooqui, M.K., Rehmat, T. y Fatma, J. 2011. Aphelinid parasitoids (Hymenoptera; Aphelinidae) of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) from India. *Biology and Medicine*, 3:222-231.
- Bianchi, F.J.J.A., Walters, B.J., ten Hove, A.L.T., Cunningham, S.A., van der Werf, W., Douma, J.C. y Schellhorn, N.A. 2015. Early-season crop colonization by parasitoids is associated with native vegetation, but is spatially and temporally erratic. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 207: 10-16.
- Brown, J.K. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. *FAO Plant Protection Bulletin*, 42:3-32.
- De Barro, P.J., Liu, S.S., Boykin, L.M. y Dinsdale, A.B. 2011. *Bemisia tabaci*: A statement of species status. *Annual Review of Entomology*, 56:1-19.
- Gerling, D., Alomar, O. y Arnó, J. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Protection*, 20: 779-799.
- Guastella, D., Lulah, H., Tajebe, L.S., Cavalieri, V., Evans, G.A., Pedata, P.A., Rapisarda, C. y Legg, J.P. 2014. Survey on whiteflies and their parasitoids in cassava mosaic pandemic areas of Tanzania using morphological and molecular techniques. *Pest Management Science* (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/ps.3810.
- Liu, T.X., Stansly, P.A. y Gerling, D. 2015. Whitefly parasitoids: distribution, life history, bionomics, and utilization. *Annual Review of Entomology*, 60: 273-292.
- Myartseva, S.N. y Evans, G.A. 2007. Genus *Encarsia* Förster of México (Hymenoptera: Chalcidoidea: Aphelinidae), A revision, key and description of new species. *Serie Avispas parasíticas de plagas y otros insectos*. Departamento de Fomento Editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. 320 p.
- Myartseva, S.N., Ruíz-Cancino, E. y Coronado-Blanco, J.M. 2012. Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) de importancia agrícola en México, Revisión y claves. Departamento de Fomento Editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. 400 p.
- Myartseva, S.N., Ruiz-Cancino, E. y Coronado-Blanco, J.M. 2014. Biodiversidad de Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 379-384.
- Naranjo, S.E. 2001. Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 20:835-852.

-
- Naranjo, S.E., Cañas, L.A. y Ellsworth, P.C. 2004. Mortalidad de *Bemisia tabaci* en un sistema de cultivos múltiples. *Horticultura Internacional*, 43:14-21.
- Oliveira, M.R.V., Henneberry, T.J. y Anderson, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 20:709-723.
- R Core Team, 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Riley, D.G. y Ciomperlik, M.A. 1997. Regional population dynamics of whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and associated parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae). *Environmental Entomology*, 26: 1049-1055.
- Schuster, D.J., Evans, G.A., Bennett, F.D., Stansly, P.A., Jansson, R.K., Leibe, G.L. y Webb, S.E. 1998. A survey of parasitoids of *Bemisia* sp. Whiteflies in Florida, the Caribbean, and Central and South America. *International Journal of Pest Management*, 44: 255-260.
- Sharaf, N. 1986. Chemical control of *Bemisia tabaci*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 17:111-127.
- SIAP, (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Agricultura, Producción Anual. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>
- Tylianakis, J.M., Tschamntke, T. y Klein, A.M. 2006. Diversity, ecosystem function, and stability of parasitoid-host interactions across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 87: 3047-3057.
- Tun-Dzul, D.J.C. 2001. Chile habanero. Características y tecnología de producción. Folleto técnico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mocochoá, Yucatán, México. 74 p.
- van Driesche, R.G., Hoddle, M.S. y Center, T.D. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. U.S Department of Agriculture. USA. 751 p.

ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD DE TRIPS EN UN CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*)

TRIPS COMMUNITY ANALYSIS IN A WATERMELON CROP (*Citrullus lanatus*)

Chan UJE¹, Cicero JL^{2*}, Loeza KE² y Lomas BCT²

¹Instituto Tecnológico de Conkal. Antigua carretera Mérida-Motul Km 16.3 Conkal, Yucatán C.P. 97345. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá, Km 25 antigua carretera Mérida-Motul, Yucatán.

Autor para correspondencia: cicero.lizette@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Los trips fitófagos son insectos perjudiciales para los cultivos, ya que se convierten en plaga de importancia económica en un corto periodo de tiempo. Además, es un grupo de organismos que ataca una gran variedad de plantas, entre ellas, la sandía. El propósito de este trabajo fue analizar y conocer mediante la identificación morfológica y molecular, la conformación de la comunidad de Thysanoptera en un cultivo de sandía. El estudio se llevó a cabo durante un ciclo de cultivo, que se estableció en el Campo Experimental Mocochoá del INIFAP. Las condiciones ambientales también fueron analizadas, puesto que se sabe que la temperatura y la precipitación son factores que pueden ser determinantes en el desarrollo de las poblaciones de estos insectos. De los trips colectados con trampas azules, se identificaron 11 morfotipos pertenecientes a tres familias, nueve identificados hasta género. El género más abundante en todo el ciclo fue *Frankliniella*. Mediante los muestreos semanales se observó que las poblaciones de trips fueron altas durante el establecimiento de la planta y en la fase de emisión de guías, con registros de más de 5,000 adultos. No se encontraron correlaciones significativas entre el número de individuos y ninguna de las variables ambientales medidas. Asimismo, se reportan valores de diversidad bajos, debido principalmente a la dominancia del género *Frankliniella* y a la baja abundancia de los otros morfotipos encontrados.

Palabras clave: Trips, comunidad, *Citrullus lanatus*, *Frankliniella*.

INTRODUCCIÓN

Los trips son insectos que miden entre 0.8 y 3 mm, los cuales, en zonas frías pueden alcanzar hasta 12 mm. Se tiene registro de 6000 especies descritas (Mound y Marullo, 1996), 550 de las cuales son consideradas plaga (Goldarazena, 2012). El interés en el estudio de estos insectos es principalmente por ser un grupo de especies fitófagos con un amplio rango de especies de plantas hospederas. Y, debido a que muchas de estas plantas son de importancia económica, muchas especies de trips que no se consideraban plaga, ahora ya están siendo consideradas como perjudiciales (González y Suris, 2010).

En México no existen muchos estudios que aborden el tema de la diversidad de trips. Sin embargo, en un estudio se ha reportado 608 especies de trips, dos estados con un gran número de especies son Veracruz (192 especies en 68 géneros) y el Valle de México (97 especies en 35 géneros) (Johansen-Naime y Mojica-Guzmán, 2011).

Dentro de las especies de trips de importancia, se encuentra *Thrips palmi* Karny es una especie polífaga originaria de Asia, de importancia cuarentenaria en nuestro país, ya que es transmisora de virus en cucurbitáceas y solanáceas. Esta especie ocasiona pérdidas económicas importantes en la horticultura del país. En México se detectó por primera vez en sandía (*Citrullus lanatus*) en marzo de 2004, en el estado de Campeche (Cannon *et al.*, 2007b). Las medidas de vigilancia y toma de muestras se pusieron en marcha en un intento por delimitar su presencia en la región (Cannon *et al.*, 2007a). Se establecieron medidas de control cultural, físico y biológico para confinar y erradicar a *T. palmi* en México (DGSV, 2012). Como resultado de la vigilancia y toma de muestras, en abril del mismo año se detectó en tres localidades del Estado de Yucatán. Durante el ciclo de producción anterior, esta plaga afectó 290 hectáreas en la Península de Yucatán (250 en Campeche, 30 en Quintana Roo y 10 en Yucatán) en cultivos de sandía, jitomate y melón (SAGARPA/ SENASICA/DGSV/ Dirección de Protección Fitosanitaria, 2012).

Debido a la elevada incidencia de trips en diversos cultivos, es importante realizar estudios para conocer la estructura y el comportamiento de las comunidades de estos insectos, con la finalidad de identificar las especies y su función dentro de los mismos. Ya que algunas especies podrían aumentar sus poblaciones en ciertas circunstancias, pudiendo convertirse en plagas.

Una comunidad es un grupo de organismos de diferentes especies que comparten un lugar y tiempo determinado (Odum, 1997), y por estudios sobre

comunidades se sabe que es preciso caracterizar las interacciones entre los componentes de la comunidad, ya que esta se refiere esencialmente a las relaciones tróficas que se establecen entre las especies (Alonso *et al.*, 2011). Con base en esa funcionalidad, en el caso de los Thysanopteros del suborden Terebrantia, encontramos fitófagos, como algunas especies de Thripídeos (importantes por ser plagas), depredadores, como los Aelothripídeos, aunque en esta familia también hay especies que se alimentan del polen de las plantas, y por último los Merothripídeos que se alimentan de hongos (Goldarazena, 2012; Soto-Rodríguez, 2011). Dentro del suborden Tubulifera, de la familia Phloeothripidae la mayoría de las especies se alimentan de esporas; algunas son depredadoras de insectos pequeños y ácaros; y unas cuantas son fitófagos, de las cuales algunas de estas pueden tener importancia económica (Soto-Rodríguez, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

La parcela se estableció dentro del Campo Experimental Mocochá en las instalaciones del INIFAP. Se preparó el terreno para la parcela, cavando pocetas de 20 cm de profundidad, la distancia entre plantas fue de 1 m y la distancia entre hileras fue de 3 m. Por poceta se colocaron de 2 a 3 plántulas de Sandía. Se colocó el sistema de riego y por último las 5 trampas azules pegajosas (Koppert) dispuestas en cinco de oros (una en cada esquina y la última en el centro de la parcela).

Para obtener los datos del microclima, en el centro de la parcela se colocó un datalogger (HOBO) para medir las variables climáticas de temperatura (media, máxima y mínima) y humedad relativa, además para obtener los datos de precipitación, se utilizaron los registros diarios de la estación meteorológica que se encuentra en Mocochá, dentro del área de INIFAP.

Se realizaron muestreos semanales, cambiando las trampas azules y colectando material directamente y material vegetal (hojas y flores de sandía). Los trips encontrados en las colectas directas y en la revisión del material vegetal fueron almacenados en tubos eppendorf de 1.5 ml con alcohol al 70 % para su posterior identificación. Mientras que los trips colectados con las trampas, se contabilizaron bajo un microscopio estereoscópico. Para el conteo, se seleccionó un cuadro al azar de cada trampa (1 cuadro de 5x5 cm por trampa), del cual se colectaron todos los trips, despegándolos con hexano. Los individuos recuperados se almacenaron en tubos de 1.5 ml con alcohol al 70 %, para identificarlos. Finalmente, fueron

montados en un portaobjetos para ser observados bajo el microscopio óptico en donde se identificaron según sus características morfológicas. Las claves utilizadas fueron las de Soto y Retana (2003) y de Mound *et al.* (1993).

Para la identificación molecular, se utilizaron 98 muestras de individuos colectados directamente de hojas y flores. Los extractos, resultado de la extracción y purificación de ADN se almacenaron a -20°C . Posteriormente, las muestras fueron sometidas a electroforesis en gel de agarosa al 1 %, a 95 voltios durante 40 min. Se utilizó como control negativo agua grado PCR. Las muestras que resultaron positivas al COI fueron enviadas y analizadas en Macrogen Inc. Seoul, Corea. Estas secuencias fueron editadas con ayuda del software BioEdit® v7.1.3.0, para eliminar fragmentos incompletos. Una vez que las secuencias fueron procesadas se identificaron mediante la comparación en BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) con secuencias de trips presentes en su base de datos.

Para el análisis de los datos se realizaron correlaciones entre las variables ambientales con el número de individuos totales y por morfotipo (género). Para los índices de diversidad se utilizaron los índices de Shannon y Simpson. También se analizó el número de individuos encontrados en cada una de las etapas del cultivo, por medio de regresión simple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron un total de 14 muestreos con trampas azules, de los cuales se contabilizaron 23,574 individuos. Se encontró que la mayor cantidad de trips fue reportada en la fecha del 30 de noviembre 2012 con 5,039 individuos, y la menor el 08 de febrero 2013 con 245 individuos. El periodo con la mayor cantidad de individuos fue durante la fase de emisión de guías, o crecimiento vegetativo (temperatura promedio de 21°C), lo cual coincide con trabajos previos (Valenzuela-García *et al.*, 2010; Urías-López *et al.*, 2007) en cultivos de aguacate y calabaza.

A pesar de que la temperatura es un factor de gran influencia, comprobado en experimentos de laboratorio con poblaciones de trips, los resultados de la correlación en el presente estudio, no fueron significativos (Tmedia: $r=-0.29$, $P=0.3053$; Tmax: $r=-0.24$, $P=0.4013$; Tmin: $r=-0.41$, $P=0.1447$). De este modo, podríamos pensar que en zonas con clima tropical, la temperatura no es un factor determinante. Este resultado también lo observó Valenzuela-García *et al.* (2010) en uno de sus trabajos.

Además de la temperatura, la precipitación es otro factor que puede influir en el tamaño de las poblaciones y estructura de las comunidades, ya que como podemos ver en la figura 1, en la fecha donde se registró una precipitación importante, el número de trips fue disminuyendo. Sin embargo, aunque la correlación de la precipitación con el total de trips fue negativa, no fue estadísticamente significativa ($r=-0.036$, $P= 0.9017$). Estos resultados son similares a lo encontrado por Castañeda-González (2010), quienes reportan correlaciones negativas con las precipitaciones, aunque con valores muy bajos.

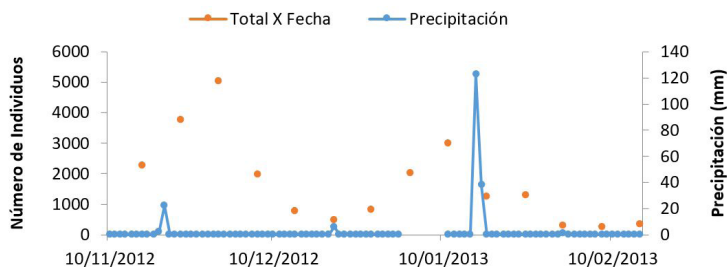


Figura 1: Precipitación pluvial promedio y total de individuos de trips por fecha de muestreo.

Por otra parte, la identificación morfológica de los trips colectados de los recuadros de las trampas dio como resultado 11 morfotipos identificados hasta género, esto con base en las claves taxonómicas de Mound *et al.* (1993) y de Soto y Retana (2003). Se identificaron trips pertenecientes a tres familias (Cuadro 1). Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Valenzuela-García *et al.* (2010) en cultivos de calabaza en Nayarit, México.

En la identificación morfológica el género dominante fue *Frankliniella* con un 93.96 %. De los trips identificados como *Frankliniella* el 93.8 % fueron hembras, registro un poco mayor al obtenido por Castañeda-González (2003) en aguacate. La mayor proporción de hembras en la población no es inesperada, debido a que estos insectos presentan una reproducción por partenogénesis (telitoquia). El registro más abundante de este género se obtuvo el 30 de noviembre con un total de 485 individuos. Si tomamos como referencia el ciclo de vida de *T. palmi*, encontramos que durante este muestreo se registró una temperatura máxima de 30.8°C, temperatura a la cual se sabe que el ciclo de huevo a adulto disminuye de 12 días a 20°C, a 7 días a 30°C (Sánchez-Arroyo y Morales-Vidal, 2012).

Cuadro 1
Lista de los géneros de trips y sus familias identificadas morfológicamente

Familia	Género
1 Thripidae	<i>Thrips</i>
2 Thripidae	<i>Scirtidothrips</i>
3 Thripidae	<i>Chaetisothrips</i>
4 Thripidae	<i>Hercinothrips</i>
5 Phlaeothripidae	No identificado
6 Thripidae	<i>Frankliniella</i>
7 No identificado	No identificado
8 Thripidae	<i>Neohydatothrips</i>
9 Aelothripidae	No identificado
10 Thripidae	<i>Chirothrips</i>
11 Phlaeothripidae	No identificado

Durante el desarrollo del cultivo, los registros más altos de trips se dieron durante las etapas de emisión de guías (crecimiento vegetativo) y fructificación, lo cual coincide parcialmente con la mayoría de los trabajos, como en lo reportado por Valenzuela-García *et al.* (2010) y Urías-López *et al.* (2007), quienes mencionan que las etapas del cultivo donde se registran más trips adultos son en la etapa de floración y durante el crecimiento vegetativo.

Por otra parte, analizando las abundancias de individuos por género, encontramos que el índice de diversidad de Simpson fue de 0.1161 y el de dominancia de 0.8838, en donde podemos ver que nuestra diversidad es muy baja y que una especie (género *Frankliniella* en nuestro caso) esta dominando sobre las demás. Asimismo, el índice de diversidad de Shannon fue de 0.3265, indicando una baja diversidad y homogeneidad entre los géneros identificados.

CONCLUSIONES

- La comunidad de trips asociada al cultivo de sandía estuvo conformada por al menos 11 géneros diferentes, sin embargo, siempre fue dominada por el género *Frankliniella*. La mayor cantidad de individuos muestreados fue durante el mes de noviembre, que correspondió al crecimiento vegetativo del cultivo.

- Las condiciones climáticas, así como la disponibilidad de alimento, afectan el tamaño y diversidad de las comunidades. Sin embargo, en el presente estudio no se logró encontrar una relación significativa con el número de trips encontrados y las variables ambientales medidas.
- La diversidad de géneros en el cultivo de sandía en general fue baja, esto debido a la mayor presencia de géneros representados por pocos individuos, y a la evidente dominancia de uno solo.

LITERATURA CITADA

- Alonso, O., Lezcano, J.C. y Suris, M. 2011. Composición trófica de la comunidad insectil en dos agroecosistemas ganaderos con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Panicum maximum* Jacq. Pastos y Forrajes, 34:433-444.
- Cannon, R.J.C., Matthews, L., Collins, D.W., Agallou, E., Bartlett, P.W., Walters, K.F.A., Macleod, A., Slawsonb, D.D., Gaunt, A. 2007a. Eradication of an invasive alien pest, *Thrips palmi*. Crop Protection, 26:1303–1314.
- Cannon, R.J.C., Matthews, L. y Collins, D.W. 2007b. A review of the pest status and control options for *Thrips palmi*. Crop Protection, 26:1089-1098.
- Castañeda-González, E.L., González-Hernández, H., Johansen-Naime, R.M., Ochoa-Martínez, D.L., Bravo-Mojica, H. y Solís-Aguilar, J.F. 2003. Trips en diferentes cultivares de aguacate y en maleza asociada al CV. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. Proceedings V World Avocado Congress 477-480.
- Castañeda-González, E.L., Johansen-Naime, R.M., Hernández-Vásquez, F.L. y Aparicio-Parra, E. 2010. Fluctuación poblacional y especies de Trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México. Proceedings of the World Avocado Congress.
- DGSV, 2012. Ficha Técnica del Trips oriental (*Thrips palmi* Karny). Elaborada con apoyo del CONACOFI y el CNRF. SE-NASICA, SAGARPA, México, D.F. Pp. 36.
- Goldarazena, A. 2012. Contribución al conocimiento de la Fauna del Orden Thysanoptera (Clase Insecta, Orden Thysanoptera) en Euskal Herria, Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. (18 diciembre 2012, 10:08am) http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informe_estudio/thysanoptera/es_doc/adjuntos/thrips.pdf

-
- González, C. y Suris, M. 2010. Comportamiento de poblaciones de trips sobre tres especies de aliáceas en dos sistemas de cultivos en la provincia la habana. *Revista de Protección Vegetal* 25: 98-102.
- Johansen-Naime, R.M. y Mojica-Guzmán, A. 2011. Diversidad de Trips en México. *Métodos en Ecología y Sistemática*, 6:5-14.
- Mound, L.A., Retana, A.P. y du Heaume, G. 1993. Claves ilustradas para las familias y los géneros de Terebrantia (Insecta: Thysanoptera) de Costa Rica y Panamá. *Revista de Biología Tropical*, 41: 709-727.
- Mound, L.A. y Marullo, R. 1996. The Thrips of Central and South America: an introduction (Insecta: Thysanoptera). *Mem. Entomol.* 1-488 pp.
- Logarzo, G.A., Zamar, M.I., Richman, D., Bruzzone, O. 2012. Structure and composition of a thrips community in the Chihuahua Desert, New Mexico, U.S. *Florida Entomologist* 95(1):35-42.
- Odum, E.P. 1997. *Ecología*. Interamericana, Tercera edición, México D.F.
- Sánchez-Arroyo, H. y Morales-Vidal, S. 2012. Ficha técnica Trips oriental *Thrips palmi* Karni. SENASICA.
- Soto-Rodríguez, G.A. 2011. Diversidad de Trips (Thysanoptera) en Costa Rica. *Métodos en Ecología y Sistemática*, 6:34-43.
- Soto, G.A. y Retana, A.P. 2003. Clave ilustrada para los géneros de Thysanoptera y especies de *Frankliniella* presentes en cuatro zonas hortícolas en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27: 55-68.
- Urías-López, M.A., Salazar-García, S. y Johansen-Naime, R. 2007. Identificación y fluctuación poblacional de especies de trips (thysanoptera) en aguacate 'hass' en Nayarit, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1): 49-54.
- Valenzuela-García, R.D, Cambero-Campos, O.J, Carvajal-Cazola, C.R, Robles-Bermúdez, A., Retana-Salazar, A. 2010. Fluctuación poblacional y especies de thrips (Thysanoptera) asociados a calabaza en Nayarit, México. *Agronomía Mesoamericana* 21(2):333-336.
- Acciones realizadas en la campaña contra el trips oriental en México. SAGARPA/ SENASICA/DGSV/ Dirección de Protección Fitosanitaria. Subdirección de Campañas. 20-09-2012, 9:40am.

DENSIDAD DE POBLACIÓN Y FECHAS ÓPTIMAS DE SIEMBRA EN CULTIVOS COMERCIALES DE SOYA DE TEMPORAL EN CAMPECHE, MÉXICO

POPULATION DENSITY AND OPTIMAL PLANTING DATES IN COMMERCIAL SOYBEANS TEMPORARY IN CAMPECHE, MEXICO

Hernández PM*¹, Tapia MC², Soto RJM¹, Orona CF¹

¹CE Edzná-CIRSE-INIFAP. ²Aseguradora COACAMEX. Hopolchén, Campeche.
hernandez.mirna@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El cultivo de soya bajo temporal en el estado de Campeche, ha mostrado una tendencia de crecimiento en los últimos años, tan solo en el ciclo agrícola P-V, 2014, se sembraron alrededor de 30,000 ha; motivado por subsidios gubernamentales, precio del grano por tonelada y experiencia comercial en este cultivo desde fines de la década de los 70's. La necesidad de clarificar algunos componentes, como fecha de siembra y densidad de población, motivaron un diagnóstico por parte de la empresa COACAMEX e INIFAP, con el principal el objetivo detectar la densidad óptima de población en el cultivo. Las fechas de siembra utilizadas son durante el mes de julio y la primera decena de agosto, en hileras separadas de 0.70 a 0.80 m. Las variables de respuesta evaluadas fueron: densidad de población a cosecha, número de vainas, peso de grano, humedad y rendimiento. Los resultados se analizaron por medio de correlaciones, entre las variables medidas y el rendimiento. Se encontró que el rango de plantas por hectárea a cosecha fluctuó de 75 a 200 mil plantas por hectárea y que a mayor densidad mayor rendimiento. Con respecto a la relación número de vainas por planta en función de la densidad de plantas a cosecha, se observó que el número de vainas por planta muestra un decremento lineal negativo para el rango de 70 a 130 mil plantas/ha, con valores de 90 a 170 vainas/planta, en los cuales el rendimiento está por debajo de 2.5 t ha⁻¹. A partir de 143 a 200 mil ptas/ha, el rendimiento presenta una tendencia positiva de incremento de 2.5 hasta 4.5 t ha⁻¹, con valores de 80 a 130 vainas/planta, que a pesar de ser menor compensa el rendimiento por hectárea, por una mayor densidad de plantas a cosecha, dejando abierta la posibilidad de que una mayor población de plantas mantenga la tendencia creciente en rendimiento de grano.

Palabras claves: soya, temporal, rendimiento, densidad y fechas óptimas.

INTRODUCCIÓN

La soya es la oleaginosa más cultivada a nivel mundial, debido a su alto contenido de aceites (20 %) y proteínas (40 %) contenidas en el grano (Maldonado *et al*, 2007). El aceite se utiliza para consumo humano y usos industriales. La harina se usa para la elaboración de alimento para consumo humano y para la formulación de alimentos balanceados utilizados en la producción de carne, leche y huevo. Procesada con el grano entero, contiene cantidades considerables de fibra, pequeñas porciones de grasa saturada, por su origen vegetal no contiene colesterol y provee la mayoría de los aminoácidos indispensables para el organismo. Además, contiene hierro, calcio y varias vitaminas.

A nivel mundial el cultivo de soya ha sido el de mayor crecimiento en superficie y producción; de acuerdo a la USDA, en el 2013, los principales países productores son Estados Unidos (89 millones de t.), Brasil (88 millones de t.) y Argentina (54 millones de t.). En México, la producción de soya es deficitaria, se ubica en el tercer lugar de países importadores, con 3.65 millones de t. de este grano, superado por China y Estados Unidos, los cuales importan, 69 y 12.3 millones de t., respectivamente. Los principales países exportadores son: Brasil (45 millones de t.), Estados Unidos (41.6 millones de t.) y Argentina (8 millones de t.). En nuestro país, durante 2013 las importaciones de soya sumaron \$2,067 millones de dólares y es el principal producto de importación del sector agropecuario, el cual es utilizado para satisfacer la demanda de la industria que abastece de aceite y proteína vegetal al mercado nacional. La producción nacional en el 2013 fue de 239,248.06 t, sembradas en alrededor de 160,000 has y concentrada en los estados de Tamaulipas (49 %), San Luis Potosí (16 %), Campeche (14 %) y Chiapas (12 %), con un rendimiento promedio de 1.52 t ha⁻¹ (SIAP; 2013).

Desde su introducción a la península de Yucatán, Campeche es el estado donde se ha cultivado en forma continua esta oleaginosa. En el 2014 se llegó a sembrar 30,000 ha. Los rendimientos comerciales anuales oscilan de 1.1 a 2.6 t ha⁻¹, sin embargo, con los nuevos componentes tecnológicos desarrollados para este grano, se pueden obtener rendimientos potenciales cercanos o ligeramente superiores a las 3.0 t ha⁻¹ (De la Fuente y Cárdenas 1983; Rivera y De la Fuente 1983; Soto *et al.*, 1990). Los municipios productores del estado de Campeche son cuatro:

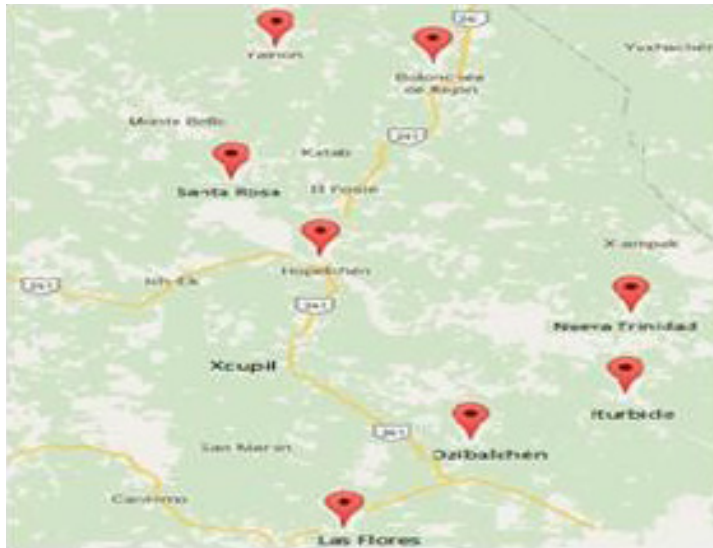
Campeche, Hopolchén, Champotón y Hecelchakán. La zona de mayor importancia por superficie es la del municipio de Hopolchén, con un aproximado de 11,000 ha sembradas durante el 2014, la de mayor importancia por producción es Campeche. Solo estos dos municipios, representan para el estado el 97.7 % de la producción de este grano. Toda la soya producida en Campeche o por lo menos el 90 % se realiza en condiciones de temporal, lo que evidentemente ocasiona incertidumbre al productor y las instituciones financieras que otorgan crédito para la actividad, una forma de minimizar el riesgo es a través de la contratación del seguro agrícola. Sin embargo, en el 2014 las condiciones ambientales no permitieron realizar las siembras dentro del periodo estipulado por las instancias aseguradoras, por lo que alrededor de 5,000 ha de soya en el estado de Campeche, no fueron aseguradas por dos motivos principalmente: la fecha de siembra y la densidad de población. En relación a la densidad de población, la mayoría de la superficie sembrada de soya en el estado de Campeche tiene una población de 15 ± 2 plantas por metro lineal, esta es una estrategia que el productor con base en su experiencia y observación defiende por las siguientes razones:

1. Al sembrar densidades mayores a 17 plantas por metro lineal, observan una planta con tallos más débiles y plantas con problemas de acame.
2. Se reduce el número de ramas y el número de vainas.
3. Al tener planta con acame se dificulta las labores de cultivo y existe mayores pérdidas al momento de la trilla.
4. El costo por semilla es más alto y el riesgo de pérdida de capital por exceso de sequía es mayor.
5. Los rendimientos que han obtenido con densidades de siembra de 18 a 20 plantas, son similares que los obtenidos con 13 a 16 plantas por ha.
6. Cuando se establecen densidades de 13 a 15 plantas por ha, producen las mismas t ha⁻¹ que con densidades mayores, pero a menor costo de producción.

Por tal motivo, el presente diagnóstico, tiene como principal objetivo detectar la densidad óptima de población en el cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. Se muestrearon 10 parcelas de soya de cuatro comunidades menonitas ubicadas en el municipio de Hopelchén, Campeche; cuatro en las Flores, dos en La nueva Trinidad, dos en Santa Rosa y dos en Yalnón (Mapa 1). El municipio de Hopelchén se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas: 19° 44' 39" norte y 89° 50' 40" oeste; de acuerdo al mapa general de México, dicho municipio tiene límites con los municipios de Hecelchakán y Tenabo al norte, Campeche al oeste y Champotón y Calakmul al sur.



Mapa 1. Ubicación de las comunidades menonitas.

Se evaluaron lotes comerciales, sembrados con las variedades Huasteca 200 y Huasteca 300. Las fechas de siembra fueron realizadas durante el mes de julio hasta la primera decena de agosto, las distancias entre surcos que manejan los productores es de 0.70 a 0.80 m. y las distancias entre plantas oscilan entre las 15 ± 2 plantas por metro lineal. Las variables de respuesta fueron: Densidad de población a cosecha, número de vainas, peso de grano, humedad y rendimiento. Los resultados se analizaron por medio de correlaciones, entre las variables medidas y el rendimiento. Durante el ciclo fenológico, que abarco desde junio a noviembre

de 2014, se registró información meteorológica de las estaciones ubicadas en el municipio de Hopelchén y en las comunidades aledañas: Bolonchén de Rejón, Iturbide y Dzibalchén (Mapa 1); lo anterior, debido a que en las comunidades menonitas no poseen estaciones climatológicas. Además, se buscó información de las precipitaciones ocurridas durante los últimos tres años, para hacer comparaciones y de esta forma dar una explicación al porque se está sembrando en fechas tardías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Información agrometeorológica. Se graficaron y analizaron los datos de los últimos tres años de las comunidades cercanas a las comunidades menonitas, donde observamos que en la estación meteorológica de Hopelchén (Cuadro 1), la cual está cerca de la comunidad Santa Rosa, el año que presentó la menor cantidad de lluvia fue el 2012 seguido del ciclo anterior (2014); sin embargo, la distribución en este ciclo del cultivo fue totalmente diferente ya que los meses de agosto y septiembre fueron los más lluviosos con muy pocas precipitaciones durante el mes de junio y julio (Gráfica 1). Esta tendencia se observa desde el 2013, ya que las mayores precipitaciones fueron en el mes de julio, en la última decena de septiembre y en la primera decena de octubre. En el 2012 el 40% de la precipitación se dio durante los meses de agosto a octubre, en el 2013 el 37% y en el 2014 el 65%.

Cuadro 1

Precipitación anual y acumulada en el ciclo del cultivo en la localidad de Hopelchén, Mpio de Hopelchén, Campeche. (2012-2014)

Año	Precipitación anual (mm)	Periodo jun-nov (mm)	Ciclo del cultivo (mm)
2012	792.7	497	304
2013	1030.8	903	388
2014	1019.8	778	664

Las precipitaciones durante el año 2013 para Hopelchén fueron muy intensas y provocaron pérdidas en el cultivo de soya y maíz, ya que no se pudo realizar la trilla en tiempo; todo lo contrario ocurrió durante el año 2012, ya que la distribución de la lluvia fue adecuada durante el ciclo del cultivo y al llegar a la madurez fisiológica, las condiciones climatológicas para el momento de la trilla fueron favorables para la actividad (menores precipitaciones).

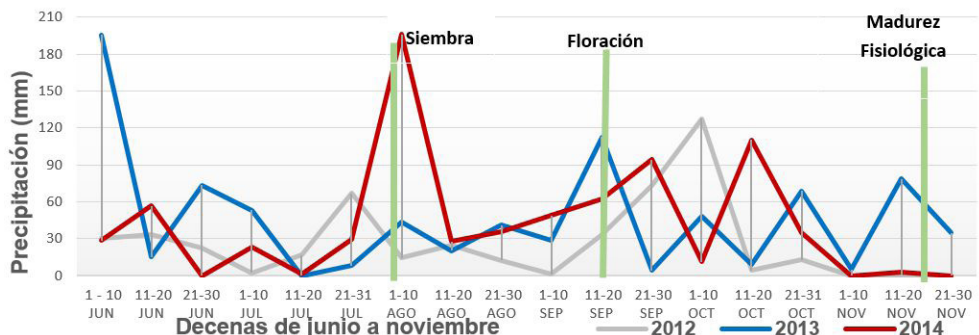


Figura 1. Precipitación acumulada en la localidad de Hopelchén, Mpio. De Hopelchén, Camp. (2012-2014)

En Bolonchén de Rejón (Cuadro 2), observamos que las precipitaciones durante el 2014 para el periodo de desarrollo del cultivo fueron menores que para Hopelchén; por lo que para comunidades como Yalnón, se esperan menores rendimientos; sin embargo, la tendencia continúa siendo igual, ya que las mayores precipitaciones se presentan durante los meses de agosto a octubre; en el 2012 el 34 % de las precipitaciones ocurrió en este periodo, en el 2013 el 38 % y en el 2014 el 46 %.

Cuadro 2

Precipitación anual, y distribución de la precipitación durante el ciclo del cultivo en Bolonchén de Rejón, Mpio. de Hopelchén, Campeche. (2012-2014)

Año	Precipitación anual (mm)	Periodo jun-nov (mm)	Desarrollo del cultivo (mm)
2012	1009	767	347.3
2013	1644.2	1432.3	622.3
2014	828.8	588	379.8

En Yalnón, las mejores fechas de siembra en el 2012 y 21013 se observaron en la última semana de Junio y la primera de Julio; sin embargo, para el 2014 las mejores precipitaciones se presentaron en agosto, esto fue observado por los productores ya que realizaron las siembras durante la primera quincena de agosto. Las condiciones meteorológicas durante el periodo de madurez fisiológica, también fueron adecuadas para realizar la trilla de manera oportuna (Figura 2).

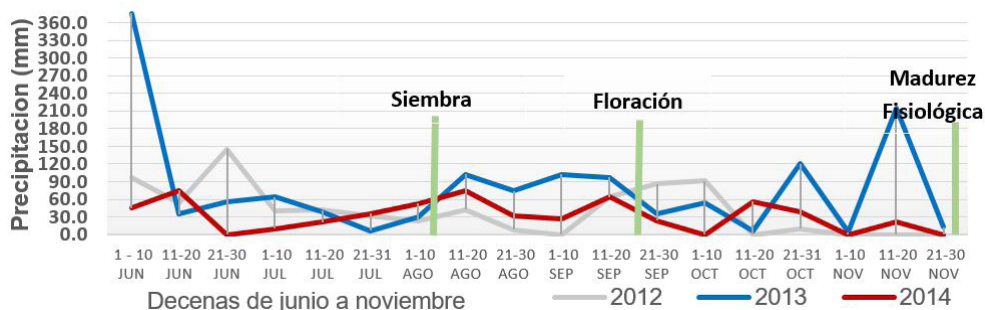


Figura 2. Precipitación acumulada en la comunidad de Bolonchén de Rejón, Mpio. De Hopelchén, Camp. (2012-2014)

En Iturbide (Cuadro 3), se presentaron precipitaciones similares a las anteriores, donde las mejores ocurren durante los meses de agosto a octubre. En el 2012 el 60 % ocurrió en este periodo, en el 2013 el 41 % y en el 2014 el 46 %. La comunidad menonita más cercana a Iturbide, es Nuevo progreso.

Cuadro 3

Precipitación anual, y distribución de la precipitación durante el ciclo del cultivo en Iturbide Municipio de Hopelchén, Camp. (2012-2014)

Año	Precipitación anual (mm)	Periodo jun-nov (mm)	Desarrollo del cultivo (mm)
2012	1,261.00	956	753.0
2013	2213.0	1655.0	908.00
2014	952.00	598.00	438.0

Las siembras del 2014 se realizaron en su mayoría en el mes de Julio. Siembras realizadas durante el periodo julio-agosto, presentaron problemas de germinación por baja calidad de la semilla. En siembras de la primera decena del mes de julio se obtuvieron producciones promedio de 1.6 ton por ha, con poblaciones de 14 plantas por metro, poco menos que las obtenidas en las demás comunidades con las mismas densidades de población en fechas más tardías; esto puede deberse a las condiciones de precipitación, ya que después del periodo de floración, se presentó una caída considerable en la cantidad de lluvias por un periodo de 15 a 20 días (Figura 3).

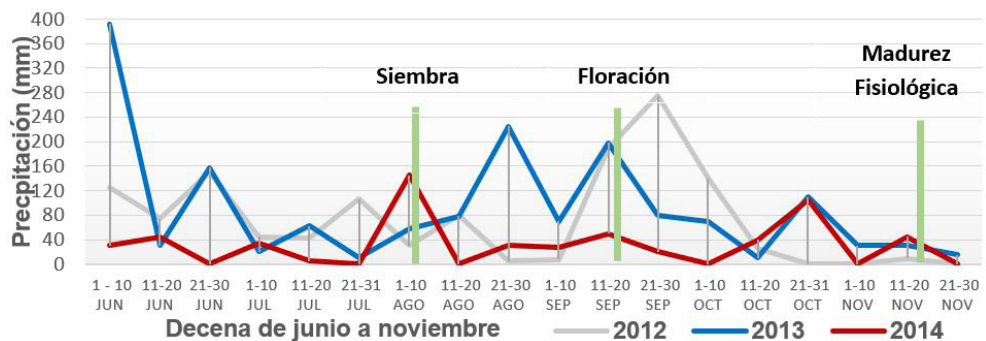


Figura 3. Precipitación acumulada en la comunidad de Iturbide Mpio. De Hopelchén, Camp. (2012-2014)

En la estación meteorológica de Dzibalchén (Cuadro 4), observamos que es la región en la cual se presentan las precipitaciones más altas durante los tres años analizados, donde nuevamente la tendencia de lluvias coinciden con las otras regiones: Las mayores precipitaciones se dan en los meses de agosto a octubre; en el año 2012 llovió el 35 %, durante el 2013 el 40 % y en el 2014 el 65 %.

Cuadro 4

Precipitación anual, y distribución de la precipitación durante el ciclo del cultivo en Dzibalchén, Campeche

Año	Precipitación anual (mm)	Periodo jun-nov (mm)	Desarrollo del cultivo (mm)
2012	1,737.2	1,456.7	616.0
2013	2,150.0	1,725.0	865.00
2014	1090.00	726.00	708.0

En la Figura 4, podemos observar que las precipitaciones fueron más altas durante los tres años analizados; por tal razón las decisiones del productor, durante los años 2012 y 2013, fue sembrar a finales del mes de julio y durante la primera decena del mes de agosto; sin embargo, durante el 2014 las precipitaciones se presentaron hasta el mes de agosto, que fue cuando se realizaron las siembras.

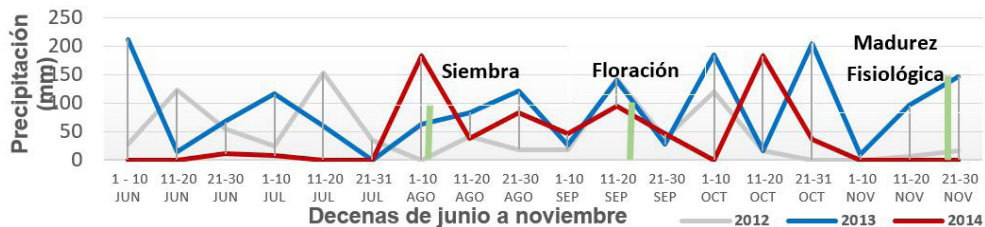


Figura 4. Precipitación acumulada en la comunidad Dzibalchen Mpio. De Hopelchén, Camp. (2012-2014)

Agrupando los datos de las estaciones meteorológicas 2014 (Figura 5), se observa claramente dos picos de precipitación, durante la primera decena de agosto y la segunda decena de noviembre; sin embargo, existen picos intermedios durante la segunda y tercera decena del mes de septiembre; esos picos de lluvia coinciden con el periodo de llenado de grano del cultivo de soya. La tendencia en la precipitación, por lo menos de estos tres años evaluados, indica que las lluvias en el estado de Campeche, se están retrasando a los meses de agosto a octubre. Esto ha ocasionado que el productor dada su experiencia y observación realicen las siembras durante los periodos de la segunda decena de Julio a la primera decena de agosto, e incluso a la mitad de la segunda decena de agosto.

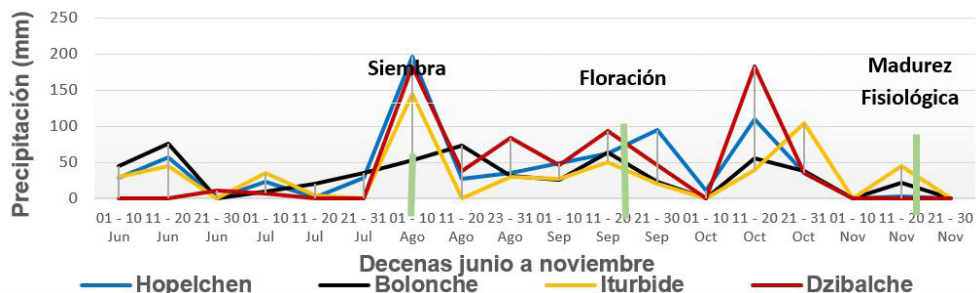


Figura 5. Agrupación de precipitaciones ocurridas durante el desarrollo del cultivo en las estaciones meteorológicas, 2014.

Correlación de variables. Al correlacionar la densidad con las precipitaciones, se observa que la productividad de las parcelas durante el 2014 fue más por efecto de la densidad de población que por la disponibilidad del agua (Figura 6), tal es el

caso de la comunidad de la Nueva Trinidad que fue una de las parcelas con menor densidad de población y la mayor precipitación presentada durante el desarrollo del cultivo (700 mm) solo se lograron 2.5 t. aproximadamente. La misma producción se obtuvo en las comunidades de Yalnón, con densidades mayores 107 mil plantas por ha, con mucho menos precipitación durante el desarrollo del cultivo (379 mm). La precipitación fue muy similar en todas las comunidades, a excepción de la comunidad de Bolonchén de Rejón, que fueron los datos tomados para las parcelas de Yalnón por ser la estación más cercana a estas parcelas; sin embargo, se muestra un incremento en el rendimiento igual al que se aumenta la densidad de población.

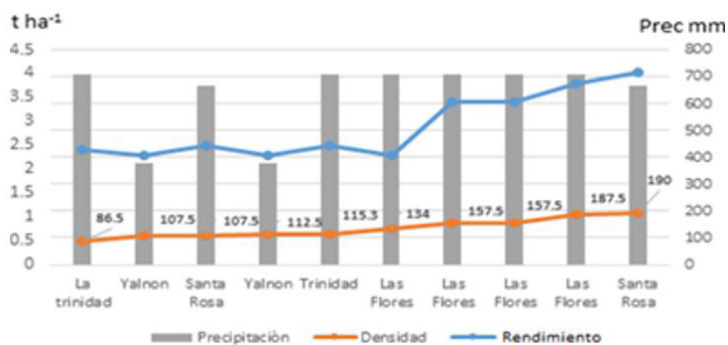


Figura 6. Efecto de la precipitación y densidad de población en el rendimiento de soja de temporal.

La relación existente entre la precipitación y la densidad de producción, tienen impactos diferentes siendo la variable independiente de mayor peso la densidad de población que más impacta en el rendimiento (Figura 7). Como puede observarse, precipitaciones de 700 mm con densidades de 86 a 134 mil plantas por ha, arrojan producciones de 2.2 ± 0.300 t/ha. La mayor densidad de población se observó en la comunidad de Santa Rosa 190 mil plantas por ha, y una precipitación de 660 mm, “promedio acumulado durante el desarrollo del cultivo” y una producción promedio de 4.2 ± 0.500 ton/ha. El coeficiente de correlación indica que la precipitación es una variable independiente que afecta la producción en un 43 % con un coeficiente de determinación de 18 % solamente, sin embargo la variable independiente densidad de población, presenta un coeficiente de correlación del 92 % en el rendimiento por ha, con un coeficiente de determinación de 95 %.

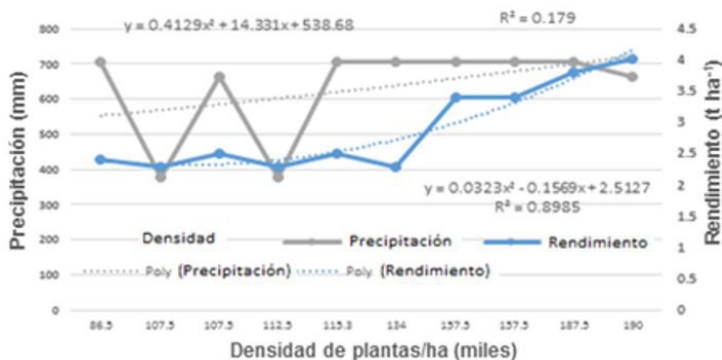


Figura 7. Efecto de la precipitación y densidad de población en el rendimiento del cultivo de soja de temporal.

El rendimiento está fuertemente correlacionado con la densidad de población, más que por el número de vainas por planta (Figura 8), a medida que se reduce la densidad de población, se incrementa el número de vainas por planta. El efecto es más marcado a partir de 143 mil plantas/ha, ya que el número de vainas por planta se mantienen entre 80 y 110, aun aumentando hasta 200 mil plantas por ha; ocurre lo contrario antes de 143 mil plantas ya que se incrementa el número de vainas por planta hasta 170, sin embargo el rendimiento por ha cae de 4.3 hasta 2.2 t ha⁻¹. Lo anterior se corrobora con el análisis de correlación, el cual señala 93 % de coeficiente de correlación (r) y un coeficiente de determinación (R²) del 95 %.

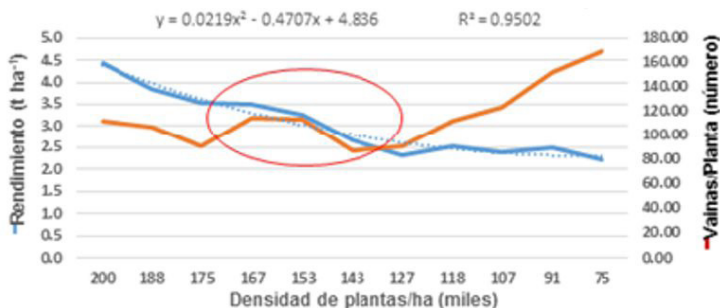


Figura 8. Efecto de la densidad de población y del número de vainas por planta sobre el rendimiento de soja.

En relación al rendimiento por ha, el efecto por densidad de población se observa a partir de 143 mil plantas, ya que el incremento es exponencial de 2.5 hasta 4.2 t ha⁻¹, de 143 a 200 mil plantas por ha. En la gráfica se puede observar una estabilidad en el número de vainas de 80 a 110 por planta en la densidad de población de 152 a 167 mil plantas por ha, ya que se mantiene el mismo número de vainas por planta, esto puede indicar un adecuado arreglo topológico para estas variedades H-200 y H-400, en estas condiciones, ya que aparentemente no hay competencia entre plantas y la productividad por planta se mantiene, además se incrementa la productividad por ha. Antes de estas densidades de población se observa una caída en la producción por ha y por planta, lo que puede indicar un mal uso de los recursos o pérdida de agua por evaporación al no cubrirse adecuadamente el área del suelo, por otra parte al incrementar la población a más de 175 mil plantas por ha, se observa una caída en el número de vainas por planta, pero se observa un incremento en el rendimiento por ha, lo que puede señalar una competencia entre plantas por agua y nutrientes pero se compensa la productividad por área al incrementarse la densidad de población.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- Las gráficas de precipitación de los últimos tres años de las estaciones meteorológicas de las comunidades de Bolonchén, Hopelchén, Xcupil, Iturbide y Dzibalchén, muestran que las mayores precipitaciones se presentan durante los meses de Julio a septiembre, por tal motivo las siembras de soya se han retardado de la segunda decena de julio a la primera decena de agosto.
- En densidades de población en el cultivo de soya, de 150 a 200 mil plantas por ha con precipitaciones promedio de 400 a 600 mm acumulados durante el desarrollo del cultivo, se pueden obtener rendimientos de 2.2 a 3.8 ± 0.300 t ha⁻¹ respectivamente.
- La productividad de la soya bajo las condiciones actuales de precipitación durante el ciclo PV-2014 se correlacionó más con la densidad de población (r= 92 %), que con el nivel de precipitación (r=48 %).
- El potencial de producción de soya en las comunidades menonitas de

Hopelchén y Campeche según los resultados obtenidos puede alcanzarse con densidades de población de 200 mil plantas en adelante, el presente trabajo no realizó el seguimiento técnico a parcelas con densidades mayores de 200 mil plantas, sin embargo las gráficas señalan una tendencia al incremento de la producción por ha.

LITERATURA CITADA

- 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.
- 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.
- 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.
- SIAP, 2013. SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual>. Fecha de consulta: 10 de junio de 2014.
- 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.

VALIDACIÓN DE LÍNEAS EXPERIMENTALES DE ARROZ DE GRANO LARGO DELGADO EN TABASCO

VALIDATION OF RICE EXPERIMENTALS LINES OF LARGE AND FIT GRAIN IN TABASCO

Jiménez C. J. A.*¹ y López L. R.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas.
jimenez.jose@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Con el objetivo de corroborar el comportamiento productivo de variedades y líneas experimentales de arroz en condiciones de temporal y contribuir a las acciones de transferencia de tecnología, durante los ciclos Otoño-Invierno/2013-2014 y Primavera-Verano 2014, se establecieron dos parcelas de validación de tecnología en los municipios de Huimanguillo y Cárdenas, Tabasco, siendo los componentes principales de estas parcelas las líneas experimentales FL04621-10P-3-3P-3P-M, FL05372-7P-3-2P-2P-M, FL04621-2P-1-3P-3P-M, FL04835-19P-9-3P-1P-M, FL05408-5P-7-2P-2P-M y FL5394-2P-9-1P-1P-M, las cuales han demostrado superioridad agronómica y productiva en los diferentes ensayos de rendimiento establecidos en años anteriores para las diferentes áreas productoras de arroz del estado de Tabasco y del país y como testigos las variedades Choca A-05, Chontalpa A-04 y El Silverio. Los resultados obtenidos en la primera parcela de validación, las líneas FL05372-7P-3-2P-2P-M, FL04621-2P-1-3P-3P-M, FL04621-10P-3-3P-3P-M, FL04835-19P-9-3P-1P-M y FL5394-2P-9-1P-1P-M, registraron rendimientos entre 7,768 y 6,186 kg/ha, observando superioridad productiva sobre los testigos Choca A-05, Chontalpa A-04 y “El Silverio”, las cuales registraron rendimientos entre 5,302 y 3,939 kg/ha. En la segunda parcela de validación, las líneas FL05372-7P-3-2P-2P-M, FL04835-19P-9-3P-1P-M, FL5394-2P-9-1P-1P-M y FL05408-5P-7-2P-2P-M, registraron rendimientos entre 6,250 y 4,610 kg/ha, superiores a la variedad Choca A-05, la cual registró un rendimiento de 4,442 kg/ha. Como actividades de transferencia de este proyecto, se realizaron dos eventos demostrativos, un curso de capacitación, un folleto técnico y se publicó un artículo técnico.

Palabras clave: Arroz, transferencia de tecnología, rendimiento de grano

INTRODUCCIÓN

En el estado de Tabasco se siembran anualmente alrededor de 9,000 ha de arroz, con rendimientos de 3 a 4 t/ha, lo cual no es competitivo y resulta ser bajo si se considera que el rendimiento potencial de este cultivo en la región supera las 8 t/ha. Para poder lograr lo anterior, es necesario identificar factores estratégicos como lo son la fecha de siembra, el control eficiente de malezas, el riego y las variedades para obtener altos rendimientos.

Para estar en posibilidades de contar con una nueva y mejor tecnología para la producción de arroz que permita ser competitiva, se requiere impulsar en forma simultánea los programas de mejoramiento genético y de sistemas de producción, tanto para riego como para temporal común y temporal con riegos de auxilio. El INIFAP ha generado tecnología para incrementar significativamente la productividad del cultivo del arroz en el estado de Tabasco, por lo que con la implementación de esta actividad se proponen algunas modificaciones al paquete tecnológico, entre las que destacan la utilización de nuevas variedades de arroz, aplicación de fertilizantes, control de malezas oportuno, tratamiento a la semilla y densidad de siembra, con lo cual se espera contribuir a incrementar el rendimiento del cultivo.

El proyecto contempló el establecimiento de dos parcelas de validación de tecnología, que tienen la finalidad de corroborar los resultados obtenidos en las etapas experimentales, determinar su efecto sobre el rendimiento de grano del cultivo del arroz y sobre todo, difundir en forma objetiva entre los productores, personal de asistencia técnica, directivos y empresarios, la tecnología de producción que se ha generado, convencidos de que las modificaciones propuestas al paquete tecnológico contribuyen significativamente a incrementar la productividad del cultivo del arroz en el estado de Tabasco.

El INIFAP ha liberado cuatro variedades de arroz adaptadas a las condiciones de temporal de Tabasco: Grijalva A-71, Macuspana A-75, Cárdenas A-80 (Márquez y colaboradores 1982) y Huimanguillo A-88 (Contreras y colaboradores 1989). También se ha generado información del comportamiento local de materiales liberados en otras zonas geográficas del país, entre los que destacan las variedades Campeche A-80, Milagro Filipino Depurado, Palizada A-86, Cotaxtla A-90 (Ayón y García, 1993), Loma bonita A-92 (García y colaboradores, 1992) y Temporalero A-95 (Rodríguez y colaboradores, 1996).

A partir del ciclo Primavera-Verano/2001 se establecieron en Tabasco, ensayos de campo y parcelas de validación de tecnología, con el objetivo de identificar genotipos de arroz de granos delgados, con alta productividad en campo e industria. El análisis de productividad de estas parcelas y ensayos experimentales, permitió identificar a la línea CT8349-5-61-31-21-11-M-1Cx-0Cx, entre los materiales promisorios, mismo que fue propuesto para su liberación y registro con el nombre de Choca A-05, variedad de arroz de temporal para la región central del Golfo de México (Jiménez y colaboradores 2012).

Con la puesta en marcha de diferentes proyectos de investigación en arroz, se han llevado a cabo diferentes ensayos con líneas experimentales provenientes del Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR), los cuales iniciaron con la introducción a México de los Viveros de Observación (VIOFLAR 2005 y 2006), identificándose una serie de líneas experimentales que han sobresalido por su productividad y buen comportamiento agronómico (Jiménez 2007; Jiménez 2008; Jiménez 2009; Jiménez 2010 y Jiménez 2011), que tienen como siguiente fase el establecimiento de parcelas de validación de tecnología, cuyos resultados se vierten en este trabajo, para el cual se han planteado los siguientes objetivos: a) Demostrar en forma objetiva la tecnología de producción del cultivo del arroz en el estado de Tabasco y promover su adopción; y b) corroborar la superioridad productiva, agronómica y fitosanitaria que han demostrado algunas líneas experimentales sobresalientes, sobre las variedades actualmente recomendadas y en uso por los productores de arroz de Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de área de estudio. El proyecto considera el establecimiento de dos parcelas de validación de tecnología, la primera de ellas se estableció durante el ciclo Otoño-Invierno/2013-2014, bajo condiciones de riego restringido en las instalaciones del Campo experimental Huimanguillo, la cual contempló como componente estratégico las Líneas Experimentales sobresalientes y las variedades de arroz. En esta localidad, la parcela se estableció sobre un Fluvisol eutrítico, de textura franco-arcillosa, neutro, con contenidos moderadamente altos de materia orgánica y calcio intercambiable, alto contenido de magnesio, contenidos medios de nitrógeno total y deficientes en fósforo y potasio. El clima en esta localidad es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), con una precipitación promedio anual de 2500 mm y temperatura promedio de 26.3°C.

La segunda parcela se estableció en el ciclo Primavera-Verano/2014, en el Poblado C-32 del municipio de Cárdenas, Tabasco, entre las coordenadas 17° 59' 47.1" Latitud Norte y 93° 31' 51.7" Longitud Oeste, en terrenos de la Asociación Agrícola Local de Productores de la Chontalpa, ubicado en el km 15.5 de la carretera Cárdenas-Coatzacoalcos, frente a la arrocera de la Unión de Ejidos del Plan Chontalpa, siendo el Sr. Genaro Torres Mena el presidente en turno. Esta parcela de validación se estableció sobre un 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. El clima en esta localidad es Am, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, una precipitación promedio anual de 2032 a 2500 mm y temperatura promedio de 26.3°C.

Manejo agronómico de la parcela de validación de líneas experimentales sobresalientes de arroz bajo riego. Las actividades de campo dieron inicio con el establecimiento de almácigos el 28 de enero de 2014, con las líneas experimentales FL04621-10P-3-3P-3P-M, FL05372-7P-3-2P-2P-M, FL04621-2P-1-3P-3P-M, FL04835-19P-9-3P-1P-M, FL05408-5P-7-2P-2P-M y FL5394-2P-9-1P-1P-M y como testigos las variedades Choca A-05, Chontalpa A-04 y El Silverio. La densidad de siembra fue equivalente a 40 kg de semilla/ha y la fecha de germinación ocurrió el 3 de febrero de 2014.

Las actividades de preparación del terreno iniciaron el 10 de febrero de 2014, con un barbecho a una profundidad de 30 cm, seguido de un primer paso de rastra el 23 de febrero de 2014 y el segundo paso de rastra se realizó el 23 de marzo de 2014.

El trasplante de las Líneas experimentales y las variedades testigo se realizó del 24 al 28 de marzo de 2014, con plantitas de más de 30 días de edad, en parcelas individuales de 110 m de largo por 9 m de ancho, con una separación entre surcos de 0.20 m y de 0.20 m entre plantas, trasplantando de una a dos plantitas por punto.

Se realizó una aplicación pre-emergente de Pendimetalina en dosis de 1600 g de i. a./ha, seguido de una aplicación post-emergente de Bispiribac-sodio y Bentazón, para el control de gramíneas, ciperáceas y malezas de hoja ancha. Se requirió de realizar deshierbes manuales durante las etapas de floración y llenado de grano, eliminando tanto malezas como plantas de arroz fuera de tipo.

Se realizaron tres aplicaciones de fertilizantes, la primera el 2 de abril de 2014, con la dosis 46-46-46, siendo la fuente de fertilizantes el triple 17. La segunda

fertilización se llevó a cabo el 16 de abril de 2014, con la dosis 60-00-60, siendo la urea y el cloruro de potasio las fuentes de fertilizantes.

Se realizó una aplicación complementaria de 60 kg/ha de nitrógeno el 12 de mayo de 2014, poco antes de la floración, siendo la urea la fuente de fertilizante que se utilizó, por lo que en total se aplicó al cultivo una dosis de 166-46-106 de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.

Durante este ciclo de cultivo se realizó un riego durante el trasplante y cinco riegos de auxilio, durante las fases de amacollamiento, iniciación panicular y llenado de grano, debido a la ausencia de lluvias durante los meses de marzo, abril y mayo.

Se realizó una aplicación de Malathión 100 g de i. a./ha para el control de chinche café durante las épocas de floración y llenado de grano y se contrató personal de campo para cuidar el lote del daño que ocasionan los pájaros.

La cosecha se realizó en forma manual a partir del 12 de julio de 2014, dependiendo de la madurez de cada una de las líneas experimentales y las variedades, así como también de las condiciones atmosféricas prevalecientes, ya que la presencia de lluvias impedía realizar las labores de cosecha. En cada Línea experimental, se realizaron cuatro muestreos de 1.0 m² cada uno, la semilla colectada de cada muestra y material se vació en costales previamente identificadas con el número de parcela correspondiente. La semilla de cada genotipo fue expuesta al sol por espacio de cuatro a seis horas durante tres o cuatro días, para después limpiar la semilla con el aire proporcionado por un ventilador, eliminando de esta manera paja e impurezas. Con una balanza se pesó el contenido de semilla de cada muestra y se tomaron 100 gramos de semilla para determinar el contenido de humedad de las mismas, valor que sirvió para corregir el rendimiento de grano al 14 % de humedad.

Manejo agronómico de la parcela de validación de líneas experimentales sobresalientes de arroz, bajo condiciones de temporal.

Las actividades de preparación del terreno de la segunda parcela de validación de tecnología iniciaron el 2 de julio de 2014, con labores de chapeo y barbecho a una profundidad de 30 cm, seguido de un primer paso de rastra el 8 de julio de 2014 y el segundo paso de rastra y la siembra el 14 de julio de 2014. La siembra se realizó en forma mecanizada con sembradora de 16 surcos, con una separación entre surcos de 20 cm y una densidad de siembra de 80 kg de semilla/ha. Se sembraron las líneas experimentales FL04621-10P-3-3P-3P-M, FL05372-7P-3-2P-2P-M, FL04621-2P-1-3P-3P-M, FL04835-19P-9-3P-1P-M, FL05408-5P-7-2P-2P-M y FL5394-2P-9-1P-

1P-M y como testigos las variedades Choca A-05, Chontalpa A-04 y El Silverio, en parcelas de 25 m de ancho por 132 m de largo. La semilla de estos materiales fue tratada con Semevín y Captán.

Se realizó una aplicación pre-emergente de herbicidas el 16 de julio de 2014, a base de Pendimetalina 1600 g i. a./ha en 300 litros de agua, el herbicida fue aplicado con aguilón acoplado a la toma de fuerza del tractor. En esta misma fecha se realizó el bordeado perimetral de la parcela de validación. El 23 de julio de 2012 se realizó el muestreo de germinación, contabilizándose entre 70 y 80 % de plantas germinadas. Se realizó una segunda aplicación parcial de herbicidas (en manchones) para el control de coquillo, malezas de hoja ancha y zacates, a base de Fenoxaprop-p-etil y Bentazón en dosis de 45 y 480 g de i. a./ha.

Se realizaron tres aplicaciones de fertilizantes, la primera el 19 de agosto de 2014, con la dosis 51-51-51, siendo la fuente de fertilizantes el 17-17-17. La segunda fertilización se llevó a cabo el 23 de septiembre de 2014, con la dosis 69-00-45, siendo la urea y el cloruro de potasio las fuentes de fertilizantes. Se llevó a cabo una aplicación complementaria de 30 kg/ha de nitrógeno el 15 de octubre de 2014, poco antes de la floración, siendo la urea la fuente de fertilizante que se utilizó, por lo que en total se aplicó al cultivo una dosis de 150-51-96 de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.

Se realizó una aplicación de Malathión 100 g de i. a./ha para el control de chinche café durante la época de llenado de grano y se contrató personal de campo para realizar deshierbes manuales y para la eliminación de plantas fuera de tipo en cada línea experimental.

La estimación de cosecha se realizó en forma manual el 10 de noviembre de 2014, realizando cuatro muestreos de 1.0 m² cada uno, en cada Línea experimental o variedad. La semilla colectada de cada muestra y material se vació en costales previamente identificados con el número de parcela correspondiente. La semilla de cada genotipo fue expuesta al sol por espacio de seis horas durante dos días, para después limpiar la semilla con el aire proporcionado por un ventilador, eliminando de esta manera paja e impurezas. Con una balanza se pesó el contenido de semilla de cada muestra y se tomaron 100 gramos de semilla para determinar el contenido de humedad de las mismas, valor que sirvió para corregir el rendimiento de grano al 14 % de humedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de grano de las parcelas de validación de líneas experimentales sobresalientes de arroz. En el Cuadro 1, se presentan los resultados que se obtuvieron en las dos parcelas de validación de tecnología. En los resultados obtenidos en la parcela de validación que se estableció bajo condiciones de riego restringido durante el ciclo Otoño-Invierno/2013-2014, se observa superioridad productiva de las seis líneas experimentales validadas, destacando los rendimientos de grano de las líneas FL05372-7P-3-2P-2P-M, FL04621-2P-1-3P-3P-M y FL04621-10P-3-3P-3P-M, para los cuales se estimó una productividad de 7,768, 7,243 y 6,628 kg ha⁻¹, los cuales superan entre 46 y 25 % el rendimiento de grano de la variedad testigo Choca A-05, quien registró una producción de grano de 5,302 kg ha⁻¹.

En condiciones de temporal, destaca nuevamente la línea experimental FL05372-7P-3-2P-2P-M, con un rendimiento estimado de 6,250 kg ha⁻¹, seguido de las líneas FL04835-19P-9-3P-3P-M y FL05394-2P-9-1P-1P-M, quienes registraron rendimientos de 4,866 y 4,773 kg ha⁻¹, superando entre 41 y 7 % la productividad de la mejor variedad testigo Choca A-05, la cual registro un rendimiento de 4,442 kg ha⁻¹ bajo estas condiciones de humedad.

Los rendimientos promedio de los materiales validados en estos dos ciclos de producción, observan superioridad productiva de cinco líneas experimentales, sin embargo, destaca la productividad de la línea experimental FL05372-7P-3-2P-2P-M, con un rendimiento estimado de 7,009 kg ha⁻¹, seguido de las líneas FL04621-2P-1-3P-3P-M y FL04835-19P-9-3P-3P-M, quienes registraron rendimientos de 5,806 y 5,526 kg ha⁻¹, superando entre 58 y 24% la productividad de la mejor variedad testigo Choca A-05, la cual registró un rendimiento promedio en los dos ciclos de 4,872 kg/ha.

Cuadro 1

Rendimiento de grano de líneas sobresalientes de arroz de grano delgado en parcelas de validación establecidas durante los ciclos Otoño-invierno/2013-2014 y Primavera-Verano/2014, en Tabasco

Tratamiento	Rendimiento de grano (kg/ha)		
	Riego	Temporal	Promedio
FL05372-7P-3-2P-2P-M	7,768	6,250	7,009
FL04621-2P-1-3P-3P-M	7,243	4,370	5,806
FL04835-19P-9-3P-1P-M	6,186	4,866	5,526
FL04621-10P-3-3P-3P-M	6,628	4,375	5,501
FL5394-2P-9-1P-1P-M	6,186	4,773	5,479
Choca A-05	5,302	4,442	4,872
FL05408-5P-7-2P-2P-M	4,860	4,610	4,735
El Silverio	3,977	3,678	3,827
Chontalpa A-04	3,939	3,639	3,789

Los resultados anteriores, permiten concluir que las líneas FL05372-7P-3-2P-2P-M y FL04621-2P-1-3P-3P, han demostrado un buen comportamiento productivo en condiciones de riego y temporal, por lo que se sugieren sean tomadas en cuenta para su liberación como nuevas variedades de arroz, para el estado de Tabasco.

En cada una de estas parcelas de validación, se realizaron dos eventos demostrativos, el primero de ellos el día 11 de julio de 2014, con una asistencia total de 23 personas, de las cuales 18 fueron productores, 4 técnicos y 1 estudiante, quienes recibieron la información en las estaciones tecnológicas de cada línea experimental o variedad, con una duración aproximada de 20 minutos por estación. El segundo evento demostrativo se realizó el 12 de noviembre de 2014, con una asistencia total de 41 personas, de las cuales 37 fueron productores, 2 técnicos y 2 estudiantes, quienes recibieron la información en las estaciones tecnológicas de cada línea experimental o variedad, con una duración aproximada de 20 minutos por estación (Cuadro 2). En ambos eventos demostrativos, se les dio una reseña del proyecto, trayectoria productiva de los diferentes materiales validados y se presentaron los rendimientos estimados de cada una de las líneas experimentales y de las variedades testigo.

Cuadro 2

Número de asistentes a los eventos demostrativos y el curso de capacitación de arroz

Fecha	Número de asistentes			
	Productores	Técnicos	Estudiantes	Total
Evento demostrativo				
11-07-2014	18	4	1	23
12-11-2014	37	2	2	41
Curso de capacitación				
20-06-2014	36	11	2	49
Total	91	17	5	113

Se llevó a cabo el curso de capacitación “Tecnología disponible para producir arroz en Tabasco”, en la sala de juntas de las instalaciones de la arrocera de la Unión de Ejidos Colectivos del Plan Chontalpa, ubicada en el km 15.5 de la carretera Cárdenas- Coatzacoalcos, del Poblado C-32 del municipio de Cárdenas, Tabasco. De acuerdo con el programa del curso, se presentaron los siguientes temas: 1. Riego por melgas; 2. Malezas, daños y control; 3. Variedades y líneas experimentales de arroz; 4. Fechas de siembra y 5. Fertilización del arroz. Como material didáctico se entregaron a cada asistente un engargolado de 23 páginas, con el contenido de los cinco temas programados y ejemplares del folleto técnico no. 53. Control de malezas en el cultivo de arroz de temporal en Veracruz. A este curso asistieron 49 personas, de las cuales 36 fueron productores y 11 técnicos y 2 académicos/investigadores.

Como parte de los apoyos a la transferencia de tecnología de este proyecto se presentó la propuesta del folleto técnico “Guía para producir arroz en Tabasco”, y se publicó el artículo técnico “Comportamiento productivo de líneas experimentales de arroz de grano delgado en Tabasco” en las memorias del III Symposium Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical y XXVI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2014, realizado en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, el 5 y 6 de noviembre de 2014.

CONCLUSIONES

Los resultados de las parcelas de validación de tecnología, permiten concluir que las líneas FL05372-7P-3-2P-2P-M, FL04621-2P-1-3P-3P y FL04835-19P-9-3P-3P-M, han demostrado un buen comportamiento productivo en condiciones de riego

y temporal, llegando a superar entre 24 y 58 % el rendimiento de la variedad Choca A-05 utilizada como testigo, por lo que se sugieren sean tomadas en cuenta para su liberación como nuevas variedades de arroz, para el estado de Tabasco.

En el curso de capacitación se presentó en forma objetiva los principales componentes del paquete tecnológico para incrementar la productividad del cultivo del arroz en el estado de Tabasco, mismos que quedaron plasmados en las notas del curso que se repartieron a los asistentes. A este curso asistieron 49 personas, de las cuales 36 fueron productores y 11 técnicos y 2 académicos/investigadores.

Se realizaron dos eventos demostrativos de campo, al que asistieron un total de 64 personas, de las cuales, 55 fueron productores de arroz, 6 técnicos de campo y 3 estudiantes, con la finalidad de presentar en forma objetiva los resultados obtenidos en las parcelas de validación de variedades y líneas experimentales de arroz y promover su adopción.

Se elaboró el folleto técnico “Guía para producir arroz en Tabasco”, con la finalidad de proporcionar a los productores de arroz del estado de Tabasco, de material de consulta que le permitan orientar sus actividades, facilite la toma de decisiones y consecuentemente, incrementar la productividad del cultivo.

LITERATURA CONSULTADA

- Contreras L. A., E. A. Ayón R. y L. Tavitas F. 1989. Huimanguillo A-88 nueva variedad de arroz para Tabasco. Folleto técnico núm. 6. INIFAP-CIFAPTAB. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco, México. 18 p.
- Contreras L. A., F. Márquez C. y L. Hernández A. 1990. Guía para cultivar arroz en Tabasco. Folleto técnico núm. 4. INIFAP-CIFAPTAB. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco, México. 16 p.
- Flores S., A. 1991. La producción de arroz en Tabasco. Reporte de investigación no. 04. CIESTAN-UACH. Chapingo, México. p: 15-60
- Hernández A. L. y L. Tavitas F., 2005. Plan nacional de investigación y apoyo a la transferencia de tecnología sobre el cultivo de arroz. Publicación especial No. 42. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos. 66 p.
- Jiménez C., J. A. 2007. Viveros de Observación del Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego 2005 y 2006. Informe 2006 del proyecto “Obtención de variedades de arroz de riego con grano largo delgado para el trópico de México”. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco. 27 p.

-
- Jiménez C., J. A. 2007. Ensayo Preliminar de Rendimiento de líneas experimentales de arroz de grano largo delgado. Informe 2007 del proyecto “Obtención de variedades de arroz de riego con grano largo delgado para el trópico de México”. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco. 10 p.
- Jiménez C., J. A. 2008. Ensayo de Rendimiento de líneas experimentales de arroz de grano largo delgado, bajo condiciones de temporal en Tabasco. Informe 2008 del proyecto “Desarrollo de nuevas variedades de arroz para condiciones de temporal en regiones de buen potencial en el trópico húmedo del trópico mexicano en la cuenca del Papaloapan, Tabasco y Campeche”. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco. 12 p.
- Jiménez C., J. A. 2009. Ensayo Regional de Rendimiento de líneas experimentales de arroz de grano largo delgado, bajo condiciones de temporal en Tabasco. Informe 2009 del proyecto “Obtención de variedades de arroz de riego con grano largo delgado para el trópico de México”. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco. 12 p.
- Jiménez C., J. A. 2010. Ensayo de Rendimiento de líneas experimentales de arroz de grano largo delgado, bajo condiciones de temporal en Tabasco. Informe 2010 del proyecto “Desarrollo de nuevas variedades de arroz para condiciones de temporal en regiones de buen potencial en el trópico húmedo del trópico mexicano en la cuenca del Papaloapan, Tabasco y Campeche”. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco. 7 p.
- Jiménez C., J. A. 2011. Ensayo Nacional de Rendimiento de líneas experimentales de arroz de grano largo delgado, en condiciones de temporal en Tabasco. Informe 2011 del proyecto “Evaluación de materiales genéticos de arroz de grano largo delgado para las regiones productoras de México”. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco. 9 p.
- Jiménez C., J. A., F. Mirafuentes H., E. A. Ayón R. y A. Contreras L. 1997. Comportamiento productivo de variedades y líneas experimentales de arroz en el estado de Tabasco. En: Memorias de la X Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. p: 79-84.
- Jiménez C., J. A., L. Hernández A., L. Tavitas F., E. N. Becerra L., E. A. Ayón R. y J. L. García A. 2012. Choca A-05: variedad de arroz de temporal para la región central del Golfo de México. Folleto técnico no. 68. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco. 28 p.

-
- Tavitas, F. L., y Hernández A. L., 2000. Catálogo de variedades de arroz que actualmente se cultivan en México; SAGAR-INIFAP-CONACYT; C. E. Zacatepec, Publicación especial N° 24, 56p.
- Tavitas, F. L. y Hernández, A. L., 2004. Los Recursos Genéticos de Arroz y su utilización en México; SAGARPA-INIFAP; C. E. Zacatepec, Publicación especial N° 40, 41p.

EVALUACION DE VARIEDADES DE CHILE HABANERO *Capsicum chinense Jacq.*) CULTIVADO EN CASA SOMBRA CON DOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN

Avilés BWI^{1*} y Campos MMA²

¹Campo Experimental Mocoohá. CIRSE. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 25, antigua carretera Mérida-Motul, Mocoohá, Yucatán, México. aviles.wilson@inifap.gob.mx, ²Phytogrow SCP. Chicxulub Pueblo, Yucatán. macoagro75@yahoo.com.mx

RESUMEN

Durante el ciclo otoño invierno de 2013 se estableció un experimento para estudiar el comportamiento de diferentes variedades de chile habanero cultivado en casa-sombra, en dos condiciones de fertilización: 1) Química convencional y 2) Orgánica más química convencional, de acuerdo con parámetros de desarrollo, rendimiento total y de primera clase. Se evaluaron densidades las variedades Jaguar, Mayapán y Calakmul, comparándolas contra el híbrido Rey Pakal como testigo. Los avances del estudio mostraron diferencias significativas en la altura y número de frutos amarrados. Destacaron las variedades Jaguar y Mayapán, las cuales fueron similares en rendimiento al híbrido Rey Pakal, utilizado como testigo. La fertilización orgánica más inorgánica mejoró significativamente el amarre de frutos.

Palabras clave: Chile habanero, Variedades, Fertilización, Casa sombra.

INTRODUCCION

De acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), durante el período comprendido entre 2001 y 2012, el chile habanero se ha cultivado en México en un promedio de 740 hectáreas en 12 estados: Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Tamaulipas, Colima, Nayarit, Michoacán, San Luis Potosí y Jalisco.

En este período la superficie cultivada del estado de Yucatán representó el 55.5 % de la superficie nacional, Tabasco tuvo el 30 %, Campeche el 7 % y Quintana Roo el 5 %. La superficie de estos cuatro estados representó el 97.5 % de la superficie en nuestro país.

Aunque algunos autores (Santoyo, s. f.; Santoyo y Martínez, s. f.; Prado, 2006 y Tun, 2000) sugieren la utilización de materiales genéticos de compañías transnacionales, las variedades Mayapán y Jaguar generadas y recomendadas por INIFAP (Avilés *et al.*, 2010) son las únicas que en la actualidad garantizan la satisfacción de los requerimientos de la Denominación de Origen, plasmadas en la NOM-189-SCFI-2012 (Secretaría de Economía, 2012), debido principalmente a que se originan de germoplasma criollo local de la Península de Yucatán.

Estas variedades fueron originalmente generadas para la producción a campo abierto, sin embargo, la agricultura protegida es un sistema de producción que ha ido creciendo en Yucatán, razón por la cual se evaluó el comportamiento productivo de estos materiales en casa sombra.

Por otra parte, los fertilizantes químicos convencionales, a pesar de haber aportado al incremento de los rendimientos agrícolas, también han aportado al incremento en el impacto negativo del medio ambiente reflejado en la contaminación de los ecosistemas, entre otras cosas por la salinización de los suelos causada por su uso indiscriminado (Xelhuanzi *et al.*, 2012).

La necesidad de caracterizar el comportamiento productivo de variedades provenientes de germoplasma criollo que apoyen la Denominación de Origen y la reducción de la contaminación del suelo con nuevas alternativas de fertilización de menor impacto al ambiente, fueron las bases para el desarrollo del presente estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones de la empresa Invernaderos San Arturo, ubicadas en el rancho Santa Clara del municipio de Chicxulub Pueblo, Yucatán en una casa sombra de 1,200 m², cubierta con malla blanca con densidad de 52 x 25 hilos/pulg². El transplante se llevó a cabo el día 2 de octubre de 2013 en un suelo pedregoso clasificado como Tzek'el de acuerdo con la clasificación maya o Leptosol lítico de acuerdo con la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRBSR) (Bautista y Zinck, 2010). La localidad se encuentra en la Región II. Noroeste, teniendo como cabecera a la ciudad de Mérida. El municipio de Chicxulub Pueblo

se encuentra entre los paralelos 21° 08" y 21° 13" de latitud norte y 89° 30" y 89° 35", longitud oeste. (<http://www.yucatan.gob.mx/estado/municipios/>).

Se evaluaron tres variedades provenientes de germoplasma criollo, con un híbrido de una compañía transnacional como testigo, con dos tipos de fertilización: 1) Inorgánica, que consistió en el uso de fertilizantes con Tecnología Microcarbono (anillo de Benceno) y 2) Orgánica (HYTa: Complejo microbiano; HYTb: Solución de aminoácidos y HYTc: Quitina) + Inorgánica; con lo cual se estudiaron dos factores: Factor A, Variedades (4 niveles) y Factor B, Fertilización (2 niveles). Los tratamientos se establecieron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglo en parcelas divididas donde la parcela grande fue la variedad y la parcela chica, la fertilización. Cada tratamiento se estableció en parcelas con dos líneas de plantas de 5 m de largo, separadas a 2.0 m. La descripción de las variedades se encuentra en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Materiales genéticos utilizados en la evaluación de variedades

Nombre	Categoría	Color en maduración	Origen
Rey Pakal	Híbrido	Verde oscuro a Rojo	US Agriseeds
Calakmul	Variedad	Verde pálido a Rojo	INIFAP
Jaguar	Variedad	Verde oscuro a Naranja	INIFAP
Mayapán	Variedad	Verde oscuro a Naranja	INIFAP

Se registraron las siguientes variables: Altura de la planta (cm), Diámetro de tallo (mm), Fenología y N° de Frutos amarrados, Rendimiento (Ton/ha) y calidad (% de frutos de 1ª e industrial). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y pruebas de separación de medias por el método de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los avances obtenidos en parámetros de desarrollo del cultivo hasta los primeros 61 días después del transplante.

Altura de Planta. El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas en las dos evaluaciones realizadas a los 15 y 45 días después del transplante (ddt). En la primera, únicamente en el Factor Variedades, y en la segunda, se detectaron

diferencias significativas tanto en el Factor Variedades como en la interacción Variedades-Fertilización. Los resultados de las pruebas de medias para Variedades se presentan en el Cuadro 2, en el cual destaca el híbrido Rey Pakal, aunque no difiere estadísticamente de Jaguar y Mayapán.

Cuadro 2

Altura de planta (cm)

Variedad	15 ddt	45 ddt
REY PAKAL	28.24a	68.29a
CALAKMUL	20.38 b	53.39 b
JAGUAR	23.90ab	59.64ab
MAYAPAN	23.14ab	63.14ab
FERTILIZACION (NS)		
INORGANICA	23.69	60.60
ORG+INORGANICA	24.08	61.50

Tukey $p < 0.01$

En la Figura 1 se presenta el comportamiento de los materiales genéticos con diferente tipo de fertilización (Interacción Variedades-Fertilización) y se observa que el híbrido Rey Pakal registró una altura mayor en presencia de fertilización orgánica e inorgánica. Las variedades Jaguar, Mayapán y Calakmul tuvieron un comportamiento contrastante en el cual la altura fue ligeramente menor en el tratamiento combinado de fertilización.

Diámetro de tallo. En esta variable no se detectaron diferencias significativas en las evaluaciones realizadas a los 15 y 45 ddt, tanto para el Factor Variedad como para el Factor Fertilización (Cuadro 3). Sin embargo la interacción fue significativa a los 45 ddt, encontrándose que en la variedad Jaguar el diámetro de tallo fue menor con la combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Por otra parte Rey Pakal y Mayapán incrementaron ligeramente sus diámetros, mientras que Calakmul no tuvo diferencias en el diámetro en ambos tipos de fertilización (Figura 2).

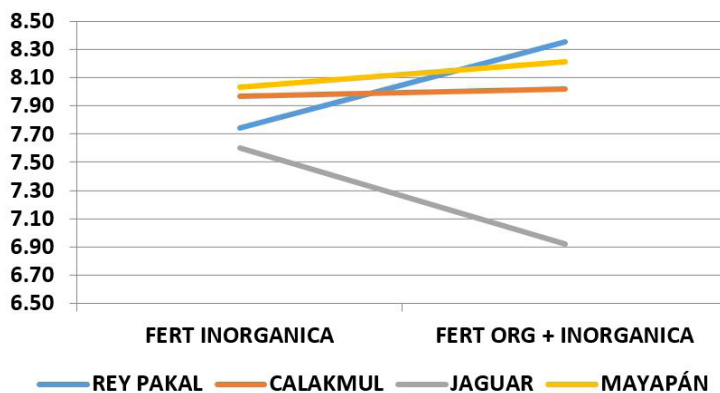


Figura 2. Diámetro de tallo con diferentes tipos de fertilización a los 45 ddt (mm).

Cuadro 3

Diámetro de tallo a 10 cm del suelo (mm)

VARIEDAD	15 ddt	45 ddt
REY PAKAL	3.61	8.09
CALAKMUL	3.81	8.02
JAGUAR	3.44	7.22
MAYAPAN	3.69	8.15
FERTILIZACION		
INORGÁNICA	3.66	7.84
ORG+INORGANICA	3.62	7.89
Diferencias no significativas		

Fenología. En esta variable no se detectaron diferencias significativas, aunque se observó una tendencia de Calakmul y Rey Pakal a emitir botones, flores y frutos un poco antes que Jaguar y Mayapán. La emisión de botones florales se registró entre los 23.4 y 25.6 días, la apertura de flores de los 30.3 a los 40.5 días y el amarre de frutos de los 42.2 a los 45.3 días después del transplante (ddt) (Cuadro 4). No se observó ninguna diferencia en el uso de la fertilización orgánica y la combinación con la inorgánica en los parámetros fenológicos.

Cuadro 4*Fenología de variedades de chile habanero (ddt)*

VARIEDAD	DEBF	DAFL	DAFRUT
REY PAKAL	24.2	38.3	42.2
CALAKMUL	23.4	38.8	44.3
JAGUAR	25.2	40.5	45.3
MAYAPAN	25.6	40.3	45.2
FERTILIZACION			
INORGÁNICA	24.9	39.6	43.8
ORG+INORGANICA	24.3	39.3	44.7

Diferencias no significativas

DEBF: Días a la emisión de botones florales

DAFL: Día a la apertura de flores

DAFRUT: Días al amarre de frutos

Nº de frutos amarrados. En esta variable el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas en ambos factores y en la interacción. En el Cuadro 5 se presentan los resultados de la prueba de medias por el método de Tukey, en el cual destaca el híbrido Rey Pakal con 38.5 frutos, aunque no difiere estadísticamente de Jaguar y Mayapán con 30.88 y 28 frutos/planta, respectivamente. Calakmul fue el material con menos frutos (20.58), siendo además el único estadísticamente diferente a Rey Pakal.

En el mismo Cuadro 5, se observa que la combinación de fertilización orgánica e inorgánica registró el mayor número de frutos (33.27), siendo estadísticamente diferente del tratamiento con fertilización inorgánica (25.71).

CUADRO 5*Nº de frutos amarrados por planta a los 61 ddt*

VARIEDAD	FRUTOS/PLANTA
REY PAKAL	38.50 a
CALAKMUL	20.58 b
JAGUAR	30.88 ab
MAYAPAN	28.00 ab
FERTILIZACION	
INORGÁNICA	25.71 b
ORG+INORGANICA	33.27 a
Tukey $p < 0.05$	

El híbrido Rey Pakal presentó la mejor respuesta a la fertilización orgánica e inorgánica incrementando el número de frutos amarrados de menos de 27.26 a 49.83 frutos por planta Figura 3.

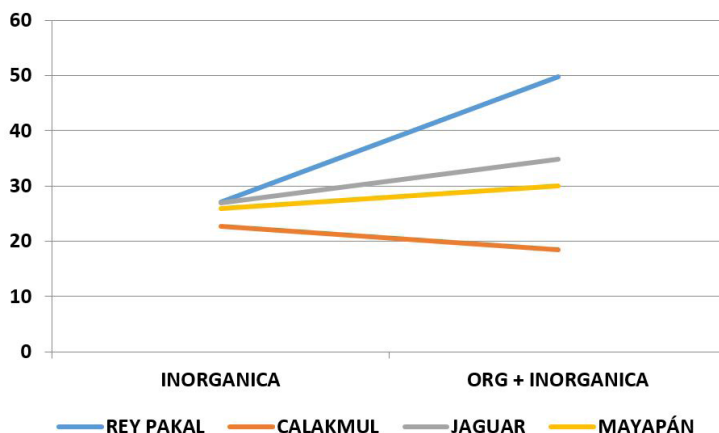


Figura 3. Comportamiento del número de frutos amarrados con diferentes tipos de fertilización.

CONCLUSIONES

- Las variedades Jaguar y Mayapán tuvieron una velocidad de crecimiento en altura similar al híbrido testigo y superior a la variedad Calakmul.
- El comportamiento fenológico entre variedades e híbrido fue similar.
- Las variedades Jaguar y Mayapán registraron una cantidad de frutos amarrados similar al híbrido testigo y mayor que la variedad Calakmul.
- La combinación de la fertilización orgánica más la inorgánica influyó favorable y significativamente, reflejándose en mayor amarre de frutos/m².

LITERATURA CITADA

Avilés B., W. I; Dzib E., R.; Pereyda P., G. 2010. Manual para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en Yucatán. –A campo abierto y

-
- bajo estructuras de protección-.Folleto Técnico N° 7. CE Mocochoá. CIRSE-INIFAP. Mérida, Yucatán. 32 p.
- Baustista F.; Zinck, J. A. 2010. Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2010, 6:7.
- Prado U., G. 2006. Tecnología de producción comercial de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Gobierno del estado de Tabasco. ISPORTAB. Villahermosa, Tabasco. S. p.
- Santoyo J., J. A. s. f. Producción de chile habanero en casa sombra. Fundación Produce Sinaloa A. C. Rosario, Sinaloa SAGARPA. Gobierno del estado de Sinaloa. México. S. p.
- Santoyo J., J. A.; Martínez A., C. O. s. f. Tecnología de producción de chile habanero en casa sombra en el sur de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa A. C. SAGARPA. Gobierno del estado de Sinaloa. S. p.
- Secretaría de Economía. 2012. NORMA Oficial Mexicana NOM-189-SCFI-2012, Chile Habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum Chinense* Jacq.). Especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación. México, DF.
- Tun D., J. C. 2001. Chile habanero. Características y tecnología de producción. CE Mocochoá. CIRSE. INIFAP. Mérida, Yuc. 44 p.
- Xelhuantzi C., J.; Salazar G., G.; Domínguez A., G.; Arias C., L. E.; Chávez D., A. A.; Galindo B., A. J. 2012. Manual para la elaboración de abonos orgánicos a partir de técnicas como la composta y lombricomposta. Folleto Técnico N° 2. INIFAP. CIRPAC. CE Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos Jalisco. 51 p.

Referencias informáticas

Municipios de Yucatán. <http://www.yucatan.gob.mx/estado/municipios/>. Fecha de consulta: Oct/2014.

**NÚMERO DE GENERACIONES DE GUSANO COGOLLERO DEL MAIZ EN
BASE A LA ACUMULACIÓN DE GRADOS DÍAS EN SEIS MUNICIPIOS DEL
ESTADO DE CAMPECHE.**

**NUMBER OF GENERATIONS OF FALL ARMYWORM OF CORN BASED ON
THE DEGREE DAYS ACCUMULATE IN SIX MUNICIPALITIES IN THE STATE OF
CAMPECHE.**

Soto RJM¹, Medina MJ¹, Hernández PM¹ y Orona CF¹

¹INIFAP- Campo Experimental Edzná. Km.15.5 Carretera Campeche-Pocuyaxum,
Campeche. México. C.P. 24520. A.P. 341. Tel 01 800 088 2222 88313.

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

RESUMEN

La plaga más importante del maíz en el estado de Campeche es el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*. El objetivo del presente trabajo fue estimar el número de generaciones por año de gusano cogollero en base a la acumulación de grados días durante el ciclo de vida del insecto. Se utilizó el modelo del ciclo de vida del gusano cogollero reportado por R Cabral *et al*, (2012), el cual indica la acumulación de 496.9 grados días para el ciclo de vida del gusano cogollero. Para estimar la duración del ciclo y el número de generaciones por año de gusano cogollero en seis municipios del estado de Campeche, en donde el cultivo de maíz tiene gran importancia social y económica, fueron utilizados los datos meteorológicos de 1990 a 2003 de la base de datos del ERIC III, IMTA 2006, para el cálculo de los días grados por año en el periodo del 15 de junio del año inicial al 14 de mayo del siguiente año. El número promedio de generaciones de gusano cogollero por año es de nueve para el municipio de Hopelchen, de diez para los municipios de Calkini, Hecelchakan y Champoton, para los municipios de Tenabo y Campeche es de once. En la mayoría de los municipios, hay una tendencia mínima de incremento en el número de generaciones al comparar los valores medios de los periodos 1990-1997 versus 1998-2003, pero Tenabo y Calkini, indican un leve decremento. En cuanto al número de días requeridos del primer instar al tercer instar de las larvas del gusano cogollero, periodo de tiempo más apropiado para el control químico del insecto por

su susceptibilidad a la mayoría de los insecticidas disponibles en el mercado, el municipio de Campeche reporta menos de cinco días y en los demás es de seis días, lapso en el cual debe realizarse el control químico de esta plaga del cultivo de maíz para maximizar la eficiencia de control del gusano cogollero.

Palabras clave: maíz, gusano cogollero, grados días

INTRODUCCIÓN

El “gusano cogollero” *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidóptera: Noctuidae) es el principal problema fitosanitario del cultivo en la región, pues de no combatirse a tiempo puede ocasionar hasta 100 % de pérdida de la producción, lo que se agrava en las localidades donde se siembra maíz todo el año. El gusano cogollero del maíz actúa como gusano trozador, elotero y como cogollero que es su hábito más característico en el maíz. Es uno de los insectos plaga que año con año dañan las plantas de maíz, en las siembras de temporal y riego. Esta plaga tiene la mayor incidencia en el cultivo de maíz en el área de Nohacal y Pocyaxum en el municipio de Campeche, en el centro del estado, requiriendo hasta cuatro aplicaciones de insecticidas para controlarlo, (Trujillo, 1982; Morales *et al.*, 1993; Tucuch *et al.*, 2007).

La aparición de insectos y enfermedades está íntimamente ligada a las condiciones meteorológicas y climatológicas. Con la ayuda de la información generada por las estaciones climatológicas se puede determinar el nivel de riesgo climático para la ocurrencia de enfermedades y plagas en un cultivo. Las variables que tienen mayor influencia en el desarrollo de plagas y enfermedades en los cultivos son; temperatura del aire, humedad relativa, lluvia y humedad de las hojas. En plantas e insectos el crecimiento y desarrollo puede ser caracterizado por el número de días entre eventos o etapas fenológicas, por ejemplo, el saber cuántos días se necesitan para que una especie pase de la floración a la madurez de frutos. Estas etapas están influenciadas por la temperatura, pero no es una variable que ayude a medirlas, directamente, para lograr una mejor aproximación, se puede medir los eventos en unidades de desarrollo, “tiempo fisiológico”, en lugar de tiempo cronológico, para ello se usan las unidades calor, Así surge el término de grados-día (GD), definido para un período específico, como los grados acumulados sobre una temperatura umbral durante dicho período. Para completar una etapa fenológica es necesario la acumulación del requerimiento térmico, que se mide en unidades calor sobre la temperatura base. La forma más

usada y simple, para el cálculo de las unidades calor, se basa en la suma de las unidades calor diarias, producto de la diferencia entre la temperatura promedio diaria y la temperatura base (T_b), llamado método residual (Canfalone *et al.*, 2002; Martins *et al.*, 2006; Rossato *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2012; Palomo *et al.*, 2014).

En parcelas demostrativas y ensayos de evaluación de rendimiento de materiales genéticos de maíz Soto *et al.* (2014) y Soto *et al.* (2015), reportan los daños de gusano cogollero. Las diferencias de peso de grano entre las muestras con daño y sin daño de gusano cogollero en porcentaje fueron más altas en la localidad de Bolonchén de Rejón, siendo de 27.36, 26.47, 19.82 y 18.26% para los materiales, Impacto, DK-390, Sorento y H-516 respectivamente. Las diferencias de peso de grano más bajas entre las muestras con daño y sin daño de gusano cogollero en porcentaje fueron en la localidad de Dzibalche, siendo de 13.79, 12.42, 4.80 y 0.88% para los materiales H-431, H-516, H-565 y H-378A, respectivamente. En 2015 indica que en la localidad de Valle de Quetzalcóatl, los porcentajes de caída de rendimiento en grano fueron afectados por el daño de cogollero y la densidad de población. Los materiales H-563, SP-500 y JC-25 presentan porcentajes del 57 al 65%. En los materiales SORENTO, DK-395, 9401W, H-565 y SB-309 la pérdida fluctúa de 40 a 49%. En DAS-2384 y DAS-2382 la pérdida es de 23 y 21%. Tres materiales 9209W, LUCINO y DK-393 presentan porcentajes del 11 al 19% y solo el material SB-308M presentó una diferencia de 3.85%. De lo anterior se desprende la necesidad de poder pronosticar las etapas de desarrollo del gusano cogollero y conocer la fecha probable cuando esté en su etapa (antes del cuarto instar) más sensible, ayuda a conocer la fecha oportuna para la aplicación del control químico u otras medidas de control que permitan el manejo integrado del gusano cogollero. El modelo de monitoreo propuesto para el sistema de alerta para gusano cogollero, implica conocer el ciclo biológico del insecto y el tipo de daño foliar causado por los instares del gusano cogollero, poniendo énfasis en la etapa de larva o gusano, ya que representa el momento en que causa daño a las plantas de maíz, desde su emergencia (V_E -fase vegetativa) hasta la etapa masosa (R_4 -fase reproductiva).

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo cuatro aspectos son de suma importancia para el análisis: 1) municipios seleccionados, 2) biología del gusano cogollero y modelo predictivo del ciclo de vida, 3) información meteorológica y 4) estimación de grados día.

Municipios seleccionados. El maíz se cultiva en todos los municipios del estado, en los últimos seis años (2009-2014) el promedio de la superficie sembrada al año es de casi 160'000 hectáreas, en varios sistemas de producción (Temporal en suelos pedregosos y arables, con riegos en suelos pedregosos y arables y con drenaje superficial en suelos de lento drenaje). Seis municipios (Calkiní, Hecelchakán, Tenabo, Hopelchén, Campeche y Champotón) aportan el 69.58 % de la superficie sembrada y el 89.45 % del volumen de producción en el periodo de tiempo señalado. Por lo cual estos fueron seleccionados para el análisis del número de ciclos al año de gusano cogollero.

Biología del gusano cogollero y modelo predictivo del ciclo de vida. El modelo de monitoreo propuesto para el sistema de alerta para gusano cogollero, implica conocer el ciclo biológico del insecto, poniendo énfasis en la etapa de larva, ya que representa el momento en que causa daño a las plantas de maíz, desde su emergencia (VE-fase vegetativa) hasta la etapa masosa (R4-fase reproductiva). Este insecto presenta metamorfosis completa, es decir, cuatro estados biológicos de desarrollo durante su ciclo de vida. Estas etapas son conocidas como: huevo, larva, pupa y adulto (palomilla). Es en la fase de larva cuando ocasionan el daño al maíz, alimentándose de las hojas, tallo, espigas y granos tiernos de la mazorca. Una vez que las larvas eclosionan del huevo, pasan por seis estadíos o instares (L_1 a L_6) durante los cuales el daño ocasionado a las hojas del maíz es diferenciado.

El daño por gusano cogollero en las hojas de maíz se mide con la siguiente escala: “ D_0 ”, sin daño foliar. “ D_1 ”, el gusano cogollero en el primer estadío (L_1) sólo consume la epidermis de las hojas dejando manchas translúcidas, a partir del segundo estadío comienzan a migrar hacia otras plantas. “ D_2 ”, en el segundo y tercer estadíos (L_2 y L_3), consumen la lámina foliar dejando huecos irregulares en el follaje donde se protegen. “ D_3 ”, del cuarto al sexto estadíos larvario (L_4 a L_6), se ubican en el cogollo de las plantas de maíz, en donde dañan las hojas de éste. El mayor daño lo hace en los dos últimos estadíos (L_5 y L_6), donde consume el 80% de su ingesta, lo que reduce la fotosíntesis por la disminución del área foliar del cultivo y esto repercute en el rendimiento de la biomasa y grano.

Para el cálculo de las etapas del ciclo de vida del gusano cogollero se utilizó el modelo fenológico predictivo descrito por R Cabral et al, 2012, el cual indica la acumulación de 496.9 grados días.

ETAPA	UC/ETAPA	UCA
Adulto-Preoviposición	24.4	24.4
Posturas de masas de huevos- Eclosión de larvas	46.7	71.1
Eclosión de larvas-Instar 1	53.9	125.0
Instar 1-Instar 2	42.6	167.6
Instar 2-Instar 3	38.2	205.8
Instar 3-Instar 4	38.6	244.4
Instar 5-Instar 6	44.8	289.2
Instar 6-Prepupa	58.9	348.1
Prepupa-Pupa	32.8	380.9
Pupa-Adulto	116.7	496.9

Información meteorológica. Se utilizaron los datos de temperatura máxima y mínima diaria de 1990 a 2003 de una estación termopluviométricas para cada municipio, considerado en el análisis. Las estaciones meteorológicas convencionales fueron la 4002, 4003, 4008, 4011, 4013 y 4032, correspondientes a las estaciones de Calkiní, Campeche, Champoton, Hecelchakan, Hopelchen y Tenabo. Las cuales están incluidas en la base de datos ERIC III, IMTA 2006.

Estimación de grados día y generaciones por año del ciclo biológico del gusano cogollero. El crecimiento y desarrollo de los insectos y plantas puede ser caracterizado por el número de días entre eventos fenológicos observables. El número de días entre eventos, sin embargo, puede constituir una mala herramienta porque las tasas de crecimiento varían con las temperaturas. La medición de eventos puede ser mejorada si se expresan las unidades de desarrollo en términos de “tiempo fisiológico” en lugar de tiempo cronológico, por ejemplo, en términos de acumulación de temperatura. Así surge el término de grados-día (GD), definido para un período específico, como los grados acumulados sobre una temperatura umbral durante dicho período.

La forma más usada y simple para calcular los grados-día se basa en la suma de los subtotaes diarios, producto de la diferencia entre la temperatura promedio diaria y la temperatura base (T_b), de acuerdo a lo siguiente:

$$GD = [(T_{max} - T_{min})/2] - T_b.$$

Dónde:

GD= grados días acumulados en un día.

Tmax= Temperatura máxima diaria.

Tmin= Temperatura mínima diaria.

Tb= Temperatura base (10.9 °C)

En base a esta ecuación, se estimaron el número de ciclos biológicos por año del gusano cogollero, para lo cual el año inicio el 15 de junio y termino el 14 de junio del siguiente año, esto en función del establecimiento de la estación de crecimiento, condiciones favorables de humedad y calor para el establecimiento de cultivo de maíz de temporal en la entidad, lo cual repercute en el desarrollo poblacional del gusano cogollero, al conjugarse alimento y condiciones meteorológicas favorables para el insecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de generaciones por año del gusano cogollero y el número de días transcurridos del primer al tercer instar se presenta para cada uno de los municipios analizados (cuadro 1 y 2).

Calkini. El número promedio de generaciones estimado fue de 10.46 para los trece años analizados, en este municipio los datos del primer periodo (90-91 al 96-97) indican un promedio de 10.71 generaciones al año y una disminución a 10.17 generaciones para el periodo del 97-98 al 02-03. El rango de generaciones es de 8 a 12. Con respecto al número de días del primer al tercer instar los datos indican un promedio de 6.08 días para el periodo analizado. En relación a la comparación de los dos periodos indicados, los datos indican 5.86 y 6.33 días, es decir los datos de temperatura no indican una tendencia de calentamiento.

Hecelchakán. El número promedio de generaciones estimado fue de 10.46 para los trece años analizados, en este municipio los datos del primer periodo (90-91 al 96-97) indican un promedio de 9.71 generaciones al año y un incremento a 11.33 generaciones para el periodo del 97-98 al 02-03. El rango de generaciones es de 8 a 12. Con respecto al número de días del primer al tercer instar los datos indican un

promedio de 6.38 días para el periodo analizado. En relación a la comparación de los dos periodos indicados, los datos indican 6.71 y 6.00 días, es decir los datos de temperatura indican una tendencia de calentamiento.

Tenabo. El número promedio de generaciones estimado fue de 11.23 el segundo mayor de los municipios analizados para los trece años, en este municipio los datos del primer periodo (90-91 al 96-97) indican un promedio de 11.29 generaciones al año y una disminución a 11.17 generaciones para el periodo del 97-98 al 02-03. El rango de generaciones es de 10 a 12. Con respecto al número de días del primer al tercer instar los datos indican un promedio de 6.00 días para el periodo analizado. En relación a la comparación de los dos periodos indicados, los datos indican 6.00 y 6.00 días, es decir los datos de temperatura no indican una tendencia de calentamiento.

Hopelchén. El número promedio de generaciones estimado fue de 9.38 el menor de los municipios analizados para los trece años, en este municipio los datos del primer periodo (90-91 al 96-97) indican un promedio de 9.14 generaciones al año y un incremento a 9.67 generaciones para el periodo del 97-98 al 02-03. El rango de generaciones es de 8 a 10. Con respecto al número de días del primer al tercer instar los datos indican un promedio de 6.46 días para el periodo analizado. En relación a la comparación de los dos periodos indicados, los datos indican 6.43 y 6.50 días, es decir los datos de temperatura indican una tendencia de calentamiento.

Campeche. El número promedio de generaciones estimado fue de 11.69 el mayor de los municipios analizados para los trece años, en este municipio los datos del primer periodo (90-91 al 96-97) indican un promedio de 11.57 generaciones al año y un incremento a 11.83 generaciones para el periodo del 97-98 al 02-03. El rango de generaciones es de 10 a 12. Con respecto al número de días del primer al tercer instar los datos indican un promedio de 5.92 días el más bajo de todos los municipios para el periodo analizado, lo cual debe ser considerado, al momento de la toma de decisiones para el control del insecto. En relación a la comparación de los dos periodos indicados, los datos indican 6.00 y 5.83 días, es decir los datos de temperatura indican una tendencia de calentamiento, la mayor de todos los municipios.

Champotón. El número promedio de generaciones estimado fue de 10.77 para los trece años analizados, en este municipio los datos del primer periodo (90-91 al 96-97) indican un promedio de 10.71 generaciones al año y un incremento a 10.83 generaciones para el periodo del 97-98 al 02-03. El rango de generaciones es de 9 a 12. Con respecto al número de días del primer al tercer instar los datos indican un promedio de 6.23 días para el periodo analizado. En relación a la comparación de los dos periodos indicados, los datos indican 6.29 y 6.17 días, es decir los datos de temperatura indican una tendencia de calentamiento.

Cuadro 1

Concentrado de ciclos por año de gusano cogollero

Años	Hopelchen	Tenabo	Calkini	Hecelchakan	Champoton	Campeche
90-91	9	12	10	9	12	10
91-92	9	12	10	10	12	12
92-93	9	11	11	8	10	11
93-94	10	11	11	11	10	12
94-95	10	11	11	8	12	12
95-96	10	11	11	11	9	12
96-97	10	11	11	11	10	12
97-98	10	12	12	11	10	12
98-99	10	11	9	12	11	12
99-00	9	11	8	11	11	11
00-01	9	11	8	11	11	11
01-02	10	12	11	11	11	12
02-03	10	10	10	12	11	12

Cuadro 2

Concentrado de días del primer al tercer instar de gusano cogollero

Años	Hopelchen	Tenabo	Calkini	Hecelchakan	Champoton	Campeche
90-91	7	6	6	7	6	6
91-92	7	6	6	6	6	6
92-93	7	6	6	8	7	6
93-94	6	6	5	6	6	6
94-95	6	6	6	8	6	6
95-96	6	6	6	6	6	6
96-97	6	6	6	6	7	6
97-98	6	6	6	6	7	6
98-99	7	6	7	6	6	5
99-00	7	6	7	6	6	6
00-01	7	6	6	6	6	6
01-02	6	6	6	6	6	6
02-03	6	6	6	6	6	6

CONCLUSIONES

- Dos municipios Campeche y Tenabo reportan el mayor número posible de generaciones por año de gusano cogollero, con 11.69 y 11.23 respectivamente, en Hopelchen se tiene el mínimo con 9.38.
- Calkini y Tenabo reportan una disminución del número posible de generaciones por año de gusano cogollero para el periodo de 97-98 al 02-03, de 0.12 y 0.54 respectivamente.
- Solo Campeche reporta menos de seis días, del intervalo de primer a tercer instar de los gusanos cogollero para realizar una aplicación de control químico eficiente, ya que en este periodo las larvas de gusano cogollero son más susceptibles a la mayoría de los insecticidas recomendados para el control del insecto y por no estar todavía protegido en el cogollo.
- Campeche, Champotón y Hecelchakán reportan una disminución del número de días del intervalo de primer a tercer instar de los gusanos cogollero para el periodo de 97-98 al 02-03, de 0.17, 0.17 y 0.71 días respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Amador R.M.D. 2014. Floración y fructificación de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) con labranza reducida, labranza convencional o incorporación de avena al suelo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Texcoco, Estado de México, México, 5:1001-1013.
- Canfalone A. 2002. Crecimiento de soja en función de la temperatura del aire y de la radiación fotosintéticamente activa. Revista brasileira Agrocência, 8:185-189.
- Martins P.M.L.A. 2006. Cálculo de graus-día acumulados para subsidiar ações de gerenciamento de risco de pragas. Comunicado 145 Técnico. ISSN 9192-0099. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, Brazil. 13 p.
- Morales L.A. 1993. Producción de maíz de temporal en suelos rojos mecanizables de Campeche. Folleto técnico núm. 3. Campo experimental Edzna. SARH-INIFAP-CIRSE-CEEDZNA. Campeche, Campeche, México. 23 p.
- Palomo R.M. 2014. Alternativas Tecnológicas para Aminorar la Presencia Poblacional de Picudo del Algodonero. Folleto Técnico No. 30, ISBN: 978-607-37-0304-

-
8. INIFAP-CIRNC-Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila, México, 38 p.
- Ramírez C.N.Y. 2012. Sistema de alerta para conchuela del frijol y gusano cogollero en el estado de Zacatecas. Folleto técnico No. 44. INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Zacatecas, México, 46 p.
- Rossato B.G. 2005. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações dos biótipos “milho” e “arroz” de *Spodoptera frugiperda*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, EMBRAPA. 40:329-335.
- Trujillo A.J.G. 1982. Guía para el cultivo del maíz en suelos mecanizables de Campeche. Folleto para productores núm. 2. Campo agrícola experimental Campeche. SARH-INIA-CIAPY-CAECAMPECHE. Campeche, Campeche, México. 10 p.
- Tucuch CM, *et al.* 2007. Manual para la producción de maíz para grano en suelos mecanizados del estado de Campeche. Libro técnico. INIFAP-CIRSE-CEEDZNA. Campeche, Camp., México. 90 p.
- Soto R.J.M. 2014. Perdidas del rendimiento de grano de maíz por daño de gusano cogollero en el estado de Campeche, México. Resumen en memoria de la Reuniones Nacionales de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola-Pesquera. Yucatán 2014. Mérida, Yucatán, México. p. 288.
- Soto R.J.M. 2015. Perdidas del rendimiento de materiales genéticos de grano blanco de maíz por daño de gusano cogollero en el estado de Campeche, México. Resumen en memoria de la LX reunión anual del programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales. Guatemala, Guatemala. p. 138.

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CELULOSA A PARTIR DEL FRUTO DE LA ESPECIE *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn (KAPOK)

EXTRACTION OF CELLULOSE FIBERS FROM *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn (KAPOK) AND CHARACTERIZATION

Bolio LGI¹, López MA¹, Veleva L², Hernández VMM¹, Hernández CBI¹

¹División de Ciencias Básicas e Ingenierías, Universidad Popular de la Chontalpa, Carret. Cárdenas-Huimanguillo Km.2.5, Cárdenas, Tabasco, México. ²CINVESTAV-Mérida, Departamento de Física Aplicada Carret. Ant. a Progreso Km.6, Cordemex, 97310 Mérida, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: gloriabolio@hotmail.com

RESUMEN

Debido al potencial que presenta la celulosa como refuerzo en el diseño, procesamiento y producción de biocompuestos, el objetivo de este estudio fue la obtención de celulosa a partir del algodón que protege a la semilla de la *Ceiba pentandra* (Kapok). Para la obtención de la celulosa se utilizó un método químico que incluyó cuatro etapas: hidrólisis ácida suave, cloración, extracción alcalina y blanqueamiento. El producto final fue caracterizado por Espectroscopia de Infrarrojo (FTIR), Difracción de Rayos-X (XRD) y Estereoscopia. Los patrones de difracción de Rayos-X mostraron una alta cristalinidad, debido a la manera eficiente de disolución de las regiones amorfas (lignina y hemicelulosa) por los tratamientos ácidos. Estos resultados fueron confirmados con los espectros de FTIR y las fotografías estereoscópicas. Se concluye que la celulosa obtenida posee buenas características para actuar como refuerzo en materiales compuestos, además de ser una alternativa en la producción de papel. Dichos resultados son evidencia del potencial que el kapok tiene como fuente para la obtención de celulosa.

Palabras clave: *Ceiba pentandra*, Kapok, hidrólisis ácida, celulosa, FTIR.

INTRODUCCIÓN

Los residuos plásticos actualmente representan un problema para la población, ya que su degradación tarda años en completarse. Para enmascarar el problema se opta por reciclar los residuos plásticos y su posterior utilización, la incorporación de refuerzos en el material reciclado mejora las propiedades mecánicas del mismo. Un posible refuerzo son las fibras de origen vegetal o biofibras que además de mejorar el producto resulta factible por sus ventajas ambientales y económicas (F.B., 2014).

La celulosa es el polisacárido mayoritario de los vegetales y el polímero natural más abundante en la tierra; se localiza en las membranas celulares de las plantas, donde aportan rigidez a los mismos. Generalmente se encuentran formando masas amorfas de las que participan también otras estructuras como hemicelulosa, pectinas o ligninas (Mark *et al*, 1986). Este homopolisacárido lineal es similar en todas las plantas y consiste en estructuras repetidas de enlaces β (1-4) enlazando unidades de D-glucopiranosas que pueden alcanzar 4 μm , presentan un ordenamiento en el que sus oxidrilos generan fuertes uniones intramoleculares adquiriendo propiedades cristalinas (Maya, 2008; Hepworth, 2000; Mark *et al*, 1986).

La ceiba o kapok, como el algodón, protege sus semillas con una masa de fibras celulósicas (43% de celulosa) transparentes que se utilizan como material de relleno, es una fibra celulósica típica con las características de la pared celular fina y de gran lumen. Estas características únicas permiten que materiales a base de kapok abran las posibilidades para diversos campos de aplicaciones nuevas, especialmente como un material de soporte. En este sentido, se han fabricado con éxito una serie de microfibras con alta relación longitud/diámetro y morfología controlable (Zhang *et al.*, 2010), esto como resultado de una toma de conciencia de los factores ambientales globales, de los principios de sostenibilidad, de la ecología industrial, de la eco-eficiencia y la química verde e ingeniería que están siendo integrados al desarrollo de una nueva generación de materiales, productos y procesos. Los materiales compuestos, especialmente compuestos verdes encajan en este cambio de paradigma (Aguilar *et al.*, 1997). La utilización de fibras vegetales como material de refuerzo en matrices poliméricas no sólo incrementa el valor del plástico reciclado, sino que también contribuye a reducir la cantidad de residuos vegetales y mejora la competitividad del sector textil y agroindustrial (Salvador *et al.*, 2008).

El sureste de la república cuenta con un clima propicio donde crece y se reproducen naturalmente la *Ceiba pentandra*, por tal motivo existe una gran

cantidad de plantas que cada año producen enormes cantidades de kapok (Ochse *et al.*, 1990).

Por lo mencionado anteriormente, en este estudio se explora la posibilidad de darle un valor agregado a las fibras del kapok, ya que es una fuente rica en celulosa, que atrae interés debido al uso potencial para la fabricación de papel y como refuerzo en materiales compuestos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo del algodón del kapok, se llevó a cabo en el municipio de Cárdenas, Tabasco, México Col. José Eduardo de Cárdenas, coordenadas: Longitud: -93°22'16"W Latitud: 17°58'28"N. Las muestras se secaron y almacenaron en bolsas de cierre hermético para su posterior tratamiento en el laboratorio de materiales poliméricos de la Universidad Popular de la Chontalpa.

Extracción de celulosa. Se llevó a cabo utilizando el método Cazaurang (1990), modificado el cual consta de cuatro pasos: (1) hidrólisis ácida suave con 0,4 % de H_2SO_4 durante 1 h, y posterior lavado; (2) cloración con 3,5 % NaClO, la agitación de la solución en un baño de agua a 30 °C a pH 9.2 y lavado posterior con agua destilada hasta pH 7; (3) extracción alcalina con NaOH al 20 % con agitación durante 1 h, seguido de un proceso de lavado; (4) de blanqueo con una solución de 0,5 % NaClO, agitación continua durante 1 hora y un lavado final a pH neutro. El material obtenido se desmenuza y se coloca en el molde de aluminio durante un día a temperatura ambiente, y después secado en la estufa a 60°C por 24 h. El producto final se pesó para determinar el rendimiento.

Análisis Instrumental. Espectroscopía de infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR). La caracterización de los grupos funcionales presentes en las muestras de kapok y de la celulosa extraída a partir de ellas se realizó usando Espectroscopio de infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR). FTIR Nicolet Magna 460 Protegé fue usado en modo de absorbancia, con una resolución de 4 cm^{-1} y 100 scans. Las pastillas fueron hechas con 1 mg de muestra en 100 mg de KBr.

Difracción de Rayos-X (XRD). Los patrones de difracción de rayos-X de las muestras de kapok y la celulosa obtenida a partir de ellas fueron registradas con

un Difractómetro Siemens D 5000, usando radiación CuK ($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$) a 34 kV y una corriente de 25 mA, en un rango angular 2θ entre 10 y 30 grados, haciendo mediciones cada 0.04° por 6 s. El porcentaje de cristalinidad de las muestras de kapok y la celulosa extraída ($X_c \%$), fue calculada de acuerdo a la ecuación de Segal (1959):

$$X_c \% = (I_1 / I_2) \times 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde: I_1 es la intensidad del pico mínimo en los patrones de XRD y I_2 la intensidad del pico cristalino, respectivamente.

El tamaño del cristal fue calculado usando la ecuación de Scherrer (Cullity, 1978):

$$t = K\lambda / B \cos\theta \quad \text{Ec. (2)}$$

Dónde: t es el tamaño de cristal, λ es la longitud de onda de la radiación utilizada (λ_{Cu}), B es el ancho a la altura media del pico de difracción de la muestra, θ es la posición del pico de difracción y K es el factor de forma del cristal.

Finalmente un estereoscopio electrónico fue utilizado para observar la morfología de las muestras de kapok y de la celulosa extraída.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de la celulosa extraída de las muestra de kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn), fue de 33.2 % (± 1.4). Rendimientos menores que el reportado en el presente estudio se obtuvieron de residuos agroindustriales en vainas de *V. unguiculata* (13 %) (Arceo, 2006); 27 % en residuos agroindustriales de banano (Canché *et al.*, 2005); y resultados similares se reportan para paja de trigo con 32.64 %, sorgo dulce con 34.01 % de rendimiento (Princen, 2010) y 35-37 % en residuos de pino (*Abies alba*) (Popescu *et al.*, 2011), rendimientos mayores se reportan en jute 71.5 % (Young y Kirk, 2003).

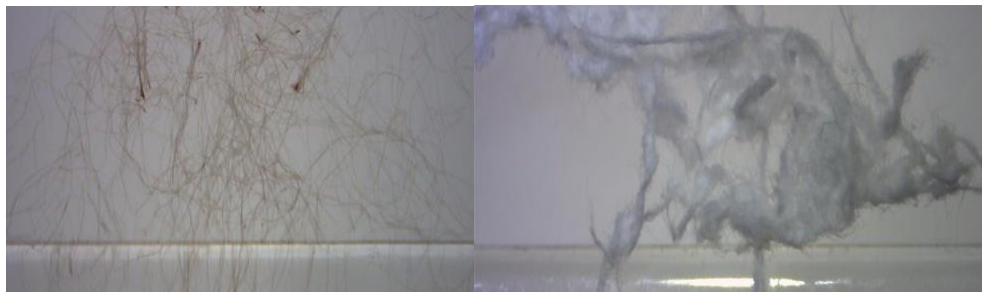


Figura 1. Muestras de a) kapok y b) celulosa extraída

En la Figura 1 podemos observar el cambio en la morfología y textura a través de las imágenes del estereoscopio, antes y después de ser sometida la muestra al tratamiento de hidrólisis ácida.

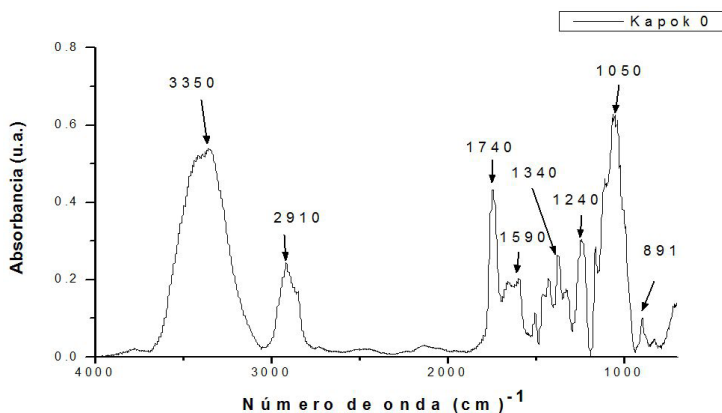


Figura 2. Interferograma de kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn)

En el Interferograma de la Figura 2 podemos observar las bandas principales de la muestra de kapok (no tratada), un pico a 3350 cm^{-1} , es atribuido a las vibraciones de estiramiento características de los enlaces O-H presentes en la celulosa, hemicelulosa y lignina (Popescu *et al.*, 2011; Dai y Fan, 2010; Moran *et al.*, 2008; Coates, 2000). La intensidad de la banda 2910 cm^{-1} es asignada a vibraciones de estiramientos de los enlaces C-H (Lu y Hsieh, 2010; Asfanas`ev *et al.*, 2007). El pico de 1740 cm^{-1} se relaciona con los enlaces C=O de cetona (pectinas y gomas)

presentes en la hemicelulosa (Dai y Fan, 2010; Moran *et al.*, 2007; Coates, 2000), mientras el pico de 1590 cm^{-1} es asignado al enlace C=C de las vibraciones de estiramiento de los anillos aromáticos de la lignina (Moran *et al.*, 2008 y Coates, 2000). El pico de 1360 cm^{-1} se atribuye a las vibraciones de flexión en el plano del enlace C-H correspondiente a celulosa y hemicelulosa (Dai y Fan, 2010). El pico 1240 cm^{-1} corresponde a vibraciones de estiramiento de C-O-C de Aryl-Alkyl Ether de la lignina y celulosa (Moran *et al.*, 2007). La banda 1050 cm^{-1} es atribuida a las vibraciones de flexión de los enlaces C-H de los anillos aromáticos (Coates, 2000) y por último la banda a 891 cm^{-1} corresponde al enlace C-H de los grupos aromáticos de la lignina (Moran *et al.*, 2008).

En la región de $3800\text{-}2700\text{ cm}^{-1}$ (Fig. 3), fuertes absorciones de estiramiento de enlaces de H (O-H) y prominentes absorciones de estiramiento de C-H fueron observadas. De igual forma se aprecia la disminución en los picos a 3470 cm^{-1} atribuida a grupos O-H, 1370 cm^{-1} y 1050 cm^{-1} asignadas a enlaces C-H de celulosas y hemicelulosas, debido probablemente a la hidrólisis efectiva de la hemicelulosa, así como la desaparición de la banda de 1740 cm^{-1} atribuida a los enlaces C=O de hemicelulosa y lignina demostrando así que se ha eliminado en gran parte la hemicelulosa y la lignina. Observándose mayormente los picos atribuidos a la celulosa obtenida.

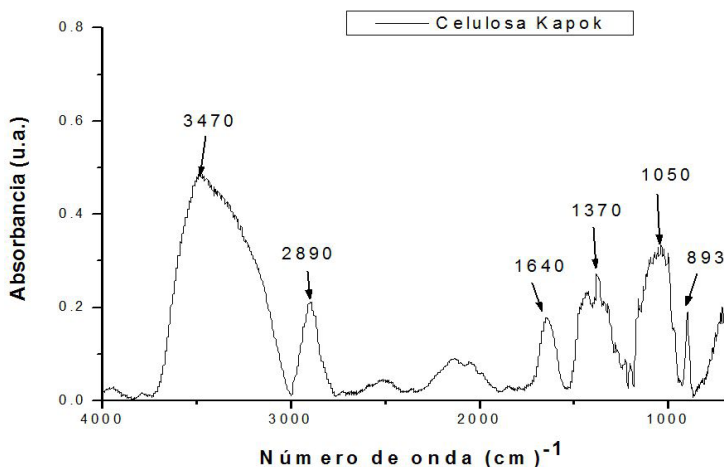


Figura 3. Interferograma de celulosa extraída de kapok

La cristalografía de rayos X fue usada para investigar la cristalinidad de las muestras antes y después de los tratamientos. Los difractogramas de la muestra de kapok y de la celulosa extraída se reflejan en las Figs. 4 y 5, respectivamente. El porcentaje de cristalinidad de estas muestras fue calculado basado en los análisis de Rayos-X por la Ec. (1) para ambos materiales, donde I_1 es el área amorfa bajo la curva y I_2 entre $2\theta=18^\circ$ y 22° . El pico observado, cercano a $2\theta=21.8^\circ$ es de celulosa Wang *et al.*, (2007), así como los picos a $2\theta=12.6^\circ$, 20.4° y 34.6° que son picos característicos correspondientes a la estructura de la celulosa I Visakh *et al.*, (2010); Isogai *et al.*, (1989).

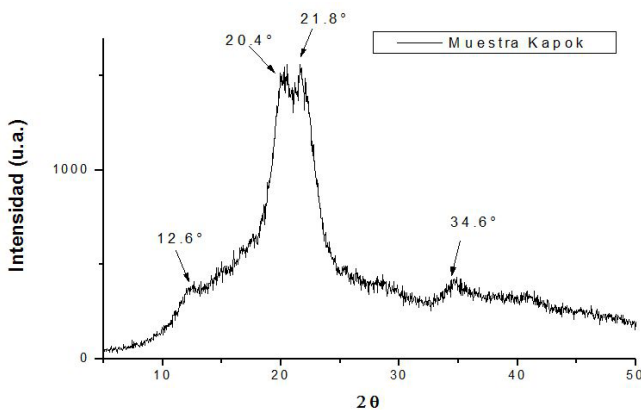


Figura 4. Difractograma de la muestra de kapok

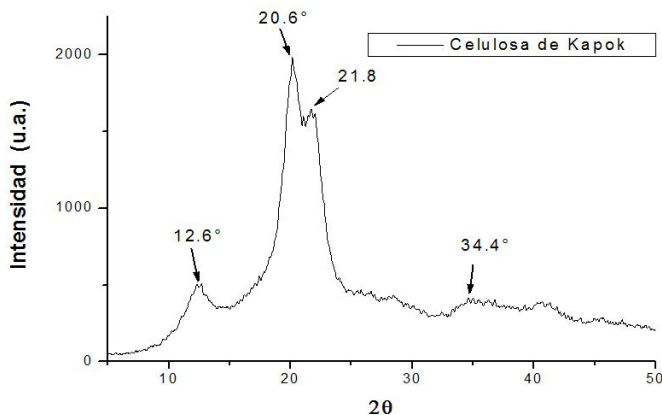


Figura 5. Difractograma de la celulosa extraída

En la figura 5 se muestra el difractograma de la celulosa y en base a los datos obtenidos a partir de dicho difractograma, se calculó que la cristalinidad tiene un valor de 50.6% para la celulosa, es menor al observado en la celulosa hidrolizada proveniente del hongo *Valonia ventricosa*, que puede ser hasta un 100% cristalina (Boisset, *et al.* 1999) y que la celulosa extraída del algodón, lino y ramio las cuales poseen una fracción cristalina en el rango del 60 al 70% (Gauthier *et al.*, 1998), pero es mayor al 40% reportado para la celulosa proveniente del henequén (Aguilar y Cruz, 1995) y 32% para celulosa obtenida a partir de *Vigna unguiculata* (Arceo, 2006). El porcentaje de cristalinidad obtenido por el tratamiento es mayor al de la muestra de kapok (36.8%), debido a que se han eliminado eficientemente con el tratamiento de hidrólisis ácida la mayor parte de lignina y hemicelulosas.

El tamaño promedio de los cristales de las muestras de kapok, obtenidos con la Ec. (2) fue de 1.9 nm (19 Å), y para la celulosa extraída el tamaño promedio de cristales fue de 2.7 nm (27 Å), estos valores son similares a los reportados para *Asplenium* (2.6 nm) (Newman, 1999) y ligeramente menores a los reportados por Arceo (2006) (3.0 nm), para *Vigna unguiculata*, 3.0 nm para Sisal, 3.3 nm para *Phormium*, 3.5 nm para *Eucalyptus* y 3.4 nm para jute (Newman, 1999).

De acuerdo con las pruebas de rayos-X sobre celulosa, esta no está formada solo por cristales perfectos. Como se puede observar de acuerdo a los datos obtenidos, la cristalinidad relativa a las muestras de celulosa se incrementó después del tratamiento ácido de las fibras. El tamaño de los cristales puede aumentar o disminuir por el efecto de los factores que afectan la cristalinidad (fuente, método de extracción y tratamientos posteriores a su extracción). Los cristales de celulosa de acuerdo a varios autores 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 Iβ estable con cristales monoclinicos.

CONCLUSIONES

Las fibras de kapok son un recurso renovable perfectamente viable para la producción de celulosa, mediante un tratamiento químico de hidrólisis ácida. Las características de la celulosa obtenida representan una fuente promisoría en la producción de biomateriales y en la industria del papel.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, S. Ramírez. Malagón, O. 1997. Extracción de fibras no leñosas: CABUYA (*Furcraea andina* Trel.) Y BANANO (*Musa paradisiaca* L.) para estandarizar un proceso tecnológico destinado a la elaboración de pulpa y papel. Revista Iberoamericana de Polímeros 8: 89-98.
- Aguilar, V.M., y Cruz, R.C. 1995. Properties of Henequen Cellulosic Fibers. Journal of Applied Polymer Science 56:1245-1252.
- Alexander, I.F.E. 1969. X-Ray Diffraction Methods in Polymer Science. John Wiley & Sons, Inc. New York, E.U. pp 198-215, 262-268,508.
- Arceo, V.E. 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. 5-29.
- Asfanas'ev, N.I., Prokshin, G. F., Lichutina, T.F., Gusakova, M. A., Vishnyakova, A. P., Surkhov, D. A. y Derkacheva, O. Yu. 2007. Effect of residual lignin on the supramolecular structure of sulfate hardwood cellulose: a Fourier IR study. Macromolecular Chemistry and Polymeric Materials 80: 1695-1698.
- Boisset, C.; Chanzy, H.; Henrissat, B.; Lamed, R.; Shohams, J. y Bayer, E. 1999. Digestion of Crystalline cellulose Substrates by the Clostridium thermo cellulum Cellulosome: Structural and Morphological Aspects. Great Britain. Biochemistry Journal. 340:829-835.
- Canché, G. De los Santos, J. M. Andrade, S. Gómez, R. 2005. Production of cellulose from banana plant agricultural waste. Información Tecnológica 16:83-88.
- Cazaurang, M. S. Peraza, and R. Cruz. 1990. Cellulose Chemistry and Technology, 1990, 24, p 629-638.
- Coates, J. 2000. Interpretation of infrared spectra, a practical approach. Encyclopedia of Analytical Chemistry. R. A. Meyers (Ed.) John Wiley & Sons Ltd, Chic ester (pp. 10815-10837).
- Cullity, B.D. 1978. Elements of X-Ray Diffraction, second edition, Addison- Wesley, New York.
- Dai, D. y Fan, M. 2010. Characteristic and Performance of Elementary Hemp Fibre. Civil Engineering Department, School of Engineering and Design, Brunel University, London, UK. Materials Sciences and Applications 1:336-342.
- Gauthier, R.; Joly, C.; Coupas, A.C.; Gauthier, H. y Escoubes, M. 1998. Interfaces in Polyolefin/Cellulose Composites: Chemical Coupling, Morphology,

-
- Correlation with Adhesion and Aging in Moisture. *Polymer Composites* 19:287-300.
- Hepworth, D. (2000). The Mechanical Properties of a Composite Manufactured from Non Fibrous Vegetable Tissue y PVA. *Composites. Part A.* 31:283–285.
- 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.
- Lu, P. y Hsieh, Y.L. (2010). Preparation and properties of cellulose nanocrystals: Rod, spheres, and network. *Carbohydrate Polymers* 82, 329-336.
- Mark, H.F., Bikales, N.M., Overberger, C.G. and Menges, G., 1986. *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*.Vol.3.Cellulose Structure and Properties. JohnWiley&Sons. New York. Pp. 116-117.
- Maya J y Sabu T. 2008. Biofibres and biocomposites. *Carbohydrate Polymers.* 71:343–364.
- Morán, J. I., Vera, A., Cyras, V.P. y Vázquez, A. 2008. Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers. *Cellulose* 15:149-159.
- Newman, R.H. 1999. Estimation of the lateral dimensions of cellulose crystallites using C NMR signal strengths. *Newman/Solid State Nuclear Magnetic Resonance. New Zealand* 15: 21–29.
- Ochse, J.J., Soule, Jr M.J., Dijkman M.J. y Wehlburg, C., 1980.Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales volumen I. Editorial Limusa. México .Pp. 1225-1232: 1536.
- 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* 988:65–72.
- Prinsen, P.2010. Composición química de diversos materiales lignocelulosicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS) Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).Pg. 2-29.
- Salvador, M.D. Amigo, V. Nuez, A. Sahuquillo, O. Llorens, R. Marti, F. 2008. Caracterización de fibras vegetales utilizadas como refuerzo en matrices termoplásticas. Instituto de Tecnología de Materiales, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia, España Instituto Tecnológico del Plástico - AIMPLAS, Valencia, España.
- 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.

-
- 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. *ApplCompos Mater* 14:89-103.
- Young, R.A y Kirk-Othmer. 2003. Encyclopedia of chemical technology. In: *Fibres, vegetable*, vol. 11. John Wiley & Sons.288 p.
- Zhang, X.Y. Duan, C.T. Zhao, N. Xiao, H. Shi, M.W. Zhang, X.L. 2010. Facile fabrication of large scale microtubes with a natural template-kapok fiber. *Chinese Journal Polymeric Science* 28:841-847.

Referencias informáticas

- F.B. 2014 .http://es.m.wikipedia.org/wiki/Fibra_natural. El contenido está disponible bajo la licencia CC BY-SA 3.0. Recuperado el 09 de enero 2014.

RESPUESTA DE GENOTIPOS DE SORGO DULCE A LA INFECCIÓN CON EL HONGO “ERGOT” (*Claviceps africana*) EN VERACRUZ.

RESPONSE SORGHUM SWEET GENOTYPES TO INFECTION WITH FUNGUS “ERGOT” (*Claviceps africana*) IN VERACRUZ.

Rodríguez EJG^{1*}, Uribe GS

¹INIFAP, Campo Experimental Cotaxtla (INIFAP), Medellín de Bravo, Veracruz.
Autor para correspondencia: rodriguez.gustavo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Veracruz se siembra el sorgo en el norte y en la Cuenca del Papaloapan, se tiene interés en evaluar genotipos para la obtención de bioetanol. Uno de los principales problemas que se ha presentado en Veracruz sobre la panícula en sorgos comerciales es el ergot, causado por el hongo *Claviceps africana*, que afecta la producción de semilla y se caracteriza por la presencia de gotas melosas. Se asocia a agobio causado por frío en prefloración en diciembre. Con el interés de mejorar la tecnología que permita la producción de sorgo dulce se desarrolló el presente trabajo con el objetivo de evaluar la incidencia de *C. africana* en sorgo dulce en 36 genotipos. En el Campo Experimental Cotaxtla se establecieron los genotipos comerciales en un diseño de bloques al azar y se evaluó la incidencia del ergot en etapa de floración y llenado de grano, en varias fechas, correspondientes a otoño-invierno (noviembre-abril). Los datos de incidencia del ergot en sorgo dulce se analizaron como bloques al azar con el programa SAS 9.2. El análisis de varianza para los datos de incidencia transformados, presentó diferencias altamente significativas, destacan 21 genotipos con mayor grado de tolerancia al hongo. En la comparación de medias con menor incidencia de *Sphacelia sorghi* destaca R B Cañero.

Palabras clave: *Claviceps africana*, gotas melosas.

INTRODUCCIÓN

La superficie sembrada de sorgo en México es de 2,012,338 ha, los principales estados que lo siembran son Tamaulipas, Guanajuato y Sinaloa con 977,404; 286,482 y 227,265 ha. Veracruz ha reducido su superficie y ocupa el décimo sexto lugar en superficie sembrada con 11,948 ha; la mayor superficie se siembra en el norte del estado en los municipios de Panuco con 8,373 ha respectivamente, la otra superficie en la Cuenca del Papaloapan: Jesús Carranza, San Juan Evangelista, Sayula de Alemán, Jaltipan y Cosamaloapan con 450, 400, 340, 250 y 250 ha (SIAP, 2013). Se han desarrollado sorgos de grano, forrajero, dulce y de alta biomasa, el sorgo dulce se usa para la producción de azúcar, jarabes y bioetanol en México (Chuck-Hernández *et al.*, 2011).

De los principales problemas del sorgo destaca el ergot, se presenta en época de frío en la panícula, ésta enfermedad es causada por el hongo *Claviceps africana* Frederickson, Mantle and De Milliano, con estado anamorfo o conidias de *Sphacelia surgii* McRae. Afecta principalmente la producción de semilla F1, cuando la fertilización se retrasa por algún motivo que altere la viabilidad del polen; debido a que el hongo infecta los ovarios no fertilizados. El principal síntoma de la enfermedad es la producción de gotitas transparentes, semejantes a las de miel, de las flores infectadas de la panícula, estas gotitas contienen numerosas esporas del hongo (conidias), su abundancia propicia que se derramen sobre el follaje y el suelo tornándose en manchas blancas y polvorientas sobre las hojas (Frederickson *et al.*, 1989; Velásquez-Valle *et al.*, 2001). El primer registro del ergot en México se origina de siembras de sorgo de Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz, en la primera semana de febrero de 1997. Afectó principalmente líneas androestériles (A) y restauradores (R) (Torres-Montalvo y Montes-García, 1997).

En Veracruz al igual que en otros estados del centro del país, cuando se siembra en épocas que predominan bajas temperaturas en la mañana, alta humedad relativa y en ocasiones lluvias, se considera que se puede incrementar la incidencia de éste hongo; la floración retrasada también favorece al hongo; las citadas condiciones se han registrado desde noviembre a febrero en floración en sorgo. Las fechas múltiples de siembra producen floración durante un más amplio periodo y la carencia de polen viable favorece la infección por el hongo. La supervivencia del hongo en hospederos como el Zacate Johnson también lo favorece. Para su control se han sugerido tres aplicaciones de fungicidas triazólicos, desde el estado de embuche hasta el final de la floración (Montes-García *et al.*, 2008; Rodríguez-Escobar y Uribe, 2014; Velásquez-Valle *et al.*, 2001).

En Veracruz, paralelo a la evaluación de 36 genotipos para obtención de etanol, se planteó el presente objetivo para obtener información de respuesta del hongo.

OBJETIVO

Evaluar la incidencia de *Claviceps africana* en 36 genotipos de sorgo dulce.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Investigación se realizó en el Campo Experimental Cotaxtla, ubicado en Veracruz, con latitud 18°50' norte y longitud 96°10' oeste, en el lote C-4. Se estableció el experimento bajo condiciones de riego.

El cultivo se sembró durante el ciclo otoño-invierno 2014-2015, en la primera semana de noviembre del 2014 se realizó la evaluación, en etapa de fructificación (estado lechoso).

Se establecieron 36 genotipos de sorgo dulce (cuadro 1), uno no desarrolló, por lo tanto se consideran 35 para evaluar. Cada uno de los 36 genotipos se colocó en cuatro repeticiones, Se sembraron dos hileras de 5 m de largo, a una distancia de 0.15 m entre plantas y de 0.80 m entre hileras. En cada repetición se dispuso de cuatro franjas de nueve genotipos en cada una, de este modo se desarrollaron los 36 genotipos en cada repetición. Las actividades de manejo del cultivo fueron las mismas para todos los tratamientos.

Cuadro 1

Genotipos de sorgo dulce sembrados en el Campo Cotaxtla

SBA22 X US 1	SBA22 X US 11	SBA25 X US 9	R B Cañero
SBA22 X US 2	SBA25 X US 1	SBA25 X US 10	Tanol 1
SBA22 X US 3	SBA25 X US 2	SBA25 X US 11	Tanol 2
SBA22 X US 5	SBA25 X US 3	SBA25 X Sureño	Candy
SBA22 X US 6	SBA25 X US 4	SBA 22 X Surero	SBA25 X TOPPER
SBA22 X US 7	SBA25 X US 5	SBA25 X DALE	SBA25 X THEIS
SBA22 X US 8	SBA25 X US 6	SBA 22 X DALE	SBA25 X RB Cañero
SBA22 X US 9	SBA25 X US 7	TOPPER 76.6	SBA 22 X RB Cañero
SBA22 X US 10	SBA25 X US 8	g star 501	DULCE

El ergot del sorgo (*Claviceps africana*) solo es evidente en el momento de llenado de grano (floración), por ello se diagnosticó primero su presencia en la mayoría de los genotipos y después se procedió a evaluar.

En cada genotipo, para cada repetición, se evaluaron 40 panículas, en los surcos centrales, se identificó la ausencia o presencia de signos del ergot: gotas transparentes, mielosas y/o estructuras carbonosas. Se tomaron muestras representativas para diagnóstico al microscopio compuesto a 40x. Se usaron dos contadores manuales, en uno se contabilizaron las 40 panículas y en otro solo las panículas que presentaron síntomas de ergot. Posteriormente los datos de incidencia se transformaron a una escala de porcentaje. Para apreciar la visualización correcta de los síntomas solo se evaluó hasta antes de las 12 del día.

Para el análisis de los datos se usó un diseño estadístico de bloques al azar, con 35 genotipos y cuatro repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los signos de la enfermedad se presentaron a partir de la segunda quincena de diciembre en las panículas de sorgo de los genotipos más susceptibles.



Figura 1: Síntoma típico de *Claviceps africana*: gotas blancas, transparentes y oscuras (1) en la panícula. Conidias de *Sphacelia sorghi*, procedente de gota de miel, a 40X (2). Las gotas de miel al caer sobre el follaje causan manchas blancas, secas, costrosas (3).

Se realizó el análisis de varianza (ANVA) para los datos de incidencia con transformación y la comparación de medias se desarrolló por Tukey. El ANVA presentó diferencias altamente significativas con un coeficiente de variación (C.V.) de 29.56 (cuadro 2).

Los datos obtenidos de las evaluaciones de panículas afectadas al momento del muestreo se modificaron, la incidencia fluctuó de 0 a 100 %, como se presentaron algunos ceros, a la transformación se le adicionó uno (1), de este modo se transformaron por la raíz cuadrada de la incidencia en porcentaje (n) más uno: $\sqrt{(n + 1)}$. La variable dependiente fue la incidencia en porcentaje.

Cuadro 2

Análisis de varianza para datos de incidencia de ergot con transformación

Fuente De variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de f	Pr > f
TRATAMIENTO	34	907.4599798	26.6899994	10.40	<0.0001
BLOQUE	3	44.72608415	14.9086948	5.81	0.0011
ERROR	102	261.886215	2.567512		
TOTAL	139	1214.072280			
CORREGIDO					
R-cuadrada	0.784291	Coeficiente de variación	29.56095		

F = F calculada; C.V. (%)= Coeficiente de variación; **, altamente significativo; ns= no significativo (Tukey, $p \leq 0.05$, 0.01).

De la comparación de medias se observa un grupo de 21 genotipos que tienen igual tolerancia al ergot, con similitud de mayor tolerancia respecto a los otros 14 genotipos. Después de realizar la comparación de medias, para los datos de incidencia transformados, se obtuvo el genotipo R B Cañero como el más sobresaliente, para la menor cantidad de panículas afectadas (cuadro 3).

Cuadro 3

Comparación de medias para datos de incidencia de ergot con transformación

GENOTIPO		GRUPOS ESTADÍSTICOS	
28	R B Cañero	1.25a	
23	SBA 22 X Surero	4.63a	
22	SBA25 X Sureño	3.75a	
18	SBA25 X US 8	7.50a	
8	SBA22 X US 9	7.23a	
31	Candy	8.13a	
14	SBA25 X US 4	9.63a	
6	SBA22 X US 7	9.38a	
17	SBA25 X US 7	14.45a	
27	g star 501	13.13a	
24	SBA25 X DALE	13.75a	
13	SBA25 X US 3	19.70a	
7	SBA22 X US 8	23.13a	
1	SBA22 X US 1	22.50a	
5	SBA22 X US 6	17.63a	
3	SBA22 X US 3	21.88a	
19	SBA25 X US 9	20.00a	
30	Tanol 2	24.38a	
25	SBA 22 X DALE	22.50a	
11	SBA25 X US 1	25.00a	
16	SBA25 X US 6	30.63a	
29	Tanol 1	40	63b
26	TOPPER 76.6	50	00b
34	SBA25 X RB Cañero	46	25c
32	SBA25 X TOPPER	49	45d
35	SBA 22 X RB Cañero	57	50e
9	SBA22 X US 10	59	38f
33	SBA25 X THEIS	66	88g
20	SBA25 X US 10	77	18h
4	SBA22 X US 5	79	38i
2	SBA22 X US 2	78	75j
12	SBA25 X US 2	84	38k
10	SBA22 X US 11	89	50l
21	SBA25 X US 11	98	13l
15	SBA25 X US 5	99	38m

Valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes.

De acuerdo a las evaluaciones realizadas en esta segunda investigación, durante el 2014, se observa que el “ergot” persiste por segundo año en el Campo Cotaxtla (Figura 1), en este año se presentó en diciembre, al inicio de la época de frío, al igual que lo registrado por otros investigadores (Rodríguez-Escobar y Uribe, 2014; Velásquez-Valle *et al.*, 2001), no obstante que durante 17 años se dejó de sembrar sorgo en este sitio (Torres-Montalvo y Montes-García, 1997).

El análisis de varianza (ANVA) para los datos de incidencia transformados presentó diferencias altamente significativas para los genotipos, con un coeficiente de variación (C.V.) de 29.5 (Cuadro 2). En la comparación de medias destaca un grupo de 21 genotipos de sorgo con menor incidencia de la enfermedad (Cuadro 3), de ellos sobresale el R B Cañero con la menor incidencia de conidias de *Sphacelia sorghi*, similares resultados se presentaron en el Campo Cotaxtla el año anterior, para este genotipo (Rodríguez-Escobar y Uribe, 2014). No obstante lo anterior dos cruza con R B Cañero presentaron menor tolerancia al hongo. El genotipo R B Cañero, en estudios realizados en Veracruz, no destaca de otros materiales por su altura o peso, ni por su contenido de grados brix, al ser sembrado en septiembre u octubre (Uribe *et al.*, 2013), no obstante lo anterior en esta investigación destaco por su tolerancia al hongo en estudio.

La incidencia del hongo en los 35 genotipos manifiesta que ninguno mostró resistencia al ergot, lo cual ha sido manifestado por Montes-García *et al.* (2008), al respecto de que no existen materiales resistentes a este patógenos y lo prudente es buscar alternativas de escape o genotipos con una relativa tolerancia, como la presentada en el cuadro 3 por los 21 materiales de sorgo con menor incidencia del hongo.

CONCLUSIONES

Por segundo año consecutivo se presentó el hongo *Sphacelia sorghi* en diciembre. Los genotipos evaluados no presentaron resistencia al ergot. Sin embargo se presentó un grupo de 21 materiales con buena tolerancia, de los cuales destaca R B Cañero.

LITERATURA CITADA

- Frederickson, D. E.; Mantle, P. G. y De Milliano, W. A. J. 1989. Secondary conidiation of *Sphacelia sorghi* on sorghum, a novel factor in the epidemiology of ergot disease. *Mycological Research* 93: 497-502
- Montes-García, N.; Williams-Alanís, H.; Prom, L. K.; Isakeit, T.; Odvodi, G.; Narro-Sánchez, J. y Ronney, W. L. 2008. Disease severity and susceptibility of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) to infection by *Claviceps africana* Frederickson, Mantle and de Milliano in Mexico and United States of America. *Revista Mexicana de Fitopatología* 26: 121-126
- Rodríguez-Escobar, J. G. y Uribe, G., S. 2014. Evaluación del ergot (*Claviceps africana*) en genotipos comerciales de sorgo dulce en Veracruz. III Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical y XXVI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2014. Pp. 57-61
- SIAP. 2013. Estadísticas de sorgo. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) <http://siap.gob.mx/> Consultado el 28 de junio de 2015.
- Torres-Montalvo, J. H. y Montes-García, N. 1997. Sorghum ergot in México. In: *Proceedings Global Conference on ergot of sorghum*. June 1-8, EMBRAPA. Sete Lagoas, Brazil. Pp. 101-108
- Uribe G., S.; Montes G., N. y Rebolledo G., R. L. 2013. Exploración de respuesta de la fecha de siembra en la producción de sorgo dulce como materia prima para la obtención de bioetanol en Veracruz. II Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical y XXV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2013. Pp. 133-139
- Velásquez-Valle, R.; Narro S. J. y Torres M. H. 2001. Diseminación inicial del cornezuelo (*Claviceps africana*) de sorgo en México. *Rev. Mexicana de Fitopatología* 19(1): 100-103

Biotecnología

EFFECTO DE LA ESCARIFICACION SOBRE LA GERMINACION *in vitro* DE SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE *Lupinus*

¹García HJG*, ¹Del Rivero BN, ¹Espinosa LLC, ²Azpeitia MA y ³Díaz RR.

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n. Col. Río Seco y Montaña, Cárdenas, Tabasco, CP 86500, Tel. (937)3722386.

²Laboratorio de Biología Molecular, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas. ³Km. 125.5 carretera federal México-Puebla, Boulevard Forjadores de Puebla, Santiago Momoxpan, C.P. 72760. Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla.

Autor para correspondencia: rmidya@colpos.mx.

RESUMEN

El género *Lupinus*, pertenece a la familia Fabaceae, en México existe una gran diversidad de especies. Para realizar estudios de estas especies, mediante el cultivo de tejidos es necesario tener disponible suficiente material vegetativo. Es necesario que la respuesta de germinación sea alta, ya que, las semillas de esta especie presentan principalmente dormancia física debido a la impermeabilidad de la testa. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la escarificación química sobre la respuesta de germinación. Se emplearon tres tiempos de inmersión (20, 30 y 40 minutos), semillas de tres especies de *Lupinus* (*L. campestris*, *L. exaltatus* y *L. montanus*). Se evaluó la variable porcentaje de germinación a los 7 días de cultivo a la emisión de la radícula. Los resultados mostraron que el mejor tiempo de inmersión para la escarificación fue de 30 minutos para *L. campestris* y *L. exaltatus* y de 40 minutos para *L. montanus*. La mejor respuesta en la germinación se obtuvo para *L. campestris* (67 %), *L. exaltatus* (65 %) y *L. montanus* (18 %). No se observaron daños causados por el ácido sulfúrico en los embriones de las semillas.

Palabras clave: (biodiversidad, cultivo de tejidos, dormancia, Fabaceae)

INTRODUCCIÓN

Lupinus es un género complejo que pertenece al orden Fabales, la familia Fabaceae y tribu Genistae, ampliamente extendido a nivel mundial. Presenta una rica diversidad de especies que se dividen en dos grandes grupos: 12 especies del Mediterráneo en el norte y el este de África en el “Viejo Mundo” y las especies de América del Norte y del Sur en el “Nuevo Mundo”. Este último grupo comprende el mayor número de especies de *Lupinus* (Gladstone, 1998). No existe un número exacto de taxa de este género, Clements *et al.* (2005) mencionan al menos 600, aunque Planchuelo (1999) indica alrededor de 1700 especies. En México, las especies silvestres de este género se distribuyen en la mayor parte del territorio nacional, con una alta concentración en la sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico Transversal (Ruiz-López *et al.*, 2000). México alberga una alta diversidad de especies de *Lupinus*. Sin embargo, las especies mexicanas no tienen usos como fuente de proteínas debido a sus alto contenido tóxico/amargo de alcaloides quinolizidicos (QA) (Bermúdez-Torres *et al.*, 2009).

Los lupinos son plantas angiospermas cuya característica distintiva es su fruto llamado legumbre; es decir, vainas que se abren longitudinalmente en dos valvas, a lo largo de dos suturas; por lo que reciben el nombre de leguminosas. Son herbáceas leñosas, de ciclo anual, bianual o perenne, con flores multicolores y vainas (Duranti *et al.*, 2008). Cuando se trata de semillas, una respuesta de alta germinación es deseable. Sin embargo, se ha informado que *Lupinus*, y varias otras legumbres, muestran latencia física, asociado al endurecimiento de la cubierta de la semilla, por lo que es impermeable tanto, a el agua y el oxígeno (Rodríguez y Rojo, 1997). Existen diversos métodos de escarificación para romper la dormancia física, entre éstos; los más habituales son la química y los mecánicos. Debido a lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la escarificación química en la respuesta de la germinación para tres especies de *Lupinus* que podrían servir como material inicial para el establecimiento aséptico de cultivos de células y tejidos *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubicó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos del Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados. El estudio se realizó de Junio de 2013 a octubre de 2014.

Material biológico

Las colectas en campo se realizaron en la región de los Valles de Libres y de Serdán, Puebla, en agosto de 2012 y se colectaron vainas maduras y secas de tres variedades de *Lupinus* (*L. campestris*, *L. montanus* y *L. exaltatus*).

Evaluación del tiempo de escarificación sobre la respuesta de germinación

Para la escarificación se evaluaron tres tiempos de inmersión (20, 30 y 40 min) con ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98% y tres especies de *Lupinus* (*L. campestris*, *L. exaltatus* y *L. montanus*) y un testigo sin escarificar para cada especie (Figura 1).

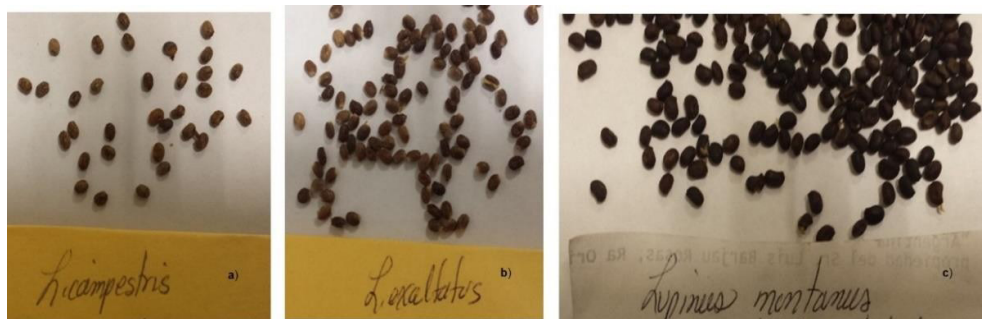


Figura 1. Semillas de *Lupinus*. a) *L. campestris*, b) *L. exaltatus* y c) *L. montanus*, empleadas como explantes iniciales para evaluar el efecto de la escarificación sobre la respuesta de germinación bajo condiciones *in vitro*.

Después de escarificadas las semillas fueron lavadas tres veces con agua destilada estéril antes de colocarlas en el medio de cultivo basal (MS) propuesto por Murashige y Skoog (1962) que contenía los macronutrientes y los micronutrientes completos, se adicionaron $100,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de mioinositol, 30 g.L^{-1} de sacarosa. El pH se ajustó a 5.8.

Se utilizaron tubos de ensayo con capacidad de 100 mL a los cuales, se le agregaron 10 mL de medio de cultivo. Como agente gelificante se utilizó el Agar Agar® (Sigma) a razón de 5.0 g.L^{-1} . La esterilización se realizó en autoclave a una temperatura de 121°C y $1,2 \text{ kg.cm}^{-2}$ de presión, durante 15 min.

Siembra e incubación

Las semillas escarificadas para la germinación se colocaron en la cámara de crecimiento marca Thermo Scientific (Estados Unidos de Norteamérica), la cual se programó a una temperatura constante de 20 °C/15 °C y con un fotoperiodo de 14 h luz y 10 h oscuridad.

Los experimentos para germinación fueron repetidos tres veces.

Variables evaluadas y análisis estadístico

Cada tratamiento estuvo compuesto por 20 réplicas (tubos de ensayo) en los cuales se colocó una semilla. A los 15 días de cultivo se evaluó la siguiente variable:

- Número de semillas germinadas (expresado en porcentaje)

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado. Los datos experimentales de las variables evaluadas, se procesaron estadísticamente mediante un análisis de varianza de clasificación factorial. La comparación de las medias se efectuó según la prueba de DMS, con un nivel de significación de 0,05. El software que se empleó fue el Statgraphics versión 16.1.15 para ambiente del sistema operativo Windows de Microsoft®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del tiempo de escarificación sobre la respuesta de germinación

La interacción fue significativa, el tiempo de inmersión afectó la germinación de las semillas de las tres especies de *Lupinus* evaluadas. Los tratamientos estudiados mostraron diferencias significativas entre ellos. Para *L. campestris* el tratamiento de escarificación con 20 minutos la germinación fue baja, la mejor respuesta fue se obtuvo en el tratamiento de escarificación con 30 minutos de inmersión cuando se incrementó el tiempo de inmersión a 40 minutos la germinación disminuyó. La misma tendencia se pudo observar para *L. exaltatus*. Mientras que, *L. montanus* en el tratamiento con 20 minutos de inmersión no se obtuvieron semillas germinadas, a los 30 minutos de inmersión se obtuvo un porcentaje de germinación bajo, cuando se

incrementó el tiempo de inmersión a 40 minutos para la escarificación la tendencia fue a incrementar el porcentaje de germinación (Figura 1).

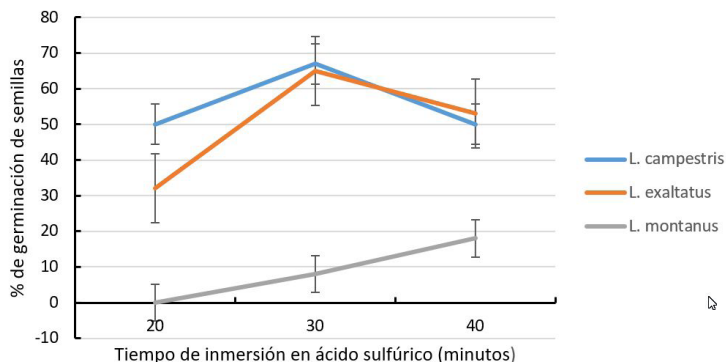


Figura 1. Porcentaje de germinación de tres especies de *Lupinus* después de la escarificación en diferentes tiempos de inmersión en ácido sulfúrico.

Esto pudo ser debido a que las tres especies de *Lupinus* estudiadas presentan diferencias en cuanto al grosor de la semilla y porcentaje de la testa, *L. campestris* presenta 0.20 cm y 33.2 %, *L. exaltatus* 0.19 cm con 21.3 % y *L. montanus* 0.28 cm y 24.0 %. Esto indica que las semillas de las diferentes especies de *Lupinus* silvestres estudiadas tienen testas duras o poco permeables, lo que influye en la latencia que presentan y limita su desarrollo agronómico (Pablo-Pérez *et al.*, 2013). Generalmente los lupinos que presentan una testa dura requieren de tratamientos para inducir germinación (Clements *et al.*, 2005). En *L. montanus* se requiere de la aplicación de ácidos fuertes para el ablandamiento de la testa e inducir la germinación (Acosta y Rodríguez, 2005).

Las semillas de *Lupinus* sin escarificar (testigo) para cada especie no mostraron germinación. Al aplicar el tratamiento de escarificación cuando se incrementó el tiempo de inmersión a 30 minutos la germinación para *L. campestris* fue de 67 % y cuando aumentó el tiempo de inmersión a 40 minutos la germinación disminuyó. La misma tendencia se observó para *L. exaltatus*, la mejor respuesta en la germinación fue de 65 %. Sin embargo, para *L. montanus* la germinación fue baja, en el tiempo de inmersión más bajo no se observó germinación, cuando se fue incrementando el tiempo de inmersión la germinación aumentó de 8 % hasta 18 % (Figura 2). Esto demuestra que las semillas de las especies estudiadas tienen testas

duras o poco permeables, lo que influye en la latencia que presentan. *L. campestris* y *L. exaltatus* presentaron los mayores porcentajes de germinación entre las especies evaluadas. Métodos alternativos como la escarificación química son utilizados para debilitar la testa y permitir la imbibición; lo que, puede romper la dormancia física de las semillas de lupino (Acosta y Rodríguez, 2005).

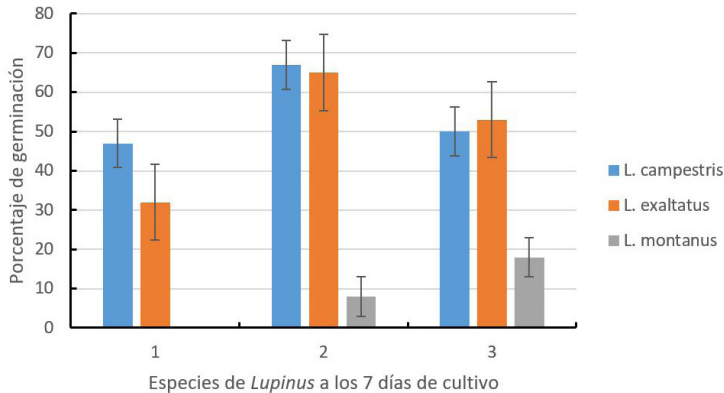


Figura 2. Porcentaje de germinación de tres especies de *Lupinus* a los 7 días de cultivo en medio semisólido MS.

Al obtener bajos porcentajes de germinación se puede observar que la viabilidad de las semillas era baja, en este estudio no se realizaron pruebas de viabilidad a las semillas de las especies de *Lupinus* evaluadas, estas tenían un año de colectadas, lo que coincide con Hernández *et al.* (2008) señalando que la viabilidad de las semillas baja un 3.1 % por año.

El porcentaje de germinación de las semillas evaluadas fueron más bajos cuando se empleó escarificación química que cuando se utilizó escarificación mecánica (incisión en la testa) (Pablo-Pérez *et al.*, 2013). Esto pudo ser debido a que el ácido debilitó la testa y afectó el embrión. Sin embargo, Acosta y Rodríguez (2005) reportaron que la escarificación química fue un método eficiente para romper la dormancia física de las semillas. Resultados en este estudio corroboran reportes de otros autores. Martínez *et al.* (2008) obtuvieron mayor porcentaje de germinación a mayor tiempo de escarificación química. No obstante, Hernández *et al.* (2008) encontraron bajos porcentajes de germinación cuando incrementaron la escarificación con ácido sulfúrico concentrado. No se observaron daños a los embriones de las semillas en los tratamientos evaluados (Figura 3).

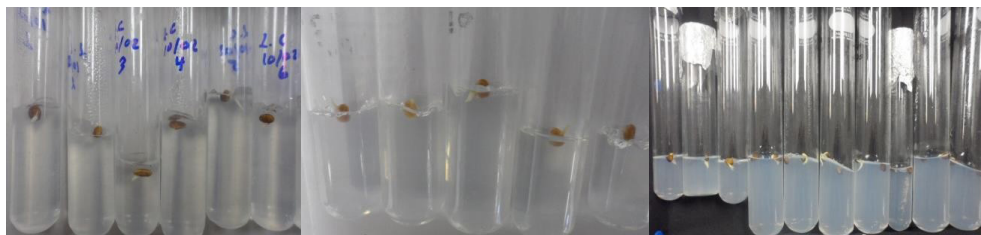


Figura 3. Evaluación visual de semillas después de los tratamientos de escarificación: a) escarificación química 30 min para *L. campestris*, b) escarificación química 30 min para *L. exaltatus* y c) escarificación química 40 min para *L. montanus*.

CONCLUSIONES

La escarificación química promovió la germinación de forma diferente entre las especies. *L. campestris* alcanzó 67 % y *L. exaltatus* 65 % de germinación. Mientras que, *L. montanus* obtuvo el valor más bajo 18 %.

El mejor tiempo de inmersión en ácido sulfúrico para la escarificación fue de 30 minutos para *L. campestris* y *L. exaltatus*. Para *L. montanus* fue con 40 minutos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACyT: proyecto CB-2012-01-181428) y a la Línea Prioritaria de Investigación Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos del Colegio de Postgraduados por el apoyo económico para la realización del presente estudio.

LITERATURA CITADA

- Acosta, P. J. and T. Rodríguez, D.A. 2005. Factors Affecting Germination and Pregerminative Treatments of *Lupinus montanus*. *Seeds*, 30(9):576-579.
- Bermúdez–Torres, K., J. Martínez, B. R. Figueroa, M. Wink y L. Legal. 2009. Activity of quinolizidine alkaloids from three Mexican *Lupinus* against the lepidopteran crop pest *Spodoptera frugiperda*. *BioControl*, 54:459-466.

-
- Clements, J. C., M. Dracup., B. J. Buirchell and C. G. Smith. 2005. Variation for seed coat and pod wall percentage and other traits in a germplasm collection and historical cultivars of lupins. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(1):75-83.
- Gladstones, J.S. 1998. Distribution, origin, taxonomy, history and importance.
- Duranti M., Consonni A., Magni Ch., Sessa F. and Scarafoni A. 2008: The major proteins of lupin seed: Characterization and molecular properties for use as functional and nutraceutical ingredients. *Trends in Food Science and Technology*, 19:624-633.
- Hernández F. E., M. Rivera, R. K., H. Ramos, O. J., P. Salinas, F. del C., M. Rodríguez, M. and T. Bermúdez, K. 2008. Effect of scarification treatments on germination of *Lupinus montanus* HBK Seeds. IN J.A. Palta and J.B. Berger (eds). 2008. '*Lupins for Health and Wealth*' Proceedings of the 12th International *Lupin* Conference, 14-18 Sept. 2008, Fremantle, Western Australia. International *Lupin* Association, Canterbury, New Zealand. ISBN 0-86476-153-8.
- Martínez, J. M., D. A. Rodríguez T., E. Guizar N. y R. Bonilla B. 2008. Escarificación artificial y natural de la semilla de *Lupinus bilineatus* Benth. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(2):73-79.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15:473-497.
- Pablo-Pérez, M., Lagunes-Espinoza LC., López-Upton J., Ramos-Juárez J y Aranda-Ibáñez, E. 2013. Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus silvestres*. *Bioagro*, 25(2):101-108.
- Planchuelo, A.M. 1999. Biodiversity of lupins in South America. In G. Hill, *A crop for the Next Century*. Proc. VIII Int. Lupin Conf: 394-400. Lincoln Univ., New Zealand. ISBN 0-86476-118-X
- Rodríguez, D.A., y C. Rojo. 1997. Estudio de la semilla del arbusto *Lupinus montanus* H. B. K. (Leguminosae). *Rev. Chapingo. Serie: Ciencias Forestales*, 3:39-45.
- Ruiz-López, M.A., M.R. Rodríguez y S. Navarro. 2006. Evaluación químico nutricional de *Lupinus exaltatus* Zucc. del Nevado de Colima, México, como fuente potencial de forraje. *Interciencia*, 31(10):758-761.

EXPRESIÓN TRANSITORIA DE UNA PROTEÍNA DE AMARANTO EN FRUTOS Y HOJAS DE PLANTAS MODELO

TRANSIENT EXPRESSION OF AMARANT PROTEIN IN FRUITS AND LEAVES OF MODEL PLANTS

Sánchez OMA¹, Tellez VEC¹, Morales CJI¹, Vázquez PRE, López MS, Castillo HD¹, Arroyo BA¹, de Folter S², Luna SS¹, Rosas CFF^{1*}

¹CIBA-IPN, Unidad Tlaxcala, Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala C.P. 90700, México. ²LANGEBIO, CINVESTAV-IPN, Km. 9.6 Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León, CP 36821, Irapuato, Guanajuato, México.

Autor para correspondencia:fatyrosas@hotmail.com

RESUMEN

La proteína globulina 11S se caracteriza por estar presente exclusivamente en las semillas de los cultivos. En la semilla de amaranto la globulina 11S denominada amarantina, es la proteína más abundante y se ha establecido como un modelo interesante como proteína funcional, además de considerarse una proteína promotora de la salud humana. Se ha demostrado que esta proteína no es alergénica y actualmente se ha realizado la expresión de esta proteína en *E. coli* y plantas de tabaco y maíz. Sin embargo, para la expresión de amarantina en plantas, se ha utilizado la transformación genética estable, lo que requiere un largo proceso. Como una alternativa a la expresión de genes foráneos en plantas, se ha planteado la expresión transitoria mediada por agroinfiltración o agroinyección. La transformación transitoria proporciona una potente herramienta para estudiar la función de genes *in vivo*, evitando los inconvenientes que típicamente afectan a los protocolos de transformación estables, tales como la eficiencia de transformación, la selección de transformantes y regeneración. El objetivo de este trabajo fue expresar de forma transitoria la amarantina en tejidos de plantas modelo. Para ello, se realizó la construcción para sobreexpresión de amarantina en plantas y se utilizó la agroinfiltración para la expresión transitoria en frutos de tomate y hojas de tabaco. La proteína fue monitoreada por análisis tipo *Western blot* y *Dot-blot* a diferentes

días pos-infiltración, lo que demostró la expresión de la amarantina en diferentes tejidos.

Palabras clave: Expresión transitoria de proteínas, Western blot, Dot blot, amarantina

INTRODUCCIÓN

El amaranto ha tenido un gran impacto social y cultural desde la era prehispánica y en la actualidad se le ha catalogado como uno de los alimentos más completos. Las propiedades nutraceuticas del amaranto apuntan a varias sustancias activas. Algunas de estas sustancias como son algunos fragmentos proteicos, parecen actuar de manera acordada, con otros componentes de este alimento, en la prevención de enfermedades como la diabetes e hipertensión. Sin embargo, el amaranto es una planta poco explotada como alimento y como cultivo de valor comercial. Un mejor conocimiento y divulgación sobre las propiedades únicas del amaranto podría contribuir a la reducción de problemas de salud a través de la producción a gran escala de proteínas con alto valor nutricional.

Las globulinas 11S son codificadas por una pequeña familia de genes y son las proteínas de almacenamiento predominantes en las semillas de dicotiledóneas, un gran grupo de plantas con flores, incluidas las principales variedades de cultivo de importancia agronómica. Los estudios de ingeniería de proteínas han girado en torno a la modificación de sus propiedades funcionales y nutricionales. En el caso de la globulina 11S de amaranto conocida como amarantina (proveniente del amaranto, *Amaranthus hypochondriacus*), se ha observado que posee grandes cantidades de aminoácidos esenciales, además de que se han identificado algunos péptidos bioactivos en su secuencia (Silva-Sanchez *et al.*, 2008). Las globulinas 11S de varias especies de plantas incluyendo *Glycine max*, *Amaranthus hypochondriacus* y *Brassica napus* han sido expresadas en *E. coli* (Barba de la Rosa *et al.*, 1992; Medina Godoy *et al.*, 2004; Prak *et al.*, 2005; Carrasco-Pena *et al.*, 2013). Sin embargo, una limitante en bacterias es la insuficiente acumulación de las proteínas *in vivo* debido a su inapropiado plegamiento y/o reducida estabilidad, así como la probabilidad de contaminación en la línea de producción o producto final con microorganismos patógenos o toxinas bacterianas. Por lo que una alternativa en la ingeniería de proteínas es el uso de plantas. La expresión de amarantina se

ha realizado en semillas de maíz y tabaco y ha resultado en un incremento en el contenido de proteína en la semilla (Rascón-Cruz *et al.*, 2004; Valdez-Ortiz *et al.*, 2005). Sin embargo se ha recurrido a la transformación genética estable, lo cual requiere tiempos prolongados para su producción.

Actualmente, se ha demostrado que la expresión transitoria es efectiva en diferentes especies de plantas dentro de las que se incluyen tabaco (Sheludko *et al.*, 2007), uva (Santos-Rosa *et al.*, 2008), lechuga y tomate (Wroblewski *et al.*, 2005). La cual puede considerarse una herramienta viable para el uso de las plantas como biorreactores. La expresión transitoria a través de la agroinfiltración es un procedimiento relativamente simple, la mayor demanda de tiempo la requiere la clonación y la construcción del vector. El método utilizado para la expresión transitoria es la agroinfiltración. La agroinfiltración involucra la introducción de *A. tumefaciens* en hojas u órganos de interés. Permitiendo el subsecuente monitoreo de la expresión transitoria del transgen entre el tejido infiltrado durante los días próximos (Sparkes *et al.*, 2006). Basados en esto, se propuso expresar de forma transitoria la amarantina en plantas de tabaco y tomate y probar la posibilidad de utilizar la expresión transitoria como una herramienta para la producción de proteínas en plantas para el consumo humano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Amplificación y clonación de la amarantina. Para el diseño de las construcciones de sobreexpresión, se analizaron las secuencias de los genes seleccionados partir de las cuales, se diseñaron los oligonucleótidos FW y RV necesarios para amplificar un fragmento de aproximadamente 1469 pares de bases para el gen de amarantina. Los fragmentos se amplificaron mediante PCR utilizando como molde cDNA obtenido a partir de DNA plasmídico del vector de expresión de amarantina para *E coli*. Un fragmento de 1469 pb fue amplificado por PCR usando y clonado en el vector pENTR-D-TOPO (Invitrogen Carlsbad, CA, USA). La construcción fue verificada por digestión enzimática y secuenciación. El vector obtenido fue recombinado con el vector pB7WG2D (Karimi *et al.*, 2002) usando el sistema GATEWAY (Invitrogen). Las clonas positivas fueron confirmadas por PCR y análisis de restricción. *Agrobacterium tumefaciens* fue transformada con la construcción de amarantina por electroporación.

Expresión transitoria de la amarantina en plantas. Se sembraron y mantuvieron plantas de tabaco y tomate en el invernadero en condiciones semicontroladas. Se creció un cultivo de *A. tumefaciens*; con el vector de sobreexpresión de amarantina durante la noche a 28°C en 50 ml de medio LB suplementado con rifampicina (25 mg/l) y espectinomomicina (100 mg/l) para selección, el cultivo se creció hasta una densidad óptica de 0.6. Los cultivos fueron recuperados por centrifugación, resuspendidos en medio de infiltración (2 mM MgSO₄, 10 mM MES, 200 mM acetosiringona, pH 5.6) hasta obtener una D.O de 0.4 y crecidos a temperatura ambiente por 2 h con agitación suave. La expresión transitoria en jitomate se realizó por agroinyección con el protocolo de Orzaez *et al.* (2006) con algunas modificaciones. Plantas de jitomate *Solanum lycopersicum* cv Micro Tom, fueron usadas para la infiltración. La solución fue colectada con una jeringa e inyectada en los frutos. Frutos de jitomate verdes de tamaño máximo antes de iniciar la maduración, fueron infiltrados usando una jeringa de 1 ml (Plastipak). La aguja fue introducida 3 o 4 mm de profundidad en el tejido del fruto a través de estilo e inyectada la solución de transformación gentilmente en el fruto. El progreso del proceso de inyección fue seguido por un ligero cambio en el color del área infiltrada. La expresión transitoria en tabaco se realizó por el método de Sparkes *et al.* (2006). Las plantas de tabaco se dejaron crecer hasta tener entre 5 y 8 hojas. Las plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum*) fueron usadas para la infiltración. La solución fue infiltrada con una jeringa sin aguja de 1 ml (Plastipack) por presión en la parte adaxial de las hojas. Se observó cambio de coloración de la parte de hoja infiltrada, varias hojas de una misma planta fueron infiltradas y marcadas por la parte abaxial.

Extracción y cuantificación de proteína. Los frutos y hojas fueron colectados a los 1, 3, 5, y 15 días post-infiltración y almacenados a -80°C hasta su análisis. Tejidos sin infiltrar de tomate y tabaco fueron colectados y utilizados como control negativo. La extracción de proteínas se hizo de 0.5 g de tejido previamente molido y congelado con nitrógeno líquido. Se homogenizó por 2 min con 1 ml de buffer de extracción frío (0.1 M Tris-HCl, 0.3 M NaCl, pH 8.0), se reposó en hielo 2 min y se agitó nuevamente 2 min. Se procedió a centrifugar a 12 000 rpm durante 10 min y se precipitó la proteína con sulfato de amonio (85 % de saturación), toda la noche a 4°C, posteriormente se centrifugó a 12 000 rpm durante 10 min a 4°C. La proteína se cuantificó por el método de BSA y se analizó en geles de poliacrilamida.

Análisis tipo *Dot-blot* y *Western blot*. Para monitorear la proteína se estandarizó una técnica de detección rápida basada en dot-blot. Se utilizó como control negativo tejido sin infiltrar y como control positivo amarantina expresada y purificada de *E coli*. Para monitorear la expresión del gen de amarantina en los tejidos también se utilizó la técnica de *Western blot*. Para el caso del *Western-blot*, después de la electroforesis, los geles fueron equilibrados en buffer de transferencia y posteriormente las proteínas transferidas a membranas PVDF en una cámara de transferencia trans-blot (Biorad) por 1 h a 100 volts. Las membranas fueron lavadas 3 veces por 15 min con TBS seguidas de tres lavados de 15 min con TTBS. Enseguida las membranas fueron incubadas con el anticuerpo primario (1: 90000) por 1 h, enseguida se procedió a los lavados como se describió anteriormente con TTBS y posteriormente la membrana fue incubada por 1 h con el anticuerpo secundario (1:3000). Posteriormente, las membranas fueron lavadas con TTBS y TBS como se describió previamente. Finalmente las membranas fueron reveladas e inmediatamente las membranas fueron lavadas cuatro veces con agua desionizada y secadas a temperatura ambiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Construcción del vector para sobreexpresión. El gen que codifica para la amarantina se amplificó a partir de un vector para expresión de amarantina en *E coli*, en el que se había insertado previamente este gen obtenido de RNA de semilla verde. Un fragmento de 1419 pb que correspondió al tamaño esperado de la amarantina fue amplificado (Figura 1a). El fragmento amplificado fue purificado y clonado en el vector pENTR™/D-TOPO. Se extrajo el DNA plasmídico de algunas clonas y se realizó la digestión enzimática con *EcoRV* (Figura 1b) encontrando que el perfil de digestión correspondía al predicho con el programa APE, una banda de 2284 y otra de 1171 pb, a la par se realizó la amplificación por PCR de colonia, obteniendo el fragmento esperado de 1469 pb. Se realizó la recombinación del vector pB7WG2D con pENTR+amarantina con el sistema GATEWAY y la digestión enzimática con *HindIII* y la amplificación por PCR del gen de amarantina validaron la inserción de pB7WG2D más amarantina en *E. coli* (Figura 1c). Corroborada la construcción, se extrajo el DNA plasmídico y se insertó en *Agrobacterium tumefaciens* por electroporación. Se corroboró la transformación por digestión enzimática y PCR (Figura 1d).

Expresión transitoria de amarantina. Se realizó la construcción de sobreexpresión para el gen amarantina en orientación sentido, el resto consistió en detectar su expresión y analizar su nivel de expresión en las plantas modelo. La agroinyección consistió en la inyección de cultivos de *Agrobacterium* con la construcción a través del vértice estilar del fruto, resultando en la infiltración de fruto completo; un total de 34 frutos de tomate y 10 plantas de tabaco fueron infiltradas en sus hojas principales. Se tomaron muestra de materiales infiltrados a los 1, 3, 5, 8 y 15 días post-infiltración, al menos 3 frutos fueron colectados para cada tiempo. Para la detección y monitoreo de la proteína amarantina, establecimos un protocolo para la detección rápida basado en la técnica *dot-blot*, lo que nos sirvió como una técnica de monitoreo y detección rápida de la amarantina. Utilizando este método logramos detectar amarantina en frutos de tomate desde el primer día post-infiltración (Figura 2). Lo que mostró que la expresión transitoria es una técnica eficiente para expresar la proteína amarantina en tejidos de plantas.

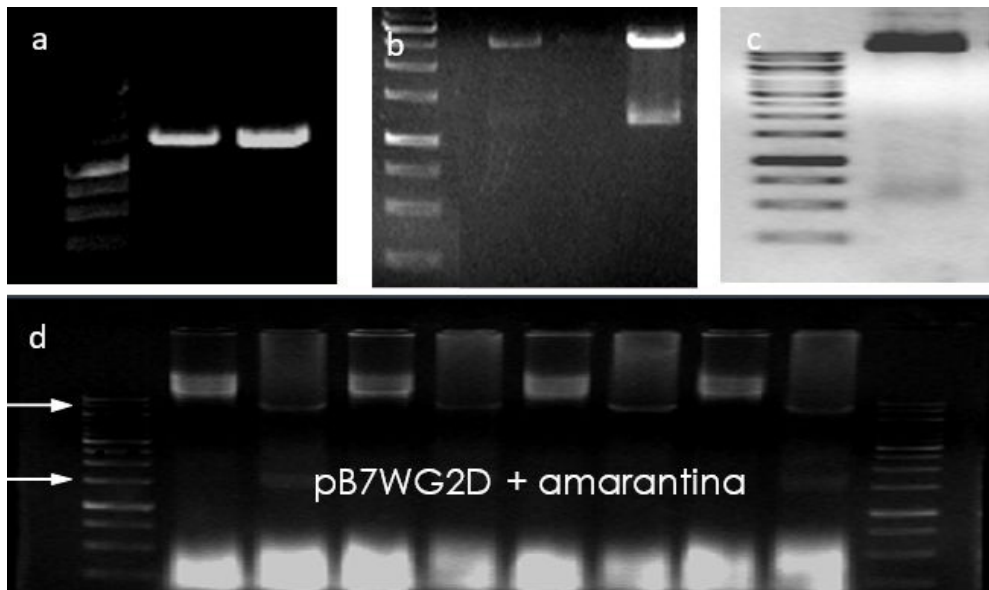


Figura 1. Construcción del vector para expresar amarantina en plantas. a) Fragmento amplificado por PCR, b) Digestión enzimática de pENTR+amarantina, c) vector pB7WG2D más amarantina, d) Digestión de pB7WG2D más amarantina con *HindIII*.

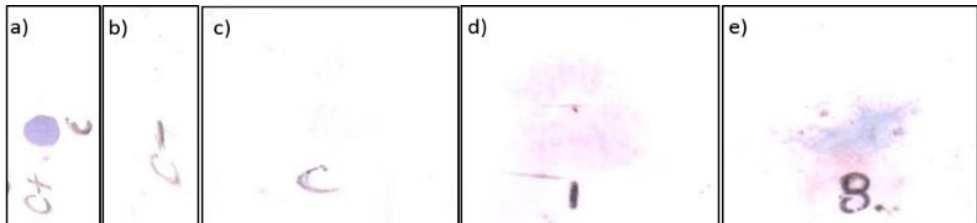


Figura 2. Análisis de expresión de la amarantina a diferentes tiempos post-infiltración por *dot-blot*. Se realizó la impresión de frutos partidos longitudinalmente a diferentes tiempos post-infiltración. A) 5 μ l de amarantina purificada fue usado como control positivo, b) 5 μ l de BSA usado como control negativo fue colocado directamente en la membrana. c) *tissue-print* de tomate sin infiltrar, d) 24 hr post-infiltración, e) 8 días post-infiltración.

Posteriormente se procedió a la extracción proteica de los tejidos infiltrados y a la detección por *western blot* (Figura 3). El análisis tipo *Western blot* confirmó la presencia de la proteína de interés desde el primer día post-infiltración tanto en tabaco como en tomate (Figura 3), permitiendo monitorear la expresión de la amarantina, validando la expresión transitoria.

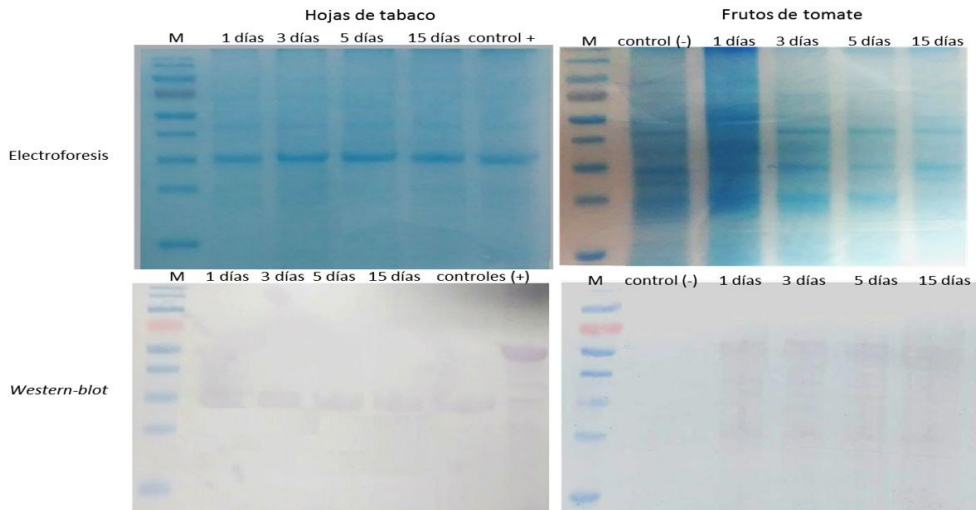


Figura 3. Expresión de la amarantina en tejidos de plantas modelo. Se monitorea la expresión de la amarantina a 1, 3, 5, 15 días post-infiltración.

Además, no se encontró una diferencia significativa en el nivel de expresión en los diferentes tiempos post-infiltración. En el caso de hojas de tabaco se observó que la banda mayoritaria en el análisis electroforético SDS-PAGE correspondió a la subunidad ácida de la amarantina a diferencia de tomate donde no fue tan clara. Sin embargo, en tomate se detectó la subunidad ácida y la proteína completa y en el caso de tabaco no se logró detectar la fracción correspondiente a la proteína completa sólo la subunidad ácida, por lo que se mandarán secuenciar las bandas correspondientes a la proteína y a sus subunidades para determinar si esto puede deberse a alguna modificación o diferente procesamiento. Por otro lado, aunque la mayoría de los análisis de expresión de amarantina han sido en bacteria. En los dos reportes de expresión de amarantina en plantas (Rascón-Cruz *et al.*, 2004; Valdez-Ortiz *et al.*, 2005) no se ha mencionado si existe un fenotipo visible por la expresión de amarantina. Sin embargo, en el caso de las globulinas 11S denominada CRC en *Arabidopsis* y tabaco se han observado diferentes fenotipos (Sun *et al.*, 2013). En estos ensayos nosotros encontramos un efecto en la senescencia. Sin embargo, no existe ningún reporte detallado que demuestre si la expresión de la amarantina causa un efecto en la planta durante su desarrollo. Así mismo será necesario validar si éste efecto no es un efecto de manipulación.

CONCLUSIONES

De nuestro conocimiento éste es el primer estudio de expresión transitoria de tomate y tabaco en el que se monitorea la expresión y nivel de expresión de amarantina, demostrando que la expresión transitoria permite la exitosa expresión de amarantina en tejidos de plantas donde no se encuentra de forma endógena.

LITERATURA CITADA

- Barba de la Rosa, A.P., Paredes-Lopez, O., Viroben, G. 1992. Characterization of amaranth globulins by ultracentrifugation and chromatographic techniques. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 40, 937–940.
- Carrasco-Pena, L., Osuna-Castro, J.A., De Leon-Rodriguez, A., Maruyama, N., Toro-Vazquez, J.F., Morales-Rueda, J.A., Barba de la Rosa, A.P. 2013. Modification of solubility and heat-induced gelation of amaranth 11S globulin

-
- by protein engineering. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61, 3509–3516.
- Karimi, M., Inzé, D., Depicker, A. 2002. GatewayTM vectors for agrobacterium-mediated plant transformation. *Trends in Plant Science*. 7, 193–95
- Medina-Godoy, S., Nielsen, N.C. y Paredes-López, O. 2004. Expression and Characterization of a His-Tagged 11S Seed Globulin from *Amaranthus hypochondriacus* in *Escherichia coli*, *Biotechnology Progress*. 20, 1749–1756.
- Orzaez, D., Mirabel, S., Wieland, W.H., Granell, A. 2006. Agroinjection of tomato fruits. A tool for rapid functional analysis of transgenes directly in fruit. *Plant Physiology*. 140, 3–11.
- Prak, K., Nakatani, K., Katsube-Tanaka, T., Adachi, M., Maruyama, N., Utsumi, S. 2005. Structure–function relationships of soybean proglycinins at subunit levels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 3650–3657.
- Rascón-Cruz, Q., Sinagawa-García, S., Osuna-Castro, J.A., Bohorova, N. y Paredes-López, O. 2004. Accumulation, assembly, and digestibility of amarantin expressed in transgenic tropical maize. *TAG. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische Und Angewandte Genetik*. 108, 335–42.
- Santos-Rosa, M., Poutaraud, A., Merdinoglu, D., Mestre, P. 2008. Development of a transient expression system in grapevine via agro-infiltration. *Plant Cell Reproduction*. 27, 1053-1063.
- Sheludko, Y.V., Sindarovska, Y.R., Gerasymenko, I.M., Bannikova, M.A., Kuchuk, N.V. 2007. Comparison of several *Nicotiana* species as hosts for high-scale *Agrobacterium*-mediated transient expression. *Biotechnology Bioengineering*. 96, 608-614.
- Silva-Sánchez, C., Rosa, P.B., León-Galván, M.F., Lumen, B.O, León-Rodríguez, A., y Mejía, E. G. 2008. Bioactive peptides in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56, 1233–1240.
- Sparkes, I.A., Runions, J., Kearns, A., Hawes, C. 2006. Rapid, transient expression of fluorescent fusion proteins in tobacco plants and generation of stably transformed plants. *Natural Protocols*. 1, 2019–2025.
- Sun, W., Huang, W., Li, Z., Lv, H., Huang, H., Wang, Y. 2013. Characterization of a Crabs Claw Gene in Basal Eudicot Species *Epimedium sagittatum* (*Berberidaceae*). *International Journal Science*. 14, 1119-1131.
- Valdez-Ortiz, A., Rascón-Cruz, Q., Medina-Godoy, S., Sinagawa-García, S., Valverde-González, M.E., Paredes-López, O. 2005. One-step purification

and structural characterization of a recombinant histag 11S globulin expressed in transgenic tobacco. *Journal of Biotechnology*. 115, 413–423.

Wroblewski, T., Tomczak, A., Michelmore, R. 2005. Optimization of *Agrobacterium*-mediated transient assays of gene expression in lettuce, tomato and Arabidopsis. *Plant of Biotechnology Journal*. 3, 259-73.

ESTUDIO DE LA CO-DIGESTIÓN DE ESTIÉRCOL DE VACA CON RESIDUOS VEGETALES

STUDY OF THE CO-DIGESTION OF COW MANURE AND PLANT RESIDUES

Peña BJA¹, Solís OMM*², Chicatto GV², Bustos BEE², Rivadeneyra J²

¹Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander, Avenida Gran Colombia No. 12E-96B Colsag, San José de Cúcuta, Colombia. ²Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional, Carretera Estatal Santa Ines Tecuexcomac-Tepetitla km. 1.5, Tepetitla de Lardizábal Tlaxcala, México.

Autor para correspondencia: myrobatlx@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se hizo la evaluación de la digestión anaeróbica de estiércol de vaca sobre la producción de metano y el índice de germinación del biol (efluente de la digestión) para proponer su posible uso como fertilizante. Se analizó el efecto de dos parámetros: ajustando el pH inicial a 7.5 y haciendo co-digestión con residuos vegetales. Se usaron digestores anaeróbicos de 10 litros, con un contenido de sólidos del 10 %, se mantuvieron a temperatura mesofílica durante 10 semanas, alimentados únicamente con estiércol o mezcla 50:50 con residuo vegetal. Se encontró que usando estiércol de vaca, sin residuo vegetal, se obtuvo biogás combustible (con al menos 45 % de metano); el pH afectó en el tiempo en el cual se alcanza dicho porcentaje de metano, si se ajusta el pH inicial a 7.5, éste porcentaje se logra a las cinco semanas, sino se ajusta tarda siete semanas en ser combustible. En la co-digestión con residuo vegetal sólo se produjo biogás con 20 % de metano. Se encontró que los efluentes de todas las digestiones anaeróbicas (biol) no fueron fitotóxicos, según el resultado del índice de germinación.

Palabras clave: digestión anaeróbica, estiércol de vaca, biogás, fertilizante orgánico

INTRODUCCIÓN

La digestión anaeróbica es un conjunto de procesos bioquímicos desarrollados en un sistema libre de oxígeno, mediante los cuales se logra la desintegración, transformación y estabilización de la materia orgánica biodegradable, mediante la acción conjunta de varios grupos de microorganismos. Como productos finales del desarrollo de este proceso se obtienen una mezcla gaseosa conocida como biogás, la cual está compuesta principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) (Bouallagui *et al.*, 2005). Como subproducto de la digestión se obtiene un efluente denominado digestato, el cual está formado por una parte líquida llamada biol y una parte sólida denominada biosol. Este material se ha reportado que tiene características de fertilizante orgánico y se ha aplicado en agricultura por su gran cantidad de nutrientes (Cendales, 2011).

La digestión anaerobia abarca una serie sumamente compleja de reacciones bioquímicas simultáneas que involucran un número considerable de especies microbianas, del nivel de eficiencia del metabolismo de cada grupo depende el de los otros y en su conjunto, la mayor o menor producción de gas y metano, así como la calidad de la estabilización de los residuos finales (Chynoweth *et al.*, 2002). Durante el proceso se pueden distinguir cuatro fases o etapas, cada una de las cuales las gobierna un grupo de microorganismos específico (Albuquerque *et al.*, 2012).

Primera etapa, la hidrólisis, en ésta actúan las bacterias hidrolíticas, su función consiste en romper los enlaces de los materiales orgánicos complejos transformándolos en compuestos más sencillos, las proteínas se rompen en aminoácidos los carbohidratos en mono y disacáridos, los lípidos en ácidos grasos (Al-Seadi *et al.*, 2008). Segunda etapa, la acidogénesis, los compuestos producidos son fermentados por las bacterias acidogénicas que descomponen los materiales hasta ácidos orgánicos (acético, propiónico, butírico, etc.) (Yadvika *et al.*, 2004). Tercera etapa, acetogénesis, los ácidos grasos volátiles se convierten en ácido acético, dióxido de carbono e hidrogeno que son los precursores para obtener metano (Al-Seadi *et al.*, 2008). Cuarta y última fase, conocida como metanogénica, donde el ácido acético, dióxido de carbono e hidrogeno se transforman en metano dando como resultado una mezcla de este y de dióxido de carbono fundamentalmente, produciendo el llamado biogás (Valdivia, 2000; Zinder, 1993; Pauss *et al.*, 1990).

El proceso de la digestión anaeróbica es una alternativa para el tratamiento de los residuos sólidos, como es el caso de los residuos domésticos, residuos de

mercados o los estiércoles. Estos materiales si no se disponen adecuadamente ocasionan problemas de contaminación por los lixiviados y malos olores. Para llevar a cabo la digestión se puede usar un solo tipo de residuo o una mezcla de ellos (co-digestión), como es el caso del uso de excretas de animales con residuos agrícolas (frutas, vegetales, madera, entre otros) (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Por ejemplo Trujillo *et al.* (1993) llevaron a cabo la co-digestión de residuos de plantas de jitomate con estiércol de conejo, en un reactor continuo con agitación a 37 °C, con un tiempo de retención hidráulica de 5 a 40 días. Concluyeron que la adición de residuos de plantas de jitomate no tiene influencia en la producción de biogás, pero si en la concentración de metano, la mejor mezcla fue la de 50% de residuos de plantas de jitomate y 50% estiércol de conejo, donde el rendimiento obtenido fue de 47 L de metano/kg de SV consumidos.

Es bien sabido que una de las industrias que genera más residuos es la ganadera, donde la generalidad de los estiércoles se almacena a cielo abierto ocasionando problemas de salud y de contaminación al suelo, aire y agua.

Como una alternativa de uso del estiércol, se llevó a cabo el presente estudio, donde los objetivos fueron:

- Evaluar la digestión anaeróbica de estiércol de vaca, analizando el efecto del ajuste del pH inicial a 7.5 y la co-digestión con residuos vegetales sobre el contenido de metano en el biogás.
- Evaluar el índice de germinación de los efluentes de la digestión anaeróbica (bioles), para proponer su posible uso como fertilizante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se montaron tres tratamientos por duplicado: T1) conteniendo únicamente estiércol de vaca sin ningún ajuste, T2) con estiércol de vaca pero ajustando el pH a 7.5 y T3) usando 50 % de residuos vegetal (frutas y verduras) y 50 % de estiércol de vaca ajustado a pH 7.5. Todos los digestores se montaron con 10 % de sólidos totales, se mantuvieron durante 80 días a una temperatura de 35 a 40 °C. Semanalmente se midieron el pH, la conductividad, producción de biogás y su contenido de metano. Al final del proceso de digestión se determinó el consumo de sólidos totales, de sólidos volátiles y el índice de germinación. Los análisis se llevaron a cabo como sigue:

-
- **pH.** con medidor de pH, previamente calibrado con buffers a pH 4 y pH 7, se tomaron 10 ml de la mezcla de reacción, se mezclaron con 20 ml de agua destilada, se agitaron durante 5 minutos, se dejó reposar y se leyó el pH.
 - **Medición de biogás.** Se vigiló el proceso de digestión anaerobia durante las 10 semanas realizando mediciones de la producción semanal de biogás. El biogás se midió utilizando globos metálicos con un volumen conocido.
 - **Determinación del contenido de metano en el biogás.** Se tomaron muestras semanales de biogás en globos metálicos comerciales y se determinó el porcentaje de metano por medio de cromatografía de gases. Para realizar este análisis se empleó un cromatógrafo de gases. PERKIN-ELMER autosistem XL, provisto de un detector de conductividad térmica (TCD) a una temperatura de 250 °C se usó una columna capilar HP-PLOT Q de 0.53 mm x 30 m, gas acarreador hidrogeno. Las condiciones del cromatógrafo fueron: temperatura inicial de 40 °C por 3 minutos con una rampa de temperatura de 50 °C por minuto hasta 250 °C.
 - **Fitotoxicidad.** Se determinó la toxicidad de cada biol cada 3 semanas esto se hizo con la finalidad de determinar la presencia o ausencia de sustancias tóxicas en el biol, la evaluación se hizo mediante el índice de germinación (IG) de acuerdo a la técnica utilizada por Zucconi *et al.*, (1981). Un valor del IG mayor al 80 % indica que no presenta toxicidad, si el valor es superior al 120 %, es decir que es mayor al obtenido en el control, indica que hay una estimulación del desarrollo radicular y si es menor al 50 % indica que es tóxico y por lo tanto no recomendado para su uso.
 - **Sólidos totales (ST).** Se tomó una muestra de 2 g de digestato (previamente homogenización en un vortex), se colocó en el crisol de porcelana que previamente fue puesto a peso constante, se colocó en la estufa a 103 °C-105 °C por 2 horas, los sólidos se calcularon por diferencia de peso.
 - **Sólidos volátiles (SV).** Se utilizó la muestra contenida en el crisol al cual se le determinó humedad, y se colocó en la mufla a 550 °C durante 20 min, una vez enfriado los sólidos se determinaron por diferencia de peso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la variación en el pH de los tres tratamientos, se observa que en todos ellos al inicio del proceso de digestión disminuyó el valor de pH, debido

a que durante las dos primeras semanas predominaron las etapas hidrolíticas y acidogénicas, donde hubo formación de ácidos. Posteriormente el pH aumentó ya que se consumieron los ácidos por las bacterias acidogénicas y metanogénicas. En el tratamiento donde se adicionó residuos vegetales, el pH se mantuvo debajo de 6.5, lo cual afectó el rendimiento de metano, ya que se ha reportado que el intervalo de pH óptimo para los microorganismos formadores de metano es alrededor de 6.7-7.5. Si el valor del pH llegará a ser menor a 6.5 se vería afectado el proceso de fermentación e incluso interrumpirse (Deubleien y Steinhauser, 2008).

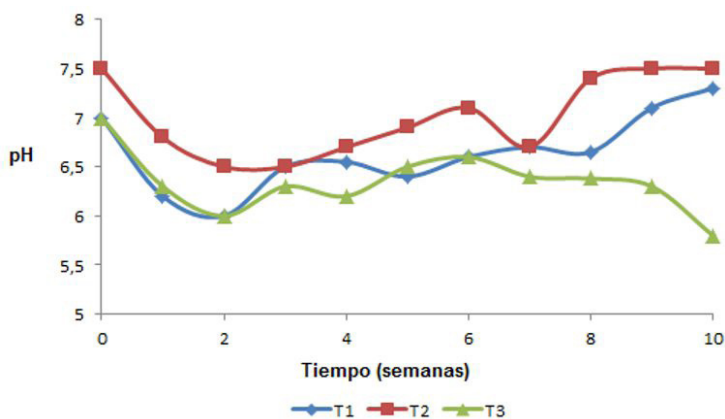


Figura 1. Variación del pH durante el proceso de la digestión anaeróbica.

La Figura 2 muestra el contenido de metano en el biogás obtenido en los tres tratamientos, se ha reportado que para que un biogás sea combustible debe tener al menos 45 % de metano (Rasi *et al.*, 2007), con el estiércol de vaca ya sea ajustando el pH inicial a 7.5 o sin ajuste de dicho parámetro, se obtuvo biogás combustible. Al ajustar el pH se observa que a las 5 semanas se obtuvo el suficiente metano para que el biogás fuera combustible, mientras que en el digester donde no se hizo este ajuste, el biogás fue combustible hasta la semana 7.

Es notorio que al adicionar los residuos vegetales disminuyó drásticamente el contenido de metano, el cual no superó el 25 %; esto se puede explicar porque al haber menos bacterias metanogénicas, las cuales se encuentran en el estiércol, hubo menos consumo de ácidos grasos volátiles para la formación de metano, por lo cual el pH se mantuvo en valores inferiores a 6.5. Gerardi (2003), reportó que las bacterias metanogénicas se inhiben a valores de pH menores a 6.6.

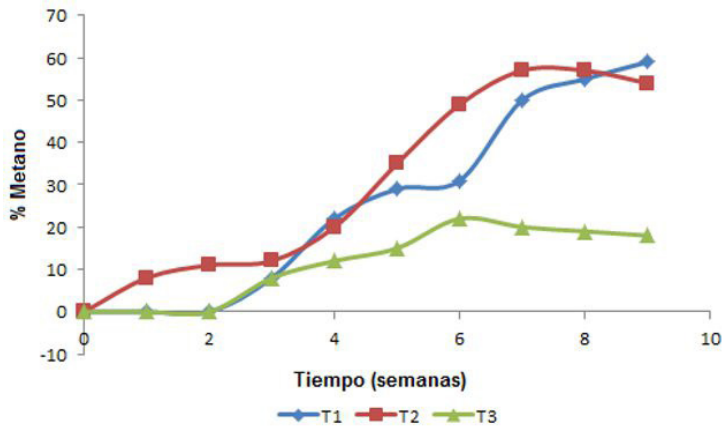


Figura 2. Porcentaje de metano en el biogás durante el proceso de la digestión anaeróbica.

La Figura 3 muestra el cambio en el % de sólidos totales y de sólidos volátiles que ocurrió durante la digestión anaeróbica, donde se observa que desde la primera semana estos se consumieron en todos los tratamientos.

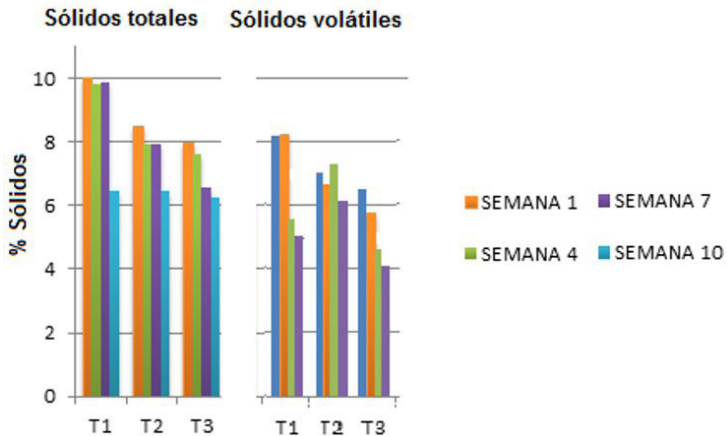


Figura 3. Contenido de sólidos totales y sólidos volátiles durante el proceso de la digestión anaeróbica.

El cuadro 1 muestra los valores de la conductividad de los tres tratamientos, se observa que al final la conductividad del efluente (biol) de todos los tratamientos están de acuerdo con el valor sugerido para la conductividad eléctrica, que debe ser <4 dS/m (IUSS, 2006). Se considera que arriba de este valor las propiedades morfológicas, físicas y químicas del suelo son fuertemente influenciadas por la salinidad, siendo tóxicas para las plantas.

Cuadro 1

Valores de la conductividad durante la digestión anaeróbica

TRATAMIENTO	SEMANA 1	SEMANA 4	SEMANA 7	SEMANA 10
	C.E (dS/cm)	C.E (dS/cm)	C.E (dS/cm)	C.E (dS/cm)
T1	5.91	3.7	6.7	2.4
T2	4.84	4.03	6.67	2
T3	7.19	5.7	6,34	3

Se ha reportado que los bioles pueden ser usados como fertilizantes orgánicos, ya que contienen macro y micronutrientes, materia orgánica y fitoreguladores (Tambone *et al.*, 2009), una característica fundamental que deben cumplir los materiales que sean usados como fertilizantes orgánicos en los cultivos, es que deben tener estabilidad biológica, de no ser así continuaría su biodegradación dentro del cultivo, generando diversos inconvenientes como fuerte consumo de oxígeno y ambiente reductor en la rizosfera, inmovilización del nitrógeno, producción de sustancias fitotóxicas, alteración de las propiedades físicas del suelo por disminución del tamaño de las partículas, cambios en el empaquetamiento de las mismas y consecuentemente apelmazamiento y reducción del tamaño de los poros y de la porosidad total. Por tanto, es importante evaluar la fitotoxicidad de los bioles para proponer su uso seguro como fertilizantes orgánicos (Albuquerque *et al.*, 2012).

En el cuadro 2 se muestra el índice de germinación (%IG) de los bioles al final del proceso de digestión, se observa que en todos los casos el % IG es mayor al 100 %, esto es que permitieron un mayor desarrollo comparado con el control usando agua destilada. El tratamiento donde se obtuvo mayor índice de germinación es donde se alimentó al digestor con estiércol de vaca y residuo vegetal.

Estos resultados indican que los bioles obtenidos de todos los tratamientos pueden usarse para riego, ya que no afectarán la salinidad del suelo ni serán tóxicos para las plantas.

Cuadro 2
*Índices de germinación al final de la
digestión anaeróbica*

Tratamiento	Semana 10
	% IG
T1	117.2
T2	120.3
T3	129.1

La digestión anaeróbica, dependiendo de la mezcla de sustratos que se alimenten a los digestores dará resultados diferentes, si se desea obtener biogás combustible se recomienda la digestión anaeróbica únicamente de estiércol de vaca, ajustando el valor de pH a 7.5 para obtener en cinco semanas un combustible alterno. En cambio si se desea obtener un fertilizante orgánico se recomienda alimentar al digestor con 50 % de estiércol de vaca y 50 % de residuos vegetales, condiciones bajo las cuales se obtuvo el mayor índice de germinación usando semillas de lechuga.

CONCLUSIONES

- Se obtiene un biogás combustible al usar solamente estiércol de vaca, sin residuo vegetal.
- Al ajustar el pH inicial se obtiene más pronto biogás combustible que al no ajustarlo.
- Los bioles de la digestión de estiércol con o sin ajuste inicial de pH y con o sin adición de residuos vegetales pueden usarse para riego.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque, J., De la fuente, C., Ferrer-Costa, A., Carrasco, L., Cegarra, L., Abad, M. y Bernal, M. 2012. Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues, *Biomass and bioenergy*, 40, 181-189.
- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S. y Janssen, R. 2008, *Biogas Handbook.*; ISBN 978-87-992962-0-0; Published by University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark, <http://www.sdu.dk>

-
- Bouallagui, H., Touhami, Y., Ben Cheikh, R. y Hamdia, M. 2005. Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes: review. *Process Biochemistry*, 40, 989-995.
- Cendales, E. 2011. Producción de biogas mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable. Trabajo de grado Magister en Ingeniería Mecánica. Bogotá, D.C. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ingeniería, 13-15.
- Chynoweth, D.P., Townsend, T. y Sinfontes, J. 2002. Anaerobic composting for recovery of energy, nutrients, and composting from solids waste during extended space missions. Environmental Systems Commercial Space Technology Center. Annual Report 1-11.
- Deubleien, D. y Steinhäuser, A. 2008. Biogas from waste and renewable resources Wiley-VCH, Second Edition, Germany.
- Gerardi, M.H. 2003. The Microbiology of Anaerobic Digesters. Wastewater Microbiology series. Wiley Interscience. United States of America.
- IUSS, Working Group, WRB 2006. World reference base for soil resources 2006. Second Edition,. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- Pauss, A., Samson, R., Guiot, S. y Beauchemin, C. 1990. Continuous measurement of dissolved H₂ in anaerobic reactor using a new hydrogen/air fuel cell detector. *Biotechnology Bioengineering*, 35, 492-501
- Rasi, S., Veijanen, A. y Rintala, J. 2007. Trace compounds of biogas from different biogas production plants. *Energy* 32, 1375-1380.
- Tambone, F., Scaglia, B., D'Imporzano, G., Schievano, A., Orzi, V., Salati, S. y Adani, F. 2010. Assessing amendmet and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost. *Chemosphere* 81,577-583.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. y Vigil, S. 1993. Integrated solid waste management. McGraw-Hill Inc, New York.
- Trujillo, D., Pérez, J.F., Cebrenos, F.J. 1993. Energy recovery from wastes. Anaerobic digestion of tomato plant mixed with rabbit wastes. *Bioresource Technology*. 45(2), 81-83.
- Valdivia, T. y Vicente, R. 2000. Uso de Biogas para la generación de energía eléctrica mediante un motor gasolinera estacionario modificado, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 84-85.

-
- Yadvika, S., Sreekrishnan, T.R., Sangeeta, K., Vineet, R. 2004. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques—a review. *Bioresource Technology* 95, 1-10.
- Zinder, S.H. 1993. Physiological ecology of methanogens. In: Ferry, J.G. (Ed.), *Methanogenesis: Ecology, Physiology, Biochemistry and Genetic*. Chapman & Hall, New York, 128-206.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., de Bertoli, M. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle* 22: 54-57.

EVALUACIÓN DE LA CODIGESTION DE RESIDUOS ANIMALES CON Y SIN RESIDUOS VEGETALES EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y FERTILIZANTE ORGÁNICO

EVALUATING THE CODIGESTION OF ANIMAL RESIDUES WITH AND WITHOUT PLANT RESIDUES FOR THE BIOGAS AND ORGANIC FERTILIZER PRODUCTION

Peña BJA¹, Solís OMM*², Solís OA³

¹Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander, Avenida Gran Colombia No. 12E-96B Colsag, San José de Cúcuta, Colombia. ²Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional, Carretera Estatal Santa Ines Tecuexcomac-Tepetitla km. 1.5, Tepetitla de Lardizábal Tlaxcala, México. ³Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, D.F. México.

Autor para correspondencia: myrobatlx@yahoo.com.mx

RESUMEN

En algunos reportes se han indicado las ventajas de la co-digestión sobre la digestión anaeróbica donde se use solo un tipo de residuos. Sin embargo se debe de analizar la pertinencia de usar una determinada mezcla de residuos, ya que no todas favorecen el proceso. En este estudio se comparó la co-digestión de residuos animales (estiércoles de vaca y borrego) con la co-digestión usando además residuos vegetales. Se encontró que tanto para la producción de metano como para el desarrollo de las plantas de rábano fue mejor la co-digestión usando residuos animales; al codigestar estiércoles con residuos vegetales el biogás resultante no tuvo el porcentaje mínimo de metano para ser combustible y el índice de germinación fue menor.

Palabras clave: Codigestión anaeróbica, estiércol, biogás, fertilizante orgánico

INTRODUCCIÓN

Desde el siglo pasado se han implementado tecnologías para la producción de energías alternativas al uso de los combustibles fósiles, un ejemplo es la digestión anaerobia (DA). Esta es un proceso natural de descomposición de materia orgánica en ausencia de oxígeno, en la cual el producto final es el biogás, formado principalmente por metano y dióxido de carbono (Bouallagui *et. al.*, 2005). y como subproducto se obtiene un líquido que puede ser usado como fertilizante orgánico. Dependiendo del contenido de metano en el biogás se puede utilizar para generar electricidad y/o calor (Bekkering y col. 2010).

El proceso de la DA se lleva a cabo en cuatro etapas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis; las cuales han sido ampliamente descritas en la literatura, cada etapa está gobernada por un grupo específico de microorganismos (Albuquerque *et al.*, 2012). Se recomienda que para obtener un proceso estable y con buena conversión de la materia orgánica a metano se implemente una alimentación con un contenido de sólidos totales de 79 %, un pH de proceso de 6.6-7.6, una relación C/N de 20-30/1 y temperaturas mesofílicas (25 a 40 °C) o termofílicas (45 a 65 °C) (Abbassi y col. 2012).

La DA puede llevarse a cabo con un solo sustrato o agregando del 10 al 50 % en peso de otro sustrato (co-digestión). Las ventajas de la co-digestión son: mejorar el rendimiento de metano, coadyuva suministrando nutrientes esenciales, diluye el potencial tóxico de compuestos inhibidores, ajusta el contenido de humedad y pH e incrementa el contenido de microorganismos que participan en el proceso de degradación (Kim y Kang 2015). Se ha estudiado el uso de diversos residuos para someterlos a digestión anaeróbica como son los estiércoles, residuos industriales, agrícolas, domésticos, etc. Para llevar a cabo la digestión se puede usar un solo tipo de residuo o una mezcla de ellos (co-digestión), como es el caso del uso de excretas de animales con residuos agrícolas (frutas, vegetales, madera, entre otros) (Tchobanoglous *et. al.*, 1993). Por ejemplo Trujillo *et. Al.*, (1993) llevaron a cabo la co-digestión de residuos de plantas de jitomate con estiércol de conejo, en un reactor continuo con agitación a 37 °C, con un tiempo de retención hidráulica de 5 a 40 días. Concluyeron que la adición de residuos de plantas de jitomate no tiene influencia en la producción de biogás, pero sí en la concentración de metano, la mejor mezcla fue la de 50 % de residuos de plantas de jitomate y 50 % estiércol de conejo, donde el rendimiento obtenido fue de 47 L de metano/kg de SV consumidos.

La mayoría de estos residuos al no ser dispuestos adecuadamente ocasionan problemas ambientales como son malos olores, atracción de fauna nociva y riesgo de contaminación de los suelos; además de la pérdida de recursos por desconocer otras alternativas, como son los beneficios de establecer un proceso de tratamiento basado en la DA.

Durante la digestión anaeróbica, además de producirse el biogás se obtiene el digestato, que es el efluente final, a este se le han atribuido propiedades fertilizantes por su contenido de materia orgánica y sales minerales (Cendales, 2011). La aplicación de los digestatos puede reducir costes en los cultivos, debido al ahorro en fertilizantes minerales, cuyo precio se ha elevado muy considerablemente en los últimos tiempos. Además, la menor producción de fertilizantes minerales de síntesis puede ayudar a la disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

En este trabajo se evaluó la co-digestión anaeróbica de residuos animales (estiércoles de vaca y borrego) y residuos vegetales (residuos de frutas y verduras) para la producción de metano y un fertilizante orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se montaron tres tratamientos por duplicado: T1) conteniendo 80 % de estiércol de vaca y 20 % de estiércol de borrego sin ningún ajuste, T2) con 80% de estiércol de vaca y 20 % de estiércol de borrego, pero ajustando el pH a 7.5 y T3) usando 50% de residuos vegetal (frutas y verduras), 40 % de estiércol de vaca y 10 % de estiércol de borrego ajustado a pH 7.5. Todos los digestores se montaron con 10 % de sólidos totales, se mantuvieron durante 80 días a una temperatura de 35 a 40 °C. Semanalmente se midieron el pH, la conductividad, producción de biogás y su contenido de metano. Al final del proceso de digestión se determinó el consumo de sólidos totales, de sólidos volátiles y la fitotoxicidad, los análisis se llevaron a cabo como sigue:

- pH: con medidor de pH , previamente calibrado con buffers a pH 4 y pH 7, se tomaron 10 ml de la mezcla de reacción, se mezclaron con 20 ml de agua destilada, se agitaron durante 5 minutos, se dejó reposar y se leyó el pH.
- Medición de biogás: Se vigiló el proceso de digestión anaerobia durante las 10 semanas realizando mediciones de la producción semanal de biogás. El biogás se midió utilizando globos metálicos con un volumen conocido.

-
- Determinación del contenido de metano en el biogás: se tomaron muestras semanales de biogás en globos metálicos comerciales y se determinó el porcentaje de metano por medio de cromatografía de gases. Para realizar este análisis se empleó un cromatógrafo de gases. PERKIN-ELMER autosistem XL, provisto de un detector de conductividad térmica (TCD) a una temperatura de 250 °C se usó una columna capilar HP-PLOT Q de 0.53 mm x 30 m, gas acarreador hidrogeno. Las condiciones del cromatógrafo fueron: temperatura inicial de 40 °C por 3 minutos con una rampa de temperatura de 50 °C por minuto hasta 250 °C.
 - Fitotoxicidad: Se determinó la toxicidad de cada biol cada 3 semanas esto se hizo con la finalidad de determinar la presencia o ausencia de sustancias toxicas en el biol, la evaluación se hizo mediante el índice de germinación (IG) de acuerdo a la técnica utilizada por Zucconi y col (1981). Un valor del IG mayor al 80 % indica que no presenta toxicidad, si el valor es superior al 120 %, es decir que es mayor al obtenido en el control, indica que hay una estimulación del desarrollo radicular y si es menor al 50 % indica que es tóxico y por lo tanto no recomendado para su uso.
 - Cultivo de rábano: Con los bioles que reportaron mayor índice de germinación se probaron sobre cultivo de rábano. Se usaron 32 semillas por tratamiento, mismas que se colocaron en macetas con suelo agrícola, cada 10 días se regaron con biol al 20 % y se comparó el desarrollo de la planta y del tubérculo con el control, donde no hubo adición de bioles. Después de 4 semanas se midió y pesó la longitud de la parte aérea y la longitud y peso del tubérculo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra la variación en el pH de los tres tratamientos, este parámetro es importante seguirlo ya que es un indicador de cómo se va dando las etapas de la digestión anaeróbica, por ejemplo se observa que en todos los casos al inicio del proceso de digestión disminuyó el valor de pH; esto quiere decir que durante las primeras semanas predominaron las etapas hidrolíticas y acidogénicas, donde hubo formación de ácidos. Posteriormente el pH aumentó ya que se consumieron los ácidos por las bacterias acidogénicas y metanogénicas.

En el tratamiento donde se adicionó residuos vegetales el pH se mantuvo debajo de 6.5, esto quiere decir que las etapas hidrolíticas y acidogénicas predominaron durante las 10 semanas que se analizó la digestión.

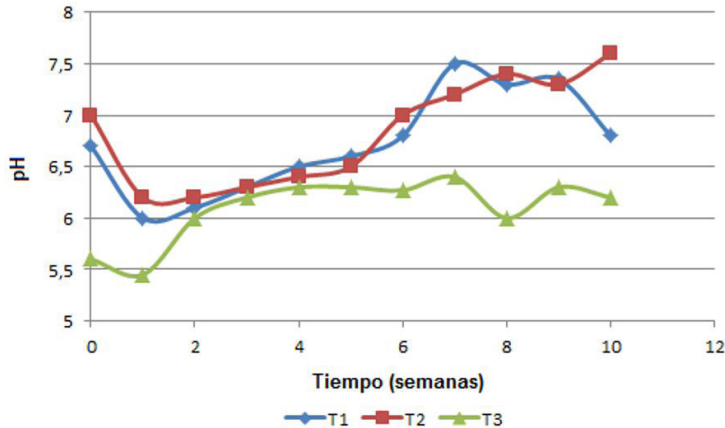


Figura 1. Variación del pH durante el proceso de la digestión anaeróbica.

La figura 2 muestra el contenido de metano en el biogás obtenido en los tres tratamientos, se ha reportado que para que un biogás sea combustible debe tener al menos 45% de metano (Rasi y col, 2007). Con la co-digestión con los dos estiércoles (T1 y T2) se produjo más metano que en la co-digestión donde además se usaron residuos vegetal (T3), esto se puede explicar porque en el tercer caso hubo menos bacterias metanogénicas y por lo tanto la producción de dicho compuesto fue menor. Además el bajo consumo de ácidos para formar metano no favoreció que el pH incrementara y este se mantuvo por debajo de 6.6, lo cual inhibió a las bacterias metanogénicas, según lo reportado por Gerardi (2003).

En el digester donde se hizo el ajuste del pH a 7.5 (T2), antes de la semana 4 se tuvo el suficiente metano para considerarse combustible, lo cual ocurrió hasta después de la semana 5 en los digestores donde no se ajustó el pH al inicio del proceso. Al final de la experimentación se tuvo el mismo contenido de metano en los digestores alimentados con ambos residuos, donde en este punto es indistinto si se ajusta o no el pH al inicio.

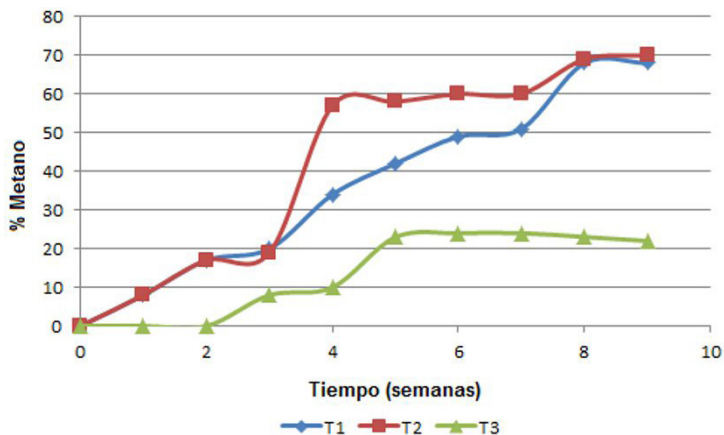


Figura 2: Variación en el contenido de metano durante el proceso de la digestión anaeróbica.

La tolerancia a la salinidad es la capacidad que tiene el cultivo para soportar la salinidad del suelo sin experimentar efectos perjudiciales en su desarrollo y/o producción, por ello fue importante cuantificar la conductividad de los bioles (Cuadro 1)

Los valores de la conductividad al final (semana 10) estuvieron por debajo de 4, que es el valor aceptado para la conductividad eléctrica <4 dS/m (IUSS, 2006). Se considera que arriba de este valor las propiedades morfológicas, físicas y químicas del suelo son fuertemente influenciadas por la salinidad, siendo tóxicas para las plantas.

Cuadro 1

Valores de la conductividad durante la digestión anaeróbica

Tratamiento	Semana 1 C.E (dS/cm)	Semana 4 C.E (dS/cm)	Semana 10 C.E (dS/cm)
T1	4,5	3,7	2,4
T2	5,49	3,65	1,59
T3	6,09	5,28	3,05

Se ha reportado que los bioles pueden ser usados como fertilizantes orgánicos, ya que contienen macro y micronutrientes, materia orgánica y fito reguladores (Tambone, et al., 2009), los cuales ayudan al crecimiento y desarrollo vegetal, los más reportados son las auxinas y las giberelinas.

Una medida indirecta del potencial fertilizante de una sustancia es el índice de germinación (%IG). En el cuadro 2 se muestra el %IG de los bioles al final del proceso de digestión. Zucconi y col (1981) reportan que % IG mayores a 120 indican que el material está aportando nutrientes extra a la planta. En los tres tratamientos las plantas de lechuga crecieron más que con el agua destilada (control), sin embargo con la co-digestión únicamente de residuos animales se estimuló el desarrollo de las plantas, por lo que estos bioles se usaron para evaluar el desarrollo de plantas de rábano.

Cuadro 2

Índices de germinación al final de la digestión anaeróbica

Tratamiento	Semana 10 % IG
T1	143,2
T2	138,9
T3	114,9

El cuadro 3 muestra la longitud promedio de la parte aérea, así como la longitud promedio del tubérculo de las plantas de rábano crecidas con la adición de los bioles, comparados con el control, donde no se adicionaron. Con ambos bioles (donde se usó la mezcla de 80 % estiércol de vaca y 20 % estiércol de cerdo, ya sea con o sin ajuste del pH inicial a 7.5), se obtuvo mayor desarrollo que con el control. Es decir la co-digestión de dichos estiércoles se puede usar para producir energías alternativas y para producir fertilizante químico.

Cuadro 3

Crecimiento de rábano con los tratamientos T1 y T2

Parámetro	T1	T2	Control
Longitud promedio parte aérea (cm)	10.56	9.18	8.59
Longitud promedio tubérculo (cm)	5	4.47	3.85

CONCLUSIONES

Se ha recomendado la co-digestión de residuos en lugar de la digestión de un solo sustrato, ya que esto trae algunos beneficios como son mejorar el rendimiento de metano, coadyuva suministrando nutrientes esenciales, diluye el potencial tóxico de compuestos inhibidores, ajusta el contenido de humedad y pH e incrementa el

contenido de microorganismos que participan en el proceso de degradación, entre otros. Sin embargo en este estudio se vio que la codigestión de residuos animales es mejor que la co-digestión donde además se usen residuos vegetales, tanto para obtener una fuente de energía alternativa como para obtener fertilizante orgánico.

El proceso de digestión anaeróbica además de dar como resultado una energía alternativa permite la obtención de un fertilizante orgánico de bajo costo, ya que está elaborado con residuos; sin embargo es importante seleccionar los residuos para la digestión, para obtener buenos resultados, biogás combustible y un digestato con propiedades fertilizantes.

LITERATURA CITADA

- Abbassi, G.A., Brockmann, D., Trably, E., Dumás, C., Delgenes, J.P., Steyer, J.P. y Escudie, R. 2012. *Total solids content drives high solid anaerobic digestion via mass transfer limitation*. *Bioresource Technology*, 111, 55-61.
- Albuquerque J., De la fuente C., Ferrer-Costa A., Carrasco L., Cegarra L., Abad M. y Bernal M. 2012. *Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues*, *Biomass and bioenergy*, 40, 181-189.
- Bekkering, J., Broekhuis, A.A. y Gemert, V. 2010. *Optimisation of a green gas supply chain - A review*. *Bioresource Technology*, 101, 450-456.
- Bouallagui, H., Touhami, Y., Ben Cheikh, R. y Hamdia, M. (2005), *Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes: review*. *Process Biochemistry*, 40, 989-995.
- Cendales E. 2011. *Producción de biogas mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable*. Trabajo de grado Magister en Ingeniería Mecánica. Bogotá, D.C. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ingeniería, 13-15.
- Gerardi, M.H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. *Wastewater Microbiology series*. Wiley Interscience. United States of America.
- IUSS, Working Group, WRB 2006. *World reference base for soil resources 2006*. 2nd Ed. *World Soil Resources Reports No. 103*. FAO, Rome.
- Kim, J. y Kang, Ch, M. 2015. *Increased anaerobic production of methane by co-digestion of sludge with microalgal biomass and food waste leachate*. *Bioresource Technology*, 189, 409-412.

-
- Rasi, S., Veijanen, A. y Rintala, J. (2007) *Trace compounds of biogas from different biogas production plants*. Energy 32, 1375-1380.
- Tambone F., Scaglia B., D'Imporzano G., Schievano A., Orzi V., Salati S. y Adani F. 2010, Assessing amendmet and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost. Chemosphere 81,577-583.
- Tchobanoglous G, Theisen H. y Vigil S. 1993. Integrated solid waste management. McGraw-Hill Inc, New York.
- Trujillo D., Pérez J.F., Cebberos F.J. 1993. Energy recovery from wastes. Anaerobic digestion of tomato plant mixed with rabbit wastes. Bioresource Technology,. 45(2), 81-83.
- Zucconi, F., Monaco A., Forte M., De Bertoli M. 1985. Phytotoxins during the stabilization of organic matter. Composting of Agricultural and Other Wastes. Elsevier, London, U.K, 73-80.

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE α -D-GALACTOSIDASA DURANTE LA GERMINACIÓN DE *Crotalaria longirostrata*

ENZYMATIC ACTIVITY OF α -D-GALACTOSIDASE DURING THE GERMINATION OF *Crotalaria longirostrata*

Garduza-Acosta B¹, Lagunes-Espinoza LC², Bautista-Muñoz C³, García-de los Santos G⁴ y Zaldívar-Cruz JM³

¹Estudiante MC, Posgrado en Producción Agroalimentaria en el Trópico, CP-Campus Tabasco. ²Área de Ciencia Vegetal, CP-Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n 86500 H. Cárdenas, Tabasco. ³Área de Ciencia de los Alimentos e Ingeniería, CP-Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n 86500 H. Cárdenas, Tabasco. ⁴Área de Semillas, CP-Campus Montecillo, Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, 56235 Montecillo, Edo. De México.
Autor para correspondencia: garduza.beatriz@colpos.mx.

RESUMEN

Con la imbibición de las semillas se reactiva el metabolismo interno para iniciar el proceso de germinación. Durante esta reactivación diversas enzimas inician su actividad, entre ellas la α -D-galactosidasa implicada en la degradación de galactomananos en la pared celular y oligosacáridos como fuente inicial de energía. El objetivo del estudio fue determinar la actividad de α -D-galactosidasa en semillas enteras, testa, cotiledones y germinados de 5, 10, 15 y 20 días en semillas de *Crotalaria longirostrata* sometidas a diferentes temperaturas de germinación. Lotes por triplicado de semillas procedentes de Macuspana, Tabasco fueron sometidas a pruebas de germinación a temperaturas de 25 °C y 30 °C día/20 °C noche, con un fotoperiodo de 12h. A los 0, 5, 10, 15 y 20 días después de siembra, se evaluó el porcentaje y velocidad de germinación y la actividad de α -D-galactosidasa. En grupos por separado, sin el efecto de temperatura, se evaluó también la actividad de α -D-galactosidasa en testa y cotiledón. Los resultados muestran baja germinación de las semillas en ambas temperaturas: 6.9 % a 25 °C y 6.2 % a 30 °C día/20 °C noche. La velocidad de germinación fue mayor a 25 °C (0.37 semillas día⁻¹) que a 30 °C día/20 °C noche (0.22 semillas día⁻¹). La testa presenta la mayor actividad

de ésta enzima (12.95 ± 0.73 U mg^{-1} proteína total). En germinados de 5 días la actividad de la enzima disminuye a 1.99 ± 0.23 U mg^{-1} proteína total y mantiene su actividad hasta los 20 días después de germinar.

Palabras clave: Fabaceae, Chipilín, α -galactosidasa, germinación, testa, cotiledones.

INTRODUCCIÓN

El género *Crotalaria* presenta amplia distribución en el continente americano. Es una fabácea que se adapta a diferentes tipos de suelos y climas tropicales, por ello puede ser una alternativa en la rentabilidad y la sostenibilidad ambiental de la agricultura (Bell *et al.*, 2010). Se ha observado que las semillas de *Crotalaria longirostrata* presentan latencia (Juárez-Fuentes y Lagunes-Espinoza, 2014) debido principalmente a la testa impermeable. Por ello diversos autores han ensayado tratamientos de calor para debilitar la testa y permitir la entrada de agua. La inmersión en ácido sulfúrico (Ayala-Herrada *et al.*, 2010; Juárez-Fuentes y Lagunes-Espinoza, 2014), en agua caliente con un alternancia de temperaturas diurna/nocturna de 25/30 °C (Reino *et al.*, 2011) y el choque térmico a 100 °C (Zuloaga-Aguilar *et al.*, 2011) para romper la latencia e incrementar la germinación en esta especie.

La latencia es un estado interno de la semilla que impide su germinación bajo condiciones favorables de humedad, temperatura, y oxígeno (Benched-Arnold *et al.*, 2000). La testa es el principal determinante en la germinación de la semilla de fabáceas con testa dura. Entre las funciones de la testa se encuentran la preservación de la integridad de las partes de la semilla, protección del embrión contra lesiones mecánicas y ataques de enfermedades, regulación de intercambio gaseoso entre el embrión y el ambiente externo, regulación de la imbibición, etc. La susceptibilidad a daños mecánicos está relacionada con el contenido de lignina en la testa (Dürhben de Souza y Marcos-Filho, 2001).

La impermeabilidad de la testa se ha visto que puede estar asociada a la presencia de una cutícula cerosa, concentraciones elevadas de Ca y bajas de P en la testa, alta concentración de xilosa, hemicelulosa (xilanas), presencia de una capa de compuestos fenólicos, alta lignificación de las células en palizada y número y forma de los poros (Dürhben de Souza y Marcos-Filho, 2001; Mullin y Xu, 2001) y a la actividad enzimática (Finkelstein *et al.*, 2008). Entre las enzimas que se activan

para reblandecer la pared celular y permitir la protrusión de la radícula se encuentra la α -galactosidasa, la cual participa en la movilización de oligosacáridos (RFOs) durante la germinación de la semilla, principalmente rafinosa y estaquiosa (Fialho *et al.*, 2008). El catabolismo de RFOs es realizado primariamente por la esta enzima, la cual es una exo-glucosidasa que hidroliza una variedad de α -D-galactosidos así como oligosacáridos y polisacáridos.

Las semillas tienen una alta demanda de energía durante el inicio de la germinación y se ha observado que los RFOs disminuyen rápidamente después de la imbibición de la semilla. La hidrólisis de los RFOs en semillas es realizada antes que los polisacáridos sean movilizados, lo cual indica que estos pueden tener un rol en el suministro de energía para el inicio de la germinación. Esta enzima actúa junto con la β -mananasa y β -manosidasas para degradar los galactomananos en las semillas.

Además de su rol en el inicio de la germinación de las semillas, la α -galactosidasa tiene un amplio potencial de uso industrial, ya que tiene la capacidad para hidrolizar la rafinosa del jarabe de azúcar de remolacha y facilitar su cristalización y en consecuencia mejorar el rendimiento de azúcar (Ganter *et al.*, 1988). La presencia de RFOs en derivados de soya promueve malestar intestinal y reduce la absorción de nutrientes en humanos y animales monogástricos después de su consumo. Por lo que la enzima puede ser usada para hidrolizar los RFOs en leche de soya y otros alimentos derivados de fabáceas como los concentrados para animales monogástricos (Falkowski *et al.*, 2006).

El objetivo del estudio fue cuantificar la actividad de la α -D-galactosidasa en semillas enteras, testa, cotiledones y germinados de 5, 10, 15 y 20 días de *Crotalaria longirostrata*, sometidas a diferentes temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos secos y maduros de *Crotalaria longirostrata* procedentes de Macuspana, Tabasco fueron separados en sus componentes (pericarpio y semillas). Las semillas fueron secadas a temperatura ambiente y conservadas a 4 °C previo análisis. Antes de la prueba de germinación, se realizó la prueba de viabilidad de las semillas con cloruro de tetrazolio al 1 %. Para evaluar el porcentaje y velocidad de germinación, lotes por triplicado de 50 semillas por especie, previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio seguidas de lavados con agua destilada, fueron puestos a

germinar en cajas de petri entre papel filtro estéril, en una cámara bioclimática (ThermoScientific modelo 818) a un régimen de temperatura de 35 °C /20 °C simulando temperaturas de verano y temperatura constante de 25 °C y fotoperiodo de 12 h. Todos los lotes fueron regados con agua destilada estéril. Diariamente se realizó el conteo de semillas germinadas. Éstas se consideran germinadas cuando la radícula tuvo una longitud >2mm. Al final de 20 días todas las semillas remanentes fueron caracterizadas como germinadas, dañadas, no germinada, semillas duras. Se calculó el porcentaje de germinación y la velocidad de germinación como: Porcentaje de germinación (% G): correspondió a la relación entre el número de semillas sembradas y el número de semillas germinadas con la fórmula:

$$PG = \frac{NTSGx}{NTSS}$$

donde:

NTSG = Número de semillas germinadas,
 NTSS = Número total de semillas sembradas.

Velocidad de germinación (VG), definida como la medida del número de semillas germinadas en relación con el tiempo de germinación con la formula:

$$VG = \frac{\sum i}{t}$$

donde:

ni = Número de semillas germinadas en día i
 t = Tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

La extracción y determinación enzimática fue realizada a partir de 30 semillas por cada tratamiento: semilla entera, testa y cotiledón y en germinados de 5, 10, 15 y 20 días.

Obtención de extracto crudo enzimático. Muestras por triplicado de cada tratamiento, previamente pesadas, se colocaron en un mortero enfriado y se les adicionó N_2 líquido para su molido homogéneo, posteriormente, se adicionaron 10 mL de amortiguador de acetato de sodio 15 mM pH 5.5. El homogenizado fue centrifugado a 4 °C a 10 000 rpm durante cinco min. El sobrenadante fue decantado y almacenado a -67 °C para la determinación de la actividad enzimática.

Actividad enzimática de α -D-galactosidasa. La actividad se realizó de acuerdo a Fialho *et al.* 2008. Se determinó usando 100 μ L de extracto enzimático, 600 μ L de regulador de acetato de sodio 200 mM pH 5, 50 μ L de sustrato pNPGal 20 mM. La reacción se llevó a cabo durante 15 min a 40 °C y terminó con la adición de 250 μ L de $NaCO_3$ 2 M. Posteriormente, se centrifugaron a 10 000 rpm durante cinco min a temperatura ambiente. La cantidad de p-nitrofenol liberado se midió a una absorbancia de 410 nm. Finalmente, se realizó una curva estándar con p-nitrofenol (Sigma) a una concentración de 1-10 mM/1 mL para interpolar los datos.

Proteína total. La concentración de proteína total se determinó por el método de Micro Markwell adicionando en tubos de vidrio 20 μ L de muestra, dilución 1:4, 280 μ L de agua des ionizada estéril, en agitación, se agregaron 1000 μ L de solución A (Na_2CO_3 2 %, NaOH 0.4 %, $C_4H_4KNaO_6 \cdot 4H_2O$ 0.16 %, $CH_3(CH_2)_{11}OSO_3Na$ 1 %) más solución B ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) en una proporción 1:100. La mezcla se incubó durante 15 min a temperatura ambiente. Al terminar, en agitación, se adicionó 100 μ L Folin-agua en proporción 1:1. Posteriormente, se incubó durante 45 min a 37 °C. Los péptidos liberados durante la reacción se midieron a 660 nm en un espectrofotómetro Marca Thermo Scientific Multiskan Go.

Los datos de porcentaje de germinación se transformaron con la función arcoseno para ajustarlos a una distribución normal y junto con los de velocidad de germinación y actividad enzimática fueron sometidos a un análisis de varianza considerando los dos regímenes de temperatura de germinación y sus interacciones. Cuando el efecto fue significativo se aplicó la prueba de medias de Tukey para distinguir diferencias entre los tratamientos utilizando el programa estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de temperatura sobre la germinación

La prueba de cloruro de tetrazolio reveló viabilidad del 100 % de semillas de *Crotalaria longirostrata*, al observarse la tinción roja del embrión. No obstante cuando las semillas fueron puestas a germinar, la germinación fue baja. La temperatura no incrementó el porcentaje de germinación (Cuadro 1). El análisis de varianza mostró efecto significativo para temperatura (T), días a germinación (DG) y la interacción (TxDG) para la velocidad de germinación. En el caso del porcentaje de germinación sólo se observó significancia para los días a germinación.

Cuadro 1

ANOVA para porcentaje y velocidad de germinación en semillas de Crotalaria longirostrata

Fuente de variación	gL	Cuadrado Medio	
		Porcentaje de germinación	Velocidad de germinación, semillas día ⁻¹
Temperatura (T)	1	5.73	0.24**
Días a germinación (DG)	3	50.67*	0.38***
TxDG	3	4.89	0.13*
Error	37	12.06	0.03

El efecto de temperatura sobre la velocidad de germinación mostró que conforme se incrementa la temperatura la velocidad disminuye (Cuadro 2). La baja germinación de las semillas en estudio confirma la presencia de latencia en las semillas de *Crotalaria longirostrata*.

Cuadro 2

Efecto de temperatura sobre el porcentaje (PG) y velocidad (VG) de germinación de semillas de Crotalaria longirostrata

Temperatura	PG	VG, semillas día ⁻¹
25°C	6.93 a	0.37 a
30°C día/20°C noche	6.21 a	0.22 b

Actividad de α -D-galactosidasa en la semilla

La actividad de la enzima en semillas de *C. longirostrata* es mayor en la testa que en los cotiledones (Figura 1), lo que parece indicar una compartimentalización distinta de esta enzima en la semilla para prevenir la degradación de los galactomananos

de la pared celular y de RFOs durante la maduración de la semilla. Esta enzima presenta una amplia distribución en la familia Fabaceae y se encuentra activa en semillas latentes (Guimarães *et al.*, 2001). En semillas de *Dalbergianigra* se ha observado mayor actividad de α -D-galactosidasa en los cotiledones que en el embrión (Carrijo *et al.*, 2010).

Efecto de temperatura y tiempo de germinación sobre la actividad de α -D-galactosidasa

La actividad específica de la enzima disminuye durante la germinación (Figura 2). Esta disminución es gradual en semillas de la fabácea *T. multijuga* y es paralela con la degradación de RFOs, rafinosa y estaquiosa principalmente. En esta especie la actividad disminuye rápidamente con el inicio de la germinación donde alcanza un pico máximo a las 108 h después de imbibición de la semilla (Fialho *et al.*, 2008).

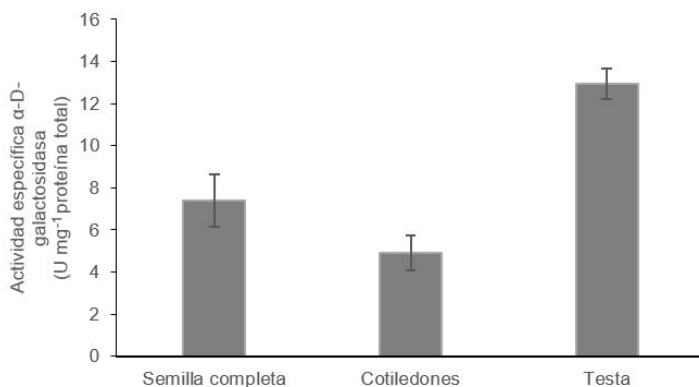


Figura 1. Actividad específica de α -D-galactosidasa expresada en diferentes partes de la semilla de *C. longirostrata*.

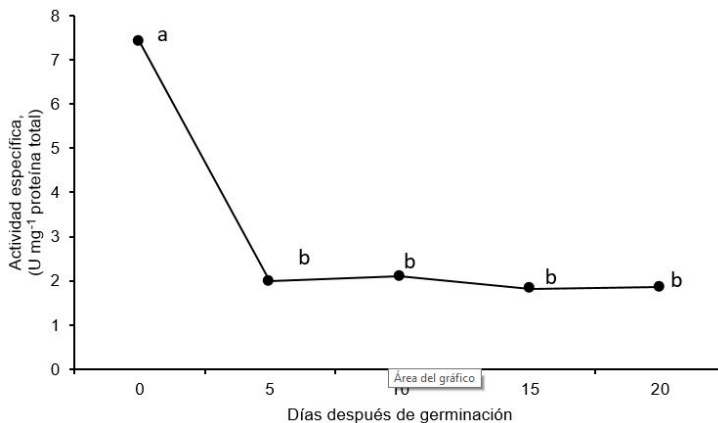


Figura 2. Actividad específica de α -D-galactosidasa contra pNPGal durante la germinación de semillas de *C. longirostrata*.

En las semillas de *C. longirostrata* se observa un comportamiento similar a las de *T. multijuga*, una alta concentración en semillas antes de la imbibición y un descenso en germinados de 5 días, manteniendo su baja actividad hasta 20 días después de germinación. Esto indica que esta enzima es pre-existente en semillas de esta especie y parece activarse rápidamente para romper los oligosacáridos y proveer energía rápida para el inicio de la germinación (Fialho *et al.*, 2008; Ataíde *et al.*, 2013). Dado que el lapso entre semillas sin germinar y los germinados de 5 días es al parecer muy largo para detectar los cambios al momento exacto de la emisión de la radícula en semillas de *C. longirostrata*, es necesario la observación a intervalos de imbibición más cortos para conocer la actividad durante la protrusión de la radícula tanto en testa como en el cotiledón.

CONCLUSIONES

Las semillas de *C. longirostrata* presentaron una baja germinación a las temperaturas de germinación probadas. La mayor actividad de α -D-galactosidasa se presenta en la testa, seguida de los cotiledones. La actividad de la enzima disminuye rápidamente con la germinación de la semilla.

LITERATURA CITADA

- Ataíde, G da M; de Lima e Borges, EE; de Carvalho Gonçalves, JF; Monteze Guimarães, V; MontezeBicalho, M; Vasconcelos Flores, A. (2013) Activities of α -galactosidase and polygalacturonase during hydration of *Dalbergianigra* (Vell.) Fr All. ex Benth.) seeds at different temperatures. *Journal of Seed Science*, 35:92-98.
- Ayala-Herrada L; Villafañe-Cruz, M; Pinacho-Lopez, B; Arroyo-Ledezma, J; Magaña-Sevilla, H. (2010) Escarificación de semillas de *Indigofera hirsuta* (Linneaus), *Canavaliamaritima* (Thouars) y *Crotalaria longirostrata* (Hook). *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 27:433-446.
- Bell, LW; Bennett, RG; Ryan, MH; Clarke, H. (2011) The potential of herbaceous native Australian legumes as grain crops: A review. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 26:72-91.
- Benech-Arnold, RL; Sánchez, RA; Forcella, F; Kruk, BC; Ghersa, CM. (2000) Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, 67:105-122.
- Carrijo, LC; de Lima e Borges, EE; Pontes, CA; Rocha Lopes, M; Brune, A. (2010) α -Galactosidase activity and carbohydrate mobilization in seeds of *Dalbergianigra* (Vell.) Allemão ex Benth. - FABACEAE (BRAZILIAN ROSEWOOD) during germination. *Cerne, Lavras*, 16:283-289.
- Dürhben de Souza FH; Marcos-Filho, J. (2001) The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. *Revista Brasileira de Botânica, São Paulo*, 24:365-375.
- Falkoski, DL; Guimarães, VM; Callegari, CM; Reis, AP; Barros, EG; Rezende, ST. (2006) Processing of soybean products by semipurified plant and microbial α -galactosidase. *J. Agric. Food Chem.* 54:10184-10190.
- Fialho, Lda S; Monteze Guimarães, V; Marin Callegari, C; Pataro Reis, A; Silveira Barbosa, D; de Lima Borges, EE; Alves Moreira, M; Tavares de Rezende, S. (2008) Characterization and biotechnological application of an acid α -galactosidase from *Tachigalimultijuga* Benth. Seeds. *Phytochemistry*, 69:2579-2585.
- Finkelstein, R; Reeves, W; Ariizumi, T; Steber, C. (2008) Molecular aspects of seed dormancy. *Annu. Revista. Plant Biology*. 59:387-415.
- Ganter, C; Bock, A; Buckel, P; Mattes, R. (1988) Production of thermostable recombinant α -galactosidase suitable for raffinose elimination from sugarbeet *Sylvestris* L. *J. Biotechnol.* 8:301-310.

-
- Guimarães, VM; Rezende, ST; Moreira, MA; Barros, EG; Felix, CR. (2001) Characterization of α -galactosidase from germinating soybean seed and their use for hydrolysis of oligosaccharides. *Phytochemistry*, Amsterdam, 58:67-73.
- Juárez-Fuentes, B; Lagunes-Espinoza, LE. (2014) Germinación como un proceso que mejora la calidad nutritiva de leguminosas tropicales. II. Congreso Internacional y XVI Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas, 23-25 abril, Chapingo, México, pp. 217-218.
- Mullin, WJ; Xu, W. (2001) Study of Soybean Seed Coat Components and Their Relationship to Water Absorption. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, 49:5331-5335.
- Reino, J; Sánchez, JA; Muñoz, B; González, Y; Montejo, L. (2011) Efecto combinado de la escarificación y la temperatura en la germinación de semillas de leguminosas herbáceas. *Pastos y Forrajes* 34:179-179.
- Zuloaga-Aguilar S; Briones, O; Orozco-Segovia A. (2011) Seed Germination of Montane Forest Species in Response to Ash, Smoke and Heat Shock in Mexico. *Acta Oecologica*, 37:256-262.

MEJORAMIENTO DE MAÍZ AZUL A TRAVÉS DE IRRADIACIÓN GAMMA RECURRENTE CON Co^{60}

BLUE CORN IMPROVEMENT THROUGH GAMMA RADIATION APPELLANT ^{60}Co

Salmerón EJ^{1*}, De la Cruz TE², Mastache LAA¹, Merlos BMI¹, Canales SE¹, García AJM² y Gómez RLD³

¹CSAEGro (csaegro@prodigy.net.mx). Iguala, Guerrero, México. Tel. y Fax 01 733 (33) 24328. ²Departamento de Biología. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Carretera México-Toluca S/N, La Marquesa, Ocoyoacac, México. C.P. 52750 (eulogio.delacruz@inin.gob.mx). ³Estudiante del 7° semestre del CEP-CSAEGro de la especialidad de Fitotecnia.

RESUMEN

Semillas de maíz azul fueron irradiadas con rayos gamma de Co^{60} con dosis de 200 Gray para la inducción de variabilidad genética en los rasgos cuantitativos y cualitativos, y durante el proceso, seleccionar líneas con características agronómicas sobresalientes para la formación de variedades más eficientes a los cambios climáticos que se están produciendo en la actualidad. En las generaciones R_1M_1 y R_2M_1 se comprobó que la dosis de irradiación a 200 Gray provocó una letalidad del 60 %; generándose una amplia variabilidad genética, que puede ser utilizada por el fitomejorador para obtener genotipos más sobresalientes. De esta forma, la radiación es una técnica eficiente para la inducción de mutación en las poblaciones, y así mejorar el carácter (es) de la (s) planta (s), para hacer frente a la incertidumbre provocada por la variabilidad del clima global y el cambio, y contribuir a aumentar la producción de alimentos.

Palabras clave: *Zea mays*, mejoramiento mediante mutagénesis.

INTRODUCCIÓN

Para alimentar a los millones de personas que viven en este planeta, la producción de alimentos de alta calidad debe incrementarse, pero el logro de este fin es particularmente difícil en la cara del cambio ambiental global. Los fitomejoradores deben centrarse en los rasgos con mayor potencial para aumentar el rendimiento, por esta razón, nuevas tecnologías deben ser desarrolladas para acelerar la reproducción a través de los métodos de la mejora de genotipos y fenotipos y el aumento de la diversidad genética en el mejoramiento del germoplasma (Tester y Langridge, 2010). Por otra parte, Prasad (2011), señala que los cereales son los más sensibles al estrés de alta temperatura durante la microesporogénesis y floración; además, durante estas etapas conduce a la pérdida de la fertilidad del polen, induciendo mala polinización y la disminución de la fertilización, resultando en un menor número de semillas. El desarrollo de cultivares tolerantes a alta temperatura es de vital importancia para la adaptación al cambio climático y la variabilidad climática. Sin embargo, hay varios retos para el desarrollo de genotipos de tolerancia al estrés, algunos de estos incluyen (a) la disponibilidad de la variabilidad genética en el carácter de interés; (b) el desarrollo y uso eficiente de método de cribado eficaz y fiable; (c) la identificación de genotipos tolerantes al estrés; (d) la comprensión del mecanismo fisiológico y bioquímico asociado con la tolerancia o susceptibilidad; (f) la heredabilidad del rasgo identificado y (g) la incorporación de rasgos de tolerancia en los genotipos de alto rendimiento existentes. La producción de cultivos es muy sensible a las condiciones ambientales cambiantes, esta situación se ha manifestado de una forma más crítica en los últimos años debido al efecto producido por el cambio climático, generando variabilidad en el clima año tras año, y convirtiéndose en un reto importante para la productividad. En pocas palabras, tienen que ser producidos por unidad de tierra, más alimentos, fibra, combustible y forraje; las estrategias utilizadas para satisfacer estas demandas se basan cada vez más en el conocimiento de la ciencia pertinente, en particular la genética y la biología de la reproducción (Caligari y Forster, 2012). Por esta razón, Brock (1972), señala que las mutaciones inducidas se consideran como una alternativa a la variación de origen natural como la fuente de germoplasma para programas de mejoramiento de plantas, y como alternativa a la hibridación y la recombinación de plantas mutantes las cuales han sido evaluadas en términos de los esfuerzos requeridos (tamaño de la población) y el efecto del genotipo de fondo. La inducción de mutaciones, contribuye a la mejora de las plantas cuando se combina con la selección, o la recombinación

y selección, o con otros métodos de manipulación de la variación genética; como una fuente de variabilidad, las mutaciones inducidas lo complementan y cuando se seleccionan mutantes específicos después de los tratamientos mutagénicos es muy probable que un número de cambios mutacionales se habrá producido en el genotipo seleccionado (Brock, 1977). Por otra parte, Roychowdhury y Tah (2013), determinan que la mutagénesis inducida, era un paso crucial en el programa de mejoramiento de los cultivos, es ahora éxito en la aplicación debido al avance y la incorporación de técnicas de selección a gran escala. El mejoramiento por mutación se ha utilizado en los últimos años como un valioso complemento a otros métodos de mejoramiento de plantas en la generación de nueva variabilidad y el desarrollo de variedades de cultivos con la nueva arquitectura, la constitución bioquímica superior y el crecimiento adecuado y ritmos de desarrollo. La utilidad de este método es evidente por el hecho de que en varios cultivos mutantes inducidos han sido liberados como nuevas variedades (Khan y Tyagi, 2013). Mukesh (2013), manifiesta que la mutación inducida se utiliza comúnmente para producir rasgos en cultivos tales como semillas más grandes, nuevos colores, o las frutas más dulces que, o bien no se pueden encontrar en la naturaleza o se han perdido durante la evolución. La mutación inducida es por lo tanto una estrategia de mejoramiento de los cultivos establecidos y se le atribuye al desarrollo de más de 3,200 variedades de cultivos élite y plantas ornamentales liberados oficialmente que se cultivan en todo el mundo (FAO/IAEA, 2014). En base a lo anterior, Profesores-Investigadores del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro) e Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), señalan la necesidad de acelerar el mejoramiento para incrementar el potencial de rendimiento que es cada vez más urgente, a medida que la población sigue creciendo; creándose el programa de mejoramiento mediante mutagénesis con radiaciones gamma de Co^{60} con el objetivo de generar variación genética y durante el proceso seleccionar líneas con características agronómicas sobresalientes para la formación de variedades y/o híbridos más eficientes, resistentes a plagas y enfermedades, con capacidad de adaptación a diferentes condiciones de clima y suelo, tolerantes a la sequía, precocidad y mayor contenido nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características generales donde se estableció el estudio. El estudio se inició en la estación experimental del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior

Agropecuaria del estado de Guerrero, localizado en el km 14.5 de la carretera Iguala-Cocula entre las coordenadas 18° 15' 26" LN y 99° 39' 46" LO, con una altitud de 640 msnm, con una precipitación y temperatura promedio anual de 797 mm y 25 °C (García, 1988).

Características del material genético utilizado. El material genético fue obtenido en el municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero, de una selección de mazorcas en campo de agricultores, seleccionando 4 kilos de semilla de maíz azul con 11,732 semillas, de buena calidad, libre de insectos y enfermedades de tamaño uniforme con un peso promedio de 100 semillas de 44 g (Figura 1), las cuales fueron irradiadas a 200 Gray en el Gammacell-220 del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. El trabajo de siembra y selección para la obtención de nuevas plantas prometedoras de maíz, se llevó a cabo en dos ciclos agrícolas por año: temporal [primavera-verano (P.V.)] de junio a noviembre y riego [otoño-invierno (O.I.)] de diciembre a mayo.

CICLO 1 (2012 O.I.): la semilla recién irradiada se sembró el 4 de enero de 2012 en húmedo a una distancia entre surcos de 0.81 m a hilera sencilla con una distancia entre semillas de 0.05 m en una superficie de 1,000 m². Previo a la siembra, se tomaron cinco muestras de 100 semillas para determinar el porcentaje de supervivencia, no se aplicaron pesticidas en ninguna etapa vegetativa con la finalidad de no enmascarar la respuesta a la incidencia a plagas y enfermedades en la población mutante R₁M₁. Posteriormente se fertilizó con el tratamiento 100-40-00 de N-P-K y el lote se mantuvo libre de maleza en todo su ciclo vegetativo. Durante la madurez fisiológica del grano se realizó la cosecha, seleccionando visualmente las plantas más sobresalientes, en la misma forma que un lote de selección masal, en el sentido de considerar sólo plantas con competencia completa. Las plantas seleccionadas fueron plantas de porte bajo, sanas (libres de ataque de plagas y enfermedades), robustas, con dos mazorcas, mazorcas grandes, de buena cobertura de totomoxtle, con grano grande y grano de color azul intenso. Las mazorcas seleccionadas se desgranaron en conjunto, generando un compuesto no balanceado denominándose este compuesto R₁M₂, que es el resultado del primer ciclo de irradiación y selección masal.



Figura 1. Material genético colectado en el municipio de Cuetzala del Progreso Guerrero.

CICLO 2 (2013 O.I.). Para este ciclo, se irradió la semilla obtenida del primer ciclo de selección a 200 Gray, la cual se sembró el 10 de enero de 2013. La población mutante R_2M_1 se obtuvo bajo condiciones de riego, de la misma manera al ciclo anterior; la fertilización, manejo del cultivo y selección se efectuó en la misma forma que el primer ciclo. El producto cosechado se desgranó y se formaron dos compuestos de semilla R_2M_2 , la mitad se guardó para volverse a irradiar y la otra mitad no se irradió.

CICLO 3 (2013 P.V.). En este ciclo, la semilla de la población mutante R_2M_2 sin irradiar, se sembró el 10 de julio de 2013 a una distancia de 10 cm entre plantas, con la finalidad de que expresara todo su potencial genético a alta densidad, y se aclareo para dejar las plantas más robustas, eliminando las plantas débiles, pequeñas y con problemas de plagas. En este ciclo se manifestaron plantas robustas con 2, 3 y 4 mazorcas (Figura 2, 3 y 4), con las características arriba mencionadas, se efectuó la selección correspondiente y se formaron dos compuestos R_2M_3 , el primero correspondió a 2 mazorcas por planta y el segundo a 3 y 4 mazorcas por planta, respectivamente.



Figura 2. Planta con 2 mazorcas de la población mutante R_2M_3 de maíz azul.



Figura 3. Planta con 3 mazorcas de la población mutante R_2M_3 de maíz azul.



Figura 4. Planta con 4 mazorcas de la población mutante R_2M_3 de maíz azul.

CICLO 4 (2014 O.I.). Se sembraron los dos compuestos R_2M_3 , el 16 de diciembre de 2013, con la finalidad de seleccionar las mejores plantas con 2, 3 y 4 mazorcas por planta (Figura 5), y también se irradió el compuesto mutante R_2M_2 del ciclo 2 (2013 O.I.), a 200 Gray, dando como resultado la población mutante R_3M_1 , la cual se sembró el 30 de diciembre de 2013.



Figura 5. Selección en bodega de las mejores plantas cosechadas con 2, 3 y 4 mazorcas en la población mutante R_2M_3 de maíz azul.

Para este ciclo, se efectuó la selección correspondiente como los ciclos anteriores con los criterios arriba mencionados, y se formó el compuesto R_2M_4 . Por otra parte, la población R_3M_1 , no expresó características sobresalientes y no se realizó selección dentro de la población mutante.

CICLO 5 (2014 P.V.). Para este ciclo agrícola, la semilla de la población mutante R_2M_4 , se sembró el 13 de junio de 2014 a una distancia entre plantas de 10 cm, con la finalidad de que expresara todo su potencial genético a alta densidad, y se aclaró para dejar las plantas más robustas, eliminando las plantas débiles, pequeñas y con incidencia de plagas; efectuándose la selección correspondiente y formando el compuesto mutante R_2M_5 (Figura 6 y 7).



Figura 6: Planta con 2 mazorcas de la población mutante R_2M_4 de maíz azul.



Figura 7: Selección en bodega de las mejores plantas cosechadas con 2 mazorcas en la población mutante R_2M_4 de maíz azul.

CICLO 6 (2015 O.I.). Para este ciclo agrícola, la semilla de la población mutante R_2M_5 , se sembró el 12 de diciembre de 2014 a una distancia entre plantas de 10 cm, con la finalidad de que expresara todo su potencial genético a alta densidad, y se aclaró para dejar las plantas más robustas, eliminando las plantas débiles, pequeñas y con incidencia de plagas; efectuándose la selección correspondiente y formando el compuesto mutante R_2M_5 (Figura 8).



Figura 8: Población mutante R_2M_5 de maíz azul.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La inducción de mutaciones se ha convertido en una manera probada de crear la variación dentro de una variedad de cultivo, ofreciendo la posibilidad de inducir atributos deseados que no se pueden encontrar en la naturaleza o se han perdido durante la evolución (Mukesh, 2013). Al establecer los experimentos la DL_{50} para las generaciones R_1M_1 y R_2M_1 irradiando la semilla a 200 Gray provocó una letalidad del 60%. Al avanzar los ciclos de selección con irradiación bajo población de polinización libre (PL), la variación aumentó exhibiendo diferentes características como: la reducción del porte de la planta, la disminución de su ciclo vegetativo, las

hojas tendieron a ser semi erectas, se manifestaron plantas robustas con 2, 3 y 4 mazorcas, con buena cobertura y olores delgados, el tamaño de grano fue mayor y se observó que el grano fue más oscuro. Lo anterior, permitirá aumentar la presión de selección en los siguientes ciclos. Walker (1969), afirma que no debe haber ninguna disminución en la tasa de mejora de las plantas de cultivo, proponiendo una mayor comprensión de los mecanismos genéticos en lugar de otro aumento en la complejidad biométrica; señalando que la selección es una fuerza muy poderosa, que podría ser utilizada para conservar la variación genética, en la realización de cambio útil. Lakubtsiner *et al.* (2010), afirman que la mutagénesis artificial es uno de los métodos más prometedores del mejoramiento selectivo, donde las mutaciones provocan cambios hereditarios que se pueden inducir mediante la exposición de semillas y plantas para diversos tipos de agentes de radiación y químicos, señalando que los mutágenos de radiación producen un espectro más amplio de mutaciones y los mutantes seleccionados se pueden usar en diversas maneras; una simple selección de mutaciones útiles es posible, como también se pueden cruzar con otra o con variedades.

CONCLUSIONES

En las generaciones R_1M_1 y R_2M_1 se comprobó que la dosis de irradiación a 200 Gray provocó una letalidad del 60 %. El proceso de irradiación recurrente de la semilla de maíz azul, generó amplia variabilidad genética, la cual puede ser utilizada por el fitomejorador para obtener mediante criterios de selección bien definidos los genotipos más sobresalientes. La irradiación recurrente (R_3M_1) a 200 Gray no exhibió cambios importantes en la población mutante de maíz azul.

LITERATURA CITADA

Caligari, P. D. S. and Forster, B. P. 2012. Plant breeding and crop improvement. Wiley Online Library. In: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470015902.a0002024.pub2/abstract;jsessionid=F026E1860C6DE9EE1D33A7D8EF794B1B.f02t03> (Fecha de consulta: 08/06/2015).

-
- Brock, R. D. 1972. The role of induced mutations in plant improvement. Induced Mutations and Plant Improvement. Proceedings of a Study Group Meeting, Buenos Aires, Argentina, 16-20 November 1970. p. 513-520. Organized by the Joint FAO/IAEA Division of Atomic Energy in Food and Agriculture. International Atomic Energy Agency Vienna, 1972. In: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/04/056/4056597.pdf (Fecha de consulta: 08/06/2015).
- Brock, R. D. 1977. Prospects and perspectives in mutation breeding. Genetic Diversity in Plants. Basic Life Sciences. Volume 8. p. 117-132. In: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-2886-5_12 (Fecha de consulta: 08/06/2015).
- FAO/IAEA. 2014. Plant breeding and genetics. Joint FAO/IAEA Programme. Vienna, Austria. In: <http://www-naweb.iaea.org/nafa/pbg/index.html> (Fecha de consulta: 09/06/2015).
- García, E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial UNAM. 4ª Edición. México, D. F. 114 p.
- Iakubtsiner, M. M.; Dorofeev, V. F. and Udachin, R. A. 2010. Selective breeding. Breeding of animals or plants having desirable characters. The Great Soviet Encyclopedia. 3rd Edition (1970-1979). © 2010 The Gale Group, Inc. All rights reserved.
- Kharkwal, M. C.; Pandey, R. N. and Pawar, S. E. 2004. Mutation breeding for crop improvement. Plant Breeding. p. 601-645.
- Khan, M. H. and Tyagi, S. D. 2013. A review on induced mutagenesis in soybean. Journal of Cereals and Oilseeds. 4(2): 19-25. In: <http://www.academicjournals.org/journal/JCO/article-abstract/0EA00C8565> (Fecha de consulta: 09/06/2015).
- Mukesh, R. N. 2013. Ionizing radiation (gamma rays) and its effect on plant morphology, physiology, and cytology. Research in Plant Breeding. In: <http://mukeshramjalipb.blogspot.mx/2013/03/ionizing-radiation-gamma-rays-and-its.html> (Fecha de consulta: 07/06/2015).
- Prasad, P. V. V. 2011. Impacts of climate change and climate variability on productivity of food grain crops. The 7th Asian Crop Science Association Conference. Improving food, energy, and environment with better crops. Bogor, Indonesia, 27-30 September 2011. p. 2. In: <http://www.cropscience.jp/acsa/conference/Proceeding-ACSAC-ISBN.pdf> (Fecha de consulta: 29/05/2015).

-
- Roychowdhury, R. and Tah, J. 2013. Mutagenesis—A Potential Approach for Crop Improvement. K. R. Hakeem *et al.* (eds.). Crop Improvement. p. 149-187.
- Tester, M. and Langridge, P. 2010. Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science*. Vol. 327. No. 5967. p. 818-822. In: <http://www.sciencemag.org/content/327/5967/818.short> (Fecha de consulta: 28/05/2015).
- Walker, J. T. 1969. Selection and quantitative characters in field crops. *Biological Reviews*. Vol. 44. Issue 2. p. 207-243. In: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-185X.1969.tb00827.x/abstract> (Fecha de consulta: 10/06/2015).

MUTAGÉNESIS INDUCIDA CON RADIACIÓN GAMMA A SEMILLA DE SOYA DE PLANTA MUTANTE ESPONTÁNEA

GAMMA RADIATION INDUCED MUTAGENESIS A SOYBEAN SPONTANEOUS MUTANT PLANT

Salmerón EJ^{1*}, De la Cruz TE², Mastache LAA¹, Merlos BMI¹, Canales SE¹,
García AJM² y Brito MTL³

¹CSAEGro (csaegro@prodigy.net.mx). Iguala, Guerrero, México. Tel. y Fax 01 733 (33) 24328. ²Departamento de Biología. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Carretera México-Toluca S/N, La Marquesa, Ocoyoacac, México. C. P. 52750 (eulogio.delacruz@inin.gob.mx). ³Estudiante del 7º semestre del CEP-CSAEGro de la especialidad de Fitotecnia.

RESUMEN

Semillas de soya de planta mutante espontánea fueron irradiadas con rayos gamma de Co⁶⁰ a 250 Gray, con la finalidad de incrementar la viabilidad genética y de esta manera seleccionar plantas precoces con características agronómicas relevantes, resistentes a insectos y enfermedades. En la generación R₁M₁ la dosis a 250 Gray indujo una sobrevivencia del 45.2 %, además de una gran variabilidad genética con rasgos cuantitativos favorables para este cultivo, seleccionándose 19 líneas mutantes precoces R₁M₂ de ciclo de 90 días, con características agronómicas sobresalientes.

Palabras clave: *Glycine max*, mejoramiento mediante mutagénesis.

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad y la seguridad alimentaria son los principales desafíos que enfrentan los países del tercer mundo en los últimos decenios, aunado a los problemas del cambio climático, el aumento de la población, la sobreexplotación de los recursos naturales y la degradación de los recursos asociados al rápido crecimiento

económico (Padmavathy y Poyyamoli, 2011). Del mismo modo, Singh y Reddy (2013), señalan que el cambio climático plantea retos complejos como múltiples estreses abióticos en los cultivos y el ganado, la escasez de agua, degradación de la tierra y de las economías que afectan, además de serio desafío para producir 40 % más de alimentos, con poca tierra y agua, utilizando menos energía. Por otra parte, la reducción de los insectos útiles provoca serias preocupaciones para la seguridad alimentaria y nutricional, requiriéndose además de variedades adecuadas con rasgos de mayor potencial para incrementar el rendimiento.

Mba (2013), señala que las mutantes espontáneas son tipos aberrantes que se encuentran en la naturaleza para la no intervención deliberada del hombre, engendrando nuevos fenotipos. La domesticación de las plantas fuera de tipo, es decir, mutantes espontáneos que manifiestan rasgos adecuados para el mejoramiento del cultivo, hace 10 milenios atrás contribuyó en gran medida a los orígenes de la agricultura y, por tanto, los actuales estilos de vida relativamente sedentaria y los asentamientos humanos permanentes. La pérdida de ciertas características “salvajes” en los cultivos a través de mutaciones espontáneas fue el principal impulsor de la fundación de la agricultura en el Creciente Fértil de Asia Occidental y de forma independiente en el norte y el sur de China, Sahel de África, Nueva Guinea, los Andes y varias regiones de las Américas. Ejemplos notables de mutantes espontáneos de cultivos cuyas características hereditarias espontáneamente alteradas condujeron a la domesticación y facilidad de cultivo y por lo tanto la disponibilidad lista para el consumo humano incluye chicharos, trigo y cebada. La acumulación de mutaciones espontáneas que abolió la vaina o rotura de la cabeza (los mecanismos de dispersión natural de las semillas) y el adelgazamiento de la cubierta de las semillas resultantes de reducciones en la duración de los períodos de latencia de las semillas, originando estas plantas aptas para el cultivo a voluntad. Otro ejemplo importante de un cambio permanente hereditario en la distinción de los mutantes de sus tipos salvajes, hacen que sean adecuadas para el consumo humano es la pérdida del contenido amargo en las almendras, habas, melones, patatas, berenjenas, coles y varios tipos de frutos secos, como también incluyen el partenocarpio en plátanos y uvas.

Buanec (2011), precisa que la primera fase del desarrollo de la agricultura la domesticación y la selección de las mejores plantas fueron los resultados de las mutaciones naturales y la hibridación espontánea con cultivos vecinos o parientes silvestres; sin embargo, aunque el progreso ha sido evidente, era muy lento, ya que no se tenía conocimiento sobre la forma de acelerar y fijar la ganancia genética.

Adnmundo.com (2008), en una Conferencia Internacional sobre la mutación inducida y radiación de plantas en la Agencia Internacional de la Energía Atómica (AIEA), en Viena, Austria, donde participaron alrededor de 600 científicos, investigadores y agricultores, subrayaron que las “mutaciones espontáneas son el motor de la evolución”, y lo que naturalmente podría tardar millones de años en encontrar la mutación adecuada, “nosotros nos concentramos en el tiempo y en el espacio para que los agricultores puedan realizar la experiencia en una generación”. Por otra parte, manifestaron que a diferencia de la tecnología de OMG, la mutación inducida no introduce materia genéticamente modificada ajena a la planta; lo único que hace es reorganizar su identidad genética para mejorar por ejemplo su rendimiento, su sabor, su tamaño o su resistencia a virus o parásitos, agregando que la técnica en cuestión no deja radiación residual en la planta.

Wani *et al.* (2014), precisan que el mejoramiento por los métodos tradicionales se ha practicado durante siglos; sin embargo, estos métodos convencionales ya no son suficientes para hacer cualquier avance adicional para hacer frente a la demanda de alimentos del mundo. La limitación importante en el desarrollo de variedades mejoradas es la variabilidad genética limitada entre los genotipos existentes, por esto, la mutagénesis inducida es una de esas nuevas técnicas que imparten la variación de cultivos sujetos mediante un enfoque sostenible de una gran cantidad de variabilidad genética de ambos rasgos cuantitativos y cualitativos que se ha generado a través de mutagénesis experimental en los últimos 30 años.

Ki-Byung (2011), muestran que la mutagénesis se ha usado durante mucho tiempo en el cultivo de plantas en el que una escasez de germoplasma como para tolerancia a la sequía, resistencia a las enfermedades y otras características morfológicas como existe en altura de la planta de la población natural o de la población mejorada. En la primera época, se utilizó mutagénesis química, pero la gente se dio cuenta de que no sólo es perjudicial para el medio ambiente y el ser humano, también son menos eficaces en comparación con métodos radioactivos, tales como rayos gamma y haz de iones.

Kharkwal *et al.* (2004), señalan que la mayoría de las variedades mutantes (alrededor de 89 %) han sido desarrollados usando mutágenos físicos (rayos X, rayos gamma, neutrones térmicos y rápidos), con rayos gamma solamente representan para el desarrollo de 60% de las variedades mutantes registradas actualmente; además, una amplia gama de características que han sido mejoradas a través de mutaciones genéticas incluyen arquitectura de la planta, la floración y la duración de la madurez, calidad, tolerancia a estreses bióticos y abióticos y el rendimiento.

Técnicas de mutación se han utilizado durante muchos años en la investigación básica de las plantas, donde las mutaciones inducidas en *Arabidopsis*, chícharo, tabaco, tomate, cebada, maíz y el arroz a hecho posible la identificación de muchos genes implicados en rutas metabólicas responsables de desarrollo de la planta y el crecimiento, la respuesta a los reguladores de crecimiento, así como diversos estreses bióticos y abióticos. Análisis mutacional de la arquitectura y la función de la raíz da una nueva esperanza para el próximo aumento significativo de la productividad de los cultivos (Maluszynski y Szarejko, 2005).

Ceccarelli *et al.* (2010), manifiestan que los mejoradores de plantas deben centrarse en los rasgos con mayor potencial para aumentar el rendimiento; por lo tanto, las nuevas tecnologías deben ser desarrolladas para acelerar el mejoramiento a través de la mejora de los métodos genotípicos y fenotípicos y mediante el aumento de la diversidad genética disponible en el mejoramiento del germoplasma.

Es conocido que en las plantas sus características y cualidades, pueden ser mejoradas, cuando existe una suficiente variabilidad genética en las poblaciones que se quieren mejorar; por lo anterior, el mejoramiento genético mediante mutagénesis inducida ofrece la posibilidad de promover características deseadas que no se pueden hallar en la naturaleza o se han perdido durante el proceso evolutivo, ya que gracias a esto, se pueden obtener variedades con características ideales en un lapso relativamente corto, he ahí la importancia de contar y trabajar con materiales nuevos y sobresalientes como líneas experimentales. Por esta razón, Profesores-Investigadores del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro) e Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) están desarrollaron este trabajo de mutagénesis mediante irradiación gamma de Co⁶⁰ en semilla soya de planta mutante espontánea con el objetivo de efectuar mejoramiento genético y la selección progresiva de mutantes inducidos, para la obtención de líneas promisorias con características agronómicas superiores para maximizar los rendimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y clima. El trabajo experimental se estableció en la Estación Experimental del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro) localizado en el km 14.5 de la carretera Iguala - Cocula entre las coordenadas 18° 15' 26" Latitud Norte y 99° 39' 46" Longitud Oeste, con una altitud de 640

msnm, con una precipitación y temperatura promedio anual de 797 mm y 25 °C, respectivamente. El clima está registrado de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1988), que corresponde a Aw0 (w) (i') g, cuyas siglas nos indican que Aw0 corresponde a un clima subhúmedo con lluvias en verano; (w), se observa un porcentaje de lluvias invernales menor al 5 % del total anual; (i'), denota que la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, se encuentran entre 5 y 7 °C; g, señala que el mes más cálido se presenta antes de junio.

Origen. A partir de los materiales avanzados de las poblaciones de soya con características agronómicas sobresalientes que se han desarrollado con el uso de radiaciones gamma de Co⁶⁰ en esta Institución, permitió de nuevo modificar de manera natural o espontánea otros caracteres, resultando una planta mutante espontánea con flor blanca (ciclo P.V. 2013), cosechándose (04/12/2013) 332 semillas de color mostaza, testa brillosa, con hilio negro y un peso de semilla de 60 g (Figura 1).



Figura 1. Planta de soya mutante espontánea de flor blanca obtenida en el ciclo P.V. 2013.

Incremento de semilla de la planta mutante. En el ciclo O.I. 2013-2014, se sembraron las 332 semillas obtenidas de la planta mutante espontánea, exhibiendo plantas segregantes con flores de color violeta y blancas (Figura 2), y en la cosecha se observaron semillas de tamaño grande, mediana y chica.



Figura 2. Plantas de soya mutantes segregantes en el ciclo O.I. 2013-2014.

Irradiación y siembra de la semilla. Se irradiaron las semillas de plantas segregantes de la planta mutante espontánea de soya con un peso de la semilla de 1,710 g en el Gammacell-220 del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) a dosis de 250 Gray de rayos gamma Co^{60} . La siembra de la población mutante R_1M_1 se realizó el 24 junio de 2014 (Ciclo P.V. 2014). Durante sus diferentes etapas vegetativas no se emplearon agroquímicos con el propósito de no enmascarar la respuesta genética a la incidencia a plagas y enfermedades en la población mutante (R_1M_1), manteniéndose el cultivo libre de maleza en todo su ciclo.

Selección de plantas mutantes (R_1M_1). La selección se realizó de manera visual, todas las plantas precoces en la población mutante de soya R_1M_1 (Figura 3) con características agronómicas sobresalientes con flor blanca y violeta (Figura 4 y 5).



Figura 3. Población mutante de soya (R_1M_1), en el ciclo P.V. 2014.



Figura 4. Planta precoz en la población mutante (R_1M_1), con características agronómicas sobresalientes, en el ciclo P.V. 2014.



Figura 5. Planta con características agronómicas sobresalientes, en la población mutante (R_1M_1), en el ciclo P.V. 2014.

Siembra y selección de líneas mutantes precoces (R_1M_2). La siembra de las 29 líneas (R_1M_2) mutantes seleccionadas en el ciclo anterior (ciclo P.V. 2014.) se realizó el 17/12/2014 (ciclo O.I. 2014-2015) (Figura 6); la selección y cosecha de las líneas mutantes precoces se realizó de manera visual con características agronómicas sobresalientes, 90 días después de la siembra (Figura 7, 8 y 9).



Figura 6. Siembra de las líneas mutantes (R_1M_2), con característica agronómica sobresaliente, ciclo O.I. 2014-2015.



Figura 7. Línea mutantes (R_1M_2) precoz, con característica agronómica sobresaliente, ciclo O.I. 2014-2015.



Figura 8. Selección de líneas mutantes (R_1M_2) precoces de ciclo de 90 días, con característica agronómica sobresaliente, en el ciclo O.I. 2014-2015.



Figura 9. Selección de línea mutante (R_1M_2) precoz de ciclo de 90 días, con característica agronómica sobresaliente, en el ciclo O.I. 2014-2015.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto al proceso de irradiación de semillas de soya de la planta mutante espontánea con radiación gamma Co^{60} que se inició en el ciclo P.V. 2014, se observó que la generación R_1M_1 , con el tratamiento a 250 Gray, exhibió una sobrevivencia del 45.2% y una impresionante variación genética de las plantas; Jain (2010), señala que las mutaciones espontáneas ocurren con muy poca frecuencia, por lo que la mutación inducida es altamente necesaria para mejorar la variabilidad genética de un cultivo. Así también, Donini y Sonnino (1998), destacan que la variabilidad es muy esencial para permitir a un mejorador seleccionar cultivares de plantas que son: (a) más adaptadas a los cambios ambientales, (b) más eficiente en la utilización de nutrientes, (c) más tolerante a enfermedades y plagas, y (d) la mejora en rendimiento y calidad.

Se seleccionaron plantas con características agronómicas sobresalientes con flor blanca y violeta en la población mutante R_1M_1 (Figuras 4 y 5), resistentes a plagas y enfermedades, y además plantas precoces en R_1M_2 (Figura 7, 8 y 9). Tadele *et al.* (2010), manifiestan que las mutaciones naturales y la inducción, proporcionan un método potente para la generación de rasgos heredables mejorados; los genes impulsados prometen acelerar el proceso de la creación de nuevos fenotipos, y pueden permitir la generación de fenotipos imposibles de conseguir por métodos tradicionales.

CONCLUSIONES

- Las variaciones fenotípicas en las plantas fueron causadas por los cambios debidos a la irradiación de rayos gamma, lo que favorece el desarrollo de nuevos fenotipos precoces en la generación R_1M_1 .
- Se seleccionaron 19 líneas mutantes precoces R_1M_2 de ciclo de 90 días, con características agronómicas sobresalientes.

LITERATURA CITADA

Adnmundo.com. 2008. Mutación inducida de cultivos: ¿una solución a la crisis alimentaria? En: <http://www.adnmundo.com/contenidos/economia/>

-
- mutacion_inducida_cultivos_solucion_crisis_alimentaria_aiea_ce_130808.html (Fecha de consulta: 20/05/2015).
- Buanec, B. L. 2011. The development of plant breeding and plant variety protection. Symposium on Plant Breeding for the Future. International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV). Geneva, Switzerland. p. 12-21. In: http://www.upov.int/export/sites/upov/about/en/pdf/357E_2.pdf (Fecha de consulta: 23/05/2015).
- Ceccarelli, S.; Grando, S.; Maatougui, M.; Michael, M.; Slash, M.; Haghparas, R.; Rahmanian, M.; Taheri, A.; Al-Yassin, A.; Benbelkacem, A.; Labdi, M.; Mimoun, H. and Nachit, M. 2010. Climate change and agriculture. The Journal of Agricultural Science. Volume 148. Issue 06. p. 627-637. In: <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=7919820&fileId=S0021859610000651> (Fecha de consulta: 17/05/2015).
- Donini, P. and Sonnino, A. 1998. Induced mutation in plant breeding: current status and future outlook. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture. Volume 32. p. 225-291. In: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-015-9125-6_14 (Fecha de consulta: 16/05/2015).
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a Edición. México, D. F. 114 p.
- Jain, S. M. 2010. Mutagenesis in crop improvement under the climate change. Romanian Biotechnological Letters. 15(2): 88-106.
- Kharkwal, M. C.; Pandey, R. N. and Pawar, S. E. 2004. Mutation breeding for crop improvement. Plant Breeding. p. 601-645. In: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-1040-5_26 (Fecha de consulta: 18/05/2015).
- Ki-Byung, L. 2011. Breeding prospects for horticulture in Asia. Symposium on Plant Breeding for the Future. International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV). Geneva, Switzerland. p. 66-82. In: http://www.upov.int/export/sites/upov/about/en/pdf/357E_2.pdf (Fecha de consulta: 04/06/2015).
- Maluszynski, M. and Szarejko, I. 2005. Induced mutations in the green and gene revolutions. Tuberosa R., Phillips R.L., Gale M. (eds.). Proceedings of the International Congress "In the Wake of the Double Helix: From the Green Revolution to the Gene Revolution". 27-31 May 2003, Bologna, Italy. p. 403-425. In: http://www.dista.unibo.it/doublehelix/proceedings/SECTION_IV/HELIX%20pp%20403-425.pdf (Fecha de consulta: 15/05/2015).

-
- Mba, C. 2013. Induced mutations unleash the potentials of plant genetic resources for food and agriculture. *Agronomy*. 3: 200-231. In: <http://www.mdpi.com/2073-4395/3/1/200/htm> (Fecha de consulta: 11/05/2015).
- Padmavathy, K. and Poyyamoli, G. 2011. Alternative farming techniques for sustainable food production. *Genetics, Biofuels and Local Farming Systems. Sustainable Agriculture Reviews*. Volume 7. p. 367-424. In: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-1521-9_13 (Fecha de consulta: 16/05/2015).
- Singh, R. P. and Reddy, K. R. 2013. Impact of climate change and farm management. *Climate Change and Environmental Sustainability*. Volume 1. Issue 1. p. 53-72. (Fecha de consulta: 12/05/2015).
- Tadele, Z.; MBA, C. and Till, B. J. 2010. Tilling for mutations in model plants and crops. Jain, S. M. and Brar, D. S. (eds.). *Molecular Techniques in Crop Improvement*. p. 307-332. In: http://www.botany.unibe.ch/deve/publications/reprint/MolTechCropImprov_307.pdf (Fecha de consulta: 12/05/2015).
- Wani, M. R.; Kozgar, M. I.; Khan, S.; Ahanger, M. A. and Ahmad, P. 2014. Induced mutagenesis for the improvement of pulse crops with special reference to mung bean: a review update. *Improvement of Crops in the Era of Climatic Changes*. p. 247-288. In: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-8830-9_11 (Fecha de consulta: 16/05/2015).

LA EXPRESIÓN SEXUAL DE ÁRBOLES DE LINALOE (*Bursera linanoe* [La Llave] Rzedowski, Calderón & Medina) DE TRES RODALES NATURALES EN GUERRERO, MÉXICO.

SEXUAL EXPRESION FOR LINALOE TREES (*Bursera linanoe* [La Llave] Rzedowski, Calderón & Medina) FROM TREE NATURAL STANDS AT GUERRERO STATE, MEXICO.

Gutiérrez SJ^{1*}, Jasso MJ¹, Queenborough S², Jiménez SY³ y Jiménez CM¹.

Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo¹. Tropical Resources Institute, Yale Forestry & Environmental Studies, CT, USA². Consultora Forestal³. Autor para correspondencia: jejama@colpos.mx

RESUMEN

Linaloe (*Bursera linanoe* [La Llave] Rzedowski, Calderón & Medina) es un árbol aromático endémico de México y apreciado internacionalmente, sin embargo, no es considerado como un cultivo potencial en nuestro país, por lo cual se ha explorado el aspecto de su sexualidad para el reconocimiento de su potencial productivo. Se ha documentado cierta información sobre una dioicidad empero, la mayoría de las plantas no son totalmente dimórficas, además de que suelen tener diferencias inter-sexuales en sus patrones de crecimiento y en su distribución proporcional de recursos para la reproducción. De esta forma, se muestrearon tres rodales naturales del Estado de Guerrero, durante la época de floración en el mes de Mayo de 2014 y 2015 además de la fructificación en septiembre de 2014, donde fueron tomados al azar 150 árboles. Del total, se determinaron 80 ♀, 35 ♂ (dioicos) y 35 ♀♂ hermafroditicos (monoicos) en los tres sitios de muestreo. Esto ratifica la posible existencia de un polimorfismo sexual, lo cual sugiere que se reclasifique a la especie como subdioica la cual incluiría especímenes dioicos ♀, ♂ y monoicos ♀♂. Además, estos últimos son significativamente más robustos que los especímenes funcionalmente dioicos, indicando mayor volumen de madera aunque con menor fructificación.

Palabras clave: (Género, Polimorfismo sexual, *Bursera linanoe*).

INTRODUCCIÓN

Linaloe es un árbol endémico, dominante de la selva baja caducifolia, distribuido en las cuencas altas del Río Papaloapan y del Río balsas en México (Rzedowski *et al.*, 2004). Su importancia histórica, cultural y económica internacional ha sido ampliamente documentada a través del tiempo (Joy *et al.*, 2001; Hersch-Martínez, 2004) sin embargo, no se ha tomado en cuenta el potencial de su cultivo en México, dejando de lado el contexto de su sexualidad señalada por (Rzedowski *et al.*, 2004), quienes la catalogan como una especie poligamodioica (individuos con flores estaminadas+hermafroditas y con flores pistiladas+hermafroditas), sin embargo, este señalamiento no ha sido explorado con precisión hasta ahora. Según Daly *et al.* (2011) en la familia Burseraceae se documentan algunos taxones que muestran un marcado dimorfismo sexual en donde las flores son usual y estructuralmente bisexuales, ya sea con un pistilo rudimentario que carece de estigmas o estaminodios que carecen de polen, flores actinomorfas unisexuales o menos frecuentes bisexuales. En el género *Bursera* Jacq. *Bursera* Jacq. ex L. (1762), (Rzedowski *et al.*, 2005), también se describen las mismas características familiares, sin embargo, en el subg. *Bursera*, las flores macho (3–4)5meras, flores hembras y bisexuales 3-meras. En el sentido taxonómicamente estricto, el término bisexual ha sido confundido y empleado como un sinónimo del hermafroditismo, a veces refiriéndose a flores perfectas o plantas con flores perfectas, o bien, individuos con ambas flores unisexuales en la misma planta (Geber *et al.*, 1999).

La mayoría de plantas dioicas no son totalmente dimórficas, y frecuentemente suelen tener grandes diferencias inter-sexuales en sus patrones de crecimiento y en locación proporcional de recursos para la reproducción (Lloyd & Webb, 1977). Hay un mayor costo de reproducción gamética en las hembras que en los machos (Darwin, 1877; Lloyd & Webb, 1977; Charnov, 1982) y este costo diferencial de reproducción entre los sexos tiene consecuencias que se expresan en diferentes formas en diferentes plantas. Las diferencias observadas frecuentemente incluyen floración precoz en machos, mientras que en las hembras se encuentran un crecimiento reducido, baja supervivencia, gran esfuerzo reproductivo y preferencias locales de los hábitats. Estudios previos en el neo trópico y paleo trópico han sugerido que los árboles tropicales también observan estos patrones de diferencias inter-sexuales. Sin embargo, estos estudios generalmente no han censado todo el potencial

reproductivo individual y no siguiendo la observación de los mismos árboles durante diferentes épocas de floración (Queenborough *et al.*, 2007) ni ratificándolo con la maduración de frutos como resultado de la funcionalidad sexual, ya que los árboles no cambian de sexo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestrearon tres sitios en el estado de Guerrero, uno en el poblado de Mezquitlán, Municipio de Copalillo y dos en Comalá de Gómez, municipio de Atenango del Río, donde se muestrearon rodales naturales en el mes de Mayo de 2014 y 2015 durante la época de floración, donde fueron tomados al azar 150 árboles (50 en cada sitio), identificados con ayuda de la clave de identificación de Rzedowski *et al.* (2004), dos guías miembros de la comunidad y por medio del aroma de las hojas. Una vez identificados fueron marcados con aerosol, geo posicionados (Gpsmap 76S garmin®), registrando medidas dendrométricas como la altura (h), empleando una pistola haga, diámetro a la altura de pecho (DAP) con una cinta diamétrica y efectuando el sexado de acuerdo a la dioecia de *B. linanoe* descrita por Rzedowski *et al.* (2004), además se tomaron en cuenta individuos hermafroditicos debido a la observación de escasos frutos formados en algunos ejemplares que en mayor proporción mostraron flores estaminadas. Se recolectaron cinco muestras de ramas con flores y frutos de los tres tipos de sexos hallados, para su herborización en el laboratorio de taxonomía vegetal de la División de Ciencias forestales en la UACH y ratificación o rectificación taxonómica. En agosto del año 2014 durante la maduración de frutos, se inspeccionó cada árbol marcado, ratificando en nuestro registro el fenómeno hermafroditico observado durante la floración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el muestreo de floración de árboles en 2014, se observaron árboles: ♀ dioicos, ♂ dioicos y ♀♂ hermafroditicos (monoicos). Estos resultaron en el sitio I Mezquitlán con un total de 28 ♀, 14 ♂ y 8 ♀♂. En el sitio II Comalá I, un total de 24 ♀, 10 ♂ y 16 ♀♂ y en el sitio III Comalá II, un total de 28 ♀, 11 ♂ y 11 ♀♂.

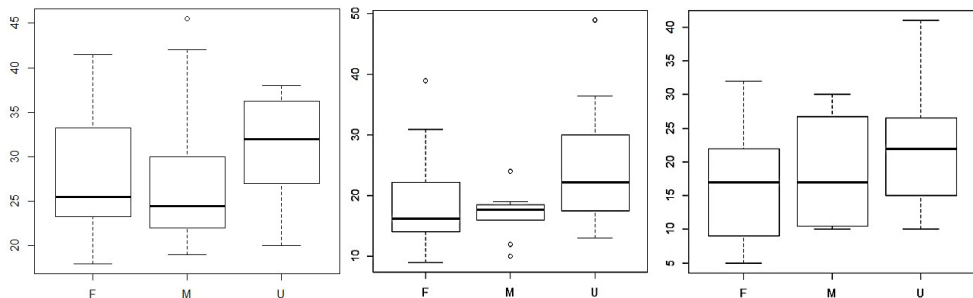


Figura 1. Sitio I Mezquitlán, Sitio II Comalá, Sitio III Comalá. Comparación diamétrica intersexual de árboles de linaloe monitoreados (F = ♀; M = ♂; U = hermafrodítico).

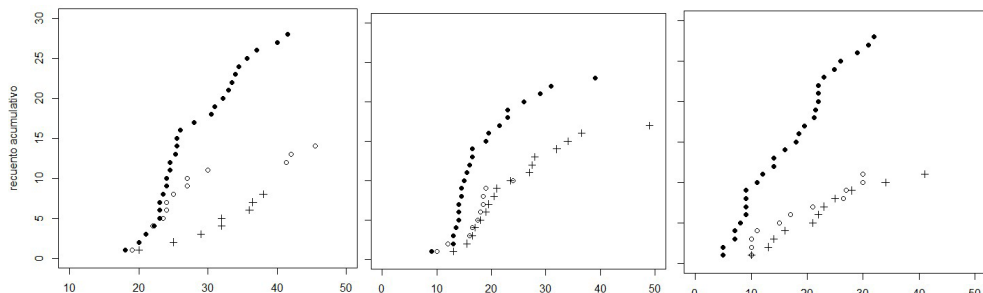


Figura 2. Sitio I Mezquitlán, Sitio II Comalá, Sitio III Comalá. Distribución acumulativa de árboles de linaloe y la relación a su DAP. Los círculos llenos representan ♀, los círculos vacíos ♂ y las cruces ♀♂.

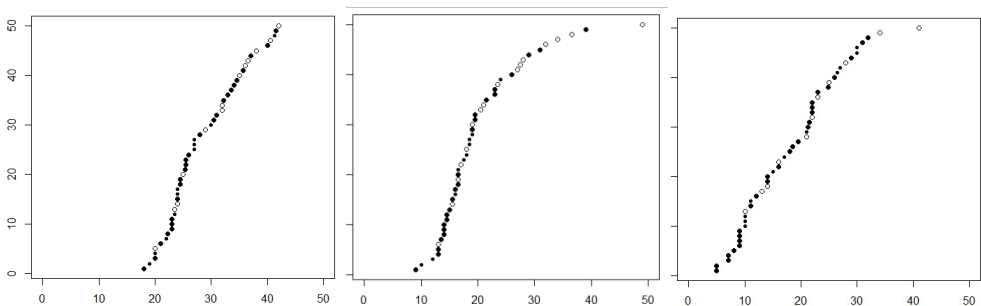


Figura 3. Sitio I Mezquitlán, Sitio II Comalá, Sitio III Comalá. Curva del crecimiento diamétrico (DAP) de las poblaciones encuestadas, se muestran en círculos llenos ♀, círculos vacíos representan ♂ y los círculos llenos pequeños representan los ♀♂.

Durante mayo de 2015 se ratificaron los árboles sexados en los tres sitios de muestreo 2014, encontrando que los hermafroditos muestran generalmente flores estaminadas y algunas flores pistiladas con estaminodios.

CONCLUSIONES

Se hallaron un total de 80 ♀, 35 ♂ Dioicos y 35 ♀♂ hermafroditos (monoicos) en los tres sitios de muestreo. Durante el análisis de regresión lineal de la variable Diámetro por Sexo se observó que el diámetro promedio de los árboles ♀ = 21.48 cm mientras que en los ♂ es = 20.57 cm e = 26.45 cm en los hermafroditos, lo cual indica que no existe alguna diferencia significativa en DAP entre ♂ y ♀ dioicos, sin embargo, los hermafroditos son significativamente más robustos que los especímenes funcionalmente dioicos. Esto ratifica la existencia de un polimorfismo sexual, demostrando la existencia de un tercer sexo, lo cual sugiere que se reclasifique a la especie como subdioica (Geber *et al.*, 1999) que incluye machos, hembras y hermafroditos (con flores unisexuales en mayor cantidad de flores estaminadas y algunas pocas pistiladas). Además, desde el punto de vista de productividad, pudieran preferirse los árboles ♀♂ ya que producirían mayor volumen de madera, aunque escasa fructificación.

LITERATURA CITADA

- Charnov, E.L. 1982. The theory of sex allocation. *Monographs in Population Biology*, 18.
- Daly, D.C. *et al.* 2011. Burseraceae. In K. Kubitzki, ed. *Flowering Plants. Eudicots SE - 7. The Families and Genera of Vascular Plants*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 76–104. Available at: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-14397-7_7.
- Darwin, C. 1877. *The Different Forms of Flowers on Plants of the Same Species*, London: John Murray.
- Geber, M.A., Dawson, T.E. & Delph, L.F. eds. 1999. Gender and Sexual Dimorphism in Flowering Plants. *American Journal of Botany*, 87(1), p. 318.
- Hersch-Martínez, P. 2004. Linaloe, woodcarving/essential oil. In C. López *et al.*, eds. *Riches os the forest: fruits, remedies ans handicrafts in Latin America*. Bogor, Indonesia: CIFOR, pp. 93–96.

-
- Joy, P.P. *et al.* 2001. Aromatic Plants. In T. K. Bose, J. Kabir, & P. P. Joy, eds. *Tropical Horticulture Vol.2*. Naya Prakash, Culcutta, pp. 633–733.
- Lloyd, D.G. & Webb, C.J. 1977. Secondary sex characters in plants. *The botanical review*, 43(2), pp.177–216.
- Queenborough, S.A. *et al.* 2007. Determinants of biased sex ratios and inter-sex costs of reproduction in dioecious tropical forest trees. *American Journal of Botany*, 94, pp.67–78.
- Rzedowski, J., Medina, L.R. & Calderón de R., G. 2004. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del Río Papaloapan, México. *Acta Bot. Mex.* pp. 23–151.

COMPUESTOS VOLÁTILES DE FLORES DE *Jatropha curcas* EN SU CENTRO DE ORIGEN

Grajales-Conesa Julieta*¹, Rincón-Rabanales Manuel,¹ Cruz-López Leopoldo²

¹Universidad autónoma de Chiapas; Centro de Biociencias; Boulevard Príncipe Akishino s/n, colonia Solidaridad 2000, Tapachula Chiapas, México. C.P 30798

²Colegio de la frontera sur (ECOSUR) Carretera Antiguo Aeropuerto km 2.5; C.P. 30700, Tapachula Chiapas, México. Email: *jugrajco79@gmail.com

RESUMEN

En este estudio se determinó por primera vez en su centro de origen la composición química de los aromas de las flores de *Jatropha curcas* (femeninas y masculinas) en dos sitios de la región Soconusco, Chiapas. Se identificaron un total de 30 compuestos, y aunque el (E)- β -occimeno fué el mayoritario en todas las muestras, se registraron compuestos únicos para cada localidad. El índice de Gini mostró que el (Z,E)- α -farneseno diferenció a los dos tipos de flores femeninas y masculinas, además de los sitios de estudio, seguido por 3Z)-benzoato de hexenilo, (cis)- β -elemenon y linalool. Nuestros resultados muestran variaciones en la composición química de los aromas florales, lo que pueda ser consecuencia de la alta deriva genética causada por las condiciones ambientales o las distintas accesiones.

Palabras clave: biocombustibles, volátiles florales, diversidad, sur de México

INTRODUCCIÓN

Nativa de Mesoamerica (México y Centro América), *Jatropha curcas* cuenta con una excelente adaptación a condiciones trópicas y subtropicales (Openshaw, 2000; Ovando-Medina *et al.*, 2011; Fresnedo-Ramírez, 2013). Actualmente el contar con semillas útiles para la producción de biodiesel ha incrementado el interés en su estudio (Pramanik, 2003; Brittain y Litaladio, 2010). No obstante, el conocimiento sobre la agronomía de esta especie y el potencial de producción de las semillas,

así como su sistema de polinización es todavía incierto, más aún en su centro de origen. Estudios realizados en México, muestran que los frutos son producidos por geitonogamia y xenogamia, siendo las especies de abejas nativas *Scaptotrigona mexicana* y *Trigona (Tetragonisca) angustula* los visitantes más frecuentes (Ovando-Medina *et al.*, 2014). En esta interacción son clave las pistas visuales y olfativas, y el objetivo del presente trabajo fue analizar por primera vez los volátiles de las flores masculinas y femeninas de *J. curcas* en dos diferentes regiones de su centro de origen, como un primer acercamiento al entendimiento del mecanismo planta-polinizador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio. Las flores de *J. curcas* se colectaron de cercos vivos (10 años de edad) de Junio a Julio de 2014, en dos localidades de la region Soconusco; (1) “Camino a la Pita” en el municipio de Tapachula (CP; 14.50.36 N, 92.1704 W) y (2) “Manuel Lazos” en el municipio de Tuxtla Chico (ML; 14.58. N, 92.11.5 W).

Colecta e identificación de volátiles. Las flores se colectaron por separado (masculinas y femeninas) con unas pinzas de las panículas de los cercos vivos, y se colocaron en viales de 100 μ L (n=10 flores por muestra), para transportarlas al laboratorio. Para la colecta de volátiles se empleó la técnica de microextracción en fase solida (SPME) y para la identificación se utilizó un cromatógrafo de gases acoplado con espectrómetro de masas Varian Saturn 2200 en conjunto con la biblioteca NIST del equipo.

Análisis estadístico. La composición de los volátiles florales de *J. curcas* se comparó entre todos los individuos por un análisis de coordenadas principales, para determinar la posible asociación entre los grupos de flores (masculinas y femeninas) y los sitios de estudio (Camino a la Pita y Manuel Lazos). Así también, se calculó el índice de Gini para evaluar la contribución relativa de cada compuesto volátil. Los análisis estadísticos se realizaron en R v3.02 (RF) (R Development Core Team 2012), empleando un escalamiento multidimensional en Random Forest Package (Liaw y Weiner, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de las flores femeninas y masculinas de *J. curcas* se resume en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Compuestos volátiles de flores masculinas y femeninas de Jatropha curcas en Camino a la Pita y Manuel Lazos

Compuestos	Camino a la Pita			Manuel Lazos	
	KI	Femeninas	Masculinas	Femeninas	Masculinas
1 (Z)-β-Ocimene	1030	2.22 ± 0.94	3.17 ± 0.76	3.12 ± 1.58	2.84 ± 0.97
2 (E)-β-Ocimene	1042	43.76 ± 18.00	59.55 ± 16.57	31.29 ± 14.13	46.27 ± 12.14
3 (cis)-Furanoid linalool oxide	1072	0.26 ± 0.12	0.18 ± 0.10	0.32 ± 0.46	0.56 ± 0.39
4 (trans)-Furanoid linalool oxide	1089	0.44 ± 0.43	0.61 ± 0.34	2.43 ± 1.86	1.44 ± 0.91
5 Linalool	1099	7.11 ± 1.83	3.85 ± 1.46	4.36 ± 3.19	4.51 ± 3.21
6 2-Ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-cyclohexane,	1112	4.94 ± 1.59	3.02 ± 0.95	3.78 ± 2.22	1.49 ± 1.10
7 allo-Ocimene	1131	0.27 ± 0.23	0.29 ± 0.08	0.27 ± 0.24	0.23 ± 0.15
8 (E,E)-2,6-Dimethyl-1,3,5,7-octatetraene		0.15 ± 0.10	0.22 ± 0.09	0.13 ± 0.11	0.11 ± 0.08
9 (4Z)-Hexenyl butanoate		0.48 ± 0.35	0.52 ± 0.31	0.09 ± 0.09	0.09 ± 0.09
10 (cis)-Pyranoid linalool oxide	1181	0.08 ± 0.07	0.04 ± 0.04	0.34 ± 0.27	0.20 ± 0.16
11 (trans)-Pyranoid linalool oxide	1185	0.28 ± 0.24	0.19 ± 0.13	0.53 ± 0.32	0.29 ± 0.28
12 (3Z)-Hexenyl-2-methyl butanoate	1230	5.58 ± 2.81	5.36 ± 1.78	1.47 ± 0.61	1.83 ± 1.02
13 (3Z)-Hexenyl-3-methyl butanoate	1237	0.70 ± 0.64	2.17 ± 2.95	0.89 ± 0.99	0.32 ± 0.25
14 Unknown ester	1385	3.96 ± 2.97	1.54 ± 0.85	1.18 ± 0.49	4.87 ± 8.17
15 α-Copaene	1393	0.30 ± 0.26	0.13 ± 0.10	1.43 ± 1.02	0.76 ± 0.55
16 β-Cubebene	1404	0.22 ± 0.16	0.05 ± 0.03	0.81 ± 0.55	0.48 ± 0.43
17 (Z)-Jasnone	1414	0.60 ± 0.35	0.58 ± 0.41	1.17 ± 0.54	1.14 ± 0.83
18 (E)-Caryophyllene	1444	0.34 ± 0.27	0.32 ± 0.31	0.73 ± 0.58	0.40 ± 0.34
19 β-Copaene	1452	0.29 ± 0.44	0.07 ± 0.04	0.43 ± 0.27	0.16 ± 0.13
20 (Z)-β-Farnesene	1459	0.98 ± 1.07	0.88 ± 1.48	0.97 ± 0.42	0.65 ± 0.33
21 α-Himachalene	1480	0.18 ± 0.16	0.17 ± 0.20	0.47 ± 0.31	0.27 ± 0.25
22 (Z,E)-α-Farnesene	1494	0.00	0.00	11.44 ± 6.21	6.52 ± 4.59
23 Germacrene D	1504	0.90 ± 1.00	0.60 ± 0.59	2.53 ± 1.60	1.42 ± 1.25
24 (E,E)-α-Farnesene	1511	6.94 ± 3.16	5.77 ± 3.83	8.90 ± 3.69	8.47 ± 3.67
25 γ-Cadinene	1538	1.69 ± 1.77	0.31 ± 0.36	2.85 ± 0.84	2.52 ± 2.25
26 Nerolidol	1572	4.01 ± 2.43	4.06 ± 3.49	4.79 ± 1.63	4.06 ± 0.95
27 Dendrolasin	1582	5.54 ± 4.70	2.79 ± 3.86	9.82 ± 5.35	3.45 ± 3.00
28 (3Z)-Hexenyl benzoate	1594	6.66 ± 5.26	3.53 ± 2.88	0.69 ± 0.51	2.88 ± 2.88
29 Hexyl benzoate		1.13 ± 1.19	0.00	0.00	0.00
30 (cis)-β-Elemenone	1601	0.00	0.00	2.76 ± 1.36	1.77 ± 1.52

Se identificaron un total de 30 compuestos, donde el (E)-β-Occimeno fué el mayoritario en todas las muestras, seguido de dendrolasin, Z, E)-α-farneseno, linalool, y (3Z)-benzoato de hexenilo. La mayoría de los compuestos se emitieron en ambos sexos de flores, pero en distintas cantidades, por ejemplo el (E)-β-occimeno registró los

picos más altos en las flores masculinas (CP: 59.55 % y ML: 46.27 %) comparado con las flores femeninas (CP; 43.76 % y ML: 31.26 %). Los compuestos volátiles colectados “*in situ*” de las inflorescencias son cualitativamente y cuantitativamente similares para cada tipo de sexo de las flores.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Changwei *et al.*, (2007) en China, donde el β -occimeno y linalool se identificaron en las flores de *J. curcas*. No obstante, en nuestros resultados estos compuestos se registraron en cantidades mayoritarias.

Por otra parte, las diferencias observadas con relación a los sexos de las flores y los sitios de estudio, muestra que existe una gran variedad en las accesiones, lo cual podría tener una implicación en la interacción planta-insecto.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados son particularmente relevantes para el conocimiento y la conservación de las poblaciones de *J. curcas*, en el contexto del deterioro del hábitat registrado en Mesoamérica. Por lo anterior, se requiere de futuros estudios para preservar y usar el germoplasma de *J. curcas* en la futura producción de biodiesel.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al MC Javier Valle Mora por su soporte en el análisis de los datos, a la MC Angélica Córdoba-Meza por su revisión al idioma inglés del manuscrito, al COCYTECH, MC Antonio Santiesteban-Hernández por su soporte técnico, y al proyecto de CONACYT INFR-2014-01 por el financiamiento del Nuevo GC-MS.

LITERATURA CITADA

Brittaine, R., N. Lualadio. 2010. *Jatropha: a smallholder bioenergy crop. The potential for pro-poor development*. Rome, Food and Agriculture organization of the United Nations.

-
- Chang-wei L., L. Kun, Y. Chen, , S. Yongyu. 2007. Floral display and breeding system of *Jatropha curcas* L. Forest Sci. Pract 9:114-119.
- Fresnedo-Ramírez, J. 2013. The floral biology of *Jatropha curcas* L. - A review. Trop. Plant. Biol. 6: 1-15.
- Liaw A., M. Weiner. 2002. Classification and regression by randomForest. R News 2: 18-22.
- Openshaw K. (2000) A review of *Jatropha curcas*: An oil plant of unfulfilled promise. Biomass and Bioenergy 19: 1-15.
- Ovando-Medina I., F. Espinosa-García, J.Núñez-Farfán, M.Salvador-Figueroa. 2011. State of the art of genetic diversity research in *Jatropha curcas*. Sci. Res. Essays. 6: 1709-1719.
- Ovando-Medina I., M. Rincón-Rabanales, L. Adriano-Anaya, S. Ruíz-Gonzalez, A.Vazquez-Ovando, M. Salvador-Figueroa. 2014. Stingless bees are efficient pollinators of the biofuel plant *Jatropha curcas* (L.) (Euphorbiaceae) within its native range. J. Ecosyst. Ecography 4.
- Pramanik K. 2003. Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel blends in compression ignition engine. Renew. Energy. 28: 239-248.

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EXTRACELULAR DE EXO-1,3/1,4- β -GLUCANASA DE *Moniliophthora roreri* EXPRESADA EN RESIDUOS AGRÍCOLAS

EXTRACELLULAR ENZYME ACTIVITY OF EXO-1,3/1,4- β -GLUCANASE FROM *Moniliophthora roreri* EXPRESSED WITH AGRICULTURAL WASTE

Sosa GGB^{1*}, Bautista MCC¹, Moscoso RPA¹, Boldo LXM², Hernández VRM³ y Soto EA⁴.

¹Área de Ciencia de Alimentos e Ingenierías. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Km 3.5, Carretera Cárdenas-Huimanguillo. Periférico Carlos A molina S/N. C.P.86500. H. Cárdenas, Tabasco. ²División Académica de Ciencias de la Salud, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Avenida Gregorio Méndez 2838-A. Col. Tamulté C.P. Villahermosa, Tabasco. ³Instituto Tecnológico de Villahermosa, Km 3.5. Carretera Villahermosa-Frontera, Ciudad Industrial. C.P. 86010 Villahermosa, Tabasco. ⁴Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Km 88.5, Carretera Federal Xalapa-Veracruz, Vía Paso de Ovejas entre paso San Juan y puente Tula. C.P. 91690. Veracruz, Ver. Autores para correspondencia: sosa.genesis@colpos.mx; cbautistam@colpos.mx.

RESUMEN

En este trabajo se estudió la cinética de producción de la enzima extracelular exo-1,3/1,4- β -glucanasa a partir del hongo *Moniliophthora roreri* cultivado bajo un sistema de fermentación en estado sólido (FES) usando residuos agrícolas como sustrato inductor. El hongo fue cultivado en un medio bajo FES durante 40 días, usando bagazo de caña de azúcar (BCA) o cascara de cacao (CCA) como sustrato inductor de la enzima. La actividad enzimática de exo-1,3/1,4- β -glucanasa con ambos sustratos fue ensayada cada 24 h, empleando *p*-nitrofenil-celobiosa (*p*-NPC). La enzima fue detectada durante toda la cinética de producción, sin embargo los niveles más altos de actividad enzimática, fueron obtenidos a partir de los días 19 al 27 de la cinética de FES con BCA, alcanzando valores de hasta 7.438 U/mg de proteína total en el día 27. La CCA resultó ser un inductor pobre alcanzando valores de hasta 0.360/mg de proteína total el día 3.

Palabras clave: exo-1,3/1,4- β -glucanasa, *Moniliophthora roreri*, actividad enzimática.

INTRODUCCIÓN

Las celulasas microbianas son enzimas industrialmente importantes que son utilizadas para la sacarificación industrial, tratamiento de los residuos agrícolas que contienen celulosa, tratamiento de la celulosa de los desechos de la pulpa en la industria del papel, mejorar la extracción de las sustancias fermentables en la fabricación de cerveza y en la industria de la fermentación de alcohol Da-Silva *et al.*, (1997).

El sistema enzimático para la conversión de celulosa a glucosa involucra al menos tres tipos de celulasas, tales como endo-1,4- β -glucanasa (EG, EC 3.2.1.4), exo-1,3/1,4- β -glucanasa o celobiohidrolasa (CBH, EC 3.2.1.91) y β -glucosidasa (BGL, EC 3.2.1.21). Estas enzimas trabajan sinérgicamente para llevar acabo la hidrólisis de la celulosa (Beguín y Aubert, 1994). Las celulasas representan aproximadamente el 20% del total del mercado de enzimas en el mundo Chandel *et al.*, 2012; Singhanian *et al.*, (2010).

El hongo *M. roreri* es el agente causal de la enfermedad del cacao (*Theobroma cacao* L.) conocida como la moniliasis del cacao o la pudrición acuosa de la mazorca (Frosty pod rot; FRP). Este hongo es extremadamente dañino para la producción de cacao en los países del noroeste de América del Sur, como Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela, así como en América Central y el Caribe (Phillips-Mora, 2003). El hongo infecta solamente a las mazorcas de cacao y tiene una fase biotrófica extendida de hasta 60 días, terminando con la necrosis de la mazorca y la esporulación del hongo, sin llegar a producir un basidiocarpo Meinhardt *et al.*, (2014).

Particularmente, los residuos agrícolas pueden ser aprovechados, como materia prima para la producción de biocombustibles, alimentos, textiles, papel, biorremediación entre otros. El BCA tiene un potencial de producción de etanol de entre 1000 y 260 mil m³ al año Orozco *et al.*, (2014). Por otra parte, la CCA ha sido usada principalmente en la fertilización de suelos Figuiera *et al.*, 1993; Padrón-Gamboa *et al.*, (2013). Se ha reportado que la CCA posee varias cualidades: i) tiene una buena capacidad de absorción y de retención de agua; ii) tiene un alto contenido en grupos OH, provenientes de las ligninas y celulosas, y

iii) es altamente biodegradable (Padrón-Gamboa *et al.*, 2004). La FES se define como cualquier proceso de fermentación que ocurre en la ausencia o casi ausencia de agua libre, mediante el empleo de un sustrato natural como un soporte sólido. Muchos microorganismos como los hongos filamentosos, son capaces de crecer en sustratos sólidos bajo FES Chahal, 1985; Sonia *et al.*, 2005; Gao *et al.*, (2008.). El uso biotecnológico de los hongos lignocelulolíticos es una alternativa viable para contribuir a la producción eficiente de celulosa utilizando residuos agrícolas como sustratos inductores. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es determinar la actividad enzimática extracelular de exo-1,3/1,4-β-glucanasa de *M. roreri* cultivado bajo el sistema de FES empleando residuos agrícolas como sustrato inductor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Medio de cultivo

La producción de enzimas extracelulares exo-1,3/1,4-β-glucanasa y pH, se determinó cada 24 h durante todo el proceso de la FES. Cabe mencionar que los ensayos se realizaron por triplicado. La FES se desarrolló en frascos de 100 mL con 25 g de medio de fermentación. Cuya composición en g por 100 g es la siguiente: urea, 0.3; K₂HPO₄, 0.65; (NH₄)₂SO₄, 1.26; MgSO₄, 0.02; FeSO₄, 0.029, BCA o CCA, 24.6 y 70 mL de agua destilada, conteniendo 70% de humedad inicial. El BCA y CCA se lavó con agua caliente para eliminar los azúcares residuales. El medio de cultivo y el sustrato inductor (BCA o CCA) se esterilizaron por separado a 120°C durante 15 min. Una vez enfriadas, ambas fracciones se mezclaron (Concepción-Brindis, 2015).

Preparación del pre-inóculo

La cepa de *M. roreri* MROCP fue cultivada en cajas Petri, hasta alcanzar 8.5 cm de diámetro (15-21 días). Con la finalidad de favorecer la germinación de las esporas y el crecimiento de micelio del hongo, se prepararon cultivos pre-inoculados a partir de una suspensión de esporas, agregando 5 mL del medio de fermentación a cada caja Petri, y removiendo cuidadosamente los conidios con un pincel. La suspensión de esporas, se transfirió a un matraz de 500 mL con 100 g de medio de cultivo de fermentación y se incubó a 28°C, en un agitador orbital a 150 rpm durante 48 h

Phillips-Mora, (2003). Posteriormente, las esporas germinadas fueron cuantificadas y los frascos problema fueron inoculados con una concentración de 1×10^6 esporas germinadas/g de materia seca Lipa y Siizynki, (1973). Finalmente, todos los frascos problemas y testigos (sin inocular) se incubaron a 28°C sin agitación y bajo condiciones naturales de luz-obscuridad. Posteriormente, las muestras se filtraron cada 24 h durante los primeros 30 días, y posteriormente los días 35 y 40. Al líquido filtrado se le determinaron pH, proteína total y actividad enzimática extracelular de exo-1,3/1,4- β -glucanasa Concepción-Brindis, (2015).

Determinación de actividad enzimática

Las muestras de material fermentado se tomaron cada 24 h durante 30 días. Las muestras fueron filtradas en una unidad de filtración al vacío. El líquido filtrado constituyó el extracto enzimático extracelular para la determinación de la actividad enzimática extracelular de exo-1,3/1,4- β -glucanasa, proteína total (Lowry, 1951) y pH. La actividad enzimática extracelular de exo-1,3/1,4- β -glucanasa se determinó midiendo la hidrólisis del p-nitrofenil-celobiosa (p-NPC) (Sigma). Una unidad de actividad enzimática de exo- β -1,4 glucanasa fue definida como la cantidad de enzima necesaria para liberar 1 μmol de p-nitrofenol por minuto bajo las condiciones de ensayo. La actividad específica fue definida como el número de unidades por miligramo de proteína total Yejun y Hongzhang,(2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor de pH en el tratamiento de BCA inoculado con *M. roreri* MROCP muestra un valor inicial de pH 5.85 hasta llegar a un pH de 6.97. El valor de pH en el tratamiento de CCA inoculado con *M. roreri* muestra un valor inicial de pH 5.35 y finaliza con un pH de 7.38 (Figura 1 y 2).

La determinación de la actividad enzimática de exo-1,3/1,4- β -glucanasa, muestra que durante los primeros 19 días de la FES con BCA, la actividad enzimática fue mínima, sin embargo, en el día 25 y 27, la actividad se incrementó, alcanzando un valor de 6.164 y 7.438 U mg^{-1} proteína total respectivamente. En los siguientes días, las actividades enzimáticas descendió (Figura 1).

La determinación de la actividad enzimática de exo-1,3/1,4- β -glucanasa, muestra que durante los primeros dos días de FES con CCA, no hubo actividad

enzimática, sin embargo, en el día tres, la actividad incrementó, alcanzando un valor de 0.360 U mg⁻¹ proteína total. En los siguientes días, la actividad descendió hasta el día 40. Por lo que CCA resulto ser un inductor pobre de la actividad enzimática extracelular de exo-1,3/1,4-β-glucanasa (Figura 2).

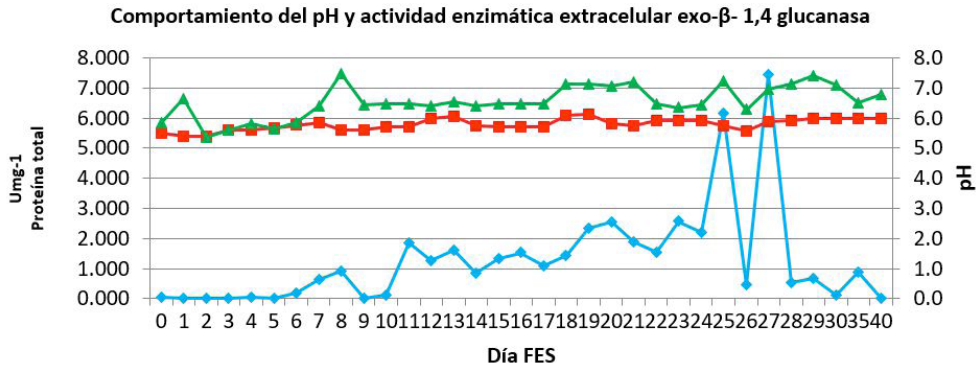


Figura 1. Comportamiento del pH y la actividad enzimática específica de exo-1,3/1,4-β-glucanasa de la cepa MROCP de *M. roreri* cultivado en el sistema FES empleando BCA como sustrato inductor. pH testigo (■) pH problema (▲) actividad enzimática con BCA en U/mg de proteína total (◆).

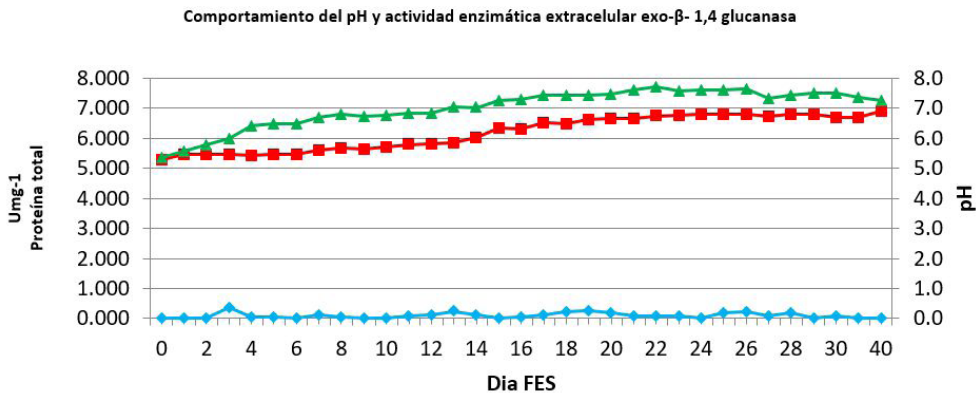


Figura 2. Comportamiento del pH y la actividad enzimática específica de exo-1,3/1,4-β-glucanasa de la cepa MROCP de *M. roreri* cultivado en el sistema FES empleando CCA como sustrato inductor. pH testigo (■) pH problema (▲) actividad enzimática con CCA en U/mg de proteína total (◆).

CONCLUSIONES

1. El hongo *M. roreri* es capaz de producir enzimas extracelulares con actividad de exo-1,3/1,4- β -glucanasa, usando residuos agrícolas CCA y BCA como sustrato inductor, mediante el sistema de FES.
2. El BCA es el mejor inductor de enzimas con actividad de exo-1,3/1,4- β -glucanasa de *M. roreri* crecido bajo el sistema de FES.
3. La producción de enzimas celulasas del hongo *M. roreri* usando BCA y CCA, representa un recurso potencial para el aprovechamiento biotecnológico de residuos agrícolas.

LITERATURA CITADA

- Beguín P. y Aubert J.P. 1994. The biological degradation of cellulose. FEMS Microbiol. 13:25-28.
- Chahal D., S. 1985. Solid-state fermentation with *Trichoderma reesei* for cellulase production. Appl Environ Microbiol. 49:205-210.
- Concepción B. 2015. Actividad enzimática expresada en residuos agrícolas y análisis *in silico* de genes de β -glucosidasa de *Moniliophthora roreri*. [Tesis inédita]. Colegio de Postgraduados.
- Chandel A., K, Chandrasekhar G., Silva M., B., Da Silva S., S. 2012. The realm of cellulases in biorefinery development. Crit Rev Biotechnol. 32:187-202.
- Da-Silva R., Gomes E., y Franco C., M., L. 1997. Pectinases, hemicelulase e cellulases substrate, production application food processing. Bol SBCTA 31:249-250.
- Gao J., Weng H., Zhu D., Yuan M., Guan F., Xi Y. 2008. Production and characterization of cellulolytic enzymes from the thermoacidophilic fungal *Aspergillus terreus* M11 under solid-state cultivation of corn stover. Bioresour. Technol. 99:7623-7629.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L y Randall, R. J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.
- Lipa J., J., and Slizynsky K. 1973. Wskazówki metodyczne I. Terminologóa do wyznaczenia sredniej dawki smiertelnej (LD50) W Patologia Owadow I Tksykologia. Prace Navkome Instytutu ochrony Roslin Tom. XV, Seszyti. 59-83.

-
- Meinhardt L., W., Lacerda C., G., G., Thomazella P., T., D., Teixeira P., J., Falsarella C., M., Schuster C., S., Carlson J., E., Gultinan M., J., Mieczkowski P., Farmer A., Ramaraj T., Crozier J., Davis R., E., Shao J., Melnick R., L., Pereira G., A., G., Bailey B., A. 2014. Genome and secretome analysis of the hemibiotrophic fungal pathogen, *Moniliophthora roreri*, which causes frosty pod rot disease of cacao: mechanisms of the biotrophic and necrotrophic phases. *BMC Genomics*. 15:164.
- Orozco R.S., Hernández P.B., Morales G.R., Núñez F.U., Villafuerte J.O., Lugo V.L, Ramírez N.F, Díaz E.B. y Cajero V.P. (2014). Characterization of lignocellulosic fruit waste as an alternative feedstock for bioethanol production. *BioRes*. 9:1873-1885.
- Padrón G., Romero G., Benavides A., Ramírez H., Maiti R. 2013. *Crop Research*. 26:291-302.
- Padrón-Gamboa G., Arias-Marín E., Romero-García J., Benavides-Mendoza A., Zamora-Rodríguez J., y García-Rodríguez S. 2004. Efecto de la cáscara de cacao en la obtención de espumas de poliuretano para uso hortícola. Propiedades físicas y de biodegradabilidad. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 48:156-164.
- Phillips-Mora W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao fungus *Moniliophthora roreri* as determined using molecular, phytopathological and morphophysiological evidence, doctoral dissertation. University of Reading, Reading, UK. 349.
- Singhania R., R., Sukumaran R., K., Patel A., K., Larroche C., and Pandey A. 2010. Advancement and comparative profiles in the production technologies using solid-state and submerged fermentation for microbial cellulases. *Enzym Microb Tech.* 46 (7): 541-549.
- Sonia K., G., Chadha B., S., Saini H., S. 2005. Sorghum straw for xylanase hyperproduction by *Thermomyces lanuginosus* (D2W3) under solid-state fermentation. *Bioresour. Technol.* 96:1561-1569.
- Yejun Han, Hongzhang Chen. 2010. Biochemical characterization of a maize stover β -exoglucanase and its use in lignocellulose conversion. *Bioresource Technology*. 101: 6111-6117

FORMULACION DE BIO-100 PARA LA PRODUCCION DE FENOLES EN FRUTOS DE CACAO

BIO-100 FORMULATION TO FENOLES PRODUCTION IN CACAO FRUITS

Albores – Flores V.J.*, Adriano-Anaya Ma. De L. Gutiérrez –Aguilar E., Coronel N. R., Salvador – Figueroa M.

Instituto de Biociencias, Universidad Autónoma de Chiapas. Boulevard Príncipe Akishino s/n. Col. Solidaridad 2000. Tapachula Chiapas CP 30798, México. alboresflores@gmail.com, msalvad@hotmail.com.

RESUMEN

El aumento en el desarrollo de la enfermedad de la moniliasis en el cultivo de cacao, ha provocado una reducción del 90 % en la producción de dicho fruto. La falta de estrategias viables que reduzcan la incidencia de la enfermedad y aumenten la capacidad de resistencia de los frutos, es una urgencia tanto técnica como científica. Los fenoles, compuestos implicados en los mecanismos de defensa de plantas están presentes en las semillas del cacao y posiblemente en cantidades no impactantes en el exocarpo del fruto. La deficiente capacidad que presentan los frutos, el aumento de incidencia de la moniliasis, la baja o nulo efecto de los productos fitosanitarios utilizados para su control, fueron base para diseñar un producto que tuviera propiedades antimicrobianas y elicitoras con bajo impacto ambiental. El objetivo del presente trabajo fue determinar los componentes más adecuados para la formulación de Bio-100 que induzcan la producción de fenoles y reducción de la incidencia de la enfermedad de la moniliasis en frutos de cacao. El estudio fue realizado en el municipio de Cacahoatan, en un predio comercial de una hectárea. Se utilizaron 50 plantas, con un diseño factorial constituida por 16 tratamientos. Se determinó a los frutos de cacao la concentración de fenoles. Por tratamiento se evaluó la incidencia y expresión de síntomas. Los mejores tratamientos que redujeron la incidencia fueron BSA y T BCFA, los que reducen la variedad de síntomas son SA. La concentración de fenoles fue inversamente proporcional a la expresión de la enfermedad en el cultivo.

Palabras clave: Moniliasis, BIO-100, extractos etanolicos, biocontrol, incidencia

INTRODUCCIÓN

La síntesis de compuestos fenólicos en los tejidos vegetales se dispara por la acción de moléculas que actúan como elicitores o inductores en respuesta a determinadas situaciones de estrés (García *et al.*, 2003; Sepúlveda *et al.*; 2003). Estos elicitores desencadenan mecanismos que inician desde el contacto con las barreras físicas hasta la expresión de reacciones bioquímicas (intra e inter celulares). El resultado final es la formación de compuestos fenólicos junto con otro tipo de moléculas con propiedad anti-fúngicas que se acumulan en los tejidos, reduciendo la incidencia de las enfermedades. (Días 2009; Sánchez *et al.*, 2010; Riveros, 2001; Theunissen, 1190).

Según Belkins *et al.*, (2008), el uso de moléculas elicitoras provenientes de agentes biológicos incrementa los niveles de actividad enzimática como Peroxidasas (PO), Polifenol Oxidasa (PPO), Fenilalanina amonio liasa (PAL) y Quitinasas en plantas de *Oryza sativa* contrarrestando los ataques por el ácaro *S. spinki*. En Soja se obtuvo un incremento de concentraciones de fenoles totales, propiedades antioxidantes y antimicrobianas al aplicar elicitores exógenos (Randhir *et al.*, 2003).

En el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), las enfermedades fúngicas han provocado una reducción considerable en la producción de frutos, con pocos resultados satisfactorios en el control de éstas (Torres *et al.*, 2011). En el Instituto de biociencias (IBC) se ha estudiado el efecto antifúngico del metabolito que produce la cepa de *Streptomyces* ssp. (EPCH0496) demostrando inhibir la germinación de esporas de *Monillia* sp. *in vitro*, (Coronel *et al.*, 2010). A nivel de campo se realizaron ensayos con una mezcla de extractos etanólicos en frutos de *T. cacao* de la variedad Trinitario, incrementando los niveles de fenoles totales hasta un 57 % comparados con el testigo. Estos resultados indicaron que algún componente del formulado vegetal está actuando como elicitador (Albores *et al.*, 2012).

Se desconoce los efectos que ejercerían la formulación de un producto a base de componentes microbianos y vegetales tanto sobre la acción elicitoras como en la reducción de expresión de síntomas. Para esclarecer esa interrogante, se planteó el objetivo del presente trabajo, que fue determinar los componentes más adecuados para la formulación de Bio-100 que induzcan la producción de fenoles y reducción de la incidencia de la enfermedad de la moniliasis en frutos de cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental. El presente estudio se realizó en el rancho El paraíso del municipio de Cacahoatán, Chiapas, México; con una ubicación geográfica de 14° 59' 51" latitud norte y 92° 10' 51" latitud oeste a una altura de 460 msnm.

Diseño experimental. El estudio se llevó a cabo en un predio comercial, con un área consistente a una hectárea de cultivo de cacao. Se seleccionaron 480 frutos sanos (se consideró como sano al fruto sin expresión de síntomas de la enfermedad) de una parcela de 50 plantas de *Theobroma cacao* variedad Trinitario, evaluando su condición desde la fecundación del ovario inicial (chireles) hasta alcanzar 3 y 4 semanas de edad. Los chireles se protegieron con bolsas de papel celofán dulce de 10x15 cm, con una membrana semipermeable, sujetos al pedúnculo con hilo estambre.

Se establecieron un total de 16 tratamientos con 30 repeticiones (considerando un fruto = una repetición) cada uno. Se estableció un diseño factorial completo (2^4) donde los factores fueron, caldo fermentado de cepa EPCH0496 (CF), biomasa de cepa EPCH0496 (B) (100 mL/L), extracto alcohólico de S (S)(1 mL/L) y extracto alcohólico de A (A)(1 mL/L) (Cuadro 1). Se empleó el uso de coadyuvante con el nombre comercial de InexA[®] (1 mL/L).

Aplicación del formulado y evaluación de los síntomas

La inoculación de los frutos en etapa infantil, para ambas etapas, fue de forma manual con la ayuda de un dispositivo aspersor de plástico de una capacidad de 200 mL, cada 14 d, hasta que alcanzaron la etapa adulta (con edad cronológica de 19 a 20 semanas). A diferencia de los compuestos vegetales y la biomasa, el caldo fermentado obtenido no se diluyó con agua. El volumen de inoculación fue de 2 mL por fruto infantil, incrementándolo a razón que aumentaba la biomasa del fruto.

Para evaluar el efecto de cada tratamiento establecido sobre la expresión de la enfermedad en los frutos estudiados se determinó el valor de incidencia calculado en porcentaje. Se consideró el número de frutos con síntoma de la enfermedad respecto al total de frutos existentes x 100. La identificación de los síntomas característicos se basó en la información reportada por Albores *et al.*, (2012); Sánchez *et al.*, (2012) y la evaluación de la variedad de estos fue aplicando la fórmula del índice de variedad de expresión síntomas (IVS, desarrollado en el IBC),

$$IVS = (\sum Vesb / Tn)$$

Donde:

Ves: valor de expresión de síntoma,

b: tratamiento y

Tn: Total de niveles.

Obtención de la muestra. Se colectaron 5 frutos sanos por tratamiento cada 14 d hasta obtener frutos en estado de madurez. Una condición para poder iniciar la colecta de fruto y realizar el análisis respectivo fue, la formación del mesocarpio en el pericarpio del fruto. Esta condición se logra a partir de los 2 meses (8 semanas de edad cronológica).

Análisis de fenoles totales

Se pesaron 5 g de pericarpio del fruto y se agregaron por separado a un matraz Erlenmeyer, con 20 mL de agua destilada. Se procedió a hervir el tejido por 2 horas y del extracto se tomaron por separado 1 mL de cada una y se realizó una dilución 1:10.

De las diluciones obtenidas se tomaron 10 μ L de cada muestra y se les extrajo los compuestos fenólicos siguiendo los procedimientos descritos por Jiménez-Escrig *et al.* (2003) y Cannac *et al.* (2007). Se preparó la solución de extracción mezclando metanol y agua en proporción 1:1 (v/v) y ajustando a pH 2. Para cuantificar el contenido de compuestos polifenólicos totales se utilizó el reactivo Folin-Ciocalteu (Pourmoradet *al.*, 2006). Se preparó la mezcla de reacción conteniendo 10 μ L de muestra, 40 μ L de metanol: agua (pH 2), 500 μ L de reactivo Folin y 400 μ L de Na_2CO_3 1 M. Se dejó reposar 15 min en la oscuridad y se midió la absorbancia a 765 nm con ayuda de espectrofotómetro Thermo Scientific Genesys 20. Se preparó una curva estándar de ácido gálico y los resultados se reportan en términos equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra (meq EAG g^{-1} de peso seco).

Análisis de resultados

Utilizando un paquete estadístico XIStat®2014, se realizó un análisis de los datos aplicando un análisis de la varianza (ANOVA), y donde se encontraron diferencias

se ejecutó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Se aplicó una correlación de Pearson y de conglomerados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Oxidación (Oxi) fue considerado como un indicador de alto grado de expresión de la enfermedad y daño de la patogénesis generada por el agente causal, y los síntomas Ca – R y Ca-R-Am con el menor grado de expresión, indicaron menor desarrollo de la patogénesis y un menor nivel de tolerancia, como respuesta de los mecanismos de defensa expresados por la planta (Bailey et al., 2013).

Obtuvimos la formación de grupos basados en un valor de índice de variedad de expresión de síntomas (IVS) (Coef. de correlación de 0.816). Los grupos encontrados fueron: A) alta variedad de síntomas, M) variedad intermedia de síntomas y B) Baja variedad de síntomas. Nuestros resultados indican que la combinación de Extracto S y A, inhibe la expresión de algunos síntomas en tejido del pericarpio del fruto de cacao, comparado con los demás tratamientos. Este resultados indica que probablemente la capacidad de respuesta que presentaron los frutos (específicamente el pericarpio) fue elicitado por alguna molécula constituyente de los extractos vegetales, acorde a Ruiz et al., (2013), son denominados elicitors exógenos. La variedad de respuestas ejercida por los tejidos infectados, va depender de las condiciones nutrimentales y capacidad genética que presente el hospedero (Agrios, 2005).

Los tratamientos que lograron reducir a un 60 % la incidencia de la enfermedad fueron BCFA y BSA ($F: 22.43$, $p < 0.0001$), a diferencia de los tratamientos A, BCF, BS, CFS y Testigo que tuvieron valores de 66, 69, 65, 71 y 100 % durante el tiempo que duro el estudio. La concentración de compuestos fenólicos totales en el pericarpio del fruto de cacao, indicó que el tratamiento BSA ejerció el efecto elicitor mayor sobre la acumulación de estos compuestos (3.853 ± 0.175 de meq de AG g^{-1} , $p > 0.05$). Existió una relación negativa entre la incidencia de la enfermedad y la concentración de fenoles ($r = -0.61$), lo que sugiere que los fenoles inducidos por los diferentes tratamientos ejercieron el papel de reductores del avance del agente causal y expresión de síntomas, reflejado en una disminución en la incidencia de la enfermedad, similar a lo reportado por Cabrera *et al.*, (2009), Bily *et al.*, (2004) y Del Pozo *et al.*, (2006) quienes relacionan la concentración de fenoles con el nivel de tolerancia a patógenos fúngicos. Nuestros resultados sugieren que los mejores tratamientos ejercieron la activación de las rutas de biosíntesis de fenoles

en el fruto de cacao, y según Beckers *et al.*, (2006), probablemente corresponden a fenoles con actividad antioxidante, precursores de lignina y antimicrobiana. Por otra parte, según Randhir *et al.* (2003) las concentraciones de fenoles totales aumentan de forma paralela al aumento en concentración de soluciones empleadas para elicitarlos, efecto similar a los resultados encontrados en el presente estudio.

CONCLUSIONES

- La combinación de biomasa, caldo fermentado y extracto A, mejora la sanidad del cultivo de cacao, reduciendo la incidencia a un 60 %. Es adecuado la combinación de los extractos S y A juntos, para disminuir la expresión de síntomas de la moniliasis. La combinación de Biomasa y Extractos S y A, aumentan la concentración de fenoles en el pericarpio de frutos de cacao.
- Los componentes más adecuados para la formulación de Bio-100 son: Biomasa, Extracto de S y Extracto de A.

LITERATURA CITADA

- Albores F, V. J., Adriano A, Ma. De L., Toledo V, I., Coronel N, R., Salvador F, M., 2012. Control biológico de la Moniliasis en cacao. XXXV Congreso Nacional de Control Biológico. pp. 407-412.
- Belkis P., Arais F., Rodríguez H., González E., 2008. Efecto del Bion y del Fitomas como inductores de resistencia en plantas de arroz infestadas con *Stenotartarsonemus spinki*. Rev. Protección veg. 1: 32-37.
- Cabrera Soto M. L., Salinas Moreno, Y., Velázquez Cardelas G. A. y Espinoza Trujillo E. 2009. Contenido de fenoles soluble e insolubles en las estructuras del grano de maíz y su relación con propiedades físicas. Agrocencias 43: 827 -839.
- Coronel N, R., Ramos P, D. G., Salvador F, M., Adriano A, M. L., 2010. Caracterización de un antifúngico que produce la cepa de *Streptomyces spp.* EPCH0496. Tesis de Maestría en Biotecnología. UNACH. Área de Biotecnología. Tapachula Chiapas.
- Del Pozo-Insfran D, C H Brenes, S O Serna S, S T Talcott. 2006. Phenolic and antioxidant content of White and blue corn (*Zea mays L.*) products. Food Res. Int. 39:696-703

-
- Dixon R. A., Paiva N. L., 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant cell* 7:1085-97.
- García M, R., Pérez L, R., 2003. Fitoalexinas: mecanismos de defensa en las plantas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, e n e r o - junio, año/vol. 9, número 001. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 5-10.
- Sánchez G, C., Alvarado C, Y., Cruz M, M., Acosta S, M., Leiva M, M., Berkis R, A., 2010. Detección de compuestos bioquímicos relacionados con la respuesta defensiva en plantas de *Musa spp.* Inoculadas artificialmente con *Mycosphaerella fijiensis*. *Biotecnología vegetal*. 10(2): 89-97.
- Sánchez M., F. D., Garcés F., F. R., 2012. *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans *et al.* en el cultivo de cacao. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Trujillo. *Scientia Agropecuaria* 3:249 – 258.
- Sepúlveda J, G., Porta D, H., Rocha S, M., 2003. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Diciembre. Año/vol. 21. Número 003. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Ciudad Obregón, México. pp 355-363.
- Theunissen J. D., 1990. Histochemical localization of phenolic deposits in the leaf blades of three grass species from southern Africa. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 31: 143-147.

COLONIZACIÓN MICORRÍCICA ARBUSCULAR DE ÁRBOLES DE MANGLE DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA “LA ENCRUCIJADA”, CHIAPAS

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL COLONIZATION OF MANGLE TREES IN RESERVE BIOSPHERE “LA ENCRUCIJADA” CHIAPAS

Sapien GJO*, Adriano AML, Salvador FM y Torres SR

Instituto de Biociencias, Universidad Autónoma de Chiapas. Boulevard Príncipe Akishino SN, Colonia Solidaridad 2000. Tapachula Chiapas, México.

Autor para correspondencia: *rtdelossantos@gmail.com.

RESUMEN

Se evaluó el grado de colonización micorrícica arbuscular (HMA) de las especies de mangle existentes dentro de Reserva de la Biósfera “La Encrucijada”, Chiapas. Se muestrearon cinco zonas dentro de la reserva durante tres épocas del año. Las especies de mangle ubicadas en el área de estudio fueron *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conacarpus erectus* (mangle botoncillo). La micorrización estuvo fuertemente influenciada por la zona de muestreo y la época. Se encontraron bajos valores de estructuras típicas de HMA tales como micelio y vesiculares intracelulares, micelio extracelular y casi nula presencia de esporas. Estos bajos valores podrían ser un bioindicador del grado de perturbación del sistema natural

Palabras clave: simbiosis, micorrización, sistema manglar, zona costera, bioindicador.

INTRODUCCIÓN

Los manglares son formaciones vegetales que bordean las costas de las regiones tropicales y subtropicales. El mangle es un árbol o arbusto con ramas descendentes que llegan al suelo propio del sistema costero con la particularidad de ser resistentes a la salinidad y estar influenciadas por las mareas (Gopal y Chauhan 2006;

Conabiod 2008). La zona costera del Estado de Chiapas cuenta con una de las zonas de manglar más grandes del país conocida como la reserva de la Biósfera “La Encrucijada” (Semarnat 2010). A pesar de la importancia de los servicios ecológicos que presta el manglar, estos ecosistemas suelen ser talados y perturbados por las poblaciones humanas asentadas dentro de la zona manglar ocasionando graves daños en el equilibrio ecológico del sistema (Wang et al 2010).

Por otro lado, la asociación micorrícica es reconocida como una parte importante de los ecosistemas naturales en todo el mundo. Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) son simbioses estrictos que necesitan colonizar la raíz de una planta susceptible de formar micorrizas para completar su ciclo de vida (Parniske, 2008). Actúan como extensiones del sistema radical, aumentan la asimilación de nutrientes del suelo, principalmente fósforo, debido a que sus hifas le permiten expandir el área de captación de nutrientes y explorar una mayor extensión del suelo (Smith y Read, 1998). Las interacciones que se establecen entre las plantas y especies de HMA adaptados a los diferentes ambientes, permite el control de estrés hídrico, induce cambios en la fisiología de las plantas que las hacen más tolerantes a ciertos cambios, reduciendo el efecto negativo de los diferentes tipos de estrés (Smith y Read, 2008).

Los estudios sobre la presencia y diversidad de hongos micorrícicos arbusculares se han documentado en diferentes especies de manglar encontrándose una alta diversidad entre especies evaluadas y una abundancia de esporas influenciada por las estaciones ambientales (D’Souza y Rodriguez, 2013). Los hongos micorrícicos arbusculares se reconocen como herramientas biológicas que pueden emplearse como organismos bioindicadores de la ecosistemas degradados, por lo que son una herramienta biotecnológica potencial para la identificación, restauración y conservación de ecosistemas degradados (Gaur y Adholeya, 2004; Hildebrandt *et al.*, 2007).

Dado lo anterior, el objetivo de este estudio es determinar la colonización de los hongos micorrícicos arbusculares en plantas de mangle de la Reserva de la Biósfera “La Encrucijada”, Chiapas, considerando que no existe material documentado sobre la colonización de estos hongos en el sistema de manglar en nuestra región y cuyo conocimiento podría impactar en futuras estrategias de recuperación del sistema manglar.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Reserva de la Biósfera “La Encrucijada” se encuentra ubicada en el municipio de Acapetahua, Soconusco, al sur del estado de Chiapas, en la región fisiográfica denominada Planicie Costera del Pacífico, geográficamente ubicada entre los 14° 43' y 15° 40' latitud Norte y 92° 26' y 93° 20' longitud Oeste. Posee una superficie de 144,868 hectáreas, de las cuales 36,216 ha corresponden a dos zonas núcleo (La Encrucijada y Palmarcito) y 108,651 ha corresponden a la zona de amortiguamiento (D.O.F. 1995). Se realizaron tres muestreos comprendidos en las épocas de Abril, Julio y Septiembre de 2014 en cinco sitios dentro de la Reserva. Los cinco sitios evaluados fueron los siguientes:

#	Sitio	Características
1	Tres Islas	Sitio conservado de manglar y selva baja
2	Paxtalon	Sitio conservado de manglar
3	Tarquina	Sitio de restauración con mangle rojo, suelo arcilloso
4	Aztlán	Zona de cultivo bajo sistema orgánico
5	Isla Cancún	Área con cultivo de Palma Africana

Las especies de mangle ubicadas en el área de estudio fueron *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo).

La determinación histoquímica de los parámetros de micorrización se realizó para la búsqueda de estructuras típicas de hongos endomicorrícicos. Se utilizó el método de tinción con azul tripano modificado de Phillips y Hayman (1970). Primero, se lavaron las raíces con agua corriente, retirando totalmente las partículas de suelo y materia orgánica. Posteriormente, se aclararon, colocándolas en frascos con KOH al 10 %, durante treinta minutos a baño maría. Aquellas raíces que no se aclararon, se dejaron en KOH al 10 % durante toda la noche. Una vez aclaradas las raíces, se retiró el KOH al 10 % y en el mismo recipiente se agregó HCl al 3 %, dejando reposar quince minutos. Posteriormente, se retiró el HCl 3% y se lavaron durante treinta/sesenta segundos para retirar el exceso de ácido. Se tiñeron las raíces con azul de tripano al 0.05 % en lacto glicerol calentando durante treinta minutos a baño maría. Se retiró el colorante en un recipiente para su posterior desecho y se enjuagaron las raíces con agua corriente durante un minuto para quitar el exceso

de colorante. Las muestras se fijaron en lactoglicerol 1:1 para análisis posteriores al microscopio, con los objetivos de 40 y 100 X (inmersión). La determinación del número de esporas se realizó según la técnica de tamizado húmedo (Gerdemann y Nicolson, 1963)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las muestras de manglar del ambiente natural mostraron estructuras típicas de HMA (Figura 1). Aunque se encontraron principalmente estructuras miceliales intracelulares formando parte de la micorrizósfera y, en algunos casos, ausencia de esporas. Una alta proporción de vesículas intracelulares también se observó. El contenido arbuscular mostró valores bajos representados en forma de porcentaje de micorrización (%M)

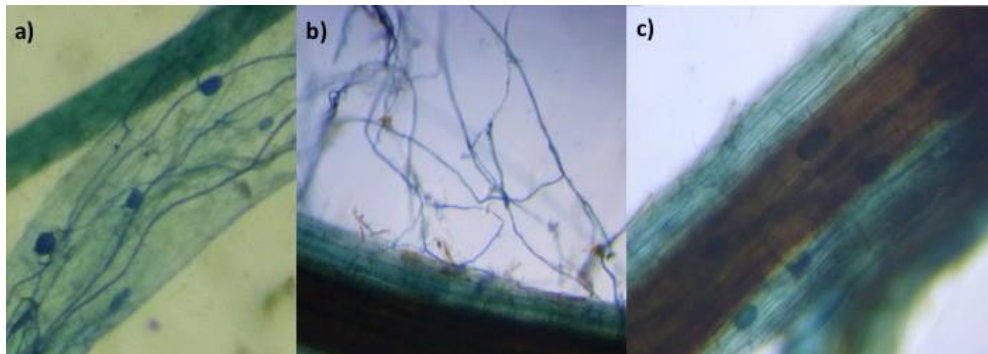


Figura 1. Estructuras de HMA encontradas en las raíces de mangle. a) micelio y vesículas intracelulares; b) micelio externo (red de Hartig); a) vesículas.

La micorrización total alcanzó valores máximos de hasta 40.53 % y mínimos de 8.68 %. Los valores de micorrización se vieron fuertemente influenciados por las características de la zona de muestreo y de la época, ya que algunas se encuentran en condiciones completamente sumergidas y otras zonas están menos expuestas al aumento de la marea. Las épocas de Julio y Septiembre influenciaron positivamente la micorrización. El número de esporas alcanzó valores entre 0 y 5 esporas por gramo de suelo. EL pH varió de 4.9 (Isla Cancún) a 7.3 (Tarquina). Estos niveles bajos de estructuras de HMA muestran que estos ambiente tienen valores bajos

de infectividad o de propágulos HMA (Stabler et al. 2001; Wiseman y Wells 2005) que podrían deberse a altos grados de perturbación y modificación natural (pH, contenido de nutriente, contaminantes, carencia de aireación, etc). Jasper et al. (1991) encontró que al hacer un análisis del grado de perturbación ambiental de suelos forestales, la infectividad de la micorriza arbuscular (colonización) se vio reducida hasta un 50 % comparada con los suelos naturales no perturbados. Dentro de la zona de la Reserva de la Biósfera “La encrucijada” se encuentran diversos asentamientos humanos que podrían estar perturbando el equilibrio natural de la zona, aunado a que existen ríos que atraviesan la reserva que podrían acarrear diversos agroquímicos traídos de las zonas agrícolas cercanas. La evaluación del grado de micorrización podría constituir un bioindicador del grado de perturbación de la de un sistema natural (Bainard *et al.* 2011).

CONCLUSIONES

La evaluación del grado de micorrización de los árboles de mangle podría constituir un bioindicador del grado de perturbación de la zona de la Reserva de la Biósfera, aunque no está claro cuáles son los factores responsable de esta reducción y/o perturbación natural, es claro que los cambios están relacionados con la urbanización cercana o dentro de la reserva.

LITERATURA CITADA

- Alves DK, Rabelo CM, Gomes R, Alves G, Oehl, F y Costa L (2012) Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in resting and dunes areas in Brazilian Northeast. *Biodivers Conserv*, 21: 2361-2373.
- CONABIO (2008) Manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. México. p.7.
- D'Souza J y Rodrigues BF (2013) Seasonal Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Mangroves of Goa, India. *International Journal of Biodiversity*. Volume 2013: 1-7.
- Gaur A y Adholeya A (2004) Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Current Science* 86 (4): 528-534.

-
- Gerdemann JW y Nicolson TH (1963) Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235-244.
- Gopal B y Chauhan M (2006) Biodiversity and its conservation in the sundarban mangrove ecosystem. *Aquatic Sciences*, 68 (3): 338-354.
- Hildebrandt U Regvar M y Bothe H (2007) Arbuscular mycorrhiza and heavy metal tolerance. *Phytochemistry* 68 (1): 139-146.
- Jasper DA, Abbott LK, Robson AD (1991) The effect of soil disturbance on vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. *New Phytol* 118: 471-476
- Parniske M (2008) Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root.
- Smith SE y Read DJ (1998) *Micorrhizal symbiosis*, San diego USA, Academic. Press.
- Smith SE, Read DJ (2008) *Mycorrhizal symbiosis*. Cambridge: Academic Press.
- Wang Y, Qiu Q, Yang, Z, Hu Z, Tam N y Xin G (2010) Arbuscular mycorrhizal fungi in two mangroves in South China. *Plant and Soil*, 33 (1): 181-191.

Ganadería

ACTITUD Y PRACTICAS DE CONTROL DE LA BABESIOSIS Y ANAPLASMOSIS EMPLEADAS POR PRODUCTORES DE BOVINOS DE YUCATÁN

ATTITUDE AND PRACTICES OF CONTROL BABESIOSIS AND ANAPLASMOSIS USED FOR CATTLE FARMERS OF YUCATAN

Solís CJJ ^{1*}, Hernández OR ^{2.}

¹ Centro de Investigación Regional Sureste, Campo Experimental Mocochoá. Km 25 Antigua Carretera Mérida – Motul. CP 97454. Mocochoá, Yucatán. ² Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria. Carretera Federal Cuernavaca – Cuautla, No. 8534, Jiutepec, Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
Autor para correspondencia: solis.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue conocer las medidas de control y prevención de la babesiosis y anaplasmosis, utilizadas por pequeños y medianos productores de bovinos de carne, de la zona ganadera de Yucatán. Se realizó un diagnóstico de situación a 25 explotaciones ubicadas en los municipios de Tizimín y Panabá, Yucatán. Se utilizó un cuestionario dirigido a propietarios y encargados, abarcando aspectos de manejo general, problemática y medidas de control de las garrapatas y enfermedades que transmiten. La información obtenida fue analizada por medio de estadísticas descriptivas. El 100 % de los productores utiliza ixodicidas para el control de las garrapatas. El 64 % de los productores desconoce que los bovinos se pueden enfermar de babesiosis y el 36 % sabe que la garrapata es la que transmite la enfermedad. El 44 % de los productores no conoce los signos clínicos que ocasiona esta enfermedad y solamente el 24 % manifestó que ha tenido un caso clínico de babesiosis. El diagnóstico de la enfermedad se realiza principalmente por el vaquero o encargado (12 %). El 20 % de los bovinos enfermos se controlan con antiparasitarios y 4% vendiéndolos. El 60 % de los productores desconoce que los bovinos se pueden enfermar de anaplasmosis y el 40 % sabe que la garrapata es la que transmite la enfermedad. El 52 % de los productores no conoce los signos clínicos que ocasiona esta enfermedad y solamente el 16 % manifestó que ha

tenido un caso clínico de anaplasmosis. El diagnóstico de la enfermedad se realiza por el vaquero o encargado (8 %). El 16 % de los productores utilizan antibióticos para el tratamiento de la enfermedad. En el 16 % de las explotaciones se ha observado bovinos enfermos de hemoparásitos. Ningún productor mencionó la utilización de vacunas para prevenir estas enfermedades. La mayor proporción de estos productores desconocen las medidas de control y prevención que se pueden utilizar para disminuir la presentación de casos clínicos y mortalidad que ocasiona la babesiosis y anaplasmosis. Es necesario implementar cursos de capacitación, para transferir tecnología en el control de vectores, empleo de medicamentos, quimioprofilaxis y vacunación, para ser utilizada por los productores y disminuir las pérdidas que ocasionan estas enfermedades.

Palabras clave: bovinos, babesiosis, anaplasmosis, control, prevención

INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe, así como en otras regiones del mundo, casos clínicos de enfermedades provocadas por hemoparásitos se presentan en los bovinos. La babesiosis y la anaplasmosis bovina producen pérdidas económicas provocadas por la disminución en la producción de carne y leche (Solorio y Rodríguez, 1997; Preciado *et. al.*, 2004). En México las regiones tropicales ofrecen un potencial para la producción ganadera, por lo que es necesario la realización de estudios orientados a proponer medidas de prevención y control que mejoren, mantengan e impulsen la producción animal de estas zonas. La babesiosis y anaplasmosis son consideradas enfermedades endémicas en las áreas tropicales de México, existiendo zonas consideradas de estabilidad enzoótica a estas enfermedades (Solís, 1995). Esta estabilidad puede convertirse a inestabilidad por factores de manejo como la falta de control de los vectores, que transmiten estas enfermedades permitiendo un incremento en la población de garrapatas y moscas, el uso excesivo de tratamientos con ixodicidas que reducen la población de vectores, provocando una disminución de la inmunidad de los bovinos a estas enfermedades, por la falta de reinfecciones que mantengan una consistente inmunidad (Solís y Hernández, 2014). Estas dos condiciones se pueden presentar en los ranchos ganaderos, ya que los productores no cuentan con la asistencia técnica para el control de las garrapatas y las enfermedades que transmiten (Solís y Hernández, 2014). En el estado de Yucatán

se ha observado una prevalencia de anticuerpos de 44%, 60% y 67% a *Babesia bovis*, *B. bigemina* y *Anaplasma marginale* en bovinos, respectivamente, (Ramos *et al.* 1992), reportándose casos clínicos de ambas enfermedades (Rodríguez *et al.* 2000). Es necesario conocer la forma como identifican y tratan estas enfermedades por parte de los productores, para capacitarlos en las medidas de prevención y control de estos padecimientos y disminuir los daños que ocasionan la babesiosis y anaplasmosis. El objetivo del trabajo fue conocer las medidas de control y prevención de la babesiosis y anaplasmosis, utilizadas por pequeños y medianos productores de bovinos de carne, de la zona ganadera de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un diagnóstico de situación a 25 explotaciones productoras de bovinos de carne, ubicadas en los municipios de Tizimín y Panabá, Yucatán. Se utilizó un cuestionario dirigido a propietarios y encargados de los ranchos, abarcando aspectos de manejo general de los bovinos, problemática y medidas de control y prevención de las garrapatas y enfermedades que transmiten. La información obtenida fue analizada por medio de estadísticas descriptivas, utilizando el programa computacional Epi Info 7. Los sistemas de producción estudiados fueron: vaca –cría (44 %), engorda (36 %) y ciclo completo (20 %), en forma extensiva y alimentación a base de pastoreo nocturno. Las razas manejadas son europeo x cebú (72 %), cebú (20 %) y europeo puro (8 %). En relación al tamaño del hato el 40 % tiene de 10 a 49 bovinos, el 28 % de 50 a 69 y el 32 % \geq 70 bovinos. El 100 % de los productores utilizan ixodicidas para el control de las garrapatas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos indican que el 64% de los productores desconoce que los bovinos se pueden enfermar de babesiosis (Figura 1) y el 36 % sabe que la garrapata es el vector que transmite la enfermedad (Figura 2). El 44 % de los productores no conoce los signos clínicos que ocasiona esta enfermedad (Figura 3) y solamente el 24 % manifestó que ha tenido un caso clínico de babesiosis (Figura 4). El diagnóstico empírico de la enfermedad se realiza por el vaquero o encargado (12 %), por un médico veterinario Zootecnista (MVZ) (8 %) y por un

MVZ apoyándose en el diagnóstico de laboratorio (4 %) (Figura 5). El 20 % de los bovinos enfermos se controlan con antiparasitarios (aceturato de diminaceno y el imidocarb), 4 % vendiéndolos y el 76 % no ha tenido la necesidad de utilizar alguna medida de control (Figura 6).

El 60 % de los productores desconoce que los bovinos se pueden enfermar de anaplasmosis (Figura 1) y el 40 % sabe que la garrapata es la que transmite la enfermedad (Figura 2). El 52 % de los productores no conoce los signos clínicos que ocasiona esta enfermedad (Figura 3) y solamente el 16 % manifestó que ha tenido un caso clínico de anaplasmosis (Figura 4). El diagnóstico empírico de la enfermedad se realiza por el vaquero o encargado (8 %), por un MVZ (4 %) y por MVZ apoyándose en el diagnóstico de laboratorio (4 %) (Figura 5). El 16 % de los productores utilizan antibióticos (oxitetraciclinas) para el tratamiento de la enfermedad y el 84 % no ha tenido la necesidad de utilizar alguna medida de control (Figura 6).

En el 16 % de las explotaciones se ha observado bovinos enfermos de hemoparásitos durante los últimos seis meses de iniciar el estudio. Ningún productor mencionó la utilización de vacunas para prevenir estas enfermedades.

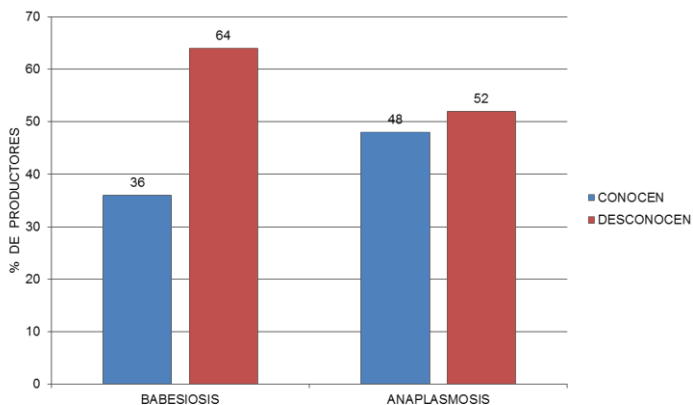


Figura 1. Porcentaje de productores de que conocen que los bovinos se enferman de Babesiosis y Anaplasmosis.

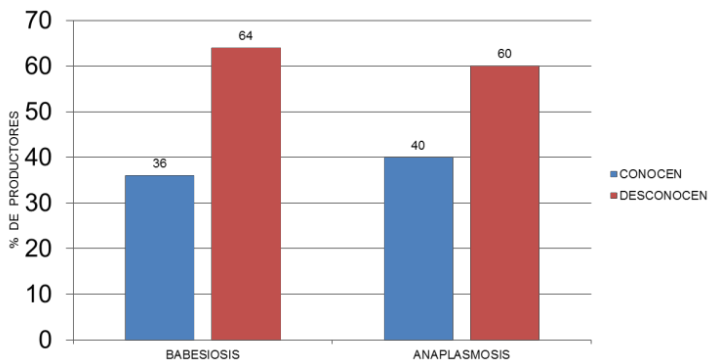


Figura 2. Porcentaje de productores que conocen que la garrapata es el vector que trasmite a los bovinos la Babesiosis y Anaplasmosis.

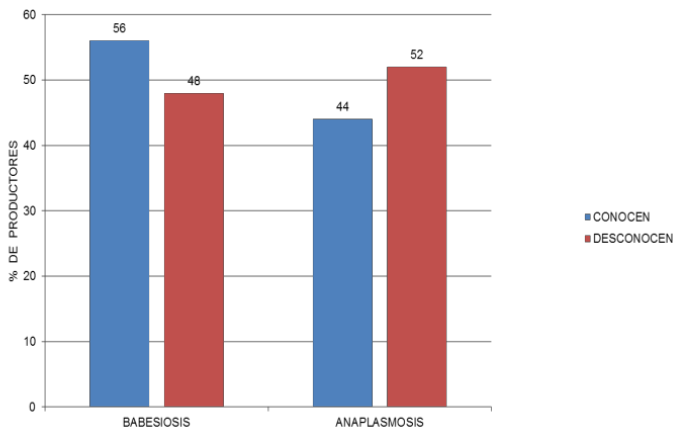


Figura 3. Porcentaje de productores que conocen algún clínico que produce Babesiosis y Anaplasmosis.

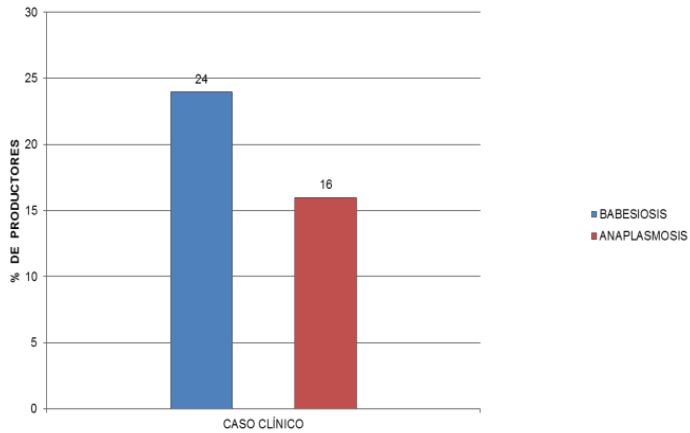


Figura 4. Porcentaje de productores que reportan al menos un caso clínico de Babesiosis y Anaplasmosis

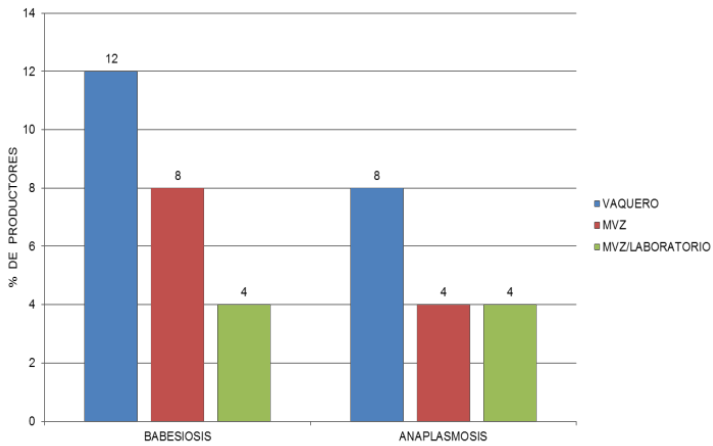


Figura 5. Personal que realiza el diagnóstico en los bovinos de Babesiosis y Anaplasmosis.

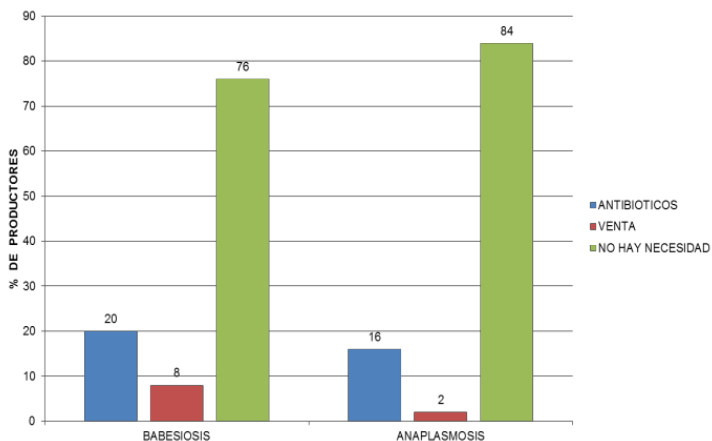


Figura 6. Medidas de control utilizada por los productores para los casos clínicos de Babesiosis y Anaplasmosis

Figura 6. Medidas de control utilizadas por los productores para los casos clínicos de Babesiosis y Anaplasmosis.

El 64 y 52 % de los productores desconocen que los bovinos se pueden enfermar de babesiosis y anaplasmosis, posiblemente se deba a que en la zona oriente de Yucatán, los bovinos desde su nacimiento mantienen contacto con garrapatas infectadas con los agentes causales de estas enfermedades, obteniendo una inmunidad durante su vida productiva y no presentarse los casos clínicos. Solís (1995) observó que existen las condiciones epidemiológicas en esta zona para encontrar una estabilidad enzoótica a ambas enfermedades. Por eso los productores no están relacionados con estos padecimientos, a diferencia con la enfermedad de la Rabia Paralítica, que es bien conocida por estos (Osorio *et al.*, 1997). Relacionado con esto se puede entender porque el 64 y 60% de los productores desconocen que las garrapatas y moscas son vías de transmisión de estas enfermedades (Hernández *et al.*, 2010). Sin embargo el 56 y 48 % de los productores contestaron que sí conocen al menos un signo clínico de babesiosis y anaplasmosis, no estando muy congruente esta respuesta con los resultados observados con las preguntas de que sí conocen y como se transmiten estas enfermedades. Se reportan casos clínicos de babesiosis (24 %) y anaplasmosis (16 %) en las explotaciones estudiadas. Rodríguez *et al.*, (2000) al realizar el diagnóstico de laboratorio en muestras sanguíneas de bovinos clínicamente enfermos de hemoparasitos, observaron una frecuencia de 2.7 % para

Babesia bovis, 1.2 % *B. bigemina* y 15.7 % *Anaplasma marginale*. Concluyendo que los bovinos del estado de Yucatán pueden ser infectados por hemoparásitos, afectando la salud y producción animal. Solís y Hernández, (2014) al determinar la inmunidad de hato para *A. marginale* en tres ranchos de la zona ganadera de Yucatán, observaron prevalencias de anticuerpos de 23, 0 y 3 %, indicando una baja inmunidad a esta enfermedad. El uso excesivo de los insecticidas interfiere con el desarrollo de condiciones de estabilidad enzoótica, la cual puede estar presente entre el ganado que se ha mantenido naturalmente expuesto a la garrapata y los agentes que estas transmiten, convirtiéndose en animales de alto riesgo cuando los programas de control son mal diseñados (Norval *et al.*, 1991), con la subsecuente aparición de casos clínicos. El diagnóstico de las enfermedades en un mayor porcentaje lo realiza el vaquero y en menor un MVZ confirmando con el diagnóstico de laboratorio, debido a la falta de asistencia técnica en las explotaciones estudas. Estudio efectuado en explotaciones ganaderas del oriente de Yucatán, indica que el 92 % de los productores no tiene asistencia técnica para el control de las garrapatas y enfermedades que transmiten y el 8 % la recibe por medio de los agentes de venta de productos veterinarios (Solís y Hernández, 2014). Hace falta MVZ que dominen de manera integral las estrategias para el control de las garrapatas y las enfermedades que transmiten y puedan asesorar adecuadamente a los productores (Grapain, 2010).

Las medidas para el control de los casos clínicos fue el uso de medicamentos, empleando los antiparasitarios a base de aceturato de diminaceno y el imidocarb, para la babesiosis y el uso de oxitetraciclinas en la anaplasmosis. Hernández *et al.*, (2010) mencionan que actualmente estos productos son los más empleados para el tratamiento de estas enfermedades. Los productores no utilizan productos como el hierro, las vitaminas B9, y B12, medicamentos que estimulan la hematopoyesis (Li y Alvarado, 2007; Vega *et al.*, 2010). La venta de bovinos enfermos de hemoparásitos con el propósito de sacrificarlos y destinar la carne para el consumo humano, es una práctica mal empleada. El reglamento para la industrialización sanitaria de la carne, en su artículo 108 indica que seran decomisadas las canales de animales que en la inspección post mortem presenten lesiones de las enfermedades de babesiosis y anaplasmosis (SAG, 1952). Los productores la realizan para tener algún beneficio antes de que se muera el bovino y por desconocimiento de las medidas terapéuticas para el control de estas enfermedades, como se ha observado en este estudio, donde solamente el 20 y 16 % de los productores aplican una medida terapéutica contra babesiosis y anaplasmosis. Otra de las medidas de prevención que no realizan los productores es la vacunación contra babesiosis y anaplasmosis. En México el

INIFAP ha desarrollado inmunológicos para la prevención de estas enfermedades, reportando buenos resultados para su utilización en los bovinos (Mosqueda, 2004; Vega *et al.*, 2010). El Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria dentro de sus productos que ofrece esta las vacunas inactivas y atenuadas para el control de la anaplasmosis y una vacuna bivalente para la prevención de babesiosis (Rojas y Ayala, 2009). Medida de prevención que deben conocer los productores para disminuir las pérdidas económicas ocasionadas por estas enfermedades. Información importante para incluir en los programas de capacitación a productores y especialistas en medicina veterinaria de la zona ganadera de Yucatán.

CONCLUSIONES

La mayor proporción de los productores desconocen las medidas de prevención y control que se pueden utilizar para disminuir la presentación de casos clínicos y mortalidad que ocasiona la babesiosis y anaplasmosis. La venta de animales enfermos la realizan para obtener un beneficio por el bovino. Ningún productor utiliza la vacunación para prevenir estas enfermedades. Es necesario implementar cursos de capacitación encaminada a productores y especialistas en medicina veterinaria para transferir tecnología en el diagnóstico de las enfermedades, control de vectores, empleo de medicamentos para su tratamiento, quimioprofilaxis y vacunación de los bovinos.

LITERATURA CITADA

- Grapain C. J. 2010. Resistencia de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a ixodicidas en México. Estudio recapitulativo. Monografía. FMVZ. Universidad Veracruzana.
- Hernández O. R., Falcón N. A., García O. M., Palacios F. A., M. G. J., Preciado T. J., Mejía E. F., Ramos A. J., Rosas P. J., Cantú C. A., Rojas R. E., Alpírez M. F., Vega M. C, Solís C. J, Rodríguez C. S. 2010. Control integrado de garrapatas y enfermedades que transmiten en ganado bovino. Babesiosis y Anaplasmosis. Folleto técnico No. 10. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria. INIFAP.

-
- Li E. O. y Alvarado S. A. 2007. Evaluación de tolerancia y del efecto hematopoyético e inmunomodulador de un Compuesto en Base a Fósforo Orgánico, Ácido Fólico y Cianocobalamina por Diferentes vías de aplicación en bovinos. Microbiología Clínica y Pruebas Especiales. FMV - UNMSM.
- Mosqueda G. J. 2004. Vacunas contra hemoparásitos bovinos: Avances y perspectivas. Perspectivas de control de parásitos de importancia veterinaria. Publicación técnica No. 2. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria. INIFAP.
- Norval R. A. I., Lawrence J. A., Young A. S., Perry B. D., Dolan T. T, Scott J. 1991. *Theileria parva*: Influence of vector, parasite and host relationship on the epidemiology of theileriosis in southern Africa. Parasitology. 102: 347-356.
- Osorio A. M., Segura C. J., Marfil A. A., Osorio A. D. 1997. Diagnóstico de la ganadería lechera del estado de Yucatán. Boletín Técnico. Gobierno del Estado de Yucatán. Secretaria de Desarrollo Rural. Mérida, Yucatán.
- Preciado T. J., Rojas R. E., García O. M., Rodríguez S. D. 2004. Control y tratamiento de la anaplasmosis bovina. Publicación Técnica No. 1. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria. INIFAP.
- Rodríguez V. R. I., Cob G. L. A., Domínguez A. J. L. 2000. Hemoparásitos en bovinos, caninos y equinos diagnosticados en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán (1984-1999). Rev. Biomed., 11:277-282. Mérida, Yucatán, México.
- Rojas R. E. y Ayala B. H. 2009. Boletín Informativo No. 5. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria. INIFAP.
- Ramos J. A., Álvarez M. A., Rodríguez I. R., Solís C. J., Buening G. M., Vega M. C. 1992. Epidemiología de la anaplasmosis y babesiosis bovina en el estado de Yucatán. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Chihuahua 1992. INIFAP, SARH, FMVZ - UNAM. Chihuahua, México, 271.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) 1952. Subsecretaría de Ganadería. Dirección de la Producción e Industria de la Carne Sección de Empacadoras. Reglamento para la industrialización sanitaria de la carne. Inspección federal.
- Solís C. J. J. 1995. Monitoreo serológico a babesiosis y anaplasmosis en becerros y su relación con la dinámica poblacional de *Boophilus microplus* en tres ranchos ganaderos del oriente de Yucatán. Tesis de maestría. FMVZ. UADY.
- Solís C. J. y Hernández O. R. 2014. Método de control de las garrapatas y manejo

-
- de la resistencia a los ixodicidas por productores de bovinos de Yucatán. XXXVIII Congreso Nacional de Buiatria. Villahermosa, Tabasco. 279 – 284.
- Solís C. J.J., Preciado T. J.F, Ramos A. J.A, García O. M.A, Hernández O.R., Falcón N.A. 1997. Determinación de la prevalencia de anticuerpos contra Babesiosis y Anaplasmosis Bovina en ganado de carne de Tizimin, Yucatán. Congreso Nacional de Buiatria. Mérida, Yucatán.
- Solorio R. J. L. y Rodríguez V. R. 1997. Epidemiología de la babesiosis bovina. II. Indicadores epidemiológicos y elementos para el diseño de estrategias de control. Revista Biomedica. 8, 95-105.
- Vega M. C., Jiménez O. R., García O. M, Preciado T. J., Rojas R. E., Rodríguez C. S. 2010. Como evitar las pérdidas por la anaplasmosis bovina. Folleto técnico No. 9. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria. INIFAP.

EFFECTO DE LA PROPORCIÓN DE RAZA EUROPEA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE POR LACTANCIA EN VACAS SUIZO PARDO POR CEBÚ EN PASTOREO EN CLIMA Aw₁

EFFECT OF PROPORTION OF EUROPEAN BREED ON MILK YIELD IN BROWN SWISS BY CEBU COWS GRAZING IN Aw₁ CLIMATE

García PTB*, López GI, Castañeda ARO., Cab JFE

Campo Experimental "La Posta" INIFAP, Paso del Toro, Veracruz

Autor para correspondencia: garcia.teresa@inifap.gob.

RESUMEN

En Veracruz el sistema de producción más importante en bovinos es el de doble propósito. Generalmente se lleva a cabo con vacas cruzadas de razas europeas y cebuinas, en pastoreo bajo condiciones de temporal, y que son ordeñadas una vez al día. La raza europea más empleada es la Suizo Pardo Americana. El presente trabajo evaluó un estudio de caso controlado, con vacas cruzadas de la raza Suizo Pardo Americano por Cebú, en pastoreo bajo condiciones de temporal, ordeñadas una vez al día, en clima Aw₁. Las variables estudiadas fueron Producción de leche por lactancia (ProdLAC) y Duración de la lactancia (DIM). Las variables clasificatorias fueron Porcentaje de raza europea (perEURO), Época de parto (Epparto), y grupo de parición (gruPAR), primíparas vs multíparas, y la interacción de GruPAR con perEURO. Para ProdLAC, se encontraron diferencias significativas para perEuro ($P < 0.01$) y Epparto ($P = 0.04$). No se encontraron diferencias significativas para GruPAR ni para su interacción con perEuro. Las medias para ProdLAC fueron de 1,654, 2,871 y 2,321 para 63, 69 y 75% de europeo, respectivamente. Las producciones por época de parto fueron de 1,944 para lluvias, 2,602 para nortes, y 2,299 para sequía. La duración de la lactancia, DIM estuvo correlacionada en un 77% con ProdLAC. Para DIM el porcentaje de raza europea de 63% fue mayor (376.8 días, $P < 0.01$) que para los otros dos niveles: respectivamente 256.3 días para 63% y 289.9 para 75% de europeo. Bajo las condiciones del presente estudio, la proporción de sangre europea más adecuada resultó ser la de 75% de Suizo Pardo por Cebú, aunque las mayores producciones se obtuvieron con las vacas 69% de Suizo Pardo por Cebú,

no encontrándose diferencia entre en productividad en ambos grupos genéticos. La época de parto tuvo resultados poco esperados, quizá debido a que la duración de la lactancia hace que la productividad abarque varias épocas.

Palabras clave: Bovinos de Doble Propósito, Ganadería en trópico subhúmedo, Leche por lactancia.

INTRODUCCIÓN

El ganado de doble propósito (DP) puede definirse como aquel que además de que se ordeña, produce animales para la engorda. En México, este sistema de producción se ubica en las zonas tropicales del país (Secretaría de Economía, 2012), que abarcan 55.7 millones de hectáreas, el 28 por ciento del territorio nacional. De esa superficie, casi la mitad se dedica a la producción pecuaria, y es donde pastorean 16 millones de bovinos en el sistema de DP, que producen aproximadamente el 17.5 por ciento de la producción nacional de leche; el sistema de producción de doble propósito es contabilizado junto con los bovinos de carne, en cuanto a población ganadera (SIAP, 2015). En el Estado de Veracruz, los genotipos más abundantes de bovinos en este sistema de producción, son las cruza de Suizo Pardo Americano, por Cebú, en diversos grados de pureza.

Las áreas donde se desarrolla la ganadería de DP, se caracterizan por presentar épocas con abundancia de lluvias y épocas de sequía, las cuales determinan la estacionalidad en la disponibilidad y calidad de los pastos, con el consecuente efecto en la condición corporal del ganado, en su fertilidad y en su producción de leche (Coordinación General de Ganadería, 2010).

En el Estado de Veracruz más del 90% del ganado bovino se maneja en el sistema de producción de DP, el cual se caracteriza por basar la alimentación de los animales en el pastoreo extensivo de praderas y agostaderos y por hacer escaso uso de tecnología (Mariscal Aguayo et al., 2004).

En las zonas tropicales de Veracruz (que corresponde a la mayor parte del territorio) se calcula se producen entre 700 a 1,200 litros de leche por vaca por año. Los becerros suelen ser destetados alrededor de los 150 kg de peso vivo entre los 10 y 12 meses de edad. La edad al primer parto es elevada, mayor a 40 meses de edad, los periodos interparto son prolongados, a veces de más de 500 días, y el porcentaje de mortalidad es ampliamente factible a reducirse.

Aunque el mayor obstáculo para mejorar la producción de leche y carne en el Estado de Veracruz se centra en la escasa adopción de tecnología, queda la incertidumbre acerca de cuál sería la mejor proporción de la raza europea, al adoptar tecnología apropiada a las condiciones del trópico.

En condiciones de manejo similares a las de las ganaderías comerciales, con los bovinos en pastoreo bajo condiciones de temporal, con el forraje siendo el principal alimento, y con una sola ordeña por día, el objetivo del presente trabajo fue efectuar un estudio controlado de caso para observar el efecto de la proporción de raza Suizo Pardo Americano de vacas cruzadas con Cebú, sobre la producción de leche por lactancia y la duración de la lactancia, en clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, Aw_1 , representativo de la llanura costera del Estado de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en terrenos del CE “La Posta”, en Paso del Toro, Veracruz, localizado en el km 22.5 de la carretera federal Veracruz – Córdoba (paralelo 19° 02´ de latitud Norte y meridiano 96° 08´ de longitud Oeste). Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), el clima predominante en el área de influencia directa de “La Posta”, corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw_1). Las temperaturas media, máxima y mínima son de 25.4, 31.3 y 19.5 °C, respectivamente, con una precipitación pluvial de 1336.8 mm (promedios de 25 años: 1985 a 2010, de datos de la estación meteorológica “El Copital”, la más cercana al CE “La Posta”). La altura del sitio es de 16 m.s.n.m. Los suelos predominantes son del tipo vertisol, con pH ácido de alrededor de 5.4, con textura arcillosa y con un contenido de materia orgánica, de alrededor del 2.6 %.

Las vacas del CE la Posta se manejaron en grupos, por etapa fisiológica: juntas las vacas secas y las vaquillas en inicio de manejo reproductivo, y juntas las vacas en ordeña y las vaquillas y vacas próximas al parto, todas en pastoreo en praderas manejadas en condiciones de temporal. Las vacas se secan dos meses antes del parto o antes, cuando el secado es espontáneo. Se les ofrece ensilado de pasto Tanzania (*Panicum maximum*) y de maíz durante los meses de estiaje; Sales minerales y agua a libertad se encuentran disponibles siempre. A las vacas se les ofrece concentrado durante la ordeña. Los becerros apoyan previo al ordeño; los de 3 meses o menos de edad, tienen disponible una teta, y los mayores sólo maman la leche residual. Los resultados mostrados corresponden a lo que fue ordeñado; La leche que los becerros ingirieron no fue registrada.

Se consideraron lactancias completas, con un solo ordeño al día, las cuales ocurrieron entre diciembre de 2011 y agosto de 2014. Los registros con datos incompletos o con lactancias que, por cualquier razón, tuvieron menos de 100 días de duración, fueron eliminados.

Los datos requeridos de cada vaca fueron: Identificación, fecha de nacimiento, genotipo, fecha de parto, número de parto, fecha de secado, pesaje diario de la leche, identificación de la madre y del padre de la vaca, y genotipos de la madre y del padre de la vaca, De estos registros se procedieron a generar los siguientes datos, por vaca: Producción de leche por lactancia (ProdLAC), obtenida por la suma de los pesajes diarios de leche durante la lactancia, época de parto (Epparto), correspondiente a “Lluvias” (para partos acaecidos entre el 16 de junio y el 15 de octubre), “Nortes” (partos del 16 de Octubre al 15 de febrero), y “Sequía” (partos del 16 de febrero al 15 de junio), Porcentaje de la raza europea (PerEuro), que correspondió a 63% (para las vacas 5/8 europeo), 69 % (para vacas 11/16), y 75 % (las vacas 3 / 4), de la raza Suizo Pardo Americano, y Grupo de parición (GruPAR): primíparas o multíparas.

Los datos ya editados comprendieron 36 lactancias, las cuales se analizaron con el modelo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{perEuro}_i + \text{GruPAR}_j + \text{Epparto}_k + \text{perEuro} * \text{GruPAR}_{ij} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y = Observación de la variable ProdLAC del i-ésimo porcentaje de la raza europea (perEuro: 63 %, 69 % ó 75 %), del j-ésimo grupo de parición (GruPAR: primerizas ó multíparas), de la k-ésima época de parto (Epparto: lluvias, nortes o sequía), de la ij-ésima interacción entre grupo de porcentaje de la raza europea y grupo de parición perEuro*GruPAR. μ es la media general y ϵ es el error experimental que se asume se distribuye Normal, con media 0 y varianza σ^2 .

La duración de la lactancia (DIM) se estudió con un modelo similar, pero excluyendo GruPAR, ya que en análisis previos no se encontró significancia para esta variable, y substituyendo por la interacción de perEuro por Epparto. Se determinó la correlación entre DIM y ProdLAC utilizando proc corr de SAS®. Los modelos lineales se analizaron con un modelo fijo utilizando el procedimiento GLM de SAS®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las 36 lactancias analizadas estuvieron distribuidas en 22 de vacas que pertenecían al perEuro de 75 % (4 primerizas), 8 lactancias eran del grupo de 69 % (2 primerizas) y 6 correspondían al grupo de 63 % (2 primerizas) de Suizo Pardo Americano, con complemento Cebú. En cuanto al GruPAR, 8 eran primerizas y las 28 restantes tenían entre 2 y 6 partos. Diez de los partos ocurrieron durante la Epparto de lluvias, 14 en nortes y 12 en sequía.

Los resultados del análisis para ProdLAC mostraron diferencias estadísticamente significativas para perEuro ($P < 0.01$) y Epparto ($P = 0.04$). Ni el GruPAR ni su interacción con perEuro resultaron significativos.

En el Cuadro 1 se muestran las medias de mínimos cuadrados y los errores estándares de las variables analizadas como factores simples (sin interacción), así como sus diferencias encontradas para la variable ProdLAC. Interesantemente, el nivel de sangre europea con mejores resultados en cuanto a producción de leche, fue el de 69 %, con más de 500 kg de leche por encima de las vacas $\frac{3}{4}$ Suizo Pardo por Cebú.

Cuadro 1

Medias y errores estándares (Error E.) para Producción total por lactancia (ProdLAC) en kg, de vacas Suizo Pardo por Cebú ordeñadas una vez al día en el CE La Posta INIFAP.

Efecto	Media	Error E.	DS*	Efecto	Media	Error E.	DS
%Europeo				Ópoca de parto			
63	1,654	229.1	B	Lluvias	1,944	189.9	B
69	2,871	219.3	A	Nortes	2,602	172.6	A
75	2,321	147.0	AB	Sequia	2,299	175.8	AB
Grupo de parición							
Primíparas	2,345	197.6	A				
Múltiparas	2,218	122.7	A				

* Literales diferentes indican diferencias significativas (DS)

Se pudo observar en el Cuadro 1 que las vacas que parieron en lluvias fueron las que produjeron menos leche por lactancia, en contra de la lógica de la estacionalidad, que indica que cuando hay abundancia de pastos, la productividad se incrementa.

En cuanto a la variable DIM, en el Cuadro 2 se puede observar que también se encontraron diferencias estadísticamente significativas debido a perEuro ($P < 0.01$), aunque no así debidas ni a Epparto ni a su interacción con perEuro. El grupo

genético con mayor duración de lactancia fue el de 69% de Suizo Pardo por Cebú. El análisis de correlación entre DIM y ProdLAC resultó positivo, del 77% entre ambas variables.

Cuadro 2

Medias y errores estándares (Error E.) para Duración de la lactancia (DIM) en días, de vacas Suizo Pardo por Cebú ordeñadas una vez al día en el CE La Posta INIFAP

Efecto	Media	Error E.	DS*	Efecto	Media	Error E.	DS
%Europeo				Ópoca de parto			
63	256.3	25.6	B	Lluvias	313.7	22.5	A
69	376.8	23.3	A	Nortes	321.7	19.5	A
75	289.9	13.5	B	Sequia	287.6	22.1	A

* Literales diferentes indican diferencias significativas (DS)

El hecho de que la época de parto en lluvias haya obtenido medias menores en la variable ProdLAC podría explicarse al considerar las duraciones de lactancia, DIM, obtenidas. Las DIM evidentemente abarcan más de una época. A la época de sequía, le sigue la de lluvias; en consecuencia, es probable que en muchos casos, aunque los partos hayan sucedido en la época de sequía, las mayores producciones al inicio de la lactancia hayan sido durante la época de lluvias, con abundancia de pasto verde. La época de nortes aparentemente favoreció a la productividad, y su efecto probablemente fue suficiente para contrarrestar el hecho de que a esa época le sigue la de sequía, en la cual, con el manejo que se llevó, incluye la aportación de forraje conservado, de manera que el alimento no fue limitante en ninguna época.

En cuanto al porcentaje de la raza europea, se encontró una clara tendencia en las vacas 11/16 Suizo Pardo por Cebú (69 % europeas del grupo de Suizo Pardo), a tener mayores producciones de leche por lactancia, que los otros dos grupos, siendo similares a las vacas 75 % de europeo. Sin embargo, sus lactancias fueron también más largas, pasando de un año, con lo cual resulta en intervalos entre partos relativamente prolongados. En una división simple de ProdLAC entre DIM, se encuentra que la producción de leche por día de lactancia fueron de 6.5, 7.6 y 8 kg de leche, respectivamente, para las vacas 63 %, 69 % y 75 % europeas; de manera que existen evidencias que el mejor grupo genético bajo las condiciones del presente estudio, muy similares a las de la llanura costera de Veracruz, fue el de 75 % de Suizo Pardo por Cebú, aunque estos resultados no fueron estadísticamente diferentes con el de las vacas 69 % europeas. El cambio de productividad de las vacas 5/8 Suizas por Cebú (63 %) al siguiente nivel fue muy significativo, pero al

subsiguiente ya no, reforzando las recomendaciones generales que se ofrecen de tener animales “entre media sangre y $\frac{3}{4}$ de europeo”; en este caso, entre $\frac{5}{8}$ y $\frac{3}{4}$ de europeo. La buena correlación entre las variables ProdLAC y DIM podría ayudar a los productores a seleccionar a sus vacas de una manera fácil, ya que DIM solo requiere de anotar las fechas de inicio y fin de la lactancia.

CONCLUSIONES

Se encontraron evidencias de que para las condiciones del presente estudio, la proporción de sangre europea más adecuada resultó ser la de 75% Suizo Pardo por Cebú, aunque las mayores producciones de leche por lactancia, y duración de la lactancia, fueron para las vacas 69% Suizo Pardo por Cebú, no habiendo diferencia significativa entre ambos grupos genéticos.

LITERATURA CITADA

Referencias informáticas

- Coordinación General de Ganadería. 2010. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. Claridades agropecuarias No. 207. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf>
- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Serie Libros No. 6. http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf
- Mariscal Aguayo V., Estrella Quintero H., Ruiz Flores A., Sagarnaga Villegas M., Salas González JM, González Alcorta M. 2004. La cadena productiva de bovinos lecheros y el TLCAN. Departamento de Zootecnia UACH. 2010-04-29 13:07:55 www.lactodata.net
- Secretaría de Economía. 2012: Análisis del sector lácteo en México. Dirección General de Industrias básicas. http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf
- SIAP. 2015. <http://www.siap.gob.mx/poblacion-ganadera/>

***Boophilus-Babesia-Anaplasma*: SITUACIÓN EPIDEMIOLOGICA DE DOS UNIDADES DE PRODUCCIÓN PECUARIA EN EL TRÓPICO VERACRUZANO**

***Boophilus-Babesia-Anaplasma*: EPIDEMIOLOGICAL SITUATION OF TWO UNITS OF LIVESTOCK PRODUCTION IN THE TROPIC OF VERACRUZ**

Castañeda ARO^{1*}, Álvarez MJA², Rojas MC², Figueroa MJV², Bautista GCR², Martínez IF³, Inurreta AHD⁴, Lira AJJ²

¹C. E. La Posta, CIR-Golfo Centro, INIFAP. Km. 22.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz, México. ²CENID-Parasitología Veterinaria, INIFAP. Km. 11.5 carretera federal Cuernavaca-Cuautla, Jiutepec, Morelos, México. ³Departamento de Ectoparásitos y Dípteros, CENAPA-SENASICA. Carretera federal Cuernavaca-Cuautla No. 8534 Col.El Progreso Jiutepec, Morelos, México. ⁴C. E. Cotaxtla, CIR-Golfo Centro, INIFAP. Km. 34.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz, México.

Autor para correspondencia: castaneda.roberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

El complejo *Boophilus-Babesia-Anaplasma*, genera cuantiosas pérdidas económicas al sector ganadero de las regiones tropicales y subtropicales de nuestro país; algunos factores como la resistencia a ixodíctidas, por parte de los ectoparásitos *Boophilus* y el cambio climático, podrían potencializar el efecto detrimental que dicho complejo genera en este sector. En el caso específico de las unidades de producción estudiadas y como muchas otras en su zona, no se cuenta con información sólida que permita conocer la situación epidemiológica en la que se encuentra. Por lo tanto, se plantearon los siguientes objetivos: Determinar la prevalencia a *Babesia bovis* y *B. bigemina*, a través de la prueba de Inmunofluorescencia indirecta; determinar la prevalencia de *Anaplasma marginale* mediante un ensayo inmunoenzimático competitivo y por último, evaluar la respuesta toxicológica de las garrapatas *Boophilus* a distintos ixodíctidas, por medio de las técnicas de paquete de larvas Stone & Haydock y la técnica de Shaw. La fase de campo se desarrolló en la unidad de producción pecuaria (UPP), “La Yagua”, ubicada en el municipio de Tlalixcoyan, Veracruz, y en la UPP del C.E. “La Posta”, ubicada en el municipio de Medellín

de Bravo. En la primera UPP se muestrearon 50 bovinos y en la segunda UPP se emplearon 96. De cada bovino se colectó una muestra de sangre completa, usando tubos vacutainer con anticoagulante; el plasma obtenido una vez procesada la sangre, se empleó en la técnica de inmunofluorescencia indirecta (IFI) y en el ensayo inmunoenzimático competitivo (cELISA). En la IFI se empleó antígeno derivado de los cultivos *in vitro* de *B. bovis* y *B. bigemina*, y en la cELISA se utilizó el paquete comercial *Anaplasma* Antibody Test Kit (VMR&D No.282-2). Mediante desprendimiento manual de su hospedero bovino, fueron colectadas garrapatas hembras adultas (>8mm); al menos 30 de estas garrapatas, se mantuvieron en incubación a 28 ± 2 °C de temperatura y 80-90 % de humedad relativa para permitir que ovopositaran y así, posteriormente obtener el paquete de larvas requerido en el análisis toxicológico. Las prevalencias obtenidas fueron de 88% para *B. bovis*, de 80 % para *B. bigemina* y de 100 % para *A. marginale* en la UPP “La Yagua” y de 92.7% para *B. bovis*, 85.41 % para *B. bigemina* y de 98.95 % para *A. marginale* en el caso de la UPP “La Posta”. En lo concerniente a la evaluación de la respuesta toxicológica frente a los ixodicidas, se demostró que existe multiresistencia a las cuatro familias de ixodicidas evaluados en las poblaciones larvales de ambas UPP’s, siendo coumaphos y fipronil los que presentaron mayores porcentajes de mortalidad, obteniendo valores superiores al 90 %. En suma, las elevadas prevalencias indican la endemidad de los patógenos hemotrópicos en ambas UPP’s; lo cual, aunado a la ausencia de casos clínicos, señalan una aparente estabilidad enzootica. Sin embargo, existen problemas de resistencia a ixodicidas, lo cual podría afectar dicha estabilidad, ya que podría ocurrir un posible aumento de la población de garrapatas, lo que repercutiría en la salud de los bovinos.

Palabras clave: Ectoparásitos, hemoparásitos, babesiosis, anaplasmosis.

INTRODUCCIÓN

La industria ganadera de las zonas tropicales, produce el 19.5% de leche y el 40% de la carne consumida en el país; siendo el sistema de doble propósito uno de los predominantes (Urdaneta, 2009); sin embargo, el elevado potencial de producción de esta región, se ha visto limitado por una variada serie de factores, entre los cuales destacan los asociados a problemas sanitarios, ya que el clima de la región es ideal para la proliferación de distintos agentes patógenos, como las garrapatas

y las enfermedades que estas transmiten (Román, 1981). Las garrapatas son ectoparásitos hematófagos de los animales salvajes y domésticos así como del hombre; se les considera el principal vector que afecta al sector ganadero (Kocan *et al.*, 2011). Se ha reportado la existencia de 77 especies de garrapatas en México, de las cuales 14 son consideradas de importancia, destacándose de entre éstas las garrapatas *Boophilus microplus* (Delabra *et al.*, 1996); garrapata que ha sido incluida en el género *Rhipicephalus* en base a estudios moleculares (Barker y Murrell, 2004). Esta especie afecta a la ganadería en forma directa, debido a las lesiones sobre la piel, efecto de su picadura y al descenso de la producción de carne y leche (Alonso-Díaz, 2006); su repercusión indirecta se da mediante la transmisión de enfermedades provocadas por patógenos hemotrópicos, los cuales son los causantes de la babesiosis y la anaplasmosis bovina (Brayton, 2012). La primera de estas enfermedades, es una infección provocada por los parásitos intraeritrocíticos *Babesia bovis* y *B. bigemina*, ambas especies presentes en nuestro país (Mosqueda *et al.*, 2012).

La segunda de estas enfermedades es provocada por las rickettsias *Anaplasma marginale* y *A. centrale*; sin embargo, solo la primera especie ha sido reportada en México (Rodríguez *et al.*, 2003). Ambas enfermedades comparten la característica de infectar exclusivamente a los glóbulos rojos, además de presentar un cuadro clínico similar en su forma aguda (Suarez y Noh, 2011). La estrategia empleada para el control de la garrapata, se ha basado en la aplicación de compuestos químicos, no obstante, estos pueden resultar tóxicos y costosos; además de esto, debemos considerar que la generación de resistencia por parte de estas, ha propiciado replanteamientos sobre este método (Rajput *et al.*, 2006). Aunado a esto, se encuentra la posibilidad de una ampliación de su distribución gracias al calentamiento global (Merino *et al.*, 2013), lo cual representaría un panorama en el que las adversidades generadas por las garrapatas se elevarían de manera exponencial. Se considera que el manejo integral de plagas, es la mejor opción en el control de las garrapatas, pero para lograrlo es necesario tener profundos conocimientos de las interacciones ambiente, hospedero y parásito.

Mediante esta forma de control se logra tener poblaciones de garrapatas en cantidades que sean bajas para no poner en riesgo la salud de los bovinos pero que a su vez sean suficientes para infectarlos con patógenos hemotrópicos a temprana edad, de esta forma podrán generar inmunidad contra los mismos, logrando por consiguiente una estabilidad enzoótica (García, 1999). En el caso específico de las unidades de producción pecuaria, sometidas al estudio y como muchas otras

en su zona, no se cuenta con información sólida que permita conocer la situación epidemiológica en la que se encuentra, por consiguiente, las acciones que están llevando para el control de las garrapatas y los patógenos transmitidos por esta, podrían conllevar a un fracaso y por ende a pérdidas económicas; por lo tanto se plantearon los siguientes objetivos: Determinar la prevalencia a *B. bovis* y *B. bigemina*, a través de la prueba de Inmunofluorescencia indirecta. Determinar la prevalencia de *A. marginale* mediante un ensayo inmunoenzimático competitivo y Evaluar la respuesta toxicológica de las garrapatas a distintos ixodicidas, por medio de las técnicas de paquete de larvas Stone & Haydock y la técnica de Shaw.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La fase de campo se desarrolló en dos unidades de producción pecuaria (UPP), doble propósito, denominadas “La Yagua” y “La Posta”. La primera de estas es una unidad de producción comercial; misma que se ubica en el municipio de Tlaxiaco, Veracruz, coordenadas 18°47' 52"N, 96°2'32" O; el clima en esta zona es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura de 24–28°C y un rango de precipitación 1,400-1,600 mm. (INEGI, 2009). La segunda es la unidad de producción “La Posta”, la cual pertenece al INIFAP y está ubicada en el municipio de Medellín de Bravo, coordenadas 19°1'0.609"N, 96°8'13.649"O; zona que también posee un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura 19.5-25.4°C y una precipitación pluvial de 1336.8 mm. La fase de laboratorio se desarrolló en dos distintas unidades: la unidad de *Babesia* del CENID-PAVET, INIFAP y la unidad de Ectoparásitos y Dípteros del CENAPA-SENASICA ambos ubicados en Jiutepec, Morelos.

Animales de estudio. En la UPP “La Yagua”, se muestrearon 50 bovinos y en la UPP “La Posta”, se emplearon 96; en ambas UPP's los genotipos corresponden a cruza Holstein x Cebú y Pardo Suizo x Cebú. De cada animal se colectó una muestra de sangre completa a través de la punción de la vena coccígea usando tubos vacutainer con anticoagulante. Estas muestras fueron procesadas para la separación del plasma, el cual se empleó en las técnicas de Inmunofluorescencia indirecta y para el ensayo inmunoenzimático competitivo; previo a su uso se resguardó a -20 °C. El tamaño de muestra fue determinado mediante la fórmula para estimar proporciones en una población finita: $n = N z^2 pq / d^2 (N-1) + z^2 pq$. En donde:

N= tamaño de la población; Z= grado de confianza (95 %); p= proporción de la población con la característica de interés; d= margen de error (10 %) (Daniel, 2010).

Colecta de garrapatas. Mediante desprendimiento manual de su hospedero bovino, fueron colectadas aquellas garrapatas que se encontraban en estado de repleción (>8mm). Al menos 30 garrapatas repletas, se mantuvieron en incubación a 28 °C ± 2 °C de temperatura y 80-90 % de humedad relativa para que ovipositaran; 14 días después, se retiró la masa de huevos para generar alícuotas de 1g, las cuales se colocaron en frascos de cristal, que se mantuvieron en incubación hasta su eclosión.

Inmunofluorescencia indirecta (IFI). Para IFI se utilizó antígeno derivado del cultivo *in vitro* de *B. bigemina* o *B. bovis* con parasitemias de >5 % y mantenido a -20 °C. Brevemente: Las laminillas fueron incubadas a 37 °C durante 30 min., cada suero se diluyó 1:100 en una solución salina amortiguadora de fosfatos (PBS), 10 µl de cada dilución, fueron colocados en círculos previamente marcados con lápiz grueso, posteriormente se incubaron a 37°C durante 30 min, se lavaron con PBS y se les adicionó suero conejo anti-IgG bovino conjugado con isotiocianato de fluoresceína, nuevamente fueron incubados a 37 °C por 30 min. Por último fueron lavadas y se observaron en un microscopio de epifluorescencia.

Ensayo inmunoenzimático competitivo (cELISA). Se desarrolló siguiendo el protocolo establecido en el paquete comercial *Anaplasma* Antibody Test Kit cELISA, marca Veterinary Medical Research & Development, número de catálogo 282-2.

Diagnóstico de susceptibilidad en la garrapata. Se realizó aplicando las Dosis Discriminantes utilizando la técnica de de Shaw para amidinas, donde se utilizó el amitraz en formulación de concentrado emulsificable y la técnica Stone & Haydock, en el cual se utilizaron ingredientes activos con diferentes porcentajes de pureza que fueron los siguientes: organofosforados (chlorpirifos, coumaphos y diazinon), los piretroides (flumetrina, deltametrina y cypermetrina), fenilpirazolonas (fipronil), amidinas (amitraz). Ambas técnicas consisten en la exposición e inmersión de larvas de garrapatas con los ixodícidias a las dosis discriminantes de cada uno de los acaricidas, la lectura de sobrevivencia y mortalidad de las larvas se realizó entre 24 y 72 horas posteriores a la exposición con el químico, así mismo con estos datos se obtuvo el porcentaje de mortalidad en cada uno de los ixodícidias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos, indican la endemidad de los patógenos hemotrópicos en las UPP's analizadas; así lo demuestran las prevalencias obtenidas mediante las pruebas serológicas IFI y ELISA. Teniendo así en la UPP "La Yagua", prevalencias de 88% para *B. bovis*, de 80% para *B. bigemina* y de 100% para *A. marginale*. En lo que respecta a la UPP "La Posta" se obtuvieron prevalencias de 92.7% para *B. bovis*, 85.41% para *B. bigemina* y de 98.95% para *A. marginale* (figura 1). Dichas prevalencias, se pueden considerar altas y coinciden con investigaciones previas en zonas endémicas de nuestro país, en las cuales se han reportado prevalencias superiores al 50% para babesiosis y anaplasmosis bovina (Figueroa *et al.*, 1993; Fernández *et al.*, 1995; Cossío *et al.*, 1997). Por otra parte, la mayor prevalencia de *Anaplasma* sobre ambas especies de *Babesia*, puede obedecer a la abundancia de otros vectores presentes en la zona, capaces de transmitir *Anaplasma marginale*; ya que insectos de los generos *Tabanus*, *Stomoxys* y probablemente *Hematobia*, participan en la transmisión mecánica de la enfermedad (García *et al.*, 2011).

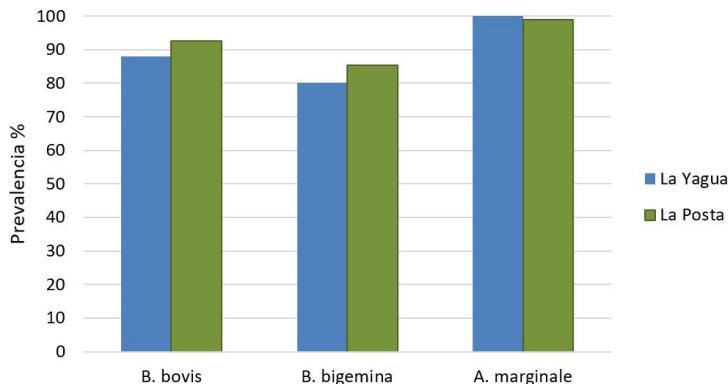


Figura1. Prevalencias obtenidas a patógenos hemotrópicos, mediante pruebas serológicas, en ambas unidades de producción.

En el caso de la respuesta toxicológica, evaluada a través del paquete de larvas, se obtuvieron los siguientes porcentajes de mortalidad para la UPP "La Yagua": lindano 65.87 %, chlorpirifos 45.78 %, coumaphos 98.36 %, diazinon 11.23 %, flumetrina 0%, deltametrina 6.08 %, cypermetrina 0%, fipronil 91.01 %, amitraz 0 %. En el caso de la UPP "La Posta" los resultados fueron los siguientes: lindano

55.29 %, chlorpirifos 62.11 %, coumaphos 100 %, diazinon 0 %, flumetrina 0.47 %, deltametrina 1.2 %, cypermetrina 0.61 %, fipronil 96.67 %, amitraz 0 %. (Figura 2). Lo cual, demuestra que existe multi-resistencia a las cuatro familias de ixodicidas evaluados en las poblaciones larvales de ambas UPP's, siendo coumaphos y fipronil los que presentaron mayores porcentajes de mortalidad, ya que obtuvieron valores superiores al 90 %; por el contrario, flumetrina, cypermetrina y amitraz obtuvieron un efecto nulo o casi nulo en la mortalidad de las larvas; estos datos concuerdan con el fenómeno de multiresistencia, reportado anteriormente para la zona del Golfo, Pacifico, Península de Yucatán y algunos estados del centro de la República; análisis realizado en base al monitoreo de la campaña nacional contra la garrapata *Boophilus* (Martínez *et al.*, 2013).

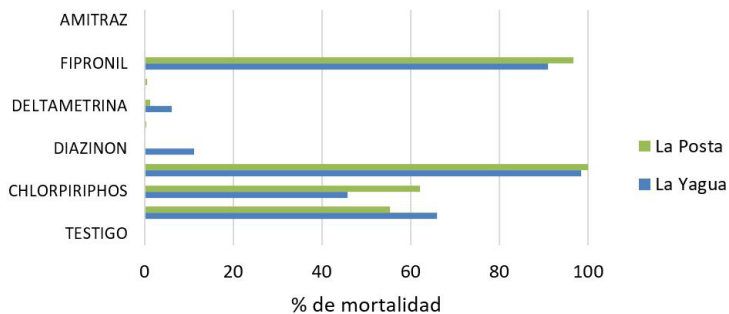


Figura 2. Evaluación de la respuesta toxicológica de las garrapatas *B. microplus* a nueve distintos productos ixodicidas en ambas unidades de producción.

CONCLUSIONES

En suma, existe una aparente estabilidad enzoótica dado que las prevalencias indican que los bovinos de ambas UPP's han sido expuestos a la enfermedad. Sin embargo, existen problemas de resistencia a ixodicidas, lo cual podría afectar dicha estabilidad, ya que supone un posible aumento de la población de garrapatas; lo cual repercutiría en la salud de los bovinos. Por lo tanto, se sugiere implementar un control integral, en el cual se empleen los productos que mostraron un mayor efecto sobre la mortalidad larvaria; especial atención habrán de recibir los animales que se pretendan introducir a estas UPP's, ya que existe un elevado riesgo de enfermedad para éstos.

LITERATURA CITADA

- Alonso, D.M.A., Rodríguez, V.R.I., Frago, S.H., Rosario, C.R. 2006. Resistencia de la garrapata *B. microplus* a los ixodicidas. Archivos de Medicina Veterinaria 8:105-113.
- Barker S.C., Murrell A. 2004. Systematics and evolution of ticks with a list of valid genus and species names. Parasitology. 129:13-56.
- Brayton, K.A. 2012. Transmisión de *Anaplasma marginale* por garrapatas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 3:41-50.
- Cossío, B.R., Rodríguez, S.D., García, O.M.A., García, T.D., Aboytes, T.R. 1997. Bovine anaplasmosis prevalence in northern Veracruz state, Mexico. Preventive Veterinary Medicine. 32:165-170.
- Daniel, W.W. 2010. Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud. 4 Ed. México: Ed. Limusa Wiley.
- Delabra, G., Frago, H., Franco, R., Martínez, F., Ortiz, M., Ortiz, A., et al. 1996. Manual de identificación de las especies de importancia en México. SAGAR-IICA.
- García, O.M.A., Rodríguez, C.S.D., Preciado, T.J.F., Rojas, M.E.E. 2011. Epidemiología y control de la anaplasmosis bovina. En Quiroz R.H., Figueroa C.J.A., Ibarra V.F.I., López A.M.E., Editores. Epidemiología de las enfermedades parasitarias en animales domésticos 1ª. Ed. México; 119-136.
- Fernández, M., Canto, G., Aboytes, R. 1995. Prevalencia de anticuerpos séricos en contra de *Babesia spp* y *Anaplasma marginale* en el municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit. Veterinaria de México. 26, 407-409.
- Figueroa, J.V., Alvarez, J.A., Ramos, J.A., Vega, C.A., Buening, G.M. 1993. Use of multiplex polymerase chain reaction-based assay to conduct epidemiological studies on bovine hemoparasites in Mexico. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux. 46:71-75.
- García, B.A. 1999. Situación actual de la Campaña Nacional contra la garrapata en México. IV Seminario de Parasitología Animal. pp 47-50.
- Kocan, K.M., Blouin, E., de la Fuente, J. 2011. RNA interference in ticks. Journal of visualized experiments. 20:47.
- Martinez, I.F., Osorio, M.J., Delabra, V.G., Peláez, A.F., Chiu D.A. 2013. Respuesta toxicológica de *Boophilus microplus* en México durante los años 2009 y 2010 con diferentes ixodicidas de uso común. XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría. pp 640-647.

-
- Merino, O., Alberdi, P., Pérez, J., de la Fuente, J. 2013. Tick vaccines and the control of tick-borne pathogens. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 3:30.
- Mosqueda, G.J., Falcón, N.F., Ramos, A.J.A., Canto, A.G.J., Camacho, M. 2012. Estrategias genómicas y moleculares para el control de la babesiosis bovina. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 3:51-59.
- Rajput, Z.I., Hu, S., Chen, W., Arijo, A., Xiao, C. 2006. Importance of ticks and their chemical and immunological control in livestock. *Journal of Zhejiang University Science B*. 7, 912-921.
- Rodríguez, C.S.D., García, O.M.A., Aboytes, T.R., Cantó, A.G.J., Barigye, R. 2003. Inmunología e inmunoprofilaxis de la anaplasmosis bovina. En Moreno CR editor. *Ciencia veterinaria* 9:123-164.
- Román, P.H. 1981. Potencial de producción de bovinos en el trópico de México. *Ciencia Veterinaria*. UNAM. pp. 394-433.
- Suarez, C.E., Noh, S. 2011. Emerging perspectives in the research of bovine babesiosis and anaplasmosis. *Veterinary of Parasitology*. 180:109-125.
- Urdaneta, F. 2009. Mejoramiento de la eficiencia productiva de los sistemas de ganadería doble propósito (*Taurus-Indicus*). *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 17:109-120.

Referencias informáticas

- INEGI. 2009. Url: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/30/30181.pdf> Revisado el 03/06/2015.

PREVALENCIA DE BABESIOSIS BOVINA EN DOS EXPLOTACIONES DEL PAIS UTILIZANDO PRUEBA SEROLOGICA CON ANTIGENOS RECOMBINANTES

PREVALENCE OF BOVINE BABESIOSIS IN TWO CATTLE FARMS USING A SEROLOGICAL TEST WITH RECOMBINANT ANTIGEN

*Lira AJJ¹, Vargas UP¹, Cantú CA², Castañeda ARO³, Álvarez MJA¹, Rojas MC¹, Bautista GCR¹, Figueroa MJV¹.

¹CENID-Parasitología Veterinaria, INIFAP, Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla No. 8534 Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, México. ²S.E. Aldama, CIRNE-INIFAP, Km. 18.5 Carretera Estatal Manuel-Aldama, Aldama, Tamaulipas, México. ³S.E. La Posta, CIRGOC-INIFAP, Km. 22.5 Carretera Veracruz-Córdoba Col. Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz, México.

Autor para correspondencia: lira.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

Dentro de las enfermedades que ocasionan pérdidas económicas en la ganadería del país están aquellas transmitidas por garrapatas y que afectan considerablemente a las especies productivas, principalmente al ganado bovino. La babesiosis bovina es causada por parásitos intraeritrocíticos del género *Babesia*. En México, las especies de mayor importancia son *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*. La enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales, en donde se encuentra presente la garrapata vector *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Se han desarrollado pruebas de laboratorio para el diagnóstico de exposición de los bovinos con el parásito; estas técnicas consisten en la detección indirecta de anticuerpos circulantes por métodos serológicos (Prueba Inmunoenzimática Indirecta, iELISA, y/o Inmunofluorescencia Indirecta, IFI). El objetivo del presente trabajo fue determinar la seroprevalencia de *B. bovis* y *B. bigemina* en dos explotaciones de bovinos en regiones de alta endemicidad. Se analizaron un total de 185 muestras de suero provenientes de dos explotaciones bovinas localizadas en los estados de Tamaulipas (n=92), y Veracruz (n=93). La determinación de la situación seroepidemiológica de la babesiosis para cada uno de

los hatos que fueron incluidos en el estudio se realizó mediante la prueba iELISA, utilizando antígenos recombinantes para ambas especies; por un lado, la proteína asociada a roptrías (RAP-1) de *B. bigemina* y por el otro, el antígeno superficial del merozoito (MSA-1) de *B. bovis*, cuyos genes codificadores fueron clonados en *Escherichia coli*, y las proteínas recombinantes expresadas fueron purificadas por cromatografía de afinidad. Se utilizaron placas de 96 pozos de poliestireno; en cada pozo se colocaron 100 µl de la proteína rRAP-1 o de rMSA-1 a una concentración de 1 µg/ml. Los valores de la prevalencia de anticuerpos fueron determinados mediante la presente fórmula $P = np/T(100)$ en cada una de las explotaciones, donde P= prevalencia, np= número de sueros positivos y T= total de sueros analizados. Los resultados obtenidos mostraron altas seroprevalencias de 90.2 % (83/92) y 83.7 % (77/92) para *B. bovis* y *B. bigemina*, respectivamente, en Tamaulipas, mientras que el hato de Veracruz mostró una prevalencia de 73.1 % (68/93) para *B. bigemina* y 64.5 % (60/93) para *B. bovis*, considerada baja con relación a la otra explotación. Se concluye que los dos hatos incluidos en el trabajo, mantienen una estabilidad enzoótica, que favorece la prevención de brotes de la enfermedad en éstos.

Palabras clave: IFI, *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, iELISA

INTRODUCCIÓN

En México la garrapata común del ganado, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ha sido reconocida como uno de los vectores que transmiten la babesiosis bovina, una enfermedad causada por los parásitos intraeritrocíticos *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*, que se caracteriza por provocar una alta morbilidad y mortalidad, con la presencia de fiebre, anemia hemolítica, hemoglobinuria, ictericia y frecuentemente la muerte (Figuroa y Álvarez, 2003; OIE, 2004).

En los hatos afectados existe una disminución temporal de la reproducción y abortos después del primer tercio de la gestación (Morilla González, 1981; OIE, 2004). La ganadería bovina en México asciende a más de 32 millones de cabezas (SIAP, 2010) de las cuales el 70% se desarrolla en regiones tropicales y subtropicales, lugares de alta incidencia de la garrapata vector (Navarrete *et al.*, 2002).

El diagnóstico de la enfermedad se basa en la presentación de signos clínicos asociados a la presencia de la garrapata vector, sin embargo mediante el uso de pruebas de laboratorio directas e indirectas se puede confirmar la presencia de los parásitos intraeritrocíticos (OIE, 2004).

Los métodos directos incluyen aquellos que detectan de manera directa la presencia del patógeno: El más común es la preparación y observación de parásitos intraeritrocíticos en frotis teñidos con colorante de Giemsa. Se han desarrollado procedimientos moleculares que permiten detectar, con mayor sensibilidad analítica, la presencia de los parásitos, y su identificación por especie. Entre estos se incluye a las sondas de ácidos nucleicos y la prueba de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) (Figuroa y Álvarez, 2003). Dentro de los métodos indirectos más utilizados en México se encuentra la prueba de Inmunofluorescencia indirecta (IFI), la cual se caracteriza por la elevada sensibilidad y especificidad diagnóstica ($\geq 90\%$). Sin embargo, la prueba de IFI tiene la desventaja de ser subjetiva y no poder discriminar entre las especies infectante, dada la reacción cruzada observada en sueros de animales donde coexisten ambos parásitos (OIE, 2004). Recientemente en estudios epidemiológicos también se ha implementado la técnica inmunoenzimática de ELISA para la detección de anticuerpos circulantes en sangre, cuya semi-automatización ha permitido el análisis de un mayor número de muestras al mismo tiempo (Castañeda *et al.*, 2013) El objetivo del presente trabajo fue determinar la seroprevalencia de *B. bovis* y *B. bigemina* en dos explotaciones de bovinos en regiones de alta endemividad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio. El trabajo se realizó en dos explotaciones bovinas de distintas regiones del país. El Sitio Experimental “Aldama” (INIFAP) se encuentra situado en la región norte del Estado de Tamaulipas, el municipio de Aldama se localiza entre los paralelos 22° 33' y 23° 23' de latitud norte; los meridianos 98° 23' y 97° 46' de longitud oeste; altitud entre 50 y 1 200 m, con clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (54 %), con una temperatura que va de los 18 – 26 °C y una precipitación pluvial promedio de 1000mm. Mientras que el Campo Experimental “La Posta” (INIFAP) ubicado en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (69 %), situado entre los paralelos 18° 50' y 19° 09' de latitud norte; los meridianos 96° 02' y 96° 16' de longitud oeste; altitud entre 5 y 60 m, con una precipitación anual de 1100 – 1600 mm y una temperatura promedio de 26 °C (INEGI, 2010).

Toma y procesamiento de muestras sanguíneas. Se obtuvieron un total de 185 muestras de sangre mediante la punción de la vena coccígea en dos explotaciones bovinas (n=93 y n=92) con la ayuda de tubos evacuados sin anticoagulante. El suero fue separado mediante centrifugación a 4,000 rpm en una centrifuga clínica. Las muestras fueron identificadas y conservadas en refrigeración para posteriormente ser enviadas al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria (CENID-PAVET) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Prueba de ELISA. Para la detección de anticuerpos circulantes anti- *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*, se emplearon 185 muestras de suero de bovinos que fueron mantenidas en congelación hasta su uso. Para este estudio se utilizaron placas de poliestireno de 96 pozos con los antígenos recombinantes RAP-1 (*B. bigemina*) y MSA-1 (*B. bovis*) cuyos genes codificadores fueron clonados en la bacteria *E. coli* y purificados por cromatografía de afinidad (Árevalo *et al.*, 2008; Sánchez *et al.*, 2008). La prueba de ELISA se realizó como lo descrito previamente (Balbuena *et al.*, 2010; Castañeda *et al.*, 2013) con ligeras modificaciones. En cada pozo se colocaron 100 µl de las proteínas recombinantes purificadas y correspondientes para cada especie, rRAP-1 o de rMSA-1 a una concentración de 1 µg/ml, y como sustrato para la reacción inmunoenzimática se utilizó Tetrametil-Bencidina (TMB). La lectura de las micro placas se realizó en un espectrofotómetro utilizando un filtro de 650nm. La interpretación de los resultados se realizó con base en los valores de absorbancia (>0.28), mientras que la prevalencia de cada uno de los hatos fue estimada de acuerdo a la formula $P = np/T (100)$; (P= prevalencia, np= número de sueros positivos, T= total de sueros analizados).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagnóstico serológico convencional de la babesiosis en México, incluye el uso de la técnica de Inmunofluorescencia indirecta (IFI), debido a la inespecificidad de esta prueba por la reacción cruzada entre animales expuestos a *B. bovis* y/o *B. bigemina*, y a la subjetividad de la misma por parte del analista, recientemente se han utilizado nuevos métodos como la prueba inmunoenzimática de ELISA indirecta, la cual ha sido implementada en estudios epidemiológicos utilizando antígenos recombinantes (MSA-1 y RAP-1) para el diagnóstico de la babesiosis bovina. La

semi-automatización de la técnica permite el análisis de un mayor número de muestras al mismo tiempo, y cuya especificidad diagnóstica se ha estimado en 95% y 93.7%, respectivamente (Arévalo *et al.*, 2008; Sánchez *et al.*, 2008; Balbuena *et al.*, 2010; Castañeda *et al.*, 2013). Los resultados de las muestras que fueron analizadas en el presente trabajo mostraron una prevalencia de 90.2% y 83.7% para *B. bovis* y *B. bigemina*, respectivamente en el Sitio Experimental “Aldama” localizado en Tamaulipas, mientras que el hato del C.E. “La Posta” en el Estado de Veracruz mostró una prevalencia de 73.1% para *B. bigemina* y 64.5% para *B. bovis*, esta última considerada baja aun cuando en estudios previamente realizados se pudo determinar la prevalencia de *Babesia* spp. hasta del 80%. Sin embargo la baja prevalencia de anticuerpos circulantes en las muestras de “La Posta” en Veracruz, puede explicarse debido al programa de control integral del vector la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* instaurado en el hato (Álvarez *et al.*, 2007) (Figura 1). La seroprevalencia en animales que se encuentran en zonas endémicas como Veracruz y Tamaulipas para las especies *B. bovis* (64.5 % y 90.2 %) y *B. bigemina* (73.1 % y 83.7 %) siguen siendo altas, en comparación con los lugares de baja endemicidad como lo reportado en el Estado de Morelos (58 % y 60 %) para *B. bovis* y *B. bigemina*, respectivamente (Rojas *et al.*, 2004).

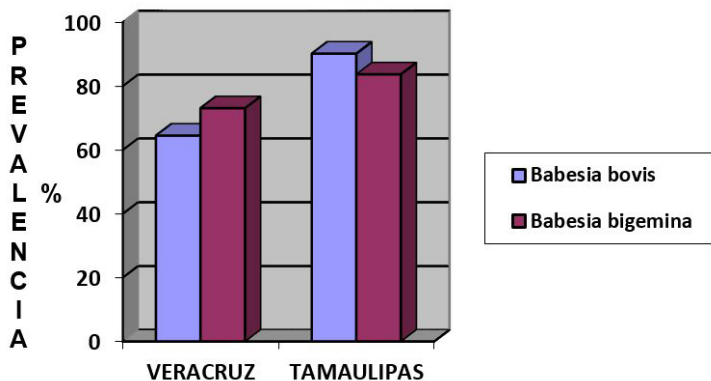


Figura 1. Seroprevalencia de babesiosis en dos hatos de bovinos en región endémica de Veracruz y Tamaulipas.

CONCLUSIONES

El control de las enfermedades en los bovinos, es un componente importante para el mejoramiento del ganado en las regiones tropicales de los países en desarrollo. No obstante, otro elemento de suma importancia para el control, es el establecimiento de la estabilidad entre parásito-hospedero en un rancho o región endémica en particular. En México, una de las mayores limitantes para lograr la producción de ganado eficiente son las enfermedades transmitidas por garrapatas, principalmente la babesiosis bovina. Las dos explotaciones bovinas que fueron incluidas: Campo Experimental “La Posta” en Paso del Toro Veracruz y el S.E. “Aldama” en Tamaulipas, mostraron prevalencias relativamente altas, lo que demuestra la constante exposición de los animales con los parásitos. Por lo tanto, el presente trabajo nos permite concluir que ambas unidades de producción mantienen una estabilidad enzoótica de hato debido a la presencia de anticuerpos circulantes contra *B. bovis* y *B. bigemina*, favoreciendo la prevención de brotes de la enfermedad en éstas explotaciones.

AGRADECIMIENTOS

Financiado por INIFAP, Proyecto No. 2-1.6-16321431988-P-P-1-1

LITERATURA CITADA

- Álvarez, M.J.A., Alpírez, M.F., Rojas, M.C., Figueroa, M.J.V. 2007. Probabilidad diaria de infección para *Babesia* spp mediante PCR anidado. En: INIFAP, UV, CP, UACH, ITUG, ITBOCA, UNAM (eds): Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano, Veracruz, México, 4:397-402.
- Arévalo, A.B., Borgonio, C.V.M, Rojas, M.C., Pérez, R.J.J., Álvarez, M.J.A., Figueroa, M.J.V. 2008: Clonación y expresión en *Escherichia coli* de RAP-1, GP45 y 12D3: Proteínas de *Babesia bigemina* con potencial uso en prueba diagnóstica, Memorias del Congreso Nacional de Buiatría, p: 555-560.
- Balbuena, G.Y., Vargas, U.P., Arévalo, A.B., Álvarez, M.J.A., Rojas, M.C., Figueroa, M.J.V. 2010. Instrumentación de una prueba ELISA para identificar animales

-
- expuestos a infección por *Babesia bigemina*. Memorias del Congreso Nacional de Buiatría. p: 418-423.
- Castañeda, A.R.O., Vargas, U.P., Álvarez, M.J.A., Rojas, M.C., Figueroa, M.J.V. 2013: Prueba de ELISA con antígenos recombinantes para diagnóstico epidemiológico de la babesiosis bovina, Memorias del Congreso Veterinario de León, p: 1-5.
- Figueroa, M.J.V., Álvarez, J.A. 2003. Investigaciones sobre la aplicación de técnicas moleculares en el diagnóstico y control de la babesiosis bovina. Ciencia Veterinaria. 9: 75-103.
- Morilla-González, A. 1981. Inmunología de la babesiosis. Ciencia Veterinaria, 3: 240-268.
- Navarrete, I., Serrano, F.J., Reina, D. 2002. Parásitos hemáticos. En: M. Cordero del Campillo & R. A. Rojas-Vazquez, Eds. Parasitología Veterinaria. España: Mc Graw Hill. p: 283-294.
- OIE 2004. Babesiosis bovina. En: *Manual de la OIE sobre animales terrestres* 2004. s.l.: OIE, p: 548-559.
- Rojas, R.E., Domínguez, P., García, M., Cruz, V.C., Figueroa, M.J.V., Ramos, A.J. 2004: Prevalencia e incidencia de *Babesia bovis* y *Babesia bigemina* en un hato bovino en Axochiapan, Morelos, Avances en Investigación Agropecuaria, 8(2): 1-8.
- Sánchez, N.V., Borgonio, C.V.M., Rojas, M.C., Pérez, R.J.J., Álvarez, M.J.A., Figueroa, M.J.V. 2008. *Babesia bovis*: Clonación, expresión y purificación de antígenos recombinantes MSA-1, MSA-2c y 12D3, Memorias del Congreso Nacional de Buiatría, p: 544-548.

Referencias informáticas

- [SIAP][<http://www.siap.gob.mx/index.php?option=comcontent&view=article%id=21&itemid=330>][SAGARPA]; [5 Junio 2015]
- [INEGI] [<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=28>]; [8 Junio 2015]

EFFECTO DE LA PROPORCIÓN DE RAZA EUROPEA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA DURACIÓN DE LA LACTANCIA EN VACAS HOLSTEIN POR CEBÚ EN CLIMA Aw_1

EFFECT OF THE PROPORTION OF THE EUROPEAN BREED ON MILK YIELD AND LACTATION LENGTH OF HOLSTEIN BY CEBU COWS IN Aw_1 CLIMATE

García PTB*, López GI, Cab JFE, Hernández HVD

Campo Experimental "La Posta" INIFAP, Paso del Toro, Veracruz.

Autor para correspondencia: garcia.teresa@inifap.gob.

RESUMEN

En el Estado de Veracruz la actividad ganadera es muy importante; mantiene más de 3 millones de bovinos en el sistema de producción de doble propósito y engorda. La producción de leche de vaca en Veracruz ha incrementado a través de los años, pero los índices productivos, y rentables siguen siendo relativamente bajos, en parte por falta de uso correcto de tecnología de manejo de praderas y animales. En el CE La Posta se ha trabajado en tecnologías más adaptables y transferibles al sistema de producción bovina de doble propósito. El presente trabajo tuvo como objetivo observar el efecto de la proporción de raza Holstein de vacas cruzadas con Cebú, sobre la producción de leche total por lactancia, en una sola ordeña y en pastoreo, o en 2 ordeñas durante los 3 primeros meses de lactancia, por día, en el CE La Posta, en clima Aw_1 . Se consideraron lactancias completas. El modelo lineal incluyó las variables clasificatorias de porcentaje de la raza europea (perEURO: 63, 69 y 75%), época de parto (Epparto: Lluvias, nortes y sequía), número de ordeños (NuORD: doble ordeña con estabulación por 3 meses vs. una ordeña durante toda la lactancia), tratamiento: pastoreo (0), nivel de concentrado alto (1), medio (2), y bajo (3), las interacciones de perEURO con Epparto y de perEURO con NuORD; además se consideró la edad al parto, en meses, como covariable. Se realizó un análisis de correlación entre las variables de respuesta: Duración de la lactancia (DIM) y producción de leche por lactancia (Prod). Los resultados indicaron que la correlación entre DIM y Prod fue del 79.03 ($P < 0.001$). PerEuro resultó significativo para ambas variables, DIM ($P < 0.01$) y Prod ($P = 0.01$). Para DIM, la covariable Edad al parto

también mostró efecto ($P= 0.04$). Los demás efectos de Epparto ($P=0.07$ y $P=0.11$), NuORD ($P=0.74$ y $P=0.93$), tratamiento ($P=0.21$ y $P=0.17$), y las interacciones de perEURO por Epparto ($P= 0.33$ y $P=0.56$) y de perEURO por NuORD ($P= 0.59$ y 0.63), para DIM y Prod, respectivamente, no resultaron significativos, probablemente debido a la gran variabilidad encontrada tanto en DIM como en Prod. Las medias y errores estándares (entre paréntesis) de DIM y Prod, fueron, respectivamente, 206.3 (28.03) y 1655.4 (345.7) para los porcentajes de la raza europea Holstein de 63 %, 212.0 (30.6) y 1919.8 (377.5) para 69% de Holstein, y 265.5 (20.7) y 2463.2 (255.0) para las vacas 75 % de Holstein, complemento de Cebú. Se pudo observar una clara tendencia a un incremento, tanto en DIM como en Prod, directamente proporcional al porcentaje de sangre Holstein en las vacas cruzadas con Cebú del CE La Posta, aunque también una gran variabilidad, ya que los errores estándares eran entre el 10 y el 20 % de las medias tanto de Prod como de DIM. Se observó menor productividad en las vacas que parieron en lluvias, probablemente porque la lactancia abarca en su mayor parte la siguiente época (sequía), o porque en lluvias se combinan tanto calor como humedad, y condiciones poco confortables para el pastoreo. En conclusión, para las condiciones del presente estudio, las vacas 75 % Holstein tuvieron las mayores producciones de leche por lactancia. Existe la oportunidad para los productores de seleccionar a sus animales, y utilizar DIM, una variable fácil de medir, y el manejo propuesto en pastoreo resultó satisfactorio.

Palabras clave: Bovinos de Doble Propósito, Ganadería en trópico subhúmedo, Leche por lactancia.

INTRODUCCIÓN

En el Estado de Veracruz la actividad ganadera ocupa el 53 % del territorio; Mantiene unos 3.5 millones de bovinos, de los cuales más del 98 % son de doble propósito y engorda, y únicamente unos 60,500 bovinos son de razas especializadas en producción de leche (SIAP, 2012), manejados principalmente en el sistema de producción familiar en las zonas montañosas. La producción de leche de vaca en Veracruz ha tenido incrementos anuales (i.e. de 654,832 miles de kg en 2000, a 715,190 en 2012); sin embargo, el porcentaje de participación en la producción nacional ha disminuido ligeramente (i.e., de 7 % en 2000 a 6.6 % en 2012), en parte porque los índices productivos, reproductivos y rentables en la gran mayoría de las

unidades de producción siguen siendo relativamente bajos. Esta situación se debe, en buena medida, a la falta de uso correcto de tecnología de manejo de praderas y animales.

En el Campo Experimental “La Posta” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se inició en 1975 un proyecto para desarrollar tecnologías destinadas a las ganaderías de doble propósito. Las primeras vacas eran manejadas en un sistema vaca cría y la unidad de producción incluía riego a las praderas y pastoreo rotacional (Pérez, 1985); También había vacas con diversos porcentajes de razas europeas, en semi-estabulación y los becerros se mantenían con crianza artificial (Pérez y Ortiz, 1984; Pérez *et al.*, 1984). Bajo estas condiciones, las vacas 3 / 4 de Holstein por Cebú eran las más productivas. Sin embargo, estas propuestas tecnológicas probablemente fueron y aún serían muy onerosas para las ganaderías del sistema de producción de doble propósito, tanto en inversión económica como en esfuerzo. En 1984 se estableció en el CE La Posta, el Módulo de Doble Propósito con ganado cruzado en pastoreo rotacional, en condiciones de temporal, y en el sistema de “líderes y seguidoras” (Pérez, 1985; López *et al.*, 1985). El módulo continuó tecnificándose en base a los resultados de investigación y validación, y finalmente se logró integrar un modelo de manejo apropiado para el sistema de doble propósito (López y Rivera, 1995; Koppel *et al.*, 2002).

Desde entonces, el módulo ha tenido altas y bajas, y por diversas causas, dejó de funcionar entre 2008 y mediados de 2011. En su restablecimiento en 2011, el enfoque fue aplicar las tecnologías más adaptables y transferibles al sistema de producción bovina de doble propósito (López y Rivera, 1995). Además, se ha observado en el CE la Posta, que el ganado con porcentaje de raza europea por arriba de $\frac{3}{4}$ tiene problemas de adaptación a las condiciones tropicales (ya que los bovinos de esos niveles se fueron desechando poco a poco por razones de productividad y de salud), por lo que el presente estudio comprende los porcentajes de raza europea de entre $\frac{5}{8}$ y $\frac{3}{4}$ de Holstein, complemento Cebú. Por lo tanto, el presente escrito tuvo como objetivo observar el efecto de la proporción de raza Holstein de vacas cruzadas con Cebú, en pastoreo, sobre la producción de leche total por lactancia, en una sola ordeña o en 2 ordeñas durante los 3 primeros meses de lactancia, por día, en clima Aw₁.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en terrenos del CE “La Posta”, en Paso del Toro, Veracruz, localizado en el km 22.5 de la carretera federal Veracruz–Córdoba (paralelo 19° 02´ de latitud Norte y meridiano 96° 08´ de longitud Oeste). El clima de “La Posta” corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw_1), según García (1973). Las temperaturas media, máxima y mínima son de 25.4, 31.3 y 19.5 °C, respectivamente, con una precipitación pluvial de 1336.8 mm. La altura del sitio es de 16 m.s.n.m. Estas condiciones son representativas de la llanura costera del Estado de Veracruz, área de influencia directa del CE La Posta.

En el período estudiado: diciembre 2011 a agosto 2014, se consideraron lactancias completas, en las que las vacas en pastoreo tuvieron un manejo similar al del ganado de doble propósito en la llanura costera del Estado de Veracruz, con una sola ordeña, y siendo suplementadas con concentrado únicamente durante el ordeño. El manejo general del hato es por grupos, según su etapa fisiológica. En el caso de las vacas, se manejan juntas las secas y las vaquillas en inicio de manejo reproductivo, y juntas las vacas en ordeña y las vaquillas y vacas próximas al parto. Las vacas en ordeña se secan dos meses antes del parto o antes, cuando el secado es espontáneo. Se les ofreció ensilado de pasto Tanzania (*Panicum maximum*) y de maíz durante los meses de estiaje; Sales minerales y agua a libertad se encuentran disponibles siempre. Los becerros apoyan previo al ordeño; los de 3 meses o menos de edad, tenían disponible una teta, y los mayores sólo mamaban la leche residual. Se registró sólo la leche ordeñada; La leche que los becerros ingirieron de las vacas en pastoreo no fue registrada.

Sin embargo, 24 vacas Holstein por Cebú del CE La Posta participaron en un experimento de alimentación (cuyo reporte no es el objetivo de este escrito), en el cual durante los primeros 90 días de lactancia se mantenían en estabulación y con tres diferentes dietas, basadas en la proporción de forraje y concentrado ofrecidos. Toda la leche era ordeñada, y los becerros eran alimentados en mamila o cubeta. Pasados esos 3 primeros meses de lactancia, las vacas eran reintegradas al hato general, con el manejo anteriormente descrito. Aunque sí hubo diferencia del nivel de concentrado sobre la leche producida en los primeros 3 meses de lactancia, los datos de las vacas del experimento se analizaron junto a los de las vacas de manejo general, porque en un análisis piloto del experimento, no se encontró diferencia significativa a los efectos estudiados en el experimento: nivel de concentrado o “tratamiento”, cuando lo analizado fue la duración de la lactancia (DIM) y la leche producida en la lactancia completa (Prod).

Además, se hizo un análisis previo de todos los datos ya editados, en el que la única variable clasificatoria fue el número de ordeños: uno vs. dos (durante los 3 meses del experimento), y tampoco se encontró diferencia significativa para producción de leche por lactancia debido al tratamiento.

La edición de los datos consistió en eliminar los registros con datos incompletos o con lactancias que, por cualquier razón, tuvieron menos de 100 días de duración.

Los datos requeridos fueron: Identificación de la vaca, fecha de nacimiento de la vaca, genotipo, fecha de parto, número de parto, fecha de secado, pesaje diario de la leche, identificación de la madre y del padre de la vaca, y genotipos de la madre y del padre de la vaca. De estos registros se procedieron a generar los siguientes datos, por vaca: Prod, obtenida por la suma de los pesajes diarios de leche durante la lactancia, DIM (fecha de secado menos fecha de inicio de la ordeña, unos 4 días después de la fecha de parto, -tiempo de producción de calostro-), época de parto (Eparto), correspondiente a “Lluvias” (para partos acaecidos entre el 16 de junio y el 15 de octubre), “Nortes” (partos del 16 de Octubre al 15 de febrero), y “Sequía” (partos del 16 de febrero al 15 de junio), y Porcentaje de la raza europea (PerEuro), que correspondió a 63 % (para las vacas 5/8 europeo), 69 % (para vacas 11/16), y 75 % (las vacas 3 / 4).

Los datos ya editados comprendieron 61 lactancias, las cuales se analizaron para las variables de respuesta DIM y Prod.

El modelo lineal incluyó las variables clasificatorias perEURO, Eparto, **NuORD** (doble ordeña con estabulación por 3 meses vs. una ordeña durante toda la lactancia), tratamiento: pastoreo (0), nivel de concentrado alto (1), medio (2), y bajo (3), las interacciones de perEURO con Eparto y de perEURO con NuORD; además se consideró la edad al parto, en meses, como covariable.

Los datos se analizaron utilizando el procedimiento GLM de SAS®.

Se realizó un análisis de correlación entre las variables de respuesta DIM y Prod.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La correlación entre las variables de respuesta DIM y Prod del 79.03, resultó altamente significativa ($P < 0.001$), con lo cual, bajo las condiciones de manejo del CE La Posta, los productores tendrían una variable de fácil registro, ya que solo ocupa las fechas de inicio y fin de la lactancia, para tener un estimado, aunque un poco burdo, de la productividad de una vaca, en cuanto a leche por lactancia.

Para la variable DIM únicamente resultó significativo el efecto de perEURO ($P < 0.01$). La covariable Edad al parto también mostró un efecto ($P = 0.04$), en el que las vacas de mayor edad parecieron tender a lactancias más largas.

En el caso de Prod, únicamente el efecto de perEURO resultó con diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.01$).

Los efectos de Epparto ($P = 0.07$ y $P = 0.11$), NuORD ($P = 0.74$ y $P = 0.93$), tratamiento ($P = 0.21$ y $P = 0.17$), y las interacciones de perEURO por Epparto ($P = 0.33$ y $P = 0.56$) y de perEURO por NuORD ($P = 0.59$ y 0.63), para DIM y Prod, respectivamente, no resultaron significativos.

Se puede observar en el Cuadro 1, en donde se muestran las medias y errores estándares de las variables de respuesta DIM y Prod, que aparentemente por el efecto de porcentaje de la raza europea, se mostró una clara tendencia al incremento, tanto en DIM como en Prod, directamente proporcional al porcentaje de sangre Holstein en las vacas cruzadas con Cebú del CE La Posta, en forma similar a lo encontrado por Zárate *et al.* (2010).

Sin embargo, también puede observarse una gran variabilidad en la producción de leche por lactancia en los 3 porcentajes de sangre europea analizados: Los errores estándares prácticamente correspondieron al 20 % de la media de Prod en los grupos raciales de 5/8 y 11/16 de Holstein por Cebú. Esto podría explicarse por el relativamente bajo número de lactancias en estos genotipos (N, en el Cuadro 1), pero la variabilidad fenotípica encontrada fue grande aún en las vacas 3/4 Holstein por Cebú, de las cuales se analizaron 37 lactancias (para el porcentaje de 75 % europeo), y el error estándar fue mayor al 10 % de la media de Prod en este porcentaje de raza europea.

Cuadro 1

Efecto, según Tukey, del porcentaje de la raza europea sobre Duración de la lactancia (DIM) en días y Producción de leche por lactancia (Prod) en kg, en vacas Holstein por Cebú

% Europeo	N	Media DIM	EE*	DS**	Media Prod	EE*	DS*
63	16	206.3	28.03	B	1655.4	345.7	B
69	8	212.0	30.6	B	1919.8	377.5	AB
75	37	265.5	20.7	A	2463.2	255.0	A

* Error estándar

** Literales diferentes indican diferencias significativas (DS)

Probablemente esta gran variabilidad entre las vacas de un mismo genotipo haya sido el obstáculo para encontrar diferencias significativas en los efectos analizados. Sin embargo, también ofrece la oportunidad de seleccionar las mejores vacas del hato.

Las medias, según Tukey, para Epparto fueron de 201.2 días y 1448 kg para Lluvias, 254.8 días y 2,443.7 kg para nortes, y 241.3 días y 2048.2 kg para sequía, para las variables DIM y Prod, respectivamente, en vacas Holstein por Cebú en clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Un resultado similar, con respecto a la menor producción de leche y días en lactancia en la época de lluvias, se encontró para las vacas Suizo Pardo por Cebú del CE La Posta en pastoreo durante el mismo período de tiempo de este estudio; Una posibilidad para ese estudio, mencionada por García *et al.* (2015), es que las lactancias, aunque inician en lluvias, en realidad transcurren en gran parte en la época de sequía, que es la que sigue a la de lluvias.

Sin embargo, fue notoria la mayor productividad de las lactancias que iniciaron en nortes, a pesar de las significancias marginales para Epparto ($P = 0.07$ para DIM y $P = 0.11$ para Prod).

La época de nortes es la que menor estrés por calor produce en las vacas, mientras que en la época de lluvias se combinan las altas temperaturas con condiciones adversas de confort en pastoreo, al tener que caminar las vacas en áreas encharcadas o tener que soportar el embate de la lluvia. En consecuencia, una posibilidad alterna, es que a la ventaja de una mejor disponibilidad de verde durante la época de lluvias, se haya sobrepuesto la desventaja del calor, humedad y esfuerzo en el traslado de las vacas, haciendo que esta época sea menos propicia para los partos, bajo las condiciones de manejo, estratégicamente tecnificado, de los bovinos en el CE La Posta. Probablemente las condiciones de confort de las vacas podrían mejorar, al ofrecerles sombra de árboles o con alguna otra alternativa pendiente de desarrollar y estudiar.

A pesar de no haber sido significativo, son factibles e interesantes de discutirse brevemente, los resultados concernientes al NuORD (uno diario vs. dos ordeños diarios durante los tres primeros meses de lactancia).

El número de ordeños, resultó (media y error estándar entre paréntesis) en 223.7 (52.7) y 200.8 (22.1) de DIM, con uno y dos ordeños, respectivamente, lo que indica que las vacas, en promedio, se secaron unas tres semanas antes, con la doble ordeña. Las producciones fueron de 2006.6 (649.5) y de 1937.7 (272.1) kg por lactancia con 1 y 2 ordeños, respectivamente, resaltando la gran variabilidad de las vacas ordeñadas una sola vez al día, pero haciendo notar una ligera ventaja debida en parte, probablemente, a la mayor duración de las lactancias en las vacas

ordeñadas una vez al día, en las condiciones estudiadas. Este resultado fue similar para los tres genotipos disponibles, como se puede apreciar en la Figura 1.

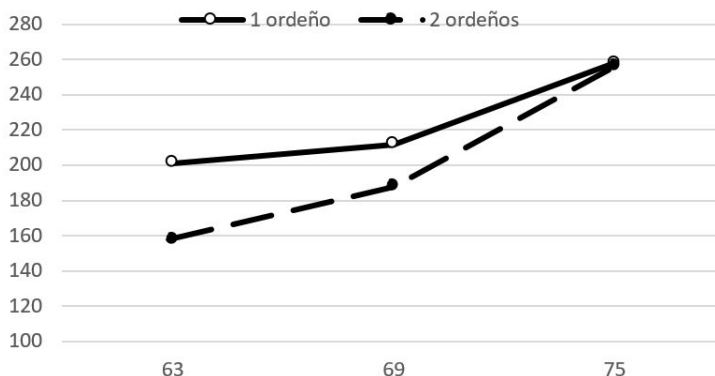


Figura 1. Interacción de porcentaje de raza europea con número de ordeños (1 o 2, durante los 3 primeros meses de lactancia) en vacas Holstein por Cebú del CE La Posta.

CONCLUSIONES

Se encontraron evidencias de que, para las condiciones del presente estudio, la proporción de sangre europea más adecuada fue la de 75% de Holstein por Cebú, debido a que en este nivel se obtuvieron las mayores producciones de leche por lactancia. No se encontraron diferencias significativas para la mayoría de las variables clasificatorias, probablemente debido a la gran variabilidad en la productividad de las vacas estudiadas. Si estos resultados son compartidos con otras vacas Holstein por Cebú en la llanura costera del Estado de Veracruz, existe una buena oportunidad para los productores de seleccionar a sus animales y de hacerlo con una variable fácil de medir que es la duración de la lactancia. Sin embargo, para dar propuestas sólidas hace falta más investigación y observaciones controladas.

LITERATURA CITADA

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Serie Libros No. 6. <http://www.igeograf.unam>.

mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf

- García, P.T.B., López, G.I., Castañeda, A.R.O., Cab, J.F.E. 2015. XXVII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2015 y IV Congreso Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical (enviado).
- Escobar, H.M., Campos, R., Hernández, E. 2013. El componente racial y su relación con la producción de leche en un sistema de pastoreo intensivo. Estudio de Caso. En: Consideraciones sobre el mejoramiento genético y factores asociados en bovinos criollos colombianos y grupos multirraciales. Departamento de Ciencia Animal. 185p. ISBN: 978-958-761-396-4
- Koppel, R., E.T., Ortíz, O.G.A., Ávila, D.A., Lagunes, L.J., Castañeda, M.O.G., López, G.I., Aguilar, B.U., Román, P.H., Villagómez, C.J.A., Aguilera, S.R., Quíroz, V.J., Calderón, R.R.C. 2002. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. INIFAP. CIRGOC. Libro Técnico Núm. 5. Segunda edición. Veracruz, México.161p.
- López, G.I. *et al.*, 1985. Módulo de Doble Propósito en pastoreo rotacional. Manejo de potreros. En: Memoria del XIV Día del Ganadero Campo Experimental Pecuario “La Posta”. SARH. Pp 15-18.
- López, G.I.; Rivera, R.E. 1995. Alternativas tecnológicas para la ganadería de doble propósito en el trópico. En: XIII Día del Ganadero. Retroalimentación del Modelo GGAVATT al Campo Experimental La Posta. Memoria técnica No. 3. SAGAR INIFAP. Pp. 25-38.
- Pérez, S.J. 1985. Módulo de Doble Propósito en pastoreo rotacional. Antecedentes. En: Memoria del XIV Día del Ganadero Campo Experimental Pecuario “La Posta”. SARH. Pp 9 – 10.
- Pérez, L.O., Ortiz, O.G. 1984. Crianza de becerros. En: XII Día del Ganadero del Campo Experimental Pecuario La Posta. INIP SARH p. 7-12.
- Pérez, L.O., Ortiz, O.G., Ávila, D.A. 1984. Producción de leche con razas puras, Holstein y Suizo Pardo, en semi-estabulación. . En: XII Día del Ganadero del Campo Experimental Pecuario La Posta. INIP SARH p.17-22.
- SIAP, 2012. Población ganadera. En línea: <http://www.siap.gob.mx/poblacion-ganadera/>
- Zárate-Martínez, J.P., Esqueda-Esquivel, V.A, Vinay-Vadillo, J.C, Jácome-Maldonado, S.M. 2010. Evaluación económico-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. *Agronomía Mesoamericana* 21:255-265.

PRODUCCIÓN DE CORDEROS F1 SUFFOLK X PELIBUEY EN SUBTRÓPICO HÚMEDO, PARA LA ENGORDA. AVANCES DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.

PRODUCTION OF F1 SUFFOLK X PELIBUEY LAMBS IN HUMID SUBTROPICAL CLIMATE, FOR MEAT PRODUCTION. ADVANCES OF TECHNOLOGY TRANSFERENCE.

Olazarán JS¹*, Rosete FJV¹

¹Sitio Experimental "Las Margaritas" km 9.5 carr. Hueytamalco-Tenampulco., CIR-Golfo Centro INFAP.

E-mail: saraolazaran@inifap.gob.mx. Tel: 232 100 91 03

RESUMEN

Se realizaron cruzamientos aprovechando al máximo la heterosis o vigor híbrido, que se obtiene en mayor grado, en la progenie de individuos de diferente raza apareados entre sí. Se transfirió tecnología generada por el INIFAP, en tres ranchos, en clima subtropical húmedo, apareando ovejas Pelibuey con sementales Suffolk para obtener corderos F1 para la engorda. La información se analizó con el GLM del paqueteSAS en un diseño aleatorio, las variables de respuesta fueron peso al nacer (PNAC); peso al destete (PDEST), ganancia diaria de peso al destete (G.D.P.), y sobrevivencia (SV), se estudiaron los efectos de Rancho, Época de empadre (EE), Tipo de parto (TP), Edad de la oveja al parto (EDPAR) y sexo (SX) de los corderos. En los resultados, la EE y el SX no tuvieron efecto sobre las variables en estudio. Hubo efecto de Rancho sobre PNAC 3.16 ± 0.20^a , 3.32 ± 0.20^{ab} y 3.68 ± 0.23^b Kg para los ranchos 1, 2 y 3 respectivamente. El TP tuvo efecto sobre PNAC encontrando diferencias ($P < 0.05$) entre parto simple y gemelar, siendo los de triple semejante a ambos (3.84 ± 0.15^a ; 3.31 ± 0.13^b ; 3.02 ± 0.40^{ab}). Las ovejas de mayor edad produjeron corderos más pesados 4.34 ± 0.47^b , y 3.41 ± 0.25^{ab} , siendo diferentes los provenientes de ovejas más jóvenes (3.19 ± 0.16^a , 3.14 ± 0.17^a y 2.86 ± 0.29^a). PDEST, G.D.P. y SV no se vieron afectados por rancho, TP, EDPAR. El cruzar ovejas Pelibuey con sementales Suffolk, es una alternativa viable en sistemas de producción de corderos F1 para la engorda en pastoreo en subtropical húmedo.

Palabras clave: Pelibuey, corderos, cruzamientos.

INTRODUCCIÓN

Las regiones tropicales y subtropicales del país cuentan con ovinos de razas de pelo, predominando la Pelibuey. Las unidades de desarrollo de ovinos son tan diversos como son los recursos naturales (agua, clima, planta, animal), los recursos humanos (sociales, económicos, culturales y políticos) y recursos tecnológicos (tradicionales y alta tecnología), en los cuales se desarrollan (Olazarán, 2001).

Se tienen rebaños con composición genética desconocida (cruzas comerciales) conformando el pie de cría, que aunado a la falta de información, limitantes técnicas y deficiente manejo nutricional y sanitario, repercute negativamente en la producción.

Un programa adecuado de cruzamientos permite la utilización de características complementarias de las diferentes razas. Por lo que la producción se optimiza cuando el sistema de cruzamientos contempla el uso de razas que maximicen sus fortalezas y minimice sus debilidades (Lara, 2003). Los cruzamientos, basan su estrategia en aprovechar al máximo la heterosis o vigor híbrido, la cual se obtiene en mayor grado, en la progenie de individuos de diferente raza apareados entre sí. Una mayor productividad y eficiencia terminal se logra con el uso de razas prolíficas, no estacionales y adaptadas, y sementales de razas especializadas para la producción de carne (González, 2002).

La raza Pelibuey se caracteriza por ser de talla mediana, cuerpo estrecho con regular desarrollo de masas musculares, sin cuernos, capa con pelo corto de color café desde el claro hasta el tostado, aunque puede ser blanco, bicolor o tricolor incluyendo el color negro, payaso y golondrino. Se adapta a condiciones extremas de medio ambiente siempre y cuando estén en buen estado nutricional, tienen un buen comportamiento maternal, rara vez tienen problemas al parto, su producción de leche les permite criar hasta 2 o 3 corderos, tienen entre 1.3 a 1.5 crías por parto, paren cada 7 meses, las corderas llegan a la pubertad a los 7 – 8 meses de edad y en promedio tienen su primer parto a los 14 meses (Cruz, 2009). La supervivencia del nacimiento al destete es del 90%, aunque puede variar del 64 al 80 % dependiendo del manejo del rebaño y la edad de la madre (Alcaraz *et al.*, 2002). Una característica sobresaliente en las ovejas de pelo es su corto o inapreciable anestro por efecto de fotoperíodo, algunos estudios han demostrado

en ovejas de pelo, la presentación regular de estros a través del año (Delphino *et al.*, 1993; Sasa *et al.*, 2001; Olazarán, 2005), siendo modificada la expresión del estro y función lútea por la condición corporal en ovejas Pelibuey (Olazarán, 2005).

La raza Suffolk es una raza de cara negra de lana corta, acorne, originaria de Inglaterra y ampliamente distribuida en el mundo, de aptitud cárnica, característicos por su gran talla y peso corporal, los sementales pesan de 90 a 175 kg, son de prolificidad media alta, estacionalidad corta, alta habilidad lechera y excelente velocidad de crecimiento (Gutiérrez *et al.*, 2000).

Partida, (2010) realizaron varios proyectos experimentales en diferentes estados de la República, con el fin de generar información sobre el uso del cruzamiento en ovinos, empleó como línea materna razas de pelo para aprovechar su prolificidad, fertilidad, habilidad materna, su baja estacionalidad, resistencia a parasitosis y adaptación a diversos ambientes y como línea paterna se usaron razas especializadas en producción de carne; obtuvo una mejor tasa de crecimiento y mayor eficiencia de producción con respecto a las líneas maternas puras.

González, (2004), en clima subtropical húmedo, evaluando información de cinco años de corderos de raza Pelibuey , Suffolk/Pelibuey y Dorset/ Pelibuey, en pastoreo, no encontró diferencias ($P < 0.05$) entre los corderos de diferente genotipo para peso al nacimiento pero si encontró diferencias estadísticas en la ganancia diaria de peso del nacimiento al destete, siendo mayor (170 ± 0.01 g) para el genotipo Suffolk/Pelibuey, seguido del Dorset/Pelibuey (160 ± 0.01 g) y el menor 150 ± 0.01 g) para los de raza Pelibuey; así mismo para el peso corporal al destete que se realizó a los 90 días de edad, siendo el mayor para los corderos Suffolk/Pelibuey, 18.86 ± 0.05 kg, seguido de los Dorset/Pelibuey (17.73 ± 0.48 kg) y el menor 16.43 ± 0.47 kg) para los de raza Pelibuey.

Para la sobrevivencia de los corderos, los factores ambientales (temperatura, viento, lluvia y la combinación de éstas) adquieren trascendencia (Alegre *et al.*, 2005). Así mismo el manejo nutricional tanto de la oveja en gestación o lactancia como la de los corderos, ya que una deficiente nutrición en los últimos 50 días de gestación provoca disminución en el peso del cordero al nacer poniendo en riesgo la sobrevivencia del cordero. También debe considerarse el diseño y uso de los corrales, los cuales deben edificarse evitando las corrientes bruscas de aire (Tórtora, 2010).

El objetivo del presente trabajo fue transferir a productores de ovinos la tecnología generada por el INIFAP en lo que se refiere a la producción de corderos para la engorda en pastoreo donde se aprovecha el vigor híbrido y evaluar los resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la transferencia de la tecnología en tres ranchos particulares de la región subtropical de la sierra oriente de Puebla, con semejantes condiciones de manejo, donde las ovejas pastorean durante el día. Se realizó empadre corto previo “efecto macho” en ovejas de la raza Pelibuey, éstas se sirvieron con monta controlada a las 12 y 24 h de detectado el estro, utilizando semental de la raza Suffolk, el cual se mantenía en corraleta techada. La alimentación de los corderos consistió durante la primera semana de vida, de una lactancia continua con la oveja, a partir de la segunda semana y hasta su destete se sometieron a una lactancia controlada, con separación de su madre de 8 am a 4 pm, reuniéndose para amamantarse una ocasión a las 11 am durante 15 minutos, a partir de las 4 pm permanecieron reunidos pernoctando en una galera con agua y sales minerales disponibles a libertad; durante la lactancia controlada recibieron forraje verde picado y una suplementación predestete (creepfeeding), con un alimento balanceado comercial con 18% de PC y 2.9 de EM, el consumo fue un promedio de 100g/cordero/día desde el día 10 de edad hasta el momento del destete el cual se realizó a los 90 días de edad. Al momento del nacimiento se les recortó y aplicó cicatrizante al cordón umbilical, verificando su vigor, consumo adecuado de calostro, así como el reconocimiento con su madre. Se realizó la desparasitación contra nematodos gastrointestinales solo a los que lo requirieron, previo estudio coproparasitológico (Mc Master), se les aplicó selenio al nacer y a los 30 días de edad, así como vitaminas ADE al momento del destete.

Se llevó el registro información, considerando época de empadre de la oveja (EE), edad de la misma (EDPAR), identificación del padre, fecha y peso del cordero (s) al nacer en kg, sexo (SX) de los corderos (hembra, macho), tipo de parto (simple, gemelar, triple), sobrevivencia de los corderos (SV), peso corporal al destete y ganancia diaria de peso (G.D.P.) al destete.

La información se analizó con el procedimiento de Modelos Lineales Generalizados (GLM) del paqueteSAS en un diseño aleatorio y un modelo que incluyó los efectos de rancho, época de empadre, tipo de parto, edad de la madre, sexo de la cría. Las variables (V) de respuesta fueron peso al nacimiento, peso al destete, ganancia diaria de peso al destete y sobrevivencia al destete.

MODELO.

V = RANCHO+ ÉPOCA+TIPO DE PARTO+EDAD DE LA MADRE+ SEXO CRÍA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de la media obtenidos para las variables en estudio: Peso al nacer (Kg) fue de 3.39 ± 0.61 ; Peso al destete 16.478 ± 6.33 Kg. con una G.D.P. del nacimiento al destete, de 148 ± 60 g. La sobrevivencia al destete fue del 91.67%.

En el cuadro 1 se observa que hubo efecto de rancho, obteniendo mayor peso al nacimiento en el rancho 3 que en el rancho 1, el rancho 2 no fue diferente a los anteriores.

Cuadro 1

Efecto de rancho sobre peso al nacimiento de corderos suffolk/ pelibuey

RANCHO	PESO AL NACIMIENTO, Kg
1	3.16 ± 0.20^a
2	3.32 ± 0.20^{ab}
3	3.68 ± 0.23^b

Literales distintas por columna son diferentes ($P < 0.05$)

No se encontraron diferencias ($P < 0.05$) para las variables en estudio por efecto de época de empadre (lluvias y seca).

En el cuadro 2 se muestra que los corderos nacidos de partos simples tuvieron mayor peso al nacer que los de parto gemelar, aunque los de parto triple no fueron diferentes a los dos anteriores.

Cuadro 2

Efecto de tipo de parto sobre peso al nacimiento de corderos suffolk/ pelibuey

TIPO DE PARTO	PESO AL NACIMIENTO, Kg
SIMPLE	3.84 ± 0.15^a
GEMELAR	$3.31 \pm 0.13, ^b$
TRIPLE	3.02 ± 0.40^{ab}

Literales distintas por columna son diferentes ($P < 0.05$)

En el cuadro 3 se muestra que los corderos nacidos de ovejas con 63 meses de edad o más fueron los más pesados al nacimiento, siendo semejantes a los nacidos de ovejas entre 50 y 62 meses de edad pero diferentes a los que nacieron de ovejas más jóvenes.

Cuadro 3

Efecto de edad de la madre sobre peso al nacimiento de corderos suffolk/pelibuey

EDAD DE LA MADRE, meses	PESO AL NACIMIENTO, Kg
14-23	3.19±0.16 ^a
24-36	3.14±0.17 ^a
37-49	2.86±0.29 ^a
50-62	3.41±0.25 ^{ab}
63 o mas	4.34±0.47 ^b

Literales distintas por columna son diferentes (P<0.05)

El Sexo de los corderos no tuvo efecto sobre Peso al nacer, Peso al destete, Ganancia diaria de peso al destete ni sobre la sobrevivencia al destete.

En el cuadro 4 se muestra que los corderos nacidos de parto simple y gemelar fueron semejantes en el peso al destete, pero mayores a los nacidos de parto triple, sin embargo esto no se reflejó en la ganancia diaria de peso al destete ya que no hubo diferencias significativas entre los corderos que provenían de diferentes tipos de parto.

Cuadro 4

Efecto de tipo de parto sobre peso al destete y ganancia diaria de peso de corderos suffolk/pelibuey

TIPO DE PARTO	PESO AL DESTETE, Kg	G.D.P., g
SIMPLE	16.77±1.52 ^a	147±15 ^a
GEMELAR	15.97±1.32 ^a	132±13 ^a
TRIPLE	15.51±4.20 ^b	150±40 ^a

Literales distintas por columna son diferentes (P<0.05)

Los cruzamientos de ovinos entre razas distintas es una práctica común en el trópico y subtrópico, la problemática surge cuando ésta se lleva a cabo sin proyección en el tiempo, desconociendo antecedentes sobre el comportamiento, sin control, sin el manejo adecuado y dejando de lado la sustentabilidad del sistema de producción.

El sistema que aquí se propone implica realizar un cruzamiento terminal para venta de corderos y corderas para la engorda, se tendrá que abastecerse de primaras de la raza Pelibuey para reemplazos, sea comprándolas o produciéndolas. Los resultados obtenidos en cuanto a peso al nacimiento, peso y G.D.P. al destete, así como la sobrevivencia al destete dejaron satisfechos a los productores quienes manifestaron que tuvieron incrementos en los indicadores mencionados, así como

una menor mortalidad ya que ellos han obtenido del 20 al 60 % en cada época de parición. Considerando como la meta lo obtenido de manera experimental en corderos Suffolk x Pelibuey (170 ± 0.01 g de G.D.P. al destete) (González, 2004), los resultados aquí obtenidos fueron menores (148 ± 60 g), pero son ranchos que pueden mejorar esos indicadores con la experiencia. Actualmente se cuenta con numerosos trabajos de investigación donde se describen resultados sobre el comportamiento de la raza Pelibuey y sus cruzas por disciplina o etapa fisiológica, pero son escasas las publicaciones donde se manejen indicadores de la productividad del rebaño, bajo un sistema integral de manejo.

CONCLUSIONES

- En este estudio, La época de empadre y el sexo de los corderos no tuvieron efecto sobre las variables en estudio que fueron: Peso al nacer, Peso al destete, G.D.P. y sobrevivencia al destete.
- El cruzar hembras Pelibuey con razas especializadas en la producción de carne como la Suffolk, es una alternativa viable en sistemas de producción de corderos para la engorda en pastoreo en subtrópico húmedo.

LITERATURA CITADA

- Alcaraz, RR, Heredia AM, Velázquez, MP. (2002) Determinación de efectos estacionales sobre la eficiencia reproductiva en un rebaño Pelibuey bajo empadre continuo. XXXVIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Puebla2002. Pp. 54.
- Alegre M, Cesa A, Clifton G. (2005) INTA Santa Cruz. Tecnologías de Producción idia XXI. pp 63-66. Disponible en: www.inta.gov.ar/santacruz/.../Mortalidadperinataldecorderos.pdf.
- Cruz, LC. 2009. El Borrego de pelo en México, en la Memoria de la “Tercera semana de la ovinocultura”. FMVZ-UNAM.
- Delphino, A, González-Stagnaro, C. (1993) Evaluación del comportamiento reproductivo en pequeños rumiantes tropicales utilizando los perfiles de progesterona. Rev. Científica FCV-LUZ (Maracaibo-Venezuela). III 3:231-247.

-
- González LZU, (2004) Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Escuela de Agronomía. Tesis Profesional para obtener el grado de Ingeniero Zootecnista. Pp. 37-40
- González, RA, Ferrer, AA. (2002) Producción ovina para mercados globales: sistemas de producción y cruzamientos con razas terminales. Memoria II Taller sobre sistemas de producción ovina del Noreste y Golfo de México. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tamaulipas, Mex. Pp. 122-132.
- Gutiérrez C.J.M., Martínez M.G., Ortiz T.C. (2000) Producción de carne de ovino en praderas de humedad residual en la zona templada de México. INIFAP-SAGAR. México. Pp. 1-47.
- Lara PJ, (2003) Utilización de cruzamientos en la producción Ovina, Memorias, 1er Simposium Internacional de Ovinos de Carne pp: 63-69.
- Olazarán, JS. (2001) Sistemas de producción con ovinos. XXXVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. INIFAP-SAGARPA. Chiapas, México. Pp. 81-83.
- Olazarán, JS. (2005) Actividad ovárica y manifestación estral en ovejas Pelibuey durante las épocas de menor y mayor actividad reproductiva. Tesis de Maestría, FESC-UNAM.
- Partida PJA. (2010) Uso del cruzamiento en ovinos para producción de carne de alta calidad. III Seminario Internacional de Ovinocultura. Cholula. pp 1-8
- Sasa A, Teston D.C., Silva E.C.F. (2001) Perfil plasmático de progesterona e incidencia mensual de ovulcoes silenciosas, em borregas lanadas e deslanadas criadas no Estado de Sao Paulo. In Congresso Brasileiro de Zootecnia- Zootec. 21, Goiania. Anais, 2001:16-21.
- Tórtora P JL. (2010) Manejo sanitario del destete. Fortalecimiento del sistema producto ovinos. Tecnologías para ovinocultores. Serie: sanidad. pp. 211-215.

PREVALENCIA E INCIDENCIA DE ANTICUERPOS A LEPTOSPIROSIS Y SU EFECTO SOBRE LA GESTACIÓN EN VACAS EN PASTOREO EN EL SUBTRÓPICO HÚMEDO DE PUEBLA

Rosete FJV^{1*}, Olazarán JS¹, Fragoso IA¹, Ríos UA², Banda RVM³, Socci EGA³, Sánchez CLC⁴, Carrera SE⁴ y Jáimez VMA.⁴

¹INIFAP-CIRGOC Sitio Experimental Las Margaritas, km. 9.5, s/n, carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco Puebla. ²INIFAP-CIRGOC Campo Experimental La Posta, km. 22.5 carretera federal Veracruz-Cordoba s/n, la Y griega, Paso del Toro Medellín de Bravo, Veracruz. ³INIFAP-CENID Microbiología, km. 15.5 carretera federal México-Toluca s/n, Palo Alto, Palo Alto Cuajimalpa, Distrito Federal. ⁴Prestador de servicios profesionales.

Autor de correspondencia: Jorge Víctor Rosete Fernández.
rosete.jorge@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Se estudió la prevalencia e incidencia a leptospirosis y su efecto en la tasa de gestación en vacas de carne y de doble propósito *Bos taurus* x *Bos indicus* en diez ranchos en clima subtropical húmedo del estado de Puebla. Los animales no contaron con antecedentes de vacunación contra leptospirosis. Se tomaron muestras de suero sanguíneo y se hizo diagnóstico de gestación con ultrasonografía en dos ocasiones con intervalo de 4 meses al 20 % de las vacas de cada rancho (10% gestantes y 10 % vacías). En las muestras de suero se hizo diagnóstico de anticuerpos con prueba de microaglutinación en placa. Se hizo análisis de regresión logística para evaluar la prevalencia e incidencia a leptospirosis con los efectos de rancho y del estatus zoonosario de las vacas (positivos a leptospirosis) en la tasa de gestación. La prevalencia fue el valor (%) de vacas seropositivas al primer muestreo y la incidencia fue el valor positivo (%) de la resta del valor de vacas seropositivas al segundo muestreo (%) menos el valor del primero. El rancho afectó ($P < 0.05$) la frecuencia de leptospirosis en el primero y segundo muestreo. Los promedios de frecuencia al primer y segundo muestreo para *Leptospira sp* fueron: 77.1 y 70.9 %, respectivamente, sin manifestar incidencia promedio en los ranchos. Independientemente, los ranchos 1, 2, y 5 tuvieron incidencia: el rancho 1 tuvo

prevalencia de 80 % e incidencia de 2 % ($82-80=2$); el rancho 2 tuvo prevalencia de 46 % e incidencia de 4 % ($50-46=4$) y el rancho 5 tuvo prevalencia de 75 % e incidencia de 7 % ($82-75=7$). La frecuencia de *Leptospira sp* al primer muestreo fue considerablemente variable, de 46 ± 14 % (Rancho 2) a 95 ± 5 % (Ranchos 3 y 6), con valores intermedios de 60 ± 11 % (Rancho 9), 75 ± 10 % (Rancho 5) y 80 ± 9 % (Rancho 1). La frecuencia del segundo muestreo también fue variable, de 42 ± 14 % (Rancho 9) a 88 ± 8 % (Rancho 3), manifestando valores intermedios de 50 ± 14 % (Rancho 2) y 74 ± 10 % (Rancho 6). La tasa de gestación no fue afectada ($P>0.05$) por el rancho ni por la leptospirosis. La tasa de gestación en función del primer muestreo, fue de 49 % y 48% para vacas seropositivas y seronegativas, respectivamente; y en función del segundo muestreo, fue de 52 % y 44 % para vacas seropositivas y seronegativas, respectivamente. La leptospirosis está latente en los ranchos sin afectar la tasa de gestación con frecuencias que ameritan su control y vacunación.

Palabras clave: leptospirosis, prevalencia, incidencia, gestación, vacas, trópico.

INTRODUCCIÓN

La leptospirosis es una enfermedad infecciosa de origen bacteriano clasificada como una zoonosis, distribuida mundialmente y que afecta a numerosas especies de animales domésticos y salvajes (Dragui *et al.*, 2011). Es una enfermedad de gran impacto social y económico en la ganadería, en especial en bovinos, debido a las pérdidas que ocasiona por los abortos, la mortalidad perinatal, el nacimiento de crías débiles, la infertilidad y la disminución de la producción láctea (Arias *et al.*, 2011). Existen dos especies: *L. interrogans*, que es patógena y *L. biflexa* que es saprófita y se localiza en la superficie del suelo y el agua. La *Leptospira interrogans* es patógena para el hombre y los animales, siendo identificados más de 250 serovariedades, mientras que la *Leptospira biflexa* tiene 60 serovariedades (Méndez *et al.*, 2013). A nivel nacional y mundial, se sabe que la leptospirosis bovina es ocasionada principalmente por la serovariedad *Hardjo*, cuyo huésped de mantenimiento es el mismo bovino; sin embargo, en diferentes estudios se ha demostrado que las serovariedades *Hardjo*, *Wolffi* y *Tarassovi* son las serovariedades más frecuentes en México (Méndez *et al.*, 2013), aunque se han detectado las *Leptospiras santarosai* y *kirschneri* con impacto potencial en bovinos (Carmona *et al.*, 2011).

OBJETIVOS

Conocer la prevalencia e incidencia a leptospirosis en hatos ganaderos en pastoreo mantenidos en clima subtropical húmedo del estado de Puebla, así como determinar si la presencia de esta enfermedad afecta la tasa de gestación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en 10 ranchos ganaderos en clima subtropical húmedo en el estado de Puebla. Los ranchos están dedicados a la producción de becerros para la engorda en doble propósito y vaca-cría. Las vacas fueron cruza entre *Bos taurus* y *Bos indicus*. Los animales se mantuvieron en pastoreo en diferentes pastos: gramas nativas (*Axonopus sp* y *Passpalum sp*), Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*), Estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*), Humidícola (*Brachiaria humidicola*), Chontalpo (*Brachiaria brizantha*) y Alicia (Bermuda cruza II). Los animales no tuvieron antecedentes de vacunación contra la leptospirosis. El diagnóstico de gestación se hizo con ultrasonografía vía rectal. Se tomaron muestras de sangre para la obtención del suero por dos ocasiones con intervalo de 4 meses. Considerando un hato promedio de 100 vacas por rancho, se tomó como muestra representativa al 20 % de las vacas (10 % gestantes y 10% vacías) seleccionadas al azar al primer muestreo y siendo las mismas al segundo para poder obtener la incidencia. El tamaño de muestra fue calculado mediante la fórmula:

$$TM = \frac{TP}{2.25} \times (Nc \square Fe)$$

dónde:

TM= tamaño de muestra.

TP= tamaño de la población estudiada.

2.25= constante.

Nc= nivel de confianza para inferir sobre la población.

Fe= frecuencia esperada.

Que fue adaptada de la fórmula de Mateu y Casal (2003), considerando que la población en este caso fue de tamaño conocido (100 vientres por ható), con una frecuencia esperada de 0.50 y con un nivel de confianza de 0.95 que es el más utilizado ($P < 0.05$). El diagnóstico serológico se hizo con la prueba de microaglutinación en placa para las serovariedades *L. hardjo*, *L. inifap*, y *L. palo alto*. La *L. inifap* y la *L. palo alto* son *L. hardjo* y *L. icterohaemorrhagiae*, respectivamente, aisladas en el laboratorio del INIFAP. Se realizó un análisis de regresión logística con el procedimiento GENMOD del paquete SAS, asumiendo una distribución binomial y aplicando una función liga logit, con el efecto de rancho. La tasa de gestación también se analizó con regresión logística con el efecto de estatus zoonosanitario de la vaca y rancho; para este caso el estatus zoonosanitario consideró las tres especies de leptospiras en conjunto como *Leptospira sp.* Para obtener la prevalencia e incidencia se tomó como prevalencia el valor (%) de vacas seropositivas del primer muestreo y la incidencia el valor positivo (%) resultado de la resta del valor de las vacas seropositivas del segundo muestreo (%) menos el valor del primero.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan los niveles de probabilidad o significancia del efecto rancho para el primero y segundo muestreo. El rancho tuvo efecto ($P < 0.05$) significativo en el primero y segundo muestreo en todas las leptospiras y su conjunto.

Cuadro 1

Valores de Chi-cuadrada y probabilidad del factor de riesgo rancho resultante de los análisis para el primero y segundo muestreo para *Leptospira hardjo*, *Leptospira inifap*, *Leptospira palo alto* y el conjunto de serovariedades *Leptospira sp.*

	g.l. ^a	Chi-cuadrada	Probabilidad
Primer muestreo			
<i>Leptospira hardjo</i>	9	35.57	<0.0001
<i>Leptospira inifap</i>	9	33.50	0.0001
<i>Leptospira paloalto</i>	8	25.24	0.0014
<i>Leptospira sp.</i>	8	23.63	0.0026
Segundo muestreo			
<i>Leptospira hardjo</i>	9	16.48	0.0575
<i>Leptospira inifap</i>	9	35.20	<0.0001
<i>Leptospira paloalto</i>	9	39.33	<0.0001
<i>Leptospira sp.</i>	9	20.26	0.0164

^ag.l.=grados de libertad.

Las frecuencias para el primero y segundo y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95 % por rancho, se muestran en los Cuadros 2, 3, 4 y 5, respectivamente. Las frecuencias promedio en el primero y segundo muestreo para *Leptospira hardjo* fueron: 51.1 y 38.1 %, respectivamente, sin manifestar incidencia promedio de los 10 ranchos; sin embargo, independientemente los ranchos 2 y 7 tuvieron incidencia para la *Leptospira hardjo*, siendo para el rancho 2 la prevalencia de 8 % y la incidencia de 42 % (50-8=42) y para el rancho 7 la prevalencia de 65 % e incidencia de 5 % (70-65=5).

La frecuencia al primer muestreo de *Leptospira hardjo* fue significativamente variable, de 8±7 % (Rancho 2) a 90±7 % (Rancho 6), teniendo valores intermedios de 35±11 % (Rancho 9), 40±11 % (Ranchos 4 y 5) y 60±11 % (Rancho 10). Similarmente, la frecuencia al segundo muestreo de *Leptospira hardjo* fue altamente variable, de 21±9% (Rancho 10) a 70±10 % (Rancho 7), pasando por valores intermedios de 30±10 % (Rancho 4), 44±12 % (Rancho 3) y 50±14 % (Rancho 2).

Cuadro 2

Frecuencias al primero y segundo muestreo y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95 % (IC) para Leptospira hardjo por rancho.

Rancho	Primer muestreo	IC	Segundo muestreo	IC
1	0.65 ± 0.11	0.43-0.82	0.29 ± 0.11	0.13-0.54
2	0.08 ± 0.07	0.01-0.39	0.50 ± 0.14	0.24-0.76
3	0.65 ± 0.11	0.43-0.82	0.44 ± 0.12	0.24-0.67
4	0.40 ± 0.11	0.21-0.62	0.30 ± 0.10	0.14-0.53
5	0.40 ± 0.11	0.21-0.62	0.27 ± 0.13	0.09-0.59
6	0.90 ± 0.07	0.68-0.97	0.53 ± 0.11	0.31-0.73
7	0.65 ± 0.10	0.44-0.82	0.70 ± 0.10	0.47-0.86
8	0.43 ± 0.11	0.24-0.64	0.32 ± 0.11	0.15-0.55
9	0.35 ± 0.11	0.18-0.57	0.25 ± 0.13	0.08-0.55
10	0.60 ± 0.11	0.38-0.79	0.21 ± 0.09	0.08-0.45
Promedio %	51.1		38.1	

Las frecuencias promedio para el primero y segundo muestreo de *Leptospira inifap* fueron: 67 y 61.3 %, respectivamente, sin manifestar incidencia promedio para los 10 ranchos; sin embargo, los ranchos 1, 4 y 7, tuvieron incidencia para la *Leptospira inifap*, siendo en el rancho 1, la prevalencia de 80 % e incidencia de 2 % (82-80=2),

en el rancho 4, la prevalencia de 60 % e incidencia de 15 % ($75-60=15$) y en el rancho 7, la prevalencia de 78 % e incidencia de 2 % ($80-78=2$). La frecuencia del primer muestreo de *Leptospira inifap* fue considerablemente variable, de 15 ± 10 % (Rancho 2) a 90 ± 7 % (Rancho 3), con valores intermedios de 55 ± 11 % (Rancho 9), 65 ± 11 % (Rancho 5) y 78 ± 9 % (Rancho 7). La frecuencia al segundo muestreo de *Leptospira inifap* fue también muy variable, de 8 ± 8 % (Rancho 2) a 82 ± 9 % (Rancho 1), manifestando valores intermedios de 42 ± 11 % (Rancho 8), 63 ± 11 % (Rancho 6) y 73 ± 13 % (Rancho 5).

Cuadro 3

Frecuencias al primero y segundo muestreo y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95 % (IC) para Leptospira inifap por rancho.

Rancho	Primer muestreo	IC	Segundo muestreo	IC
1	0.80 ± 0.09	0.57-0.92	0.82 ± 0.09	0.57-0.94
2	0.15 ± 0.10	0.04-0.45	0.08 ± 0.08	0.01-0.41
3	0.90 ± 0.07	0.68-0.97	0.78 ± 0.10	0.54-0.91
4	0.60 ± 0.11	0.38-0.79	0.75 ± 0.10	0.52-0.89
5	0.65 ± 0.11	0.43-0.82	0.73 ± 0.13	0.41-0.91
6	0.90 ± 0.07	0.68-0.97	0.63 ± 0.11	0.40-0.81
7	0.78 ± 0.09	0.57-0.91	0.80 ± 0.09	0.57-0.92
8	0.57 ± 0.11	0.36-0.76	0.42 ± 0.11	0.23-0.64
9	0.55 ± 0.11	0.34-0.75	0.33 ± 0.14	0.13-0.62
10	0.80 ± 0.09	0.57-0.92	0.79 ± 0.09	0.55-0.92
Promedio %	67.0		61.3	

Las frecuencias promedio para el primero y segundo muestreo de *Leptospira palo alto* fueron: 28.9 y 51.3 %, respectivamente, manifestándose una incidencia promedio para todos los ranchos de 22.44 % ($51.3-28.9=22.44$). Por otro lado, en forma independiente los ranchos 1, 5, 7, 8, 9 y 10, mostraron incidencia: el rancho 1 tuvo una prevalencia de 10 % e incidencia de 55 % ($65-10=55$); el rancho 5 tuvo una prevalencia de 15 % e incidencia de 49 % ($64-15=49$); el rancho 7, una prevalencia de 35 % e incidencia de 40 % ($75-35=40$); el rancho 8, una prevalencia de 19 % e incidencia de 2 % ($21-19=2$); el rancho 9, una prevalencia de 10 % e incidencia de 23 % ($33-10=23$) y; el rancho 10, una prevalencia de 20 % e incidencia de 64 % ($84-20=64$). La prevalencia de *Leptospira palo alto* presentó una variación considerable, de 10 ± 7 % (Ranchos 1 y 9) a 60 ± 11 % (Rancho 3), teniendo valores intermedios de

20±9 % (Rancho 10), 35±10 % (Rancho 7) y 45±11 % (Rancho 6). De manera similar, la frecuencia del segundo muestreo fue altamente variable, de 8±8% (Rancho 2) a 84±8 % (Rancho 10), pasando por valores intermedios de 37±11 % (Rancho 6), 56±12 % (Rancho 3) y 64±15 % (Rancho 5).

Cuadro 4

Frecuencias al primero y segundo muestreo y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95 % (IC) para *Leptospira* palo alto por rancho.

Rancho	Primer muestreo	IC	Segundo muestreo	IC
1	0.10 ± 0.07	0.03-0.32	0.65 ± 0.12	0.40-0.83
2	0.46 ± 0.14	0.22-0.72	0.08 ± 0.08	0.01-0.41
3	0.60 ± 0.11	0.38-0.79	0.56 ± 0.12	0.33-0.76
4 ^a	----	----	0.70 ± 0.10	0.47-0.86
5	0.15 ± 0.08	0.05-0.38	0.64 ± 0.15	0.34-0.86
6	0.45 ± 0.11	0.25-0.66	0.37 ± 0.11	0.19-0.60
7	0.35 ± 0.10	0.18-0.56	0.75 ± 0.10	0.52-0.89
8	0.19 ± 0.09	0.07-0.41	0.21 ± 0.09	0.08-0.45
9	0.10 ± 0.07	0.03-0.32	0.33 ± 0.14	0.13-0.62
10	0.20 ± 0.09	0.08-0.43	0.84 ± 0.08	0.61-0.95
Promedio %	28.9		51.3	

^aEl Rancho 4 no se consideró en el análisis del primer muestreo.

Los promedios de frecuencia al primer y segundo muestreo para *Leptospira sp* fueron: 77.1 y 70.9 %, respectivamente, sin manifestar incidencia promedio en los 10 ranchos; pero de manera independiente los ranchos 1, 2, y 5 tuvieron incidencia: el rancho 1 tuvo prevalencia de 80% e incidencia de 2 % (82-80=2); el rancho 2 tuvo prevalencia de 46% e incidencia de 4 % (50-46=4) y; el rancho 5 tuvo prevalencia de 75 % e incidencia de 7% (82-75=7). La frecuencia del primer muestreo de *Leptospira sp* fue considerablemente variable, de 46±14 % (Rancho 2) a 95±5 % (Ranchos 3 y 6), con valores intermedios de 60±11% (Rancho 9), 75±10 % (Rancho 5) y 80±9 % (Rancho 1). La frecuencia del segundo muestreo también fue variable, de 42±14 % (Rancho 9) a 88±8 % (Rancho 3), manifestando valores intermedios de 50±14 % (Rancho 2) y 74±10 % (Rancho 6).

Cuadro 5

Frecuencia al primero y segundo muestreo y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95 % (IC) para *Leptospira sp* por rancho.

Rancho	Primer muestreo	IC	Segundo muestreo	IC
1	0.80 ± 0.09	0.57-0.92	0.82 ± 0.09	0.57-0.94
2	0.46 ± 0.14	0.22-0.72	0.50 ± 0.14	0.24-0.76
3	0.95 ± 0.05	0.72-0.99	0.88 ± 0.08	0.63-0.97
4 ^a	----	----	0.75 ± 0.10	0.52-0.89
5	0.75 ± 0.10	0.52-0.89	0.82 ± 0.12	0.49-0.95
6	0.95 ± 0.05	0.72-0.99	0.74 ± 0.10	0.50-0.89
7	0.91 ± 0.06	0.71-0.98	0.85 ± 0.08	0.62-0.95
8	0.67 ± 0.10	0.45-0.83	0.47 ± 0.11	0.27-0.69
9	0.60 ± 0.11	0.38-0.79	0.42 ± 0.14	0.18-0.69
10	0.85 ± 0.08	0.62-0.95	0.84 ± 0.08	0.61-0.95
Promedio %	77.1		70.9	

^aEl Rancho 4 no se consideró en el análisis del primer muestreo.

El Cuadro 6 contiene los niveles de significancia de los efectos del estatus zoonosanitario de la vaca y rancho de los análisis de la tasa de gestación. La tasa de gestación y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95 %, por estatus zoonosanitario, se presentan en el Cuadro 7. Ninguna de las dos variables independientes afectó la tasa de gestación ($P > 0.05$). La tasa de gestación promedio fue de 49 % al estimarla en función del primer muestreo y de 48 % al estimarla en función del segundo muestreo. En función del primer muestreo, la tasa de gestación resultante fue de 50 y 48 % para vacas seropositivas y seronegativas, respectivamente. En función del segundo muestreo, la tasa de gestación resultante fue de 52 y 44 % para vacas seropositivas y seronegativas, respectivamente.

Cuadro 6

Valores de Chi-cuadrada y probabilidad de los efectos estatus zoonosanitario de la vaca (seronegativa/seropositiva) y rancho resultantes de los análisis de la tasa de gestación.

Efecto	g.l. ^a	Chi-cuadrada	Probabilidad
Primer muestreo			
Estatus zoonosanitario	1	0.04	0.8469
Rancho	8	1.01	0.9982
Segundo muestreo			
Estatus zoonosanitario	1	0.80	0.3713
Rancho	9	0.95	0.9995

Cuadro 7

Tasas de gestación y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95 % por estatus zoosanitario de la vaca y rancho, en función del primer y el segundo muestreo para *Leptospira sp.*

	Tasa de gestación	Intervalo de confianza
Primer muestreo		
Estatus zoosanitario		
Seropositiva	0.50 ± 0.04 ^a	0.42 – 0.59
Seronegativa	0.48 ± 0.09 ^a	0.32 – 0.64
Rancho		
1	0.49 ± 0.12 ^a	0.28 – 0.71
2	0.39 ± 0.14 ^a	0.17 – 0.66
3	0.49 ± 0.12 ^a	0.27 – 0.71
4 ^b	----	----
5	0.50 ± 0.11 ^a	0.29 – 0.71
6	0.49 ± 0.12 ^a	0.27 – 0.71
7	0.56 ± 0.11 ^a	0.34 – 0.75
8	0.52 ± 0.11 ^a	0.31 – 0.72
9	0.50 ± 0.11 ^a	0.29 – 0.71
10	0.49 ± 0.12 ^a	0.28 – 0.71
Segundo muestreo		
Estatus zoosanitario		
Seropositiva	0.52 ± 0.05 ^a	0.43 – 0.61
Seronegativa	0.44 ± 0.08 ^a	0.30 – 0.59
Rancho		
1	0.50 ± 0.13 ^a	0.27 – 0.73
2	0.42 ± 0.14 ^a	0.18 – 0.69
3	0.44 ± 0.13 ^a	0.22 – 0.68
4	0.48 ± 0.11 ^a	0.27 – 0.69
5	0.52 ± 0.15 ^a	0.24 – 0.78
6	0.45 ± 0.12 ^a	0.25 – 0.68
7	0.52 ± 0.12 ^a	0.30 – 0.73
8	0.53 ± 0.11 ^a	0.31 – 0.73
9	0.42 ± 0.14 ^a	0.19 – 0.70
10	0.50 ± 0.12 ^a	0.28 – 0.72

^aLas tasas de gestación no son diferentes (P>0.05).

^bEl Rancho 4 no se consideró en el análisis.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que las tres serovariedades de leptospiras estudiadas están presentes en cada rancho evaluado manifestando variabilidad en sus frecuencias al primer y segundo muestreo, lo que demuestra que la leptospirosis está latente y que mantiene una estabilidad inmunológica, sin causar cambios en las frecuencias de anticuerpos entre las vacas gestantes y vacías. Las variaciones de frecuencias de anticuerpos, sin que se manifiesten signos de la enfermedad, concuerda con otros estudios realizados también con ganado de doble propósito, donde las mayores frecuencias de anticuerpos ocurrieron en la temporada de lluvias (Arias *et al.*, 2011), manteniéndose la enfermedad de forma estable, sin manifestaciones clínicas.

En las vacas de este estudio no se pudo poner de manifiesto las diferencias de frecuencias de anticuerpos entre vacas gestantes y vacías, igual a lo ocurrido en el trabajo de Méndez *et al.*, (2008), pero la presencia de la enfermedad detectada en este estudio, concuerda con los hallazgos de 60.4 % en bovinos en el trópico del golfo y sur de México (Carmona *et al.* 2011), con los realizados en Tabasco de 23.5% a 65.2 % (Orozco y López., 2007) y los realizados en Guerrero de 52 % (Pavón *et al.*, 2011).

Finalmente, la Leptospirosis es una enfermedad que debe controlarse en el ganado para conservar la producción y evitar las fallas reproductivas, así como el riesgo de contagio entre animales y el hombre.

CONCLUSIONES

La leptospirosis está latente en los ranchos estudiados con frecuencias altamente variables sin manifestaciones clínicas aparentes y sin afectar la tasa de gestación de las vacas, sin embargo, por las frecuencias aquí documentadas amerita su control y vacunación.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación, FORDECYT del CONACYT y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, por el financiamiento para la realización de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Arias Ch F, Suárez AF, Huanca LW, Rivera GH, Camacho SJ y Huanca MT. 2011. Prevalencia de leptospirosis bovina en dos localidades de Puno en época de seca y determinación de factores de riesgo. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 22 (2): 167-170.
- Carmona GCA, León LL, Castillo SLO, Ramírez OJM, Ko A, Luna PC y De la Peña MA. 2011. Detección de *Leptospira santarosai* y *L. kirschneri* en bovinos: nuevos aislados con potencial impacto en producción bovina y salud pública. *Vet. Méx.* 42 (4): 277-288.
- Dragui MG, Brihuega B, Benítez D, Sala JM, Biotti GM, Pereyra M, Homse A y Guariniello L. 2011. Brote de leptospirosis en terneros en recría en la provincia de Corrientes, Argentina. *Revista Argentina de Microbiología.* 43: 42-44.
- Mateu E y Casal J. 2003. Tamaño de muestra. *Rev. Epidem. Med. Prev.* 1: 8-14.
- Méndez C, Benavides L, Esquivel A, Aldama A, Torres J, Gavaldón D, Meléndez P y Moles L. 2013. Pesquisa serológica de *Leptospira* en roedores silvestres, bovinos, equinos y caninos en el noreste de México. *Rev. Salud Anim.* 35 (1): 25-32.
- Méndez ZC, Pinal PR, Benavides PL, Torres BJI, Meléndez VP, Moles CLP y Esquivel HA. 2008. Situación de la infección por *Leptospirosis* en bovinos en diferentes etapas reproductivas. [Resumen] Memoria XXXII Congreso de Buiatría. 194.
- Orozco VLE y López FR. 2007. Brucelosis y *Leptospirosis* en ganado bovino de cuatro municipios del estado de Tabasco. [Resumen] Memorias de la XLIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México. 46.
- Pavón MJD, Romero RPI, Torres AF, Meléndez VP, Torres BJI, Gavaldón RD y Moles CLP. 2011. Presencia de anticuerpos antileptospira en 10 ranchos pertenecientes al municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero, Mex. [Resumen] Memoria XXXV Congreso de Buiatría. 155.

CALIDAD DE LA LECHE EN VACAS SUPLEMENTADAS CON UN ALIMENTO FERMENTADO A BASE DE POLLINAZA

QUALITY OF MILK IN COWS SUPPLEMENTED WITH A FERMENTED FEED MADE FROM CHICKEN MANURE

Citalan CLH^{1*}, Ramos JJA¹, Salinas HRM², Bucio GA¹, Osorio AMM¹, Herrera HJG³.

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Km. 3.5. Periférico Carlos A. Molina s/n, H. Cárdenas, Tabasco, México. CP 86500. ²Division Académica de Ciencias Agropecuarias. UJAT. Km 25. Carretera Villahermosa-Teapa, Teapa, Tabasco, México. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5. Montecillo Texcoco, Estado de México, México. CP 56230.

Autor para correspondencia: ramosj@colpos.mx.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de la leche de vacas suplementadas con un alimento fermentado a base de pollinaza en relación con un alimento control. Los tratamientos (T) evaluados fueron: T1, alimento fermentado a base de pollinaza y T2, alimento sin fermentar a base de grano. Se utilizaron 10 vacas aleatorizadas en un diseño rectángulo latino Cross over de tal forma que los tratamientos fueron probados en todas las vacas en dos periodos de tiempo distintos. Cada periodo tuvo una duración de 30 días (20 días de adaptación y 10 días de fase experimental). Se realizaron análisis de composición nutricional, contenido microbiológico, células somáticas y presencia de antibióticos en la leche cruda. Así mismo se realizaron análisis sensoriales a la leche pasteurizada de ambos tratamientos utilizando pruebas discriminativas (prueba triangular y la prueba dúo-trío) y descriptivas (análisis descriptivo cuantitativo). No se encontraron diferencias en la composición nutricional de la leche. La calidad sanitaria de la leche de los dos tratamientos fue buena. Se encontraron diferencias sensoriales perceptibles ($P < 0.05$) en el segundo periodo en las pruebas triangulares. No se encontró diferencia ($P > 0.05$) en ningún atributo entre los dos tratamientos estudiados con la prueba descriptiva. Se concluye que la calidad de la leche de las vacas suplementadas con el alimento fermentado

en estado sólido a base de pollinaza es similar a la de las vacas suplementadas con el alimento sin fermentar a base de grano.

Palabras clave: Atributos sensoriales, calidad de leche, fermentación, pollinaza, suplementación.

INTRODUCCIÓN

Los pastos son la base de la alimentación más abundante y económica en los sistemas de doble propósito, éstos tienen producción estacional y generalmente tienen bajo contenido de proteína y baja digestibilidad de la fracción fibrosa, lo cual limita el consumo voluntario y la producción de leche (Sampaio *et al.*, 2010). La suplementación estratégica aumenta la producción de leche en épocas de baja disponibilidad de pasto y contenido de nutrientes (Tinoco-Magaña *et al.*, 2012), sin embargo, el desarrollo de la suplementación está asociado, principalmente, con la utilización de concentrados comerciales y no siempre está al alcance de los pequeños productores debido a su alto costo en el mercado.

La pollinaza es un subproducto ampliamente utilizado en la suplementación de los rumiantes debido a su bajo costo y alto contenido de nitrógeno no proteico (NNP) y minerales (Obeidat, 2011). Sin embargo, su uso en forma fresca o sin tratamiento (tal y como sale de las casetas de pollos), representa un factor de riesgo potencial para la salud humana por la presencia de residuos químicos, antibióticos y microorganismos patógenos (Zhang *et al.*, 2013), así mismo, pudiera causar efectos negativos en las vacas y en la calidad de la leche. Por otra parte, la pollinaza fresca contiene una gran cantidad de compuestos orgánicos, los cuales son transformados con gran rapidez por la microfauna y se liberan una gran cantidad de gases como el sulfuro de hidrógeno (SH_2), amoníaco (NH_3), dióxido de carbono (CO_2) y otros (Kelleher *et al.*, 2002), lo que se convierte en un verdadero problema para los moradores que habitan en las proximidades, además, el NH_3 podría afectar las características sensoriales de la leche, pues ésta absorbe olores con gran facilidad.

Por lo anterior, es necesario buscar alternativas que permitan transformar la pollinaza en un producto inocuo para la agricultura o para la alimentación animal. Los procesos de fermentaciones en estado sólido y líquido han demostrado ser una alternativa potencial en el uso económico de residuos agroindustriales, disminuyendo el flujo de contaminantes al medio ambiente (Singhania *et al.*, 2009). Al-Rokayan *et al.* (1998) y Chaundhry *et al.* (1998) han demostrado que la fermentación anaerobia

de la pollinaza elimina los microorganismos patógenos presentes en la pollinaza. Así mismo, Ramos *et al.* (2013) empleando la fermentación en estado sólido (SSF) en una mezcla con pollinaza, melaza y un producto biológico activador de la fermentación (Vitafert) logro eliminar al día 10 de la SSF a *Escherichia coli*. Además, esta tecnología permite modificar las propiedades fisicoquímicas de las materias primas, enriquecerlas a través del desarrollo de una variedad de sabores, aromas, texturas y además de mejorar la calidad nutricional y funcional de los alimentos (Savado, 2012).

Poco se sabe de los efectos en la calidad de la leche de las vacas que consumen estos alimentos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue, evaluar el efecto de un suplemento fermentado en estado sólido a base de pollinaza en la calidad de la leche de vacas de doble propósito.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales, manejo y tratamientos. El trabajo de investigación se realizó en una explotación ganadera ubicada en el municipio de Jalpa de Méndez, Tabasco, México. El clima es cálido húmedo, con abundantes lluvias en verano, presenta un rango de temperatura anual de 24-26 °C y un rango de precipitación pluvial anual de 1500-2000 mm.

Se utilizaron diez vacas (Cinco Holstein-Cebú, dos Suizas, dos Gyr y una Suiza-Cebú) con un nivel de casta indefinido, un peso vivo promedio de 439.4 ±47 kg y con 53 ± 20 días de lactancia de un sistema de doble propósito, las cuales fueron aleatorizadas en un diseño rectángulo latino Cross over de tal forma que los tratamientos fueron probados en todas las vacas en dos periodos de tiempo distintitos. Cada periodo tuvo una duración de 30 días, de los cuales 20 días fueron para la adaptación de los animales a los suplementos (tratamientos) y la eliminación de cualquier efecto residual entre tratamientos y 10 días de fase experimental. Los tratamientos (T) evaluados fueron: T1, alimento fermentado a base de pollinaza (AFBP) y T2, alimento sin fermentar a base de grano (ASFBG). Las vacas se ordeñaron una vez al día (5:00 AM) con una ordeñadora mecánica, durante la ordeña se les ofreció cuatro kg en base húmeda del tratamiento correspondiente de manera individual. Las diez vacas pastorearon *Brachiaria humidicola* en 8.7 ha divididas en cinco potreros.

Características de los suplementos. Los alimentos fueron formulados de acuerdo a las necesidades nutricionales de las vacas, ambos fueron isoproteicos e

isoenergéticos (Cuadro 1). Para la elaboración del AFBP, primero se preparó un inóculo microbiano el cual se obtuvo a través de fermentación en estado líquido, en este trabajo se utilizó como activador de la fermentación láctica, una vez obtenido el inóculo, se mezcló con los otros ingredientes indicados en el Cuadro 1, en una mezcladora de cinta estacionara con capacidad para 500 kg con la finalidad que se mezclaran correctamente y la fermentación fuese homogénea. Posteriormente se embolsó 30 kg del alimento en bolsas de nylon las cuales se metieron dentro de costales de rafia para su protección, se extrajo todo el aire de las bolsas, se amarraron perfectamente para evitar el contacto con el oxígeno y se almacenaron en una bodega para su fermentación. Este alimento fue elaborado 20 días antes de iniciar la fase de adaptación de los animales en cada periodo, con el fin de darle el tiempo adecuados de fermentación para la eliminación de los efectos negativos de la pollinaza (Ramos *et al.*, 2013).

El ASFBG se preparó dos días antes de ser proporcionado a los animales. Para su preparación se mezclaron los ingredientes en el Cuadro 1, en forma manual con palas. Una vez mezclados todos los ingredientes se guardaron en costales de 40 kg sin bolsas de plástico para evitar algún proceso fermentativo y se almacenaron en una bodega.

Cuadro 1
Ingredientes y porcentajes de inclusión utilizados para la elaboración de los alimentos

Ingredientes	% de inclusión base húmeda.	
	AFBP ¹	ASFBG ²
Pollinaza	35	----
Maíz	15.6	----
Sorgo	6	12
Pasta de coco	8	11
Pasta de soya	----	10.4
Pulido de arroz	6	10.1
Salvado de trigo	----	35.9
Melaza	10	15
Inóculo microbiano	12	----
Aceite de pollo	5	3.2
Sulfato de Magnesio	0.4	0.4
Minerales	2	2
Composición química, %		
Materia seca	80.02	87.47
Proteína cruda	15.60	15.60
EM ³ (Mcal kg MS ⁻¹)	2.62	2.62

¹AFBS: alimento fermentado a base de pollinaza; ²ASFBG: alimento sin fermentar a base de grano. ³EM: Energía metabolizable.

Muestreos, variables y análisis. Se tomaron muestras individuales de leche los días 1 y 10 de cada periodo experimental (para poder procesar las muestras tomadas y evaluar las otras variables planeadas) de acuerdo a la metodología sugerida por Wolter *et al.* (2004) directamente de los cuatro pezones en bolsas estériles Whirl-Pak®, y se guardaban en una hielera a cuatro °C para su transporte al laboratorio de tecnología de los alimentos del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco para su análisis correspondientes. Así mismo, se tomaban dos muestras grupales por tratamiento (1 y 2) en frascos de vidrio con tapa hermética y capacidad de 5 L para su transporte y posterior análisis sensorial en la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Las muestras de leche fueron analizadas para conocer su contenido microbiológico (*Salmonella spp.*, mesófilos aerobios, coliformes totales y *Escherichia coli*), células somáticas (CS), presencia de antibióticos y composición nutricional. *Salmonella spp* se analizó con el kit RIDASCREEN® *Salmonella* de R-Biopharm AG®. La identificación y conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) de mesofilos aerobios, coliformes totales y *E. coli*, se realizó utilizando los kits de prueba RIDA® COUNT del laboratorio R-Biopharm AG. El análisis de CS se realizó con el equipo DeLaval® Cell Counter (DDC). La presencia de residuos de antibióticos en leche se analizó con el Kit Delvotest® SP- NT. Para el análisis de composición nutricional de la leche se empleó el Milk Analyzer Lactoscan La metodología empleada en todos los casos fue de acuerdo a las sugeridas por los fabricantes.

Para el análisis sensorial se pasteurizaron las muestras antes de su análisis. Las pruebas discriminativas permiten identificar diferencias entre dos muestras, y en este caso se aplicaron dos tipos (triangular y dúo-trío), para la aplicación de dichas pruebas se siguieron los procedimientos descritos en la norma 10399 y 4120 del sistema ISO. Asimismo, dado que uno de los objetivos dentro de las pruebas sensoriales fue identificar características específicas de la leche afectada por los suplementos, se llevó a cabo una evaluación sensorial descriptiva empleando la prueba de análisis descriptivo cuantitativo (ADQ) la cual requiere de jueces entrenados para la cuantificación de la intensidad de los atributos de interés. Las muestras de leche fueron servidas en vasos de vidrio con un volumen de 40 ml codificados con números aleatorios. A partir de una lista de términos propuestos en sesiones anteriores los jueces calificaron la intensidad de cada atributo colocando una marca sobre una escala lineal no estructurada de 10 cm, con los términos ubicados a cada extremo de la línea. La cuantificación de las respuestas se hizo midiendo la distancia (en centímetros) desde el ancla izquierda hasta la marca señalada por el

panelista. Con base en los resultados correspondientes a los valores promedio para cada característica, se elaboraron las gráficas de tela de araña correspondientes al ADQ, que describen el perfil sensorial del producto.

Análisis estadísticos: Los datos de mesófilos aerobios, coliformes totales, CS y composición nutricional de la leche fueron analizados mediante un análisis de varianza con el procedimiento PROC MIXED del software para análisis estadístico SAS versión 9.4. Los valores de mesófilos aerobios y coliformes fueron transformados a base $\text{Log}_{10}(Y+1)$, así mismo, los valores de CS fueron transformados a base Log_{10} , para su normalización.

Los datos correspondientes a las pruebas discriminativas, se analizaron contabilizando el número de aciertos y comparando éste con el número mínimo requerido para establecer diferencia significativa entre las muestras en una prueba triangular y dúo-trío, de acuerdo con Roessler *et al.* (1978), a un nivel de significancia de 0.05. Los datos de la evaluación sensorial para la prueba ADQ se analizaron mediante estadística descriptiva y un análisis de varianza para un diseño completamente al azar, para determinar diferencias significativas entre las dos muestras de leche evaluadas. Se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($p=0.05$) para determinar dichas diferencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontró diferencias en los componentes nutricionales de la leche (Cuadro 2). La grasa fue similar en la leche de las vacas suplementadas con un AFBP y ASFBG, sin embargo, el contenido de grasa en ambos tratamientos están muy por debajo de lo especificado por la norma NOM-155-SCFI-2003 (≥ 32 g/L) y por debajo de lo reportado por otros autores cuando han utilizado pollinaza como dieta base. Muia *et al.* (2000) utilizaron suplementos con 40 % de pollinaza sin fermentar y el contenido de grasa en la leche fue de 36 g/Kg. Las razones por el cual el contenido de grasa fue bajo en este estudio, se desconocen, sin embargo, debido a que el efecto está presente con ambos tratamientos, se puede suponer que es provocado por otros factores (pasto, genética de los animales, ambiente, etc.) que no están relacionados con los suplementos utilizados en esta investigación. El contenido de PC, lactosa y sólidos no grasos se encuentran dentro de los rangos establecidos por la NOM-155-SCFI-2003.

Cuadro 2

Composición nutricional de la leche de las vacas suplementadas

	TRATAMIENTOS		EEM
	AFBP ¹	ASFGB ²	
Grasa, g/kg	11.58 ^a	10.90 ^a	1.389
Proteína cruda, g/kg	33.33 ^a	33.67 ^a	0.478
Lactosa, g/kg	46.77 ^a	47.31 ^a	0.718
Sólidos no grasos, g/kg	85.14 ^a	86.07 ^a	1.312

^{ab}Medias con diferentes literales en la misma fila indican diferencia estadística ($p < 0.05$). * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.001$). ¹AFBP: Alimento fermentado a base de pollinaza; ²ASFGB: Alimento sin fermentar a base de grano.

No se encontró diferencias entre los tratamientos estudiados para las variables: células somáticas en la leche, mesófilos aerobios y coliformes totales. No se encontró *E. Coli* en la leche de las vacas y las pruebas en leche fueron negativas para *Salmonella spp.*, y antibióticos (Cuadro 3). El conteo de células somáticas en este trabajo fue de 54,954 CS/ml para la leche de las vacas suplementadas con AFBP y 61,659 con ASFGB y de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2012, la leche obtenida con ambos tratamientos se clasifica como clase 1 ($\leq 400\,000$ CS/ml), lo cual es un buen indicador de calidad en cuanto a esta variable.

El conteo de bacterias mesófilas aerobias en la leche de las vacas suplementadas con el AFBP y el ASFGB fue de 21 UFC/ml y 44 UFC/ml, respectivamente, los cuales están dentro del rango establecido por la norma NMX-F-700-COFOCALEC-2012, clasificándose en ambos casos como leche clase 1 ($\leq 100\,000$ UFC/ml). Los bajos conteos de UFC en ambos casos se puede deber a que la leche fue obtenida directamente de la vaca y con los adecuados cuidados de asepsia.

Los coliformes totales en la leche de las vacas suplementadas con el AFBP y el ASFGB fue de 8 UFC/ml y 5 UFC/ml respectivamente y están dentro de los rangos señalados por la norma NOM-243-SSA1-2010, en esta norma el límite máximo para coliformes totales es de 10 UFC/ml.

E. coli no se encontró en la leche y las pruebas para *Salmonella spp.*, y para antibióticos fueron negativas en ambos tratamientos, lo cual indica buena calidad sanitaria en la leche.

Cuadro 3

Calidad sanitaria de la leche de vacas suplementadas

	TRATAMIENTOS		EEM ³
	AFBP ¹	ASFBBG ²	
Células somáticas (Log ₁₀ CS ml ⁻¹)	4.7420 ^a	4.7969 ^a	0.1645
Mesofilos aerobios (Log ₁₀ [Y+1] UFC ml ⁻¹)	1.3229 ^a	1.6454 ^a	0.3589
Coliformes totales (Log ₁₀ [Y+1] UFC ml ⁻¹)	0.9034 ^a	0.6980 ^a	0.4073
E.coli (UFC ml ⁻¹)	0	0	----
<i>Salmonella</i> spp	-	-	----
Antibióticos	-	-	----

^{ab}Medias con diferentes literales en la misma fila indican diferencia estadística (P <0.05); (-) indica negativo a la prueba; ¹AFBP: Alimento fermentado a base de pollinaza; ²ASFBBG: Alimento sin fermentar a base de grano.

Ríos de Álvarez *et al.* (2005) mencionan que existe cierto rechazo en el uso de la pollinaza en los animales en lactación ante la sospecha de que los posibles elementos tóxicos, residuos de medicamentos y microorganismos patógenos contenidos en ella, pueda contaminar la leche y afectar la calidad de los subproductos que se elaboren a partir de ésta. Sin embargo, la literatura no es clara y la información es particularmente escasa, por lo que parece necesario continuar investigando sobre este aspecto antes de emitir una conclusión definitiva. En este trabajo los resultados obtenidos demuestran que la leche de las vacas suplementadas con un AFBP no fue afectada en cuanto a su calidad sanitaria.

No se encontró diferencia sensorial perceptible en la prueba dúo-trío en las leches de las vacas suplementadas con los AFBP y ASFBBG en ningún muestreo de los dos periodos. Con relación a la prueba triangular, no se encontró diferencias en los dos muestreos del periodo uno, sin embargo, en el periodo dos, se encontró diferencias en el muestreo uno y dos (Cuadro 4). En la prueba ADQ no se encontraron diferencias para ninguno de los 24 atributos estudiados en la leche de las vacas suplementadas con AFBP y ASFBBG (Figura 1). El hecho de no encontrar diferencias perceptibles entre la leche de vacas suplementadas con el AFBP y ASFBBG en la mayoría de las pruebas discriminativas realizadas, puede estar relacionados a que ambas leches, tuvieron similar contenido de grasa. Frost *et al.* (2001) mencionan que hay evidencias de que la grasa es el principal componente que afecta las características sensoriales de la leche.

Cuadro 4

Número de acierto en las pruebas discriminativas en las cuatro evaluaciones realizadas en los dos periodos

	Dúo-trío		Triangular	
	Nº de respuestas correctas/ total de pruebas	Valor-p*	Nº de respuestas correctas/ total de pruebas	Valor-p*
P1M1 ¹	14/30	>0.05	11/30	>0.05
P1M2 ²	17/30	>0.05	10/30	>0.05
P2M1 ³	12/25	>0.05	13/25	<0.05
P2M2 ⁴	12/25	>0.05	17/25	<0.05

¹P1M1: Periodo uno muestreo uno; ²P1M2: Periodo uno muestreo dos; ³P2M1: Periodo dos muestreo uno; ⁴P2M2: Periodo dos muestreo dos; *(p<0.05) de acuerdo a Roessler *et al.* (1978).

Los bajos contenidos de grasa en las leche concuerdan con la baja intensidad percibida por los jueces para este atributo en la prueba ADQ. Cualquier variación ocurrida en el segundo periodo experimental de este trabajo pudo ocasionar que los jueces detectaran diferencias sensoriales perceptibles entre las muestras con la prueba triangular, el hecho de encontrar diferencias entre las muestras con esta prueba y no con la prueba dúo-trío en el segundo periodo puede deberse a la mayor probabilidad de acertar por azar con la prueba dúo-trío (50 %).

Olivas-Gastelum *et al.* (2009) mencionan que las pruebas discriminativas como la triangular y dúo-trío permiten establecer si hay o no diferencias entre dos muestras, independientemente de la razón por la cual se podría generar esta.

Al respecto, Lawless y Heymann (2010) mencionan que las técnicas descriptivas pueden ser muy valiosas cuando se deben de definir los aspectos sensoriales de un problema. En este trabajo aunque en la prueba triangular hubieron diferencias perceptibles sensoriales entre la leche de las vacas suplementadas con AFBP y ASFBG, con la prueba descriptiva se pudo comprobar que estas diferencias no se deben a algún efecto negativo que el AFBP pueda transferirle a la leche en cuanto a sabor extraño, amargo, rancio, medicina, así como para olor extraño, agrio o fermentado, floral o frutal; las cuales muestran intensidades perceptibles muy bajas y sin diferencias entre la leche de los dos tratamientos.

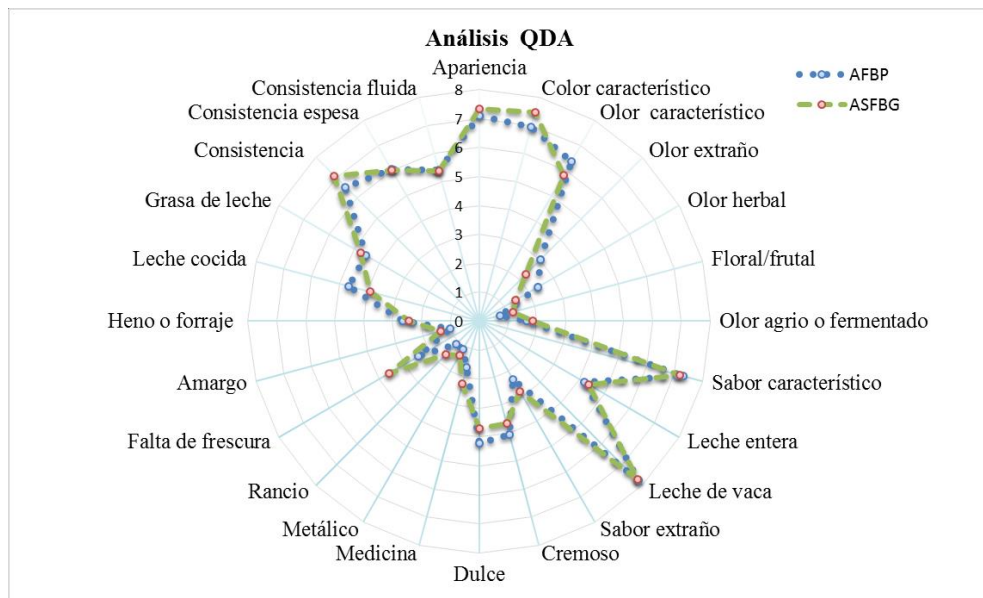


Figura 1. Perfil sensorial de la leche proveniente de las vacas suplementadas con el AFBP¹, ASFBG².

¹AFBP: Alimento fermentado a base de pollinaza

²ASFBG: Alimento sin fermentar a base de granos.

CONCLUSIONES

Se concluye que la calidad de la leche de las vacas suplementadas con el alimento fermentado en estado sólido a base de pollinaza es similar a la de las vacas suplementadas con el alimento sin fermentar a base de grano.

LITERATURA CITADA

Al-Rokayan S.A., Z. Naseer., and S.M. Chaudhry. 1998. Nutritional quality and digestibility of sorghum-broiler litter silages. *Animal Feed Science and Technology*. 75:65-73.

-
- Chaudhry S.M., J.P. Fontenot., and Z. Naseer. 1998. Effect of depp stacking and ensiling broiler litter on chemical composition and pathogenic organisms. *Animal Feed Science and Technology*. 74:155-167.
- Frost M.B., G. Dijksterhuis., M. Martens. 2001. Sensory perception of fat in milk. *Food Quality and Preference* 12:327-336.
- Kelleher B.P., J.J. Leahy., A.M. Henihan., T.F. Odwyer., D. Sutton., M.J. Leahy. 2002. Advances in poultry litter disposal technology- a review. *Bioresource technology*. 83(1): 27-36.
- Lawless, H.T., and H. Heymann. 2010. *Sensory evaluation of food, principles and practices*. Springer Science and Business Media, LLC.
- Muia J.M.K., S. Tamminga., and P.N. Mbugua. 2000. Effect of supplementing napier grass (*Pennisetum purpureum*) with sunflower meal or poultry litter-based concentrates on feed intake, live-weight changes and economics of milk production in Friesian cows. *Livestock Production Science*. 67: 89–99.
- Obeidat B.S., M.S. Awawdeh., A.Y. Abdullah., M.M. Muwalla., M.A. Abu Ishmais., B.T. Telfah., A.J. Ayrout., S.K. Matarneh., H.S. Subih., and T.O. Osaili. 2011. Effects of feeding broiler litter on performance of Awassi lambs fed finishing diets. *Animal Feed Science and Technology*. 165: 15–22.
- Olivas-Gastélum R., G.V. Nevárez-Moorillón., M.G. Gastélum-Franco.2009. Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia Chihuahua*. 3(1): 1-7.
- Ramos J.A., A.R. López., A. Elías., C del C. Bautista., E.M. Aranda., y D.C. Martínez. 2013. Fermentación en estado sólido de la mezcla de pollinaza, melaza y Vitafert. In: *Memorias de la XXIII Reunión de la ALPA y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical*. 18-22 de noviembre del 2013. Palacio de convenciones de la Habana, Cuba. pp: 1697-1701.
- Ríos de Álvarez L., J. Combellas., R. Álvarez. 2005. Uso de excretas de aves en la alimentación de ovinos. *Zootecnia Tropical* 23(2):183-210.
- Roessler E.B., R.M. Pangborn., J.L. Sidel, H. Stone. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests. *Journal of Food Science* 43: 940-941.
- Sampaio B.C., E. Detmann., M.F. Paulino., S.C. Valadares., M.A. de Souza., I. Lazzarini., P.V. Rodrigues., and A.C. de Queiroz. 2010. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Tropical Animal Health and Production*. 42:1471–1479.

-
- Savadogo, A. 2012. The role of fermentation in the elimination of harmful components present in food raw materials. In: Fermentation: effects on food properties. Mehta, B.M., A. Kamal-Eldin., and R.Z. Iwanski (eds). 2012. CRC Press. pp: 169-179.
- Singhania R.R., A.K. Patel., C.R. Soccol and A. Pandey. 2009. Recent advances in solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*.44: 13-18.
- Tinoco-Magaña, J.C., C.F. Aguilar-Pérez., R. Delgado-León., J.G. Magaña-Monforte., J.C. Ku Vera., and J. Herrera-Camacho. 2012. Effects of energy supplementation on productivity of dual purpose cows grazing in a silvopastoral system in the tropics. *Tropical Animal Health and Production*. 44: 1073-1078.
- Wolter W., H. Castañeda, B. Kloppert., M. Zschock. 2004. *Matitis Bovina. Prevención, diagnóstico y tratamiento*. Editorial universitaria. Guadalajara Jalisco, Mexico. 143p.
- Zhang Y., W. Mao and W. Li. 2013. Utilization survey of livestock manure resources in large-scale farms of yangzhou. *Animal Husbandry and Feed Science*. 5(1): 37-49.

Referencias informáticas

- 155-SCFI-2003, Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado-Denominaciones, especificaciones. Norma Oficial Mexicana NOM fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=690308&fecha=12/09/2003. Fecha de consulta 20 de mayo de 2015.
- Norma mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2012. Sistema Producto Leche-alimento Lácteo- leche cruda de vaca- especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. <http://www.canilec.org.mx/Circulares%202012/93del12/PROY-NMX-F-700 COFOCALEC2012%20110212.pdf>. Fecha de consulta 20 de mayo de 2015.
- Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5160755&fecha=27/09/2010. Fecha de consulta 20 de mayo de 2015.

PREVALENCIA E INCIDENCIA A DIARREA VIRAL BOVINA EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO EN PASTOREO EN TRÓPICO HÚMEDO

Rosete FJV¹, Granados ZL^{2*}, Zarate MJP³, Ríos UA³, Banda RVM⁴, Socci EGA⁴, Sánchez CLC⁵, Carrera SE.⁵

¹INIFAP-CIRGOC S.E. Las Margaritas, km. 9.5, s/n, carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco Puebla, CP. 73580. ²INIFAP-CIRGOC C.E. Huimanguillo, km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo Tabasco, CP. 86400. ³INIFAP-CIRGOC C.E. La Posta, km. 22.5 carretera federal Veracruz-Cordoba s/n, la Y griega, Paso del Toro Medellín de Bravo, Veracruz. ⁴INIFAP-CENID Microbiología, km. 15.5 carretera federal México-Toluca s/n, Palo Alto, Palo Alto Cuajimalpa, Distrito Federal. ⁵Prestador de servicios profesionales.
Autor de correspondencia: Jorge Víctor Rosete Fernández.
rosete.jorge@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Se estudió la prevalencia e incidencia a diarrea viral bovina (IBR) en vacas de doble propósito *Bos taurus* x *Bos indicus* de seis ranchos ubicados en clima tropical húmedo en el estado de Tabasco. Los animales de los ranchos no contaron con antecedentes de vacunación contra IBR. Se tomaron muestras de suero sanguíneo en dos ocasiones con intervalo de cuatro meses al 20 % de las vacas de cada rancho. En las muestras de suero se detectaron anticuerpos por la técnica de ELISA. Se hizo análisis de regresión logística (PROC GENMOD de SAS), para evaluar la prevalencia e incidencia a BVD siendo el rancho el factor de riesgo. La prevalencia fue el valor (%) de vacas seropositivas al primer muestreo y la incidencia fue el valor positivo (%) resultado de la resta del valor de las vacas seropositivas del segundo muestreo (%) menos el valor del primero. El rancho no afectó ($P>0.05$) la frecuencia de IBR en el primero y segundo muestreo siendo los valores promedio de los seis ranchos de 86.8 % y 91.2 %, manifestándose que en general hubo una prevalencia de 86.8% y una incidencia muy baja de 4.4 % ($91.2-86.8=4.4$), probablemente a que en particular los ranchos dos y cuatro tuvieron incidencia. El rancho dos, prevalencia de 75 % e incidencia de 13 % ($88+75=13$) y el rancho cuatro, prevalencia de 79 % e incidencia de 14 % ($93-79=14$). La IBR está latente en los ranchos estudiados pero con frecuencias muy altas que ameritan su control y vacunación.

Palabras clave: BVD, vacas, prevalencia, incidencia, trópico húmedo.

INTRODUCCIÓN

La diarrea viral bovina es una enfermedad que afecta la reproducción de las vacas ocasionando retraso en la concepción, ciclos estrales de larga duración, abortos, mortinatos y nacimiento de crías débiles con mortalidad frecuente (Suzan *et al.*, 1983; Oswin, 2004). En las crías sobrevivientes, después del nacimiento también es frecuente la neumonía, conjuntivitis, úlceras en nariz y boca (Liebler-Tenorio, 2005; Waldner, 2005; García *et al.*, 2009). La presencia de la diarrea viral bovina y su efecto en la productividad de las vacas se ha documentado ampliamente en hatos lecheros mantenidos en estabulación en el altiplano del país, lo que ha permitido establecer mecanismos de control y vacunación para mejorar esos sistemas de producción (Armas *et al.*, 2004; Escamilla *et al.*, 2004; Reyes *et al.*, 2004; Meléndez *et al.*, 2010); de igual manera también se ha documentado en el ganado estabulado para la engorda (Ramírez *et al.*, 2012). En ganado en pastoreo, en algunas áreas de clima tropical, se ha resaltado la necesidad de tomar medidas de control y vacunación (Córdova-Izquierdo *et al.*, 2007; Romero *et al.*, 2009); por lo que es necesario continuar con este tipo de estudios con la intención de mejorar la productividad de las vacas en estos sistemas de producción.

OBJETIVOS

Conocer la prevalencia e incidencia a diarrea viral bovina en vacas de doble propósito de hatos mantenidos en clima tropical húmedo en el estado de Tabasco.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en seis ranchos del estado de Tabasco (clima tropical húmedo), dedicados a la producción de becerros y leche en el sistema de doble propósito. Las vacas fueron cruza de *Bos taurus* y *Bos indicus* (Holstein x cebú y Suizo x cebú) mantenidas en pastoreo rotacional en gramas nativas (*Axonopus sp* y *Passpalum sp*), Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*), Estrella Santo Domingo (*Cynodon*

nlempuensis), Humidicola (*Brachiaria humidicola*), Chontalpo (*Brachiaria brizantha*) y Alicia (Bermuda cruz II). Se les suministraron minerales en forma frecuente. Los sementales estuvieron con las vacas para dar servicio de monta natural. Los animales fueron vacunados para derriengue, clostridiasis y pasterelosis y se controlaron las parasitosis internas y externas. Los hatos estuvieron libres de Tuberculosis y Brucelosis y no tuvieron antecedentes de vacunación contra la diarrea viral bovina. Se tomaron muestras de sangre dos veces con intervalo de cuatro meses al 20 % de las vacas, considerando hatos de 70 vacas, seleccionándolas al azar al primer muestreo y siendo las mismas al segundo para obtener la incidencia. El tamaño de muestra se calculó con la fórmula:

$$TM = \frac{TP}{2.25} \times (Nc \square Fe)$$

dónde:

TM= tamaño de muestra.

TP= tamaño de la población estudiada.

2.25= constante.

Nc= nivel de confianza para inferir sobre la población.

Fe= frecuencia esperada.

Adaptada de Mateu y Casal (2003), considerando población de tamaño conocido (70 vientres), frecuencia esperada de 0.50 (50%) y nivel de confianza de 0.95 (95%) que es el más utilizado ($P < 0.05$). Aplicando la fórmula, se tuvo un tamaño de muestra de 14 animales.

$$TM = \frac{70}{2.25} \times (0.95 \square 0.50); TM = 44.44 \times 0.45; TM = 14$$

Las muestras de sangre se mantuvieron en frío hasta llegar al laboratorio donde se centrifugaron para separar el suero a 3000 rpm durante 10 minutos. El suero de cada animal se contuvo en viales identificados con el número del rancho y del animal; las muestras se conservaron en congelación a -20°C hasta su análisis. El diagnóstico serológico de anticuerpos se hizo mediante la prueba de ELISA (Enzyme-Linked

Immuno Sorbent Assay. IDEXX, kit de reactivo para la detección de anticuerpos de BVD). Los resultados se tomaron como seropositivos o seronegativos a BVD. Cuando el animal resultó positivo al primero y segundo muestreo se codificó como 1 y como 0 cuando resultó negativo. Para cada variable, se realizó un análisis de regresión logística en el que el factor de riesgo fue el rancho (6 clases: del uno al seis). Los análisis se realizaron con el procedimiento GENMOD (PROC GENMOD) del paquete SAS, asumiendo una distribución binomial y aplicando una función liga logit. Las estadísticas descriptivas para el primer y segundo muestreo para la BVD se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Estadísticas descriptivas de la frecuencia de anticuerpos a diarrea viral bovina por muestreo

Primer muestreo	
Número de observaciones	75
Número de animales positivos	40
Número de animales negativos	35
Porcentaje de animales positivos	53.3
Segundo muestreo	
Número de observaciones	69
Número de animales positivos	38
Número de animales negativos	31
Porcentaje de animales positivos	55.1

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se presentan los niveles de probabilidad o significancia del factor de riesgo rancho que arrojaron los análisis de la frecuencia de anticuerpos a diarrea viral bovina al primer y segundo muestreo. El factor de riesgo rancho afectó ($P < 0.0001$) el porcentaje de vacas positivas a BVD al primer y segundo muestreo.

Cuadro 2

Valores de Chi-cuadrada y probabilidad del factor de riesgo rancho resultantes de los análisis de la frecuencia de anticuerpos a diarrea viral bovina al primer y segundo muestreo

Factor de riesgo	g.l.^a	Chi-cuadrada	Probabilidad
Primer muestreo			
Rancho	5	29.09	<0.0001
Segundo muestreo			
Rancho	5	29.45	<0.0001

^ag.l.=grados de libertad.

Las frecuencias de anticuerpos a diarrea viral bovina al primer y segundo muestreo y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95 %, por rancho, se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3

Frecuencias de anticuerpos a diarrea viral bovina al primer y segundo muestreo y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95 %, por rancho.

Rancho	Frecuencia al primer muestreo	Intervalo de confianza al 95 %	Frecuencia al segundo muestreo	Intervalo de confianza al 95 %
1	0.58 ± 0.14	0.31-0.82	0.36 ± 0.15	0.14-0.66
2	0.33 ± 0.14	0.13-0.62	0.88 ± 0.12	0.46-0.98
3	0.93 ± 0.07	0.63-0.99	0.93 ± 0.07	0.63-0.99
4	0.36 ± 0.13	0.16-0.62	0.36 ± 0.13	0.16-0.62
5	0.83 ± 0.11	0.52-0.96	0.73 ± 0.13	0.41-0.91
6	0.09 ± 0.09	0.01-0.44	0.09 ± 0.09	0.01-0.44
Promedio %	52.0		55.8	

La frecuencia promedio de diarrea viral bovina al primer muestreo fue de 52 %. Las frecuencias de diarrea viral bovina al primer muestreo variaron de manera substancial, siendo el valor mínimo de 9 % (Rancho 6), mientras que el valor máximo de 93 % (Rancho 3), con frecuencias intermedias de 33 (Rancho 2) y 58 % (Rancho 1). La frecuencia promedio de diarrea viral bovina al segundo muestreo fue de 55.8 %. De manera similar a lo que sucedió en el primer muestreo, las frecuencias al segundo muestreo entre ranchos fueron altamente variables, yendo de 9 (Rancho 6) a 93 % (Rancho 3), con valores intermedios de 36 (Ranchos 1 y 4) y 73 % (Rancho 5). En promedio los ranchos mostraron una prevalencia de 52 % y una incidencia de 3.8 % obtenida mediante la resta de la frecuencia del segundo muestreo menor el

primero ($55.8-52=3.8$), seguramente porque el rancho dos fue el que único que tuvo prevalencia de 33 % e incidencia de 55 % ($88+33=55$).

En el Cuadro 4 se presentan las razones de momios y sus respectivos errores estándar de las comparaciones posibles entre ranchos para frecuencia de anticuerpos a diarrea viral bovina al primer y segundo muestreo. La frecuencia de anticuerpos a diarrea viral bovina al primer muestreo del rancho 2 fue 26 y 10 veces menor ($P < 0.05$) que la de los ranchos 3 y 5, respectivamente. Por su parte, la frecuencia de anticuerpos a diarrea viral bovina al primer muestreo del rancho 4 fue 9 veces menor ($P < 0.05$) que la del rancho 5. La frecuencia de anticuerpos a diarrea viral bovina al segundo muestreo del rancho 1 fue 12 y 23 veces menor ($P < 0.05$) que la de los ranchos 2 y 3, respectivamente.

Cuadro 4

Razones de momios y sus respectivos errores estándar de las comparaciones posibles entre ranchos para frecuencia de anticuerpos a diarrea viral bovina al primer (debajo de la diagonal) y segundo muestreo (arriba de la diagonal).

Rancho	1	2	3	4	5	6
1		12±15 ^a	23±28 ^a	.97±.82	4.7±4.3	.18±.21
2	.36±.30		1.9±2.8	.08±.10 ^a	.38±.48	.01±.02 ^a
3	9.3±11	26±31 ^a		.04±.05 ^a	.21±.25	.01±.01 ^a
4	.40±.32	1.1±.92	.04±.05 ^a		4.8±4.2	.18±.21
5	3.6±3.5	10±9.9 ^a	.38±.50	9.0±8.6 ^a		.04±.05 ^a
6	.07±.09 ^a	.20±.24	.01±.01 ^a	.18±.21	.02±.03 ^a	

^aLas razones de momios fueron significativas ($P < 0.05$).

DISCUSIÓN

Las frecuencias promedio de los ranchos al primer y segundo muestreo fueron altas por arriba del 50 % y tuvieron fluctuaciones en el primero y segundo muestreo desde 9 % y hasta el 93 %. Estos valores tan fluctuantes y que en promedio resultaron muy altos, indican que la diarrea viral bovina está presente en los ranchos con gran dinamismo y su latencia podría ser peligrosa, pues al presentarse una situación de estrés por cambios climáticos o el manejo de los animales, se presentaría un brote de la enfermedad con el riesgo de abortos. Una explicación en la disminución

de la frecuencia de seropositivos al segundo muestreo, al menos en los ranchos uno y cinco, es que algunos animales que resultaron positivos al primer muestreo en el segundo estuvieron negativos. Esto último, explicaría que la enfermedad tiene un dinamismo en el hato ocasionado cambios en la reacción inmunológica de los animales y por la constante exposición al virus se pueden estar convirtiendo en persistentemente infectados (Jayashi *et al.*, 2005) los que no son detectados por pruebas inmunológicas, siendo un factor de riesgo por la diseminación de la enfermedad dentro del hato.

Los resultados demuestran que los animales han estado en contacto permanente con la enfermedad y aunque no se detectaron efectos como abortos, es posible que si haya efecto sobre la fertilidad como se ha documentado por otros autores (Waldner, 2005; Meléndez *et al.*, 2010), encontrándose en ganado lechero una prevalencia de 32.8 % (Meléndez *et al.*, 2010) y 48.6 % (Sánchez-Castilleja *et al.*, 2012) a diarrea viral bovina, con efectos detrimentales sobre los servicios por concepción, los días abiertos y la duración de la lactancia (Meléndez *et al.*, 2010), los que no fueron posibles medir en este estudio porque los ranchos no contaron con este tipo de información y además porque en estos sistemas de producción no es posible medir los servicios por concepción por tratarse de ganado en monta natural. En estudios realizados en ganado de carne en pastoreo en clima tropical, se ha demostrado la prevalencia de la enfermedad con valores altos del 60 % en hatos no vacunados (Solís-Calderón *et al.*, 2005; Romero *et al.*, 2009), lo que denota la necesidad de establecer programas de control mediante la vacunación, que es apoyado por la literatura (Solís-Calderón *et al.*, 2005; Romero *et al.*, 2009) y por los resultados obtenidos en este estudio; sin embargo, existe la posición contraria, pues en un trabajo se pudo reducir la prevalencia de la enfermedad eliminando los animales detectados como persistentemente infectados, responsables de la diseminación de la enfermedad (Jayashi *et al.*, 2005), sin recurrir a la vacunación.

Por lo tanto, la prevalencia alta, arriba del 50 % es alarmante, pues indica que la infección además de estar activa, el virus de la BVD está ocasionando cambios en la frecuencia de animales serológicamente positivos con infecciones altas y bajas y tomando en cuenta que es común la adquisición de animales, sementales o vientres para reemplazo sin el conocimiento de su estatus sanitario, son un factor de riesgo para infectar a los animales del hato. Debido a que no se pudo detectar el efecto de la enfermedad sobre la reproducción, es razonable pensar que la BVD ocurre de manera subclínica, pero favoreciendo la presentación de otros cuadros patológicos como neumonía crónica (Ramírez *et al.*, 2012) entre otros padecimientos comunes

con consecuencias graves. De igual manera, se ha documentado en otros estudios, donde se evaluaron a los animales por etapa fisiológica, detectándose seropositivos con frecuencia de 31 % en becerros y becerras de 6 a 9 meses de edad, de 51.8 % en vaquillas de 10 a 18 meses de edad y de 63 % en vacas en producción y secas (Cárdenas *et al.*, 2011), demostrándose por las altas frecuencias que el virus de la BVD está activo en los hatos. Finalmente, en este estudio por la alta prevalencia y su dinamismo a través del tiempo, al menos en los dos muestreos realizados, da la posibilidad de argumentar que los hatos están persistentemente infectados y que si ocurriera un desequilibrio inmunológico, pudiera presentarse un brote con consecuencias reproductivas (Waldner, 2005).

CONCLUSIONES

La frecuencia general de la diarrea viral bovina fue alta arriba del 50% en los dos muestreos mostrando una ligera incidencia de apenas 3.8 %; sin embargo esto es suficiente para demostrar la latencia de la enfermedad en los hatos estudiados como para tomar medidas de control y vacunación.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación, FORDECYT del CONACYT y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, por el financiamiento para la realización de este estudio.

LITERATURA CITADA

Armas C.A.C., M.C.R. Muñoz, L.D.J. Bolaños e M.G. Iñiguez. 2004. Determinación de agentes infecciosos causantes de abortos fetales en un hato lechero en Tizayuca, Hidalgo, México. [resumen]. XXVIII Congreso Nacional de Buiatría. 135.

Cárdenas A.C., Rivera G.H., R.M. V.M. Araínga, Ramírez y M.J. De Paz. 2011. Prevalencia del virus de la Diarrea Viral Bovina y de animales portadores

-
- del virus en bovinos en la provincia de Espinar, Cusco. Prevalence of Bovine Viral Diarrhea virus and persistently infected cattle in the province of Espinar, Cusco. *Revista de Investigación Veterinaria*. Perú. 22 (3): 261-267.
- Córdova-Izquierdo A., C.A. Córdova-Jiménez, M.S. Córdova-Jiménez, J.A. Saltijeral-Oaxaca, C.G. Ruiz-Lang, V.M. Xolalpa-Campos, S. Cortés-Suárez y J.E. Guerra-Liera. 2007. Seroprevalencia de enfermedades causantes de aborto bovino en el trópico húmedo mexicano. *Revista Veterinaria*. 18 (2): 139-142.
- Escamilla H.P., S.E. Morales, M.J.J. Martínez y C.M. Medina. 2004. Frecuencia y causas de aborto de origen infeccioso en hato de bovinos en el estado de Querétaro. [resumen]. XXVIII Congreso Nacional de Buiatría. 111.
- García J.L.R., Betancourt M.A. y Karg G. 2009. Síndrome respiratorio y digestivo en terneras trasladadas a la recría. Respiratory and digestive syndrome in calves transferred to calf-rearing unit. *Revista Electrónica de Veterinaria*. REDVET. 10 (8).
- Jayashi F.C., C.C.Gavidia, M.R. Arainga, S.A. Manchego y G.H. Rivera. 2005. Dinámica de seroconversión en hembras bovinas post eliminación de animales portadores del virus de la diarrea viral bovina. *Revista de Investigación Veterinaria de Perú*. 16 (1): 56-64.
- Liebler-Tenorio E.M. 2005. Pathogenesis In: S.M. Goyal y J.F. Ridpath (Ed.). *Bovine Viral Diarrhea Virus, Diagnosis, Management and Control*. Ames, Iowa: Blackwell Publishing Professional. 121-143.
- Mateu E. y Casal J. 2003. Tamaño de muestra. *Revista Epidemiológica de Medicina Preventiva*. 3; 1: 8-14.
- Meléndez S.R.M., F.A.G. Valdivia, M.E.J.Rangel, A.E. Díaz, J.C. Segura-Correa y B.A.L. Guerrero. 2010. Factores de riesgo asociados a la presencia de aborto y desempeño reproductivo en ganado lechero de Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(4):391-401.
- Oswin S. 2004. Pestivirus bovina, diarrea viral bovina (BVD) o enfermedad de las mucosas. Conferencia Mundial Hereford, Armidale, Australia. *Revista Hereford BS. AS*. 69 (634): 56-60.
- R.R. Ramírez, M.B. Chavarría, M.A. López, T.L.E. Rodríguez y G.A.M. Nevárez. 2012. Presencia del virus de la diarrea viral bovina y su asociación con otros cuadros patológicos en ganado en corral de engorda. Presence of bovine virus diarrhea in association with other pathologies in feedlot cattle. *Veterinaria México*. 43 (3): 225-234.

-
- Reyes J.M., R. Vázquez, J.A. García. 2004. Seroprevalencia de IBR y DVB en hatos muestreados en México, 2002-2003. [resumen]. XXVIII Congreso Nacional de Buiatría. 112.
- Romero S.D., P.T. Montiel, D.M. Aguilar, H.D.I. Martínez y V.Z.S. García. 2009. Prevalencia de diarrea viral bovina en el estado de Veracruz, México. XXII Reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria Veracruz. Veracruz, México. 660-667.
- Sánchez-Castilleja Y.M., D.J.G. Rodríguez, M. Pedroso, S. Cuello. 2012. Simultaneidad serológica de *Neospora caninum* con *Brucella abortus* y los virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en bovinos pertenecientes al estado de Hidalgo, México. Revista de Salud Animal. 34(2): 95-100.
- Solís-Calderón J.J., V.M. Segura-Correa y J.C. Segura-Correa. 2005. Bovine viral diarrhoea virus in beef cattle herds of Yucatan, México: Seroprevalence and risk factors. Preventive Veterinary Medicine. 72 (3-4): 253-262.
- Suzan VM, M. Onuma, R.E. Aguilar y Y.Murakami. 1983 Prevalence of Bovine Herpesvirus-1, Parainfluenza-3, Bovine Rotavirus, Bovine Viral Diarrhoea, Bovine Adenovirus-7, Bovine Leukemia virus and Bluetongue virus antibodies in cattle in Mexico. Japan Journal of Veterinary Research. 31: 125-132.
- Waldner C.L. 2005. Serological status for *N. caninum*, Bovine Viral Diarrhoea virus and Infectious Bovine Rhinotracheitis virus at pregnancy testing and reproductive performance in beef herds. Animal Reproduction Science. 90: 219-242.

PREVALENCIA E INCIDENCIA DE ANTICUERPOS A NEOSPOROSIS EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO EN PASTOREO EN TRÓPICO HUMEDO

Rosete FJV^{1*}, Granados ZL², Zarate MJP³, Ríos UA³, Banda RVM⁴, Socci EGA⁴, Sánchez CLC⁵, Carrera SE.⁵

¹INIFAP-CIRGOC S.E. Las Margaritas, km. 9.5, s/n, carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco Puebla, CP. 73580. ²INIFAP-CIRGOC C.E. Huimanguillo, km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo Tabasco, CP. 86400. ³INIFAP-CIRGOC C.E. La Posta, km. 22.5 carretera federal Veracruz-Cordoba s/n, la Y griega, Paso del Toro Medellín de Bravo, Veracruz. ⁴INIFAP-CENID Microbiología, km. 15.5 carretera federal México-Toluca s/n, Palo Alto, Palo Alto Cuajimalpa, Distrito Federal. ⁵Prestador de servicios profesionales.
Autor de correspondencia: Jorge Víctor Rosete Fernández.
rosete.jorge@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Se estudió la prevalencia e incidencia de anticuerpos a neosporosis en vacas de doble propósito *Bos taurus* x *Bos indicus* de 6 ranchos en clima tropical húmedo en el estado de Tabasco. Se tomaron muestras de suero sanguíneo en dos ocasiones con intervalo de 4 meses al 20% de las vacas de cada rancho. En las muestras de suero se detectaron anticuerpos por la técnica de ELISA. Se hizo análisis de regresión logística, para evaluar la prevalencia e incidencia a la enfermedad siendo el rancho el factor de riesgo. La prevalencia fue el valor (%) de vacas seropositivas al primer muestreo y la incidencia fue el valor positivo (%) resultado de la resta del valor de las vacas seropositivas del segundo muestreo (%) menos el valor del primero. El rancho afectó ($P < 0.05$) la frecuencia a neosporosis al primero y segundo muestreo. Las frecuencias al primer muestreo entre ranchos fueron moderadamente variables, partiendo de un valor mínimo de 17 % (Ranchos 2 y 5) hasta un valor máximo de 75 % (Rancho 6), con valores intermedios de 21 % (Rancho 4) y 57% (Rancho 3) y las frecuencias al segundo muestreo variaron de manera substancial, siendo el valor mínimo de 20 % (Rancho 2), mientras que el valor máximo fue de 83% (Rancho 6), con frecuencias intermedias de 50% (Rancho 1) y 57% (Rancho 3). Los ranchos que tuvieron incidencia fueron el rancho 1, con prevalencia de 18%

e incidencia de 32 % (50-18=32); el rancho 2, con prevalencia de 17% e incidencia mínima de 3% (20-17=3); el rancho 4, con prevalencia de 21 % e incidencia mínima de 2 % (23-21=2); el rancho 5, con prevalencia de 17 % e incidencia de 38 % (55-17=38) y; el rancho 6, con prevalencia de 75 % e incidencia de 8 % (83-75=8). En general el promedio de los ranchos tuvieron una prevalencia de 34.2 % y una incidencia de 13.8 % (48-34.2=13.8). La neosporosis está latente en los ranchos estudiados con frecuencias que ameritan tomar medidas de control.

Palabras clave: neosporosis, prevalencia, incidencia, vacas, trópico.

INTRODUCCIÓN

La *Neospora caninum* es un protozooario que fue identificado como causante de abortos en bovinos de regiones ganaderas de todo el mundo, siendo reconocidos los hospedadores definitivos el perro (*Canis familiaris*) y el coyote (*Canis latrans*) y los hospedadores intermediarios los bovinos equinos, caprinos, ovinos, ciervos, búfalos y además, el perro (Moore *et al.*, 2005; Dechicha *et al.*, 2010).

Los bovinos adquieren la enfermedad al ingerir agua, alimentos y pasturas contaminados con las heces de los perros y los coyotes, que contienen los ooquistes que después de ser ingeridos por bovinos son liberados en el aparato digestivo como esporozoitos, pasan a las vía sanguínea y linfática y a todos los tejidos siendo de preferencia el sistema nervioso central y el tejido muscular (Moore *et al.*, 2005; Dubey, 2003). Un bovino después de ser infectado contiene en latencia en sus tejidos a los quistes de *Neospora caninum*, convirtiéndose en un animal persistentemente infectado (Moore *et al.*, 2005).

En las vacas la infección transplacentaria (transmisión vertical), es el mecanismo eficiente de transmisión de la enfermedad al feto provocando el aborto y después quedan crónicamente infectadas, pero el sistema inmune protege del aborto ante una segunda exposición al protozooario (Moore *et al.*, 2005). Además, aunque la vía principal de transmisión entre los bovinos es la transplacentaria existe evidencia de la transmisión posnatal (Moore *et al.*, 2005; Dubey, 2003).

En animales adultos la enfermedad cursa con signos poco aparentes, pero el signo inminente es el aborto entre el 3° y 9° mes de la gestación con mayor frecuencia en el tercio medio. El feto al morir en el útero, puede momificarse o ser expulsado con avanzado grado de autólisis. Es también posible, el nacimiento

de terneros clínicamente normales pero son persistentemente infectados. Aunque la momificación no es patognomónica de la *Neospora caninum*, es un hallazgo frecuente. Los fetos infectados en el útero y que nacen, llegan a tener signos neurológicos y bajo peso al nacimiento, al examen clínico pueden manifestar ataxia, disminución del reflejo patelar o falta de sensibilidad propioceptiva; sin embargo, eventualmente pueden presentarse anomalías congénitas como exoftalmia o asimetría ocular (Moore *et al.*, 2005).

La neosporosis bovina por ser una causa de aborto es actualmente reconocida como una de las principales pérdidas económicas en el ganado en Europa, Australia, Nueva Zelanda, algunos países asiáticos como Japón, Tailandia y Corea, y en varios países del continente americano, incluyendo a México (Dyer *et al.*, 2000; Dubey, 2003; Morales *et al.*, 1997; Morales *et al.*, 2001a y 2001b; García-Vázquez *et al.*, 2002; García-Vázquez *et al.*, 2009). Por lo que su detección para establecer medidas de control y prevención, es de gran importancia, razón por la que se planteó su diagnóstico con el siguiente objetivo: conocer la prevalencia e incidencia de neosporosis en ranchos mantenidos en el trópico húmedo en el estado de Tabasco.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en 6 ranchos del estado de Tabasco (clima tropical húmedo), dedicados a la producción de becerros para la engorda y leche en los sistemas de doble propósito. Las vacas fueron cruza de *Bos taurus* y *Bos indicus* (Holstein x cebú y Suizo Americano x cebú) mantenidas en pastoreo rotacional en gramas nativas (*Axonopus sp* y *Passpalum sp*), Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*), Estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*), Humidicola (*Brachiaria humidicola*), Chontalpo (*Brachiaria brizantha*) o Alicia (Bermuda cruza II); además, se les suministraron minerales en forma frecuente. Los animales fueron vacunados contra derriengue, clostridiasis y pasterelosis y se controlaron las parasitosis internas y externas. Los hatos estuvieron libres de Tuberculosis y Brucelosis. Los datos generados fueron capturados en libretas de campo y libros electrónicos, registrándose la información para su conservación y análisis.

Se tomaron muestras de sangre por dos ocasiones con intervalo de 4 meses al 20 % de las vacas cada rancho, considerando hatos promedio de 70 vacas, seleccionadas al azar al primer muestreo y siendo las mismas al segundo para calcular la incidencia. El tamaño de muestra fue calculado mediante la fórmula:

$$TM = \frac{TP}{2.25} x (Nc \square Fe)$$

dónde:

TM= tamaño de muestra.

TP= tamaño de la población estudiada.

2.25= constante.

Nc= nivel de confianza para inferir sobre la población.

Fe= frecuencia esperada.

Que fue adaptada de la fórmula de Mateu y Casal (2003), con población conocida de 60 a 70 vientres), frecuencia esperada de 0.50 (50%) y nivel de confianza de 0.95 (95%) que es el más utilizado ($P < 0.05$). Aplicando la fórmula, se tuvo un tamaño de muestra de 15 animales.

$$TM = \frac{60}{2.25} x (0.95 \square 0.50); TM = 28.8 x 0.45; TM = 13$$

Las muestras de sangre, se mantuvieron en frío hasta llegar al laboratorio y se centrifugaron a 3000 rpm en 10 minutos. El suero se conservó en viales identificados con el número del rancho y del animal congelados a -20°C hasta su análisis. El diagnóstico se hizo con la prueba de ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay. IDEXX, kit para la detección de anticuerpos de *Neospora caninum*). Cuando una muestra de suero resultó positiva al primero y segundo muestreo se codificó como "1" y como "0" cuando resultó negativa. Se realizó un análisis de regresión logística con procedimiento GENMOD (PROC GENMOD) del paquete SAS, en el que el factor de riesgo fue el rancho (6 clases: del 1 al 6), asumiendo una distribución binomial y aplicando una función liga logit.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan los niveles de probabilidad o significancia del factor de riesgo rancho que resultaron de los análisis de la frecuencia a neosporosis al primer

y segundo muestreo. El factor de riesgo rancho afectó ($P < 0.05$) el porcentaje de vacas positivas a neosporosis a los dos muestreos.

Cuadro 1

Valores de Chi-cuadrada y probabilidad del factor de riesgo rancho resultantes de los análisis de la frecuencia de anticuerpos a neosporosis al primer y segundo muestreo.

Factor de riesgo	g.l.^a	Chi-cuadrada	Probabilidad
Frecuencia al primer muestreo			
Rancho	5	17.58	0.0035
Frecuencia al segundo muestreo			
Rancho	5	13.97	0.0158

^ag.l.=grados de libertad.

Las frecuencias a neosporosis al primer y segundo muestreo y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95 %, por rancho, se muestran en el Cuadro 2. La frecuencia promedio de neosporosis al primer muestreo fue 34.2 %. Las frecuencias al primer muestreo entre ranchos fueron moderadamente variables, partiendo de un valor mínimo de 17 % (Ranchos 2 y 5) hasta un valor máximo de 75 % (Rancho 6), con valores intermedios de 21 % (Rancho 4) y 57 % (Rancho 3). La frecuencia promedio de neosporosis al segundo muestreo fue 48 %. De manera similar a lo que sucedió en el primer muestreo, las frecuencias de neosporosis al segundo muestreo variaron de manera substancial, siendo el valor mínimo de 20 % (Rancho 2), mientras que el valor máximo de 83 % (Rancho 6), con frecuencias intermedias de 50 % (Rancho 1) y 57 % (Rancho 3). Los ranchos 1, 2, 4, 5 y 6, tuvieron incidencia, siendo para el rancho 1, prevalencia de 18 % e incidencia de 32% ($50-18=32$); para el rancho 2, prevalencia de 17 % e incidencia mínima de 3 % ($20-17=3$); para el rancho 4, prevalencia de 21 % e incidencia mínima de 2 % ($23-21=2$); para el rancho 5, prevalencia de 17 % e incidencia de 38 % ($55-17=38$) y; para el rancho 6, prevalencia de 75 % e incidencia de 8 % ($83-75=8$). En general los ranchos tuvieron una prevalencia de 34.2 % y una incidencia de 13.8 % ($48-34.2=13.8$).

Cuadro 2

Frecuencias de anticuerpos a neosporosis al primer y segundo muestreo y sus respectivos errores estándar e intervalos de confianza al 95%, por rancho.

Rancho	Frecuencia al primer muestreo	Intervalo de confianza al 95 %	Frecuencia al segundo muestreo	Intervalo de confianza al 95 %
1	0.18 ± 0.12	0.05-0.51	0.50 ± 0.16	0.22-0.78
2	0.17 ± 0.11	0.04-0.48	0.20 ± 0.13	0.05-0.54
3	0.57 ± 0.13	0.32-0.79	0.57 ± 0.13	0.32-0.79
4	0.21 ± 0.11	0.07-0.49	0.23 ± 0.12	0.08-0.52
5	0.17 ± 0.11	0.04-0.48	0.55 ± 0.15	0.27-0.80
6	0.75 ± 0.13	0.45-0.92	0.83 ± 0.11	0.52-0.96
Promedio %	34.2		48.0	

En el Cuadro 3 se presentan las razones de momios y sus respectivos errores estándar de las comparaciones posibles entre ranchos para frecuencia de neosporosis al primer y segundo muestreo. La frecuencia de neosporosis al primer muestreo del Rancho 3 fue 6.7 veces mayor ($P < 0.05$) que la del Rancho 2, mientras que la frecuencia de neosporosis al primer muestreo del Rancho 6 fue 14, 15, 11 y 15 veces mayor ($P < 0.05$) que la de los Ranchos 1, 2, 4 y 5, respectivamente. La frecuencia de neosporosis al segundo muestreo del Rancho 6 fue 20 y 17 veces mayor ($P < 0.05$) que la de los Ranchos 2 y 4, respectivamente.

Cuadro 3

Razones de momios y sus respectivos errores estándar de las comparaciones posibles entre ranchos para frecuencia de anticuerpos a neosporosis al primer (debajo de la diagonal) y segundo muestreo (arriba de la diagonal).

Rancho	1	2	3	4	5	6
1		.25±.25	1.3±1.1	.30±.27	1.2±1.1	5±5
2	.90±.99		5.3±5.1	1.2±1.2	4.8±4.8	20±22 ^a
3	6.0±5.7	6.7±6.3 ^a		.23±.19	.90±.73	3.8±3.5
4	1.2±1.2	1.4±1.4	.20±.17		4.0±3.6	17±17 ^a
5	.90±.99	1.0±1.1	.15±.14 ^a	.73±.74		4.2±4.1
6	14±14 ^a	15±15 ^a	2.3±1.9	11±10 ^a	15±15 ^a	

^aLas razones de momios fueron significativas ($P < 0.05$).

DISCUSIÓN

Los resultados indican que la neosporosis está presente en los ranchos con frecuencias de anticuerpos variables. Para el primer muestreo fueron desde 17 % a 75 % y para el segundo muestreo desde 20 % a 83 %. Las frecuencias variables entre los periodos de muestreos, ponen de manifiesto que la enfermedad está latente en los ranchos y por lo tanto hay animales crónicamente infectados, lo que se traduce en estabilidad inmunológica (Moore *et al.*, 2005; Dubey, 2003; Dechicha *et al.*, 2010).

Por otro lado la prevalencia e incidencia de los 6 ranchos fue de 34.2 % y 13.8 %, respectivamente; siendo en particular solo 5 ranchos los que tuvieron incidencia. La carencia de incidencia en algunos ranchos se explica porque algunos animales positivos en el primer muestreo, en el segundo estuvieron negativos.

Un aspecto que se debe tomar en cuenta, es que la neosporosis está latente en los ranchos como se ha documentado en otros trabajos (Moore *et al.*, 2005; Dechicha *et al.*, 2010; Dubey *et al.*, 2007; Diniz *et al.*, 2009) y un desequilibrio inmunológico por estrés podría conducir a un brote de abortos, ya que existen evidencias (Gutiérrez *et al.* (2007), en establos lecheros de que las vacas con antecedentes de aborto tuvieron una prevalencia de 69.0% mayor ($P < 0.01$) a la de las vacas sin antecedentes de aborto con 48.0 %, lo que demuestra el peligro de esta enfermedad en la reproducción de un rancho.

La variabilidad en frecuencia de anticuerpos a neosporosis en este estudio también ha sido encontrada por otros autores siendo de 32.2 % a 66.6% (Dechicha *et al.*, 2010); de 22.0 % a 67.0 % (Gutiérrez *et al.*, 2007) y de 23.1 % (Moura *et al.*, 2012) en ganado lechero, así como en vacas cruzadas con 27.4% productoras de becerros para la engorda en el trópico Veracruzano (Montiel *et al.*, 2011).

Al igual que en este estudio, donde no se evidenciaron casos de aborto, en otro estudio (Oviedo *et al.*, 2007), tampoco fue posible detectar la relación de la neosporosis sobre la reproducción, a pesar de que utilizaron vacas con antecedentes de problemas reproductivos, lo que conduce a pensar en realizar estudios que nos permitan identificar concretamente las fallas reproductivas. Sin embargo, es necesario tomar en consideración el control de la enfermedad, ya que en el estudio de Moura *et al.* (2012) con ganado lechero, se encontró correlación entre los animales con baja producción y la seropositividad a *Neospora caninum*.

Finalmente, los ranchos al ser seropositivos en las frecuencias encontradas, se consideran permanentemente infectados y por la estabilidad inmunológica, es

posible pensar que cualquier desequilibrio en los animales pudiera ser causante de un brote de abortos.

CONCLUSIONES

En general la prevalencia fue de 34.2% y la incidencia de 13.8%, mostrado en particular cinco ranchos incidencia de consideración, motivo para establecer medidas zoonitarias de control en todos los ranchos de la región, aunque no se hayan detectado efectos clínicos de la neosporosis.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación, FORDECYT del CONACYT y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, por el financiamiento para la realización de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Dechicha A., S. Gharbi, G. Chatagon, D. Tainturier, R. Ouzrout y D. Guetarni. 2010. Serological survey of etiological agents associated with abortion in two Algerian dairy cattle breeding farms. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*. 2(1): 1-5.
- Diniz C. A., C. C. Neves, G.N.T. Cacciatori, O. L. Hiromi, P. E. Maristela y C. Del-Fava. 2009. Diagnosis of *Neospora caninum* in bovine fetuses by histology, immunohistochemistry and nested-PCR. *Rev. Bras. Parasitol. Vet. Jaboticabal*. 18 (4): 14-19.
- Dubey J.P. 2003. Review of *Neospora caninum* and neosporosis in animals. *Korean Journal Parasitology*. 41: 1-16.
- Dubey J.P, G. Schares y L.M. Ortega-Mora. 2007. Epidemiology and Control of Neosporosis and *Neospora caninum*. *Clinical Microbiol. Reviews*. 20 (2): 323-367.
- Dyer R.M., Jenkins M.M., O.C.H. Kwok, L.W Douglas. y J.P. Dubey 2000. Serologic survey of *Neospora caninum* infection in a closed dairy cattle herd in

-
- Maryland: risk serologic reactivity by production group. *Vet. Parasitol.* 90: 171-181.
- García-Vázquez Z, C. Cruz-Vázquez, E.L. Medina, T.D. García y Chavarría M.B. 2002. Serological survey of *Neospora caninum* infection in dairy cattle herds in Aguascalientes, Mexico. *Vet. Parasitol.* 106: 115-120.
- García-Vázquez Z., R. Rosario-Cruz, F. Mejía-Estrada, I. Rodríguez-Vivas, D. Romero-Salas, Fernández-Ruvalcaba M y Cruz-Vázquez C. 2009. Seroprevalence of *Neospora caninum* antibodies in beef cattle in three southern states of Mexico. *Trop Anim Health Prod.* 41:749–753.
- Gutiérrez G.J.J., V.C. Cruz, E.L. Medina, F.A. Valdivia, O.E. Islas y V.Z. García. 2007. Factores de manejo asociados con la seroprevalencia a la infección por *Neospora caninum*, en ganado Lechero de Aguascalientes México. *Vet. Méx.* 38 (3). 261-270.
- Mateu E. y Casal J. 2003. Tamaño de muestra. *Rev. Epidem. Med. Prev.* 1: 8-14.
- Montiel P.T., S.D. Romero, V.Z. García, E.L. Medina y V.C. Cruz. 2011. Neosporosis bovina en ranchos ganaderos de la zona norte del estado de Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 13: 469–479.
- Moore D.P., A.C. Odeón, M.C. Venturini y C.M. Campero. 2005. Neosporosis bovina: Conceptos generales, inmunidad y perspectivas para la vacunación. *Rev. Arg. de Microbiol.* 37: 217-228.
- Morales E., F.J. Trigo, F. Ibarra, E. Puente y M. Santacruz. 2001a. Neosporosis in Mexican dairy herds: Lesions and immunohistochemical detection of *Neospora caninum* in fetuses. *J Comp Path.* 125: 58-63.
- Morales E., F.J. Trigo, F. Ibarra, E. Puente y Santacruz M. 2001b. Seroprevalence study of bovine Neosporosis in Mexico. *J. Vet. Diagn. Invest.* 13: 413-415.
- Morales S.E., L.J. Ramírez y F.J. Trigo. 1997. Descripción de un caso de aborto bovino asociado a infección por *Neospora* sp en México. *Vet Méx.* 28: 353-357.
- Moura A.B., A.P.Souza, A.A. Sartor, V. Bellato y E.B. Teixeira. 2012. *Neospora caninum* antibodies in dairy cattle of Lages municipality, Santa Catarina state, Brazil. *Arch. Med. Vet.* 44: 117-122.

INFLUENCIA DEL CONSUMO DE *Stevia rebaudiana* variedad Bertoni EN CORDEROS LACTANTES SOBRE SU NIVEL SERICO DE PROTEINAS TOTALES Y MORTALIDAD AL DESTETE

INFLUENCE THE CONSUMPTIONS OF *Stevia rebaudiana* variedad Bertoni IN NURSING LAMBS ON THEIR SERUM LEVEL OF TOTAL PROTEINS AND WEANING MORTALITY

Murguía OML* y Rojas RO.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochoá. Km 25 antigua carretera Mérida – Motul, Mocochoá, Yucatán.

murguia.maria@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con el propósito de valorar el efecto de la adición de estevia en polvo, al concentrado del creep feeding en corderos de razas tropicales. Se realizó un estudio, en dos grupos de corderos lactantes, a uno se le adicione la estevia en polvo y al otro no. Se tomaron datos de sexo, raza, tipo de parto, peso al nacer, peso al destete y los fallecimientos (mortalidad). Al destete se tomó una muestra sanguínea para la determinación de las proteínas totales séricas. No se encontraron diferencias significativas entre las variables de estudio, pero si en lo que respecta a nivel de proteínas totales séricas y mortalidad. Estos resultados sugieren un efecto de la adición de estevia en polvo, al concentrado en un mejor comportamiento de los corderos tanto nutricionalmente como inmune del cordero.

Palabras clave: estevia, corderos, proteínas totales en suero, mortalidad.

INTRODUCCIÓN

La industria de la estevia es un mercado creciente a nivel mundial, países desarrollados como Japón e Israel, la utilizan desde hace más de 40 años. El nivel de consumo en el Japón alcanza el 60 % de la población total, lo que ha motivado a

grandes empresas de diversos países a entrar en la era de la estevia, desarrollando productos y adoptando la cultura del endulzante natural, que además, de sus usos medicinales y alimenticios tiene otras propiedades de interés para la industria cosmética (López y Peña, 2004). El uso de la estevia en la alimentación animal no se ha explorado por completo, aunque se viene promoviendo su uso con tal propósito; algunas investigaciones se han orientado a su aplicación como saborizante de pastos (en animales de granja y domésticos), con el subsecuente aumento en la producción. Se cree además que estimula el apetito e interviene en la pronta recuperación después de procesos infecciosos, mejora el sabor y la calidad de la carne (menor exudación y mejor conservación), disminuye la cantidad de huevos rotos en ponedoras y mejora la calidad de la carne de pollo. Subsecuentemente previene la erosión y ulceración de la molleja en aves, reduce la mortalidad en empresas piscícolas, produciendo pescado más sano, el cual se mantiene fresco por más tiempo (Jarra, 2008). En la ganadería se ha utilizado 2 % de Stevia en polvo, mezclado con el forraje por día en la alimentación de bovinos, con resultados de incremento en su consumo e incremento del 2 % de peso corporal con respecto a los lotes donde no se aplicó la Stevia. (Manual técnico de producción de Stevia, 2008). En caballos se ha utilizado como tranquilizante natural y reductor del stress, cuando se hacen manejos de vacunación, destete y transporte, ya que dichas prácticas, incrementan el stress y por lo tanto disminución de las defensas (anticuerpos), incrementando el riesgo de presencia de enfermedades, tales como neumonías o casos de Mannheimiosis sistémicas. En lechones se ha utilizado, durante 50 días a partir del destete, suministrando un extracto de Stevia mezclado en agua, a razón de 30 ml en 5 litros de agua. Los resultados indican que no presentaron enfermedades respiratorias. También mejora la calidad de la carne y su cotización en el mercado (Manual técnico de producción de Stevia, 2008). Vidales y Col., 2013 evaluaron la acción de la estevia asociada con orégano sobre los parámetros productivos y la prevalencia de diarrea en lechones destetados a los 21 días y hasta la quinta semana pos destete, Los resultados indican que la prevalencia de diarrea con la asociación de Orégano y Stevia fue significativamente menor ($P < 0.05$) que en el control en la primera semana posdestete y no se aislaron cepas de *Escherichia coli* enteropatógenas de muestras de materia fecal diarreicas provenientes de los tratamientos con aditivos vegetales, diferenciándose con lo hallado en el control. La mortalidad de corderos es una problemática grave a la que se enfrentan las empresas ovinas ya que los corderos al nacimiento, deben adquirir los anticuerpos que los protegerán por medio de una transferencia pasiva de la madre, por medio

del calostro. Si se llega a obtener una buena transferencia y mantenerla hasta que puedan desarrollar sus propias defensas inmunes, se puede esperar aumentar el número de corderos vivos y mantenerlos saludables. La etapa de lactancia, es fundamental para un buen desempeño del cordero en sus etapas futuras, por eso un buen manejo durante este periodo puede reducir drásticamente la morbilidad y mortalidad en esta etapa. Animales que se enferman antes del destete, son animales propensos a mostrar deficiencia en su desarrollo y posterior producción y en algunos casos quedaran con secuelas durante toda su vida. Al determinar el nivel de las proteínas totales, lo que se pretende es evaluar la condición nutricional e inmune del animal (Brett, 2006). La síntesis de proteínas séricas puede verse afectada por factores ambientales, nutricionales, patologías agudas y crónicas, factores fisiológicos como la edad, cambios hormonales, factores extrínsecos y por stress. Las proteínas plasmáticas se componen de albumina, globulinas y fibrinógeno y son las que le dan su color amarillo pálido característico y se sintetizan en primer lugar en el hígado y en segundo lugar el sistema inmunitario (Duncan y Prasse's, 2005). En un estudio realizado en el 2013, (Murguía y Rojas) en ovinos, donde se valoró el nivel de proteínas séricas, en madres lactantes y corderos lactantes, para valorar el nivel de inmunidad que proveían las madres a sus crías por medio del calostro. Con los resultados que las madres tenían en promedio 4.7 g/dl de proteínas totales séricas y sus corderos en promedio a las 24 hrs de nacidos de 5.7 g/dl y al destete a los 60 días de edad de 5.4 g/dl. Que concuerda con lo reportado por Ramos y col. (2006) que consideraron un buen calostrado cuando el cordero cuenta con un mínimo de proteínas totales en suero por encima de 5.5 g/dl.

Por lo que el objetivo del presente trabajo fue valorar la influencia del consumo de estevia sobre corderos lactantes y su nivel de proteínas totales en suero y el índice de mortalidad al destete.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con el rebaño de la Unidad de Investigación Ovina, del Campo Experimental Mocochoá, ubicado en el Km 25 de la carretera de la antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán. De noviembre de 2014 a febrero de 2015 (parto – destete), abarcando la época de nortes y fríos. La alimentación de las madres fue a base de pastoreo y suplementación con un alimento balanceado con un 14 % de proteína, sales minerales y agua a libre acceso, vacunación y desparasitación,

antes del parto. La alimentación de los corderos fue a base de pastoreo con sus madres y a partir de los 15 días de edad, se les proporciono un alimento balanceado con un 14% de proteína, adicionado con leche en polvo y un 0.5% de stevia molida, durante el creep feeding, acorde a su crecimiento y agua a libre acceso. Se manejaron 96 corderos hembras y machos, de la raza pelibuey (PB) y blackbelly (BB), procedentes de la parición de 85 borregas, los cuales se distribuyeron en dos lotes, Quedando conformados como lote 1 aquellos que se les incluyo en su dieta estevia molida y los del lote 2 como testigo, sin la adición de la estevia molida a su dieta. A los corderos se les extrajo sangre por punción yugular para la obtención de suero al destete (\pm 60 días). Se tomaron los datos de sexo, tipo de parto, raza, peso al nacer, peso al destete y los fallecimientos. La valoración del nivel de inmunidad se realizó mediante la medición de la concentración total de proteína utilizando un refractómetro óptico manual mod. RHC 200ATC. Las variables de respuesta fue proteína sérica (g/dl), los efectos fijos fueron: sexo, raza, tipo de parto y peso al nacer, peso al destete y los fallecimientos (mortalidad). Para el análisis estadístico, se utilizó el programa SAS (ver. 9.0) en base a un modelo lineal de efectos fijos. Para establecer diferencias entre las medias se utilizó la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En lo que respecta a las variables de estudio, no se encontraron diferencias significativas en ninguna de ellas con respecto al nivel de proteínas séricas, siendo entre razas (PB 4.3 g/dl y BB 4.0 g/dl), sexo (machos 4.2 g/dl y hembras 4.0 g/dl) por tipo de parto (simple 4.3 g/dl, doble 3.9 g/dl y triple 3.5 g/dl). A pesar de que no se encontraron diferencias ($P > 0.05$), la disminución numérica del nivel sérico que se observa, conforme aumenta el número de crías por parto, concuerda con lo mencionado por Ramos y col (2006), que nos indica que la concentración de inmunoglobulinas en el calostro está directamente correlacionada con el tipo de parto y guarda correlación inversa con la cantidad de calostro producido. Siempre que las madres mantengan una condición corporal aceptable, la producción de calostro es mayor en los partos múltiples que en los simples. La relación calostro total/nº de neonatos es menor, es decir cuantos más nacen, menos les toca, aunque la madre produzca más.

La adición de estevia molida a la dieta, le dio una mejor palatabilidad al alimento ofrecido a los corderos lactantes, ya que el grupo 1 (estevia), tuvo un mayor

consumo de alimento que se vio reflejado en un mayor peso al destete, siendo para lote 1 estevia de 13.52 kg contra 12.48 kg del grupo 2 testigo. El nivel de proteínas totales séricas si mostro diferencias significativas entre grupos, siendo para el grupo 1 estevia de 4.4 g/dl vs 3.8 g/dl del grupo 2 testigo. Esto puede deberse a que al tener un mayor consumo alimenticio cuenta con el suficiente aporte proteico, para elevar su nivel de proteínas sanguíneas, ya que en rumiantes esto está asociado. Matheus y Figueredo (2004) encontraron en cabras, una relación ($r=0.50$ $P<0.05$) positiva entre el peso corporal y la concentración de proteínas totales. Putman (1960) sostiene que los animales en mejores condiciones corporales presentan la mayor concentración de proteínas séricas totales, producto del aumento de la concentración de la fracción globulina, debido a una mayor respuesta inmune de los animales. Estos resultados de mayor peso corporal y mayor concentración de proteínas totales en suero, brindaron a los animales del grupo 1 estevia, una mayor resistencia y resiliencia, que se corrobora con la diferencia estadísticas significativas encontradas en el estudio, referente a mortalidad y sobrevivencia entre el grupo 1 estevia vs grupo 2 testigo, siendo de 1.96% - 98.03% y 11.11% - 88.88% respectivamente. Como lo muestran los datos en el cuadro 1.

Cuadro 1

Cuadro comparativo de los grupos de estudio

	Grupo 1 (51) estevia	Grupo 2 (45) Testigo	Promedio General
Peso nacer	2.98 kg	3.10 kg	3.04 kg
Peso 60 días edad	13.52 kg	12.48 kg	13.0 kg
Sobrevivencia corderos	98.03% ^b	88.88% ^a	93.75%
Mortalidad corderos	1.96% ^b (1 cordero)	11.11% ^a (5 corderos)	6.25% (6 corderos)
Nivel proteínas séricas	4.4 g/dl ^b	3.8 g/dl ^a	4.1g/dl

Diferentes literales, indican diferencias significativas $P<0.05$

CONCLUSIONES

La adición de estevia molida al alimento para corderos durante el creep feeding, puede redondear en un mayor consumo de alimento, con una mayor ganancia de peso y tener una condición nutricional e inmune del animal en un buen nivel, lo que nos dará como resultado una menor mortalidad en esta etapa.

LITERATURA CITADA

- Brett J. 2006. Empiece bien sus becerras. Dairy herd managment. 5(8): 86-112.
- Duncan & Prasse´s. 2005. Patología Clínica Veterinaria, 4ª. Edición. Multimédica, Ediciones veterinarias, Barcelona, España.
- Jarma A. 2008. Estudios de adaptación y manejo integrado de estevia (Stevia rebaudiana Bert.): nueva alternativa agroindustrial del Caribe colombiano. Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas 2(1):110-121.
- López L., y L. Peña. 2004. Plan estratégico para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de edulcorantes a base de estevia . Universidad Javeriana. Diciembre. P. 125.
- Murguía O.M.L., y R.O. Rojas. 2013. “ Valoración de la inmunidad pasiva y del calostro de ovinos tropicales de pelo.”. Memorias de la XXV Semana Internacional de Agronomía. Pág. 251-256. Gómez Palacios, Durango, México.
- Matheus N., A. Figueredo. 2004. Peso corporal: su relación con la concentración sérica de proteínas, lípidos y glucosa en cabras mestizas criollas. Gaceta de Ciencias Veterinarias. 9(2):38-43.
- Ramos A.J.J., M. L.M. Ferrer., L.D. Lacasta, A.L. Figueras, C.M. Callejas. 2006. La importancia del calostro para los corderos y cabritos recién nacidos. Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón. No. 169. Zaragoza, España.

Referencias informáticas

- Putman F. 1960. The plasma proteins. Volumen II Academic Press. New York and London SAS Institute Inc. 2009.SAS. Cary. NC,USA. <http://www.sas.com/>
- Manual técnico de producción de stevia. 2008. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad nacional de Cajamarca, Perú. Equipo de Desarrollo Agropecuario de Cajamarca (EDAC) e INCAGRO. <http://agricultura-ecologica.servidor-alicante.com/documentos-agricultura-ecologica/Agricultura-Ecologica-Manual-tecnico-de-produccion-de-stevia.pdf>
- Vidales G.,Béreterbide J., Duverne L., Echevarria L. y Mazieres J. 2013. Evaluación de los parámetros de producción en lechones destetados alimentados con raciones adicionadas con Origanumsp y Stevia rebaudiana. Volumen 20 (número 1). Revista computarizada de Producción Porcina. Universidad

Nacional de Luján, C.C.221 6700, Luján. Buenos Aires, Argentina.
<http://www.ergomix.com/MA-porcicultura/nutricion/articulos/evaluación-parametros-produccion-lechones-t5037/141-p0.htm>

EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE *stevia rebaudiana bertonii* SUMINISTRADO EN EL ALIMENTO EN CORDEROS LACTANTES Y SU COSTO.

EFFECT OF THE INCLUSION OF *stevia rebaudiana bertonii* SUPPLIED FOOD IN NURSING LAMBS AND THEIR COST.

Rojas R.O.* , Murguía O. M. Ramírez J.G. y Castillo H. J.

Campo Experimental Mocochoá. Centro de Investigaciones del Sureste. INIFAP. Km 25 Antigua carretera Mérida – Motul. C.P. 97454, Mocochoá, Yuc. Tel 5538718700 ext 88203. rojas.octavio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La *Stevia Rebaudiana Bertoni* es una planta contiene en sus hojas una serie de sustancias denominadas glucósidos, que se caracterizan por presentar un sabor que comparado con el del azúcar es entre 200 y 300 veces mayor. En los bovinos, caballos y cerdos, se comercializan aditivos aromáticos en forma de premezcla alimenticia, para incentivar el consumo del alimento, basados en la intensidad de aromas para estimular los receptores olfativos del animal aumentando la apetencia. El trabajo se realizó en la Unidad de Investigación Ovina del campo Experimental Mocochoá, Yucatán, perteneciente al INIFAP. De una plantación de *Stevia Rebaudiana Bertoni* variedad criolla, Se preparo un alimento sin Stevia como testigo y otro con Stevia al 0.5 %. Dicho alimento se suplemento a corderos lactantes de las razas tropicales. Las variables de respuesta fueron peso al nacer (PN), peso al destete - 60 días de edad (PD), ganancia diaria promedio (GDP), consumo de alimento por lote -con y sin Stevia (CA), sobrevivencia (SC) y mortalidad de corderos (MC). También se realizó un análisis de costos de la cantidad de alimento y mortalidad de corderos. En los resultados la GDP se encontró diferencia estadística ($P < 0.01$), con *Stevia* fue de $175.42 \pm 3.46_b$ gr/día kg vs sin *Stevia* fue de $155.30 \pm 2.91_a$ gr/día, respectivamente. Para el CA se encontró un incremento del 40.5 % del lote con *Stevia* en comparación con el testigo sin *Stevia*, el promedio del consumo de alimento fue superior en 23.8 % para el lote con *Stevia* en comparación al lote sin *Stevia*, En lo que se refiere a SC y MC se observó para la primera una diferencia del 9.1 % a favor del lote suplementado con *Stevia* y el lote testigo, encontrando

diferencia estadística ($P < 0.01$), mientras que para la mortalidad se encontró una diferencia estadística ($P < 0.01$), para el tratamiento con *Stevia* vs el de no *Stevia*. La comparación de pérdidas por mortalidad fue en el tratamiento control de \$2,250.00 vs \$450.00 del tratamiento con *Stevia*. El lote donde se aplicó *Stevia* se incrementó en un 53.8 % el CA con respecto al de no *Stevia*. La diferencia entre lotes costeados fue de \$473.25 pesos. La comparación de la pérdida por MC y el incremento de CA indican que, aunque fue mayor el CA se pagó, ya que representó menos pérdidas por MC. Conclusiones: Mayor consumo de alimento del lote suplementado con *Stevia*: 40.5 %. Mayor ganancia de peso corporal de los corderos suplementados con *Stevia* hasta el destete: 8.3 %. Disminución de mortalidad de los corderos suplementados con *Stevia*: 9.1 %. Diferencial del costo de alimento suplementado con *Stevia* contrastado con pérdidas por mortalidad de corderos de: 26.29 %.

Palabras clave: dieta, inclusión, *Stevia Rebaudiana Bertoni*, corderos, tropicales

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la sociedad ha ido cambiando sus hábitos alimenticios, reemplazando algunos alimentos ricos en grasas y carbohidratos por otros con menor contenido de los mismos. Debido a esta tendencia por parte de los consumidores, se han introducido en el mercado diferentes productos naturales y artificiales, los cuales poseen un sabor similar al de los azúcares, pero su aporte calórico es mucho menor y en algunos casos es nulo. Muchas de estas sustancias, al ser consumidas en exceso, son nocivas para la salud por lo cual han sido prohibidas en muchas partes del mundo y actualmente buscan ser reemplazadas por endulzantes naturales que no sean potencialmente peligrosos para su consumo. La *Stevia Rebaudiana Bertoni* es una planta que crece en el norte Argentino, en Paraguay y Brasil. Antiguamente los Guaraníes la utilizaban para endulzar sus alimentos, de ahí proviene su nombre vulgar *Kaá-heé* o hierba dulce, Wikipedia, (2013). Esta planta contiene en sus hojas una serie de sustancias denominadas glucósidos, que se caracterizan por presentar un sabor que comparado con el del azúcar es entre 200 y 300 veces mayor. Además de ser endulzantes, estos compuestos, presentan una serie de efectos beneficiosos para el organismo, debido a que pueden ser consumidos por personas diabéticas, ayudan a regular el azúcar en sangre, regulan la presión arterial, sirven para el cuidado facial, previenen el acné, reducen la acidez estomacal, previenen

la aparición de caries, son estables a altas temperaturas y en un amplio rango de pH, no son cancerígenos, mutagénicos ni tienen efectos tóxicos, entre otros Macía *et al.*, (2002).

En la ganadería se ha utilizado 2 % de *Stevia* en polvo mezclado con el forraje por día en la alimentación de bovinos, con resultados de incremento en su consumo e incremento del 2 % de peso corporal con respecto a los lotes donde no se aplicó la *Stevia*, Manual técnico de producción de *Stevia*, (2008).

En la venta de productos para elaboración de dietas animales, actualmente, se comercializan aditivos aromáticos en forma de premezcla, para utilizarse en especies como bovinos, caballos y cerdos, que tienen como principal objetivo incentivar el consumo del alimento de los animales de diferentes especies, basados en la intensidad de aromas para estimular los receptores olfativos del animal aumentando la apetencia y de esta forma el consumo del alimento. Actualmente figura en el listado de aditivos autorizados publicado por la Comisión Europea conforme al Reglamento (CE) N° 1831/2003 European Union Register of Feed Additives, Apsarom (2013). La *Stevia* es un producto natural contemplado como aditivo conforme a la Directiva 70/524/CE del Consejo sobre aditivos en alimentos para animales (2004/C50/01), NOR-FEED. SUD. 2013.

García y Col, (2009) realizaron un trabajo en corderos lactantes y destetados, de la raza Lacaune adicionando a la dietas con aromatizantes fuertes como la canela, ajo y orégano en polvo y endulzándolos con *Stevia*, también en polvo a razón de 2 g/kg de forraje. En general, se observó mayor consumo de las dietas que contenían *Stevia*. Al continuar el trabajo en la fase de la engorda, los tratamientos que se adicionaron aromatizantes con *Stevia* fueron similares estadísticamente en consumo y ganancia de peso, con el tratamiento sin aromatizantes y sin *Stevia*.

En otras especies como en caballos, se ha utilizado como tranquilizante natural reductor del stress. La indicación de su uso es como preventivo para manejos de vacunación, destete y transporte de animales, prácticas que por sí solas incrementan el stress y por lo tanto disminución de defensas de anticuerpos incrementando el riesgo de presencia de enfermedades, tales como neumonías o casos de *Mannheimiosis* sistémicas. También recomiendan su uso antes del sacrificio de los animales, mejorando la calidad de los productos cárnicos.

Han utilizado la *Stevia* en porcinos durante 50 días a partir del destete, suministrando a los lechones el extracto de *Stevia* mezclado por agua, a la razón de 30 ml en 5 litros de agua. Los resultados indican que no presentaron enfermedades respiratorias. También mejora la calidad de la carne y su cotización en el mercado

Manual técnico de producción de *Stevia*, (2008). Vidales *et al.* (2013) evaluaron los parámetros productivos y la prevalencia de diarrea en lechones destetados a los 21 días y hasta la quinta semana postdestete, suministrando Orégano y *Stevia*. Los resultados indican que la prevalencia de diarrea con la asociación de Orégano y *Stevia* fue significativamente menor ($P < 0.05$) que en el control en la primera semana postdestete y no se aislaron cepas de *Escherichia coli* enteropatógenas de muestras de materia fecal diarreicas provenientes de los tratamientos con aditivos vegetales, diferenciándose con lo hallado en el control. Las ganancias de peso acumuladas fueron superiores con Orégano y *Stevia*, 626 y 960 g/día respectivamente, y no se observó además depresión en el consumo de alimento. La inclusión de productos naturales como el Orégano y la *Stevia* en las raciones de lechones destetados podría constituir una herramienta importante para mejorar el desempeño productivo en los animales. La experiencia en pollos, donde se ha suministrado *Stevia* mezclada con el balanceado, suministrando 2% de hojas molidas de *Stevia* al balanceado y en el agua al suministrar 10 ml en 5 litros de agua diariamente y a los 43 días, en el momento del sacrificio se observó que aquellos que la consumieron pesaron en promedio 150 gramos más que aquellos que no lo hicieron. También disminuyó la mortandad Manual técnico de producción de *Stevia*, (2008). Sehar *et al.*, (2008), encontraron que suministrando esteviósido a distintas dosis a ratas promovió la función de fagocitosis demostrado por un incremento de la inmunidad humoral. Experimentos in vitro también demostraron el efecto estimulante del esteviósido en la actividad fagocítica y en la proliferación de células B y T. Estos resultados apoyan la hipótesis de que el consumo oral del esteviósido, puede ser útil en la promoción de la inmunidad contra la infección por microorganismos.

Achucarro *et al.*, (2009), realizaron un estudio comparativo para evaluar la actividad anti helmíntica in vitro de varias formulaciones de la planta *Stevia rebaudiana* Bertoni (SRB), ka'á he'ê, y el steviósido según la técnica de motilidad y supervivencia de la lombriz de la tierra utilizada como modelo biológico, encontrando que hay actividad antihelmíntica evidente de la SRB, en solución de extracto alcohólico al 1 % y al 10 % y en solución de extracto acuoso al 10% así como el Mebendazol pero éste en mucho menor proporción y en 10 veces más tiempo. Achucarro, *et al* (2011), realizaron un ensayo clínico en Adultos y niños, parasitados con helmintos y protozoarios consistieron en administrar comprimidos de *S. rebaudiana* (SRB) o mebendazol-tinidazol (MBZ-TNZ), ambos en preparaciones farmacéuticas comerciales. En los adultos SRB y MBZ-TNZ redujeron en forma similar la infección por protozoarios y helmintos y el número de eventos adversos informados

para el tratamiento convencional fue mayor que para SRB ($p < 0,02$). Y en niños portadores de parásitos intestinales (protozoarios y helmintos), mayoritariamente en co-infección. *S. rebaudiana* redujo significativamente ($p < 0,001$) la frecuencia de protozoarios en los niños frente a lo obtenido con MBZ-TNZ, además redujo la frecuencia de helmintos de manera similar a MBZ-TNZ ($p > 0,05$). No se registraron efectos adversos asociados a los tratamientos a los niños/as. El color y apariencia de la carne se encuentran dentro de los principales atributos de calidad que influyen en la decisión de compra del consumidor.

Con estos antecedentes pecuarios se hizo muy atractivo desarrollar experimento en ovinos. El objetivo fue evaluar la inclusión de *Stevia rebaudiana* Bertoni suministrado en el alimento en corderos lactantes sobre ganancia diaria promedio, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad perinatal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Unidad de Investigación Ovina del campo Experimental Mochá, Yucatán, perteneciente al INIFAP. De una plantación de *Stevia Rebaudiana Bertoni* variedad criolla, se recolectó la planta en una proporción de tallos/hojas de 70:30, se dejó secar al aire libre en sombra y se recolectó en bolsas. En laboratorio, las plantas se secaron durante 30 minutos en una estufa de aire forzado, para secado final. Posteriormente se molió la planta seca con tallos y hojas, convirtiéndolas en polvo. Se mezcló con el alimento comercial con 18 % P.C. que contenía sustituto de leche en polvo. Un alimento sin Stevia y otro con Stevia al 0.5 %. Dicho alimento se suplementó a los corderos. Se utilizaron 96 corderos lactantes de las razas Pelibuey y Blackbelly, nacidos los meses de octubre – noviembre y se terminó de suplementar a principios del mes de enero. Se fueron distribuyendo al azar conforme fueron pariendo las borregas y naciendo los corderos, en dos lotes (lote 1= con Stevia y lote 2= sin stevia). La inclusión del alimento se efectuó cuando los corderos cumplieron 15 días de edad en promedio y terminó cuando cumplieron 60 días en promedio, fecha en que ocurrió el destete. Las madres de cada lote siempre permanecieron con sus corderos hasta el momento del destete. Se utilizaron excludores para separar los corderos de las madres y garantizar la suplementación a los corderos. Se marcaron con collar de colores madres y corderos para poder identificar a cada lote. Todos los corderos lactantes estuvieron en temporada de frío del invierno y nortes con lluvia y viento. Lote 1: suplemento alimento comercial

16 % PC con Stevia en polvo. Lote 2: suplemento alimento comercial 16 % PC sin *Stevia* en polvo 0.5 %. Las madres y corderos salieron a pastorear juntos los dos lotes a la pradera a partir de las 6:30 am hasta las 12:30 pm. Al regresar del potrero, se separaron las borregas y corderos utilizando una manga de manejo para separar los lotes por colores. Todos los días se suministro alimento pesado para poder cuantificar la cantidad proporcionada a cada lote. Los datos se capturaron en una Base de datos de EXCELL, para posteriormente transferirla al programa estadístico del SAS (SAS Institute Inc., 2009). También se capturaron los costos del alimento y se estimo un costo para la *Stevia*. Las variables de respuesta fueron peso al nacer (PN), peso al destete - 60 días de edad (PD), ganancia diaria promedio (GDP), consumo de alimento por lote -con y sin *Stevia* (CA), sobrevivencia (SC) y mortalidad de corderos (MC). Se utilizo un modelo de efectos fijos para el análisis estadístico. Para efecto de darle un valor a la *Stevia* se recurrió al precio comercial en el mercado, tomando en cuenta que se utilizó *Stevia* de segunda calidad no destinada para consumo humano. También para proporcionar el precio comercial de un cordero al destete se recurrió a las asociaciones ganaderas especializadas locales de ovinos de Yucatán, donde se obtuvo un precio promedio. También se realizó un análisis de costos tomando en cuenta la cantidad de alimento y mortalidad de corderos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1, podemos observar que para PN y PD no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), con *Stevia* fue de $2.98 \pm 0.64_a$ kg vs sin *Stevia* $3.10 \pm 0.58_a$ kg; PD $13.52 \pm 3.46_a$ kg vs $12.48 \pm 2.91_a$ kg, respectivamente. En cuanto a la GDP se encontró diferencia estadística ($P < 0.01$), con *Stevia* fue de $175.42 \pm 3.46_b$ gr/día kg vs sin *Stevia* fue de $155.30 \pm 2.91_a$ gr/día, respectivamente, coincidiendo con resultados similares en bovinos de incremento de peso corporal Manual técnico de producción de *Stevia*, (2008).

Para CA se encontró un incremento del 40.5 % del lote con *Stevia* en comparación con el testigo sin *Stevia*, el promedio del consumo de alimento fue superior en 23.8 % para el lote con *Stevia* en comparación al lote sin *Stevia*, estos resultados coinciden con Apsarom (2013), Manual técnico de producción de *Stevia* (2008) y García *et al.* (2009).

En lo que se refiere a sobrevivencia y mortalidad de corderos se observa

para la primera una diferencia del 9.1 % a favor del lote suplementado con *Stevia* y el lote testigo, encontrando diferencia estadística ($P < 0.01$), mientras que para la mortalidad se encontró una diferencia estadística ($P < 0.01$), para el tratamiento con *Stevia* vs el de no *Stevia*. Estos resultados coinciden a los comentados para el caso de porcinos con disminución de enfermedades respiratorias, Manual técnico de producción de *Stevia*, 2008 y de disminución de enfermedades diarreicas comentadas por Vidales y Col., 2013. También se pueden explicar los resultados por el trabajo de Sehar *et al.* (2008), donde incrementaron la inmunidad humoral al proporcionar con uso de la *Stevia*.

Cuadro 1

comparación de lotes suplementados con/sin *Stevia* con las variables de producción en ovinos tropicales.

	Lote 1 (n= 51)	Lote 2 (n= 45)	Promedio General
Peso nacer	2.98 ± 0.64 _a kg	3.10 ± 0.58 _a kg	3.04 kg
Peso 60 días edad	13.52 ± 3.46 _a kg	12.48 ± 2.91 _a kg	13.0 kg
Ganancia diaria Promedio 60 días	175.42 ± 3.46 _b gr/día	155.30 ± 2.91 _a gr/día	165.36 gr/día
Consumo alimento por lote	260 kg	185 kg	222.5 kg
Promedio consumo alimento/cordero	5.09 kg	4.11 kg	4.6 kg
Sobrevivencia corderos	98.03 _b %	88.88 _a %	93.75%
Mortalidad corderos	1.97 _b %	11.12 _a %	6.25%

En el cuadro 2, observamos la ya anteriormente mencionada mortalidad por tratamiento, lo que represento en total 6 animales muertos, uno del lote con *Stevia* y 5 del lote sin *Stevia*, estos resultados coinciden para otras especies por Manual técnico de producción de *Stevia*, (2008) y Vidales y Col., (2013). Al aplicar los costos de las pérdidas, se considero un valor de 450.00/por cordero al destete (Asociaciones Ganaderas de Yucatán), teniendo así en el tratamiento control una pérdida de \$2,250.00 vs \$450.00 del tratamiento con *Stevia*. Si lo contrastamos con el valor del alimento comercial preparado con *Stevia* (\$5.20/kg) y el alimento sin *Stevia* (\$4.75/kg) al aplicarlo por el total consumido por cada lote, tenemos que el lote donde se aplico *Stevia* se incremento en un 53.8 % con respecto al de no *Stevia*. La diferencia entre lotes costeados fue de \$473.25 pesos.

Cuadro 2

Comparación de la mortalidad, valor de corderos y alimento comercial en los lotes con/sin Stevia

	Lote 1 (n= 51)	Lote 2 (n= 45)	Promedio General
Mortalidad corderos	1.97 %	11.12 %	6.25 %
Número de corderos muertos	1	5	6
Valor de corderos muertos al 60 días	\$ 450	\$2250	\$2700
Valor de alimento comercial por kg	\$5.20	\$4.75	\$4.97
Valor del alimento comercial suplementado/lote	\$1352.00	\$878.75	\$1115.37
Diferencial de costo lote1/lote 2	\$473.25		

En el cuadro 3, observamos la diferencia de \$1,800.00 pesos de la pérdida económica atribuida a la mortalidad por cada lote, siendo mayor en el lote sin *Stevia*. También observamos la diferencia de \$473.25 pesos, que represento el alimento con y sin *Stevia* por lote suplementado.

Cuadro 3

Comparación del costeo de ganancia y pérdidas en corderos suplementados con/sin Stevia en polvo

	Lote 1 (n= 51)	Lote 2 (n= 45)	Promedio General
Valor de corderos muertos al día 60	\$ 450.00	\$2250.00	\$2700.00
Diferencial de costo pérdidas lote1/ lote 2		\$1800.00	
Valor de alimento comercial por kg	\$5.20	\$4.75	\$4.97
Valor del alimento comercial suplementado/lote	\$1352.00	\$878.75	\$1115.37
Diferencial de costo alimento del lote1/ lote 2	\$473.25		

En el cuadro 4, de forma de resumen, observamos la comparación de los dos diferenciales, por un lado el de la pérdida por los corderos muertos y por el otro el incremento del consumo de alimento en base a su valor económico. Aunque fue mayor el consumo de alimento se pago ya que represento menos pérdidas por los corderos muertos. Cabe mencionarse que la época del año elegida para el trabajo, todos los corderos estuvieron expuestos a los nortes (frio y con lluvia).

Cuadro 4

Comparación de costeo de ganancia y pérdidas en corderos suplementados con/sin Stevia en polvo

	Lote 1 n= 51)	Lote 2 (n= 45)	Promedio General
Diferencial de costo pérdidas por mortalidad lote1/lote 2		\$1800.00	
Diferencial de costo del alimento del lote1/lote 2	\$473.25		

CONCLUSIONES

Mayor consumo de alimento del lote suplementado con *Stevia*: 40.5 %, Mayor ganancia de peso corporal de los corderos suplementados con *Stevia* hasta el destete: 8.3 %, Disminución de mortalidad de los corderos suplementados con *Stevia*: 9.1 %, Diferencial del costo de alimento suplementado con *Stevia* contrastado con pérdidas por mortalidad de corderos de: 26.29 %.

LITERATURA CITADA

Macía. E, Monesterolo, M y Toselli, L., 2002. Evaluación de los procesos de extracción y purificación de los compuestos endulzantes de la hoja de *Stevia Rebaudiana*. Facultad Regional Villa María, Universidad Tecnológica Nacional, Grupo de Investigación en Simulación para Ingeniería Química, Villa María, Córdoba, Argentina.

Referencias informáticas

Achucarro C, Echagüe G, Sosa L, Ferro E, Sckell C, Ferreira M, Pistilli N, Alborno RM. Actividad Antihelmíntica de la *Stevia rebaudiana* Bertoni (SRB) ka'á he'ê: Primera etapa del proyecto de investigación con lombricus terrestres *. An. Fac. Cienc. Méd. (Asunción), Jun 2009, vol.42, no.1, p.19-26. ISSN 1816-8949. Disponible en http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_

arttext&pid=S1816-89492009000100003&Ing=es&nrm=iso accedido en 08 marzo 2015 .

Achucarro C, Ferro EA, Richer Y, Salazar ME, Ciciolli S, Ortiz I, Campos S, Sckell C, Samudio M, Alborno RM, Meza B, Varela I, Losanto J, Pedrozo JR. Evaluación clínica preliminar del efecto antiparasitario de *Stevia rebaudiana Bertoni* (ka`a he ê) en adultos y niños. An. Fac. Cienc. Méd. Asunción), Asunción, I.44,no.2,dic. 2011 p.35-46 .Disponible en

http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1816-89492011000200004&Ing=es&nrm=iso accedido en 08 marzo 2015.

Apsarom, 2013. Ficha técnica: Apsarom melaza anis. Andres pinatuba, S.A. http://www.pintaluba.com/2012/pintaluba/ftp/340_20130603121654.pdf

García. I. I. Molina E., d. Villalba D., Gallego B. y Gracia J.L. 2009. El efecto de cuatro aromatizantes sobre la aceptabilidad del pienso y el crecimiento de corderos en la fase de iniciación. Departamento de Producción Animal. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de Lleida, Huesca. Albéitar, núm. 123. pág. 62 - pág. 63.

<http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/5676/ARTICULOS-NUTRICION-ARCHIVO/Efecto-de-cuatro-aromatizantes-sobre-la-aceptabilidad-del-pienso-y-el-crecimiento-de-corderos-en-fase-de-iniciacion.html>.

Manual técnico de producción de Stevia, 2008. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Equipo de Desarrollo Agropecuario de Cajamarca (EDAC) e INCAGRO. <http://agricultura-ecologica.servidor-alicante.com/documentos-agricultura-ecologica/Agricultura-Ecologica-Manual-tecnico-de-produccion-de-Stevia.pdf>.

NOR-FEED. SUD. 2013. Plantas y extractos en la alimentación animal. Durelax. Nor-Sweet. <http://www.nor-feedsud.fr/index.php/es/especies-es/caballos-es/durelax-es>.

Vidales G., Bérèterbide J., Duverne L., Echevarría L. y Mazieres J. 2013. evaluación de los parámetros de producción en lechones destetados alimentados con raciones adicionadas con *Origanum sp* y *Stevia rebaudiana*. Volumen 20 (número 1). Revista Computadorizada de Producción Porcina. Universidad Nacional de Luján, C.C. 221 6700, Luján. Buenos Aires, Argentina. <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/nutricion/articulos/evaluacion-parametros-produccion-lechones-t5037/141-p0.htm>.

Sehar I et al. 2008. Citado por Loria KohenViviana. I Informe científico. La *Stevia* y su papel en la salud. <http://biostevera.com/wp-content/uploads/2014/11/07->

La-stevia-y-su-papel-en-la-salud-Informe-cient%C3%ADfico-por-Truv%C3%ADDa.pdf

SAS Institute Inc. 2009.SAS. Cary. NC,USA. <http://www.sas.com/>

Wikipedia enciclopedia, 2013. http://es.wikipedia.org/wiki/Stevia_rebaudiana

**EFFECTO DE ESPECIE Y EDAD AL CORTE DE CINCO GRAMÍNEAS
INTRODUCIDAS A HUEYTAMALCO, PUEBLA SOBRE LAS FRACCIONES DE
PROTEÍNA.**

**EFFECT OF SPECIES AND AGE TO HARVEST OF FIVE TROPICAL GRASSES
INTRODUCES TO HUEYTAMALCO, PUEBLA ON PROTEIN FRACTIONS.**

Ramírez GJJM^{*1}, Carrillo PS², Hernández HH², Corona GL³, Castrejón PFA³

*1 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Sitio Experimental Las Margaritas. Kilómetro 9.5 Carretera Hueytamalco-Tenampulco. Las Margaritas Hueytamalco Puebla.

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

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue el de evaluar el efecto de la especie y la edad al corte sobre las fracciones de proteína en 5 gramíneas: Estrella de África (EA, *Cynodon plectostachyus*), Mombasa (MO, *Panicum máximum*), Chetumal (CH, *Brachiaria humidicola*), Insurgente (IN; *Brachiaria brizantha*), Mulato (MU, *Brachiaria brizantha ruzizensis*), el experimento se realizó a partir de un diseño experimental de parcelas divididas, donde la parcela grande fue gramínea y parcela chica edad de corte (21, 28 y 35 días), con cuatro repeticiones. Las muestras de forraje (planta completa) se obtuvieron en época de lluvias (Mayo-septiembre) en el Sitio Experimental “Las Margaritas”, en Hueytamalco, Puebla con clima subtropical húmedo Af (c) situado a 450 msnm. A las parcelas de 3 x 6 m se hizo un corte de uniformidad, posteriormente a este se eliminó un metro de cada lado y del centro se obtuvo el material vegetativo realizando el corte a 5 cm del suelo dentro de un cuadrante de 1 m² siempre colocado en la misma posición. El material se deshidrató en estufa de aire forzado continuo a 55 °C y molió en molino Wiley con criba de 1 milímetro (mm). A las muestras molidas se les determinó el contenido de PB y fracciones A, B1, B2, B3 y C de proteína según propuesta de la Universidad de Cornell (CNCPS). Los resultados se evaluaron por medio del análisis de varianza del diseño antes descrito, la prueba de medias para especie con Tukey, y el efecto de edad por polinomios ortogonales (SAS). Hubo efecto (P<0.05) de la interacción especie*edad sobre el contenido de A1 y B1. No se

observó efecto de especie sobre % PB ($P= 0.058$; 8.12^a, 7.54^a, 7.64^a, 7.28^a, 8.55^a); Las fracciones de proteína como % de PB fueron: % A ($P=0.002$; 11.83^b, 13.83^b, 25.83^a, 13.08^b, 19.50^{ab}); % B1($P=0.003$; 16.75^{ab}, 18.58^a, 13.91^{bc}, 13.58^{bc}, 11.41^c); %B2 ($P=0.3$; 11.25^a, 12.66^a, 9.33^a, 13.91^a, 12.25^a); % B3 ($P=0.03$; 18.25^{ab}, 16.25^{ab}, 12.83^b, 25.91^a, 24.16^{ab}); y %C ($P=0.$; 41.75^a, 35.58^a, 38.16^a, 33.25^a, 32.66^a), para EA, MO, CH, IN y MU, respectivamente. No hubo ($P>0.05$) efecto de edad al corte sobre %PB, %A y %B3. Al incrementarse la edad al corte, se incrementó (efecto lineal) %B1 ($P=0.057$, 12.50^b, 14.65^{ab} y 17.40^a) y %B2 ($p<0.05$; 7.09^b, 12.45^{ab}, 15.30^a) y disminuyó (efecto lineal) %C ($P=0.0016$; 40.45^a, 38.35^a, 31.35^b), para 21, 28, 35 días, respectivamente. Se concluye que las gramíneas introducidas al trópico presentan cambios en contenido de fracciones de proteína particulares a cada especie y estos dependen de la edad al corte.

Palabras clave: Especies, Gramíneas, Fracciones de proteína.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en México desde sus inicios se ha desarrollado como una actividad predominante extensiva, y los pastos naturales han sido la base de la alimentación animal. Al animal se le dejaba por largos periodos de tiempo para alimentarse en las praderas naturales, hasta alcanzar el peso adecuado para ser vendido. Este tipo de ganadería fue eficiente para las demandas anteriores, pero la demanda actual exige incrementar la producción con base en la disponibilidad de pastos de buena calidad, la escases de estos es una de las principales limitantes para optimizar la alimentación y producción animal. Peralta et al.,(2007). Por esto la introducción de nuevas especies y variedades de pastos tropicales, es una forma de contribuir al desarrollo tecnológico de las nuevas gramíneas, para poder establecerlas en praderas y así obtener una mejor producción de forraje de buena calidad todo el año y con un menor costo de producción. Mena et al., (2007). En cuanto al contenido de nutrimentos en la actualidad los forrajes deben ser evaluados en función a las fracciones de la proteína debido a que cada fracción tiene distinto sitio y velocidad de fermentación o digestión. De acuerdo con los investigadores de la Universidad de Cornell Licitra (1993), la fracción A corresponde al nitrógeno no proteínico (NNP), la fracción B1 es la proteína verdadera soluble que se fermenta rápidamente en el rumen, la fracción B2 es proteína verdadera que se fermenta lentamente en el rumen, la proteína B3 corresponde a proteína de sobre paso (protegida de la fermentación

del rumen por estar entre las capas de pared celular) y es digerida en el intestino, y la fracción C que corresponde a la proteína completamente indigestible (ligada a la FDA). Por la importancia que representa la introducción de nuevas especies forrajeras que mejor se adapten a las condiciones climáticas y edáficas de una localidad o región, se deben estudiar a fondo dichas especies forrajeras así como sus características nutritivas y el comportamiento de esa composición al cambiar la edad de la planta, en las diferentes zonas en las que son introducidas. Al hacer una revisión bibliográfica se encontró que no hay una cantidad suficiente de estudios sobre el efecto que produce la edad al corte sobre las fracciones (A, B1, B2, B3 y C) de la proteína, por tal razón se elaboró la presente investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Sitio Experimental “Las Margaritas” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-SAGARPA), localizado en el km 9.5 de la carretera Hueytamalco-Tenampulco, en el Estado de Puebla. Ubicado a 19°45' 23.75" latitud norte y 97°17' 02.76" longitud oeste, a una altura de 450-550 msnm. En las estribaciones de la Sierra Nororiental de Puebla, en una zona de transición entre clima templado y tropical. El clima corresponde al tipo A(f)c (García, 1998), según la clasificación de García (1998) y se caracteriza por presentar una precipitación pluvial de 2,960 mm promedio anual y temperatura media de 21°C, con valores extremos de 31 °C como máxima y 6 °C como mínima y una humedad relativa del 90 %. La distribución de las lluvias comprende de junio a mediados de octubre (80 %); de octubre a mediados de febrero se presentan los llamados “nortes” o época invernal; y entre febrero y mediados de junio ocurre la época de menor precipitación. El relieve de la región es accidentado, en su mayoría con pendientes de 10-35%. Los suelos están caracterizados como Ultisoles y Oxisoles, con textura migajón arcillo-arenosa, de color café claro a café oscuro; el pH es ácido de 4.5-5.5. La vegetación natural está constituida por Selva Mediana y Bosque de encino tropical que al perturbarse induce la aparición y establecimiento de gramas nativas, principalmente de los géneros *Axonopus spp* y *Paspalum spp*.

Las muestras se obtuvieron del jardín de introducción para la evaluación de gramíneas del S.E. Las Margaritas. Después de la preparación del suelo con barbecho, paso de rastra y surcado a 0.7 m entre surco y surco, se trazaron parcelas de 3 x 6 m, Las parcelas de Estrella de África se establecieron por material vegetativo, y las otras 4 restantes fueron generadas en invernadero, posteriormente fueron

trasplantadas (mismo número de cada especie por parcela) a 25 cm entre planta y planta y la distancia entre surcos indicada dentro de la parcela, luego como se explicó anteriormente, se realizó el corte de uniformidad, posteriormente a través de un diseño experimental de parcelas divididas con cuatro repeticiones, en la época de lluvias (junio a octubre de 2009), se eliminó un metro de cada lado de la parcela para evitar efecto de orilla, y del centro se obtuvo con un cuadrante de metal (1 m²) el material vegetativo correspondiente a las siguientes gramíneas: estrella de África (*Cynodon plestostachyus*), Mombasa (*Panicum máximo*), Insurgente (*Brachiaria brizantha*), Chetumal (*Brachiaria humidicola*), Mulato (*Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*); estas se cosecharon a los 21, 28 y 35 días de rebrote, colocando siempre el cuadrante en el mismo orden; las alturas de corte de las especies de crecimiento bajo: estrella de África y Chetumal, fue a 10 cm del suelo y en las especies semi-amacolladas: Insurgente y Mulato y Mombasa fue a 20 cm. El material se fue deshidratado en estufa de aire forzado continuo a 55 °C y molido en molino Wiley (Modelo 4, Arthur H. Thomas Co. Philadelphia, PA) con criba de 1 milímetro.

Las muestras obtenidas, se analizaron en el laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de México. (FMVZ-UNAM), se realizó la determinación de fracciones de la proteína (A, B1, B2, B3 y C) en los forrajes del estudio, para calcular estas fue necesario primero analizar el contenido en porcentaje (%) de nitrógeno total, nitrógeno insoluble a través de la técnica de *Krishnamoorthy et. al.*, 1982⁴ y expresarlo en términos de proteína, N*6.25 (% PINS); en la parte soluble determinar el % de proteína verdadera soluble (% PVS) a partir de la técnica de *Krishnamoorthy et. al.*, 1982⁴; además, analizar el N presente en el residuo de la FDN y FDA y con los resultados calcular (N*6.25) la PB ligada al residuo de FDN (% PBFND) y PB ligada al residuo de FDA (% PBFDA), según la técnica propuesta por VanSoest et al. (1991)³.

Con esos resultados se calcularon las fracciones de la proteína en la siguiente forma propuesta por Licitra et al. (1993):

- % Fracción A = % PB - % PINS – % PVS.
- % Fracción B1 = % PVS.
- % Fracción B2 = % PINS - % PBFND.
- % Fracción B3 = % PBFND - % PBFDA.
- % Fracción C = % PBFDA Los resultados se evaluaron por medio del análisis de varianza del diseño antes descrito, la prueba de medias para especie con Tukey, y el efecto de edad por polinomios ortogonales (SAS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestra la composición de PB para los cinco cultivares y edad al corte. El contenido de PB fue similar ($P>0.05$) para las especies y el intervalo se situó entre 7.25 % de Insurgente y 8.50 % registrado en mulato; estos resultados en cuanto a la cantidad fueron similares a los que De la Luz et al. (2014) reportaron en las mismas especies cosechadas en “La Posta, Paso del Toro, Ver., sin embargo, en aquel estudio si se registró diferencia ($P<0.05$) entre especies. En cuanto a edad no hubo ($P>0.05$) efecto de esta sobre el contenido de PB, este resultado difiere del reportado por De la Luz et al. (2014), indicando que las diferencias en las condiciones meteorológicas de ambos centros de investigación producen distinta respuesta en el contenido de PB de las gramíneas estudiadas.

Cuadro 1

Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) para proteína bruta (PB), según efectos de cultivares, frecuencia de rebrote y tratamientos individuales, y pruebas de contrastes.^{1/} Tukey^{2/}

CULTIVAR		&PB			
Mulato		8.50a			
Estrella de África		8.00a			
Chetumal		7.66a			
Mombasa		7.58a			
Insurgente		7.25a			
*Trat. Individual	% PB	Trat. Individual	% PB	Trat.	% PB
Mu 28 d	9.25 a	EA 28 d	8.00 a	In 28 d	7.25 a
Mo 21 d	8.75 a	Mu 35 d	7.75 a	Ch 21 d	7.25 a
EA 21 d	8.75 a	Ch 28 d	7.75 a	In 35 d	7.25 a
Mu 21 d	8.50 a	EA 21 d	7.25 a	Mo 35 d	7.25 a
Ch 35 d	8.00 a	In 21 d	7.25 a	Mo 28 d	6.75 a

Contrastes; Frecuencia de rebrote

Efecto lineal NS Efecto cuadrático NS

^{1/} EA: Estrella de África; In: Insurgente; Mu: Mulato; Ch: Chetumal; Mo: Mombasa; d: días; NS: no significativo.

^{2/} literales diferentes dentro de cultivares, frecuencias de rebrote o tratamientos individuales indican diferencia estadística ($P<0.05$); *: tratamiento.

La composición de las fracciones de proteína en las muestras de gramíneas del presente estudio, se muestra en el Cuadro 2. El porcentaje de las fracciones de

proteína A, B1 y B3 presentó diferencia altamente significativa entre especies ($p < 0.01$) y las fracciones B2 y C no significativa ($p > 0.05$). Para la edad al corte las fracciones B1 y C tuvieron distintas concentraciones ($p < 0.01$), B2 fue significativa ($p < 0.05$) y A y B3 no significativa ($p > 0.05$). La interacción gramínea x edad al corte fue significativa ($p < 0.01$) para las fracciones A y B1; en cambio en las fracciones B2, B3 y C la interacción no fue significativa ($p > 0.05$).

En la fracción (A) Chetumal registró el mayor porcentaje (25.83 %), siendo muy diferente a Estrella de África (11.83 %); en la fracción (B1) Mombasa alcanzo el mayor porcentaje (18.58 %), siendo muy diferente a Mulato (11.41 %); en la fracción (B2) Insurgente registró el mayor porcentaje (13.91 %), siendo muy diferente a Chetumal (9.33 %); en la fracción (B3) Insurgente obtuvo el mayor porcentaje (25.91 %), siendo muy diferente a Chetumal (12.83 %) y en la fracción (C) Estrella de África alcanzo (41.75 %), siendo muy diferente a Mulato (32.66 %). Los resultados de la presente investigación en cuanto a la proporción que cada fracción tiene respecto al contenido de proteína total, son similares a los que las mismas gramíneas registraron en el estudio similar realizado en "La Posta", Paso del Toro, Ver., no obstante se obtuvieron algunas diferencias en cuanto al efecto de la distinta edad al corte debido, como ya se indicó, a los factores climatológicos distintos entre ambas localidades de estudio. En la fracción A el contenido a los: 21, 28 y 35 días, fue similar (17.65, 16.60 y 16.20 %, respectivamente), en la fracción B1 hubo diferencia ($P < 0.05$) entre los 21 (12.50 %) y 35 días al corte (17.40 %). Ese comportamiento fue similar en la fracción B2, el mayor ($P < 0.05$) contenido se presentó a 35 días 15.30 %, la menor cantidad se registró a los 21 días (7.90 %). En la fracción B3 no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre los días al corte, el valor se encontró en el intervalo 22.60 % registrado a 35 días al corte y 17.65 % registrado a los 28 días al corte. En la fracción C el mayor contenido se registró en el corte efectuado a los 21 días (40.45 %) y la menor concentración se registró a los 35 días al corte (31.35 %).

Mediante la prueba de contrastes, el efecto lineal es altamente significativo ($p < 0.01$) en las fracciones B1, B2 y C y no significativo ($p > 0.05$) las fracciones A y B3, el efecto cuadrático es no significativo ($p > 0.05$) en todas las fracciones.

Cuadro 2

Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), para fracciones de proteína, según efectos de cultivares, frecuencia de rebrote y tratamientos, y pruebas de contrastes.^{1/}

Concepto	Fracciones de Proteína (%) ^{2/}									
	A	B1		B2		B3		C		
Cultivar (Tukey)	Ch	25.83 a	Mo	18.58 a	In	13.91 a	In	25.91 a	EA	41.75 a
	Mu	19.50 ab	EA	16.75 ab	Mo	12.66 a	Mu	24.16 ab	Mo	35.58 a
	Mo	13.83 b	Ch	13.91 bc	Mu	12.25 a	EA	18.25 ab	Ch	38.16 a
	In	13.08 b	In	13.58 bc	EA	11.25 a	Mo	16.25 ab	In	33.25 a
	EA	11.83 b	Mu	11.41 c	Ch	9.33 a	Ch	12.83 b	Mu	32.66 a
Frecuencia de rebrote (Tukey)	35d	17.65 a	35 d	17.40 a	35d	15.30 a	21d	22.60 a	21d	41.75 a
	21d	16.60 a	28 d	14.65 ab	28d	12.45 ab	35d	18.20 a	28d	35.58 a
	28d	16.20 a	21 d	12.50 b	21d	7.90 b	28d	17.65 a	35d	38.16 a
Tratamientos individuales	Ch 35d	29.25 a	Mo 35d	24.25 a	In 28d	19.75 a	In 21d	32.00 a	EA 28d	49.25 a
	Ch 28d	27.75 ab	Mo 28d	21.00 ab	EA 35d	19.50 a	Mo 21d	28.50 a	Ch 21d	47.50 a
	Mu 28d	25.00 abc	EA 35d	20.50 abc	Mo 35d	17.50 a	Mu 35d	26.00 a	Mo 28d	47.25 a
	Mo 21d	22.00 abc	EA 21d	17.75 abcd	Ch 35d	14.50 a	Mu 21d	25.25 a	EA 21d	44.00 a
	Ch 21d	20.50 abc	In 35d	15.00 bcd	Mo 28d	14.25 a	In 28d	24.75 a	Mu 21d	42.25 a
	In 35d	20.50 abc	In 28d	14.25 bcd	Mu 35d	13.50 a	Mu 28d	21.25 a	Ch 28d	37.25 a
	Mu 35d	19.75 abc	Ch 28d	14.00 bcd	Mu 28d	13.25 a	In 35d	21.00 a	Mo 35d	35.75 a
	EA 21d	16.50 abc	Ch 35d	14.00 bcd	In 35d	11.50 a	EA 35d	18.75 a	In 21d	35.75 a
	Mu 21d	13.75 abc	Ch 21d	13.75 bcd	In 21d	10.50 a	EA 2 d	18.00 a	Mo 21d	32.75 a
	In 21d	10.25 bc	Mu 35d	13.25 bcd	EA 28d	10.50 a	EA 21d	18.00 a	In 28d	32.50 a
	EA 28d	10.00 c	EA 28d	12.00 bcd	Mu 21d	10.00 a	Ch 28d	16.75 a	EA 35d	32.00 a
	Mo 28d	9.75 c	Mu 28d	12.00 bcd	Ch 21 d	9.00 a	Mo 35d	12.75 a	In 35d	31.50 a
	Mo 35d	9.75 c	In 21d	11.50 cd	Mo 21 d	6.25 a	Ch 35d	12.50 a	Ch 35d	29.75 a
EA 35d	9.00 c	MO 21d	10.50 d	Ch 28 d	4.50 a	Ch 21d	9.25 a	Mu 28d	28.00 a	
In 28d	8.50 c	Mu 21d	9.00 d	EA 21d	3.75 a	Mo 28d	7.50 a	Mu 35d	27.75 a	
Contrastes										
E. Lineal	NS	**		**		NS		**		
E. Cuadrático	NS	NS		NS		NS		NS		

^{1/} EA: Estrella de África; In: Insurgente; Mu: Mulato; Ch: Chetumal; Mo: Mombasa; d: días; NS: no significativo; **: altamente significativo.

^{2/} literales diferentes dentro de cultivares, frecuencias de rebrote o tratamientos individuales indican diferencia estadística ($P < 0.05$).

CONCLUSIONES

- Es necesario analizar el contenido de fracciones de la proteína en las gramíneas introducidas que se establecen en distintas regiones del trópico mexicano.
- Las concentraciones de las fracciones de proteína, se modifican con la edad de la especie al corte y en función a los cambios en las condiciones climatológicas que prevalecen en cada región.

LITERATURA CITADA

- De la Luz Á. N., Santiago A. R., López G. I., Corona G. L. y Castrejón P. F. A. 2014. Efecto de especie, edad de rebrote y época del año en Gramíneas introducidas a Veracruz sobre su valor nutritivo y Fracciones de carbohidratos y proteínas. 1ª parte: Estrella de África. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Krishnamoorthy, U.; Soller, H.; Steingass, H.; Menke, K.H. 1995. Energy and protein evaluation of tropical feedstuffs for whole tract and ruminal digestion by chemical analyses and rumen inoculum studies in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 52(3), 177-188.
- Licitra, G.; Hernandez, T. M.; Van Soest, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57(4), 347-358.
- Mena, U. M. A., Hernández, G. A., Enríquez, Q. J. F., Pérez, P. J., Zaragoza, R. J. L., Velasco, Z. M. E., Avellaneda, C. J. 2007. Efecto de asignaciones de forraje, en pastoreo, sobre pasto insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. *Agrociencia*. 41: 1-12.
- Peralta, M. A. 1990. Pasto insurgente *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf. para incrementar la producción de carne y leche en el trópico mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Oaxaca, Oaxaca. 21 p.
- Rodrigo Ortega-Gómez¹, Epigmenio Castillo-Gallegos^{2*}, Jesús Jarillo-Rodríguez², Ramiro Escobar-Hernández¹, Eliazar Ocaña. Nutritive quality of ten grasses during the rainy season in a hot-humid climate and ultisol soil. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13 (2011): 481-491

**USO DE UNA PRUEBA MOLECULAR PARA LA DIFERENCIACION DE
Babesia bovis Y *Babesia bigemina* EN BOVINOS EXPERIMENTALMENTE
INFECTADOS**

**USE A MOLECULAR TEST FOR THE DIFFERENTIATION OF *BABESIA BOVIS*
AND *BABESIA BIGEMINA* IN EXPERIMENTALLY INFECTED CATTLE**

Polanco MDJ¹, *Lira AJJ¹, Aceves HF¹, Álvarez MJA¹, Rojas MC¹, Bautista GCR¹,
Figueroa MJV¹

¹CENID-Parasitología Veterinaria, INIFAP, Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla
No. 8534 Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, México.
Autor para correspondencia: lira.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en detectar molecularmente la presencia del agente causal de la babesiosis bovina en muestras sanguíneas obtenidas de animales experimentalmente infectados y a su vez la diferenciación entre las especies *B. bigemina* y *B. bovis*. Se analizaron las muestras sanguíneas que fueron colectadas durante la fase experimental mediante punción de la vena yugular. Las muestras fueron procesadas con un kit comercial para realizar la extracción y purificación del material genético, posteriormente sirvieron como molde para la eventual amplificación por PCR de una porción de la pequeña sub-unidad ribosomal del gen 18S con los iniciadores genéricos PIRO-A y PIRO-B para *Babesia* spp., observando un fragmento de aproximadamente 400 pb. El uso de las enzimas de restricción (*Box I* y *Msp I*) con los productos de PCR mostraron los patrones de digestión para cada una de las especies, con las muestras de *B. bigemina* digeridas con la enzima *Box I* se obtuvieron fragmentos de aproximadamente 290 y 110 pb, mientras que con la enzima *Msp I* (*B. bovis*) se corroboró la presencia de dos productos de la talla esperada (250 y 150 pb). El uso de la prueba molecular PCR-RFLP es precisa y confiable para la detección y diferenciación de las especies de *Babesia bovis* y/o *Babesia bigemina*. El uso de las herramientas moleculares cada vez son más comunes, debido a que son técnicas que facilitan la detección del parásito durante la fase aguda de la enfermedad y debido a la semi-automatización de la técnica permite la manipulación de un mayor número de muestras.

Palabras clave: *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, PCR

INTRODUCCIÓN

La babesiosis bovina es una enfermedad del ganado comúnmente localizada en regiones tropicales y sub-tropicales alrededor del mundo, misma que es transmitida por garrapatas y causada por protozoarios intraeritrocíticos del género *Babesia*, principalmente por las especies *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* y *Babesia divergens* (Carret *et al.*, 1999; Rodríguez *et al.*, 2007; Mosqueda *et al.*, 2012). Se caracteriza por causar fiebre, debilidad, anemia hemolítica, pérdida de peso, en algunos casos hemoglobinuria y en ocasiones puede causar la muerte del animal infectado. En México, las especies de mayor importancia son *Babesia bovis* y *Babesia bigemina* y son transmitidas por las garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* y *Rhipicephalus Boophilus annulatus* (Rojas *et al.*, 2009).

Uno de los principales problemas que representa esta enfermedad es el impacto económico que se produce en la ganadería, debido a que es una de las principales limitantes para lograr una producción eficiente de ganado para carne y leche (Domínguez *et al.*, 2004) en países en crecimiento y que se encuentran localizados en las zonas tropicales y sub-tropicales alrededor del mundo (Cringoli *et al.*, 2002; Cantó *et al.*, 2003; Yokoyama *et al.*, 2006; Ramos *et al.*, 2012).

Se estima que de 1.2×10^9 cabezas de ganado que hay en el mundo, alrededor de 500 millones están potencialmente en riesgo de contraer la enfermedad y los animales que sobreviven a la infección generalmente se convierten en portadores del parásito y eventualmente sirven como reservorio de transmisión (Chaudhry *et al.*, 2010).

Tradicionalmente su diagnóstico se realiza de manera directa por medio de la observación microscópica mediante el reconocimiento y la identificación del tamaño y morfología del parásito en sus diferentes estadios por medio de frotis sanguíneo teñido con Giemsa (Figuroa y Álvarez, 2003). Aunque esta metodología resulta ser una herramienta fácil de montar, simple y económica, suele complicarse la lectura en el microscopio debido a que depende de la experiencia por parte del analista para realizar una identificación acertada de lo que se está observando y baja sensibilidad cuando el porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) son muy bajos; por lo tanto, resulta difícil identificar animales portadores de la enfermedad (Figuroa y Álvarez, 2003; Builing *et al.*, 2007; Criado-Fornelio *et al.*, 2009).

Una de las técnicas utilizadas actualmente para realizar el diagnóstico de la babesiosis bovina es la reacción en cadena de la polimerasa o PCR (por sus siglas en inglés Polymerase Chain Reaction) (Figueroa y Álvarez 2003). Esta técnica permite la amplificación de secuencias específicas de ADN *in vitro* del parásito en muestras de sangre de animales infectados de forma clínica o subclínica que pueden ser analizadas en geles de agarosa para su eventual visualización (Buling *et al.*, 2007). La técnica de Análisis de Polimorfismos de longitud o PCR-RFLP (por sus siglas en inglés Restriction Fragment Length Polymorphism) permite la diferenciación de especies mediante enzimas de restricción que reconocen secuencias específicas de ADN, obteniendo como resultado diferentes patrones de digestión en base a los sitios de reconocimiento (Jefferies *et al.*, 2007; Jalali *et al.*, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en las instalaciones del CENID-PAVET, INIFAP en el municipio de Jiutepec en el Estado de Morelos. Se utilizaron 8 becerros raza Holstein provenientes de una zona libre garrapatas. Dos de los bovinos fueron esplenectomizados e inoculados con 1×10^8 de eritrocitos infectados con *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*, respectivamente. Los 6 animales restantes fueron divididos en dos grupos, a los cuales se les realizó un pase con sangre fresca infectada derivada de los bovinos previamente infectados, tres fueron inoculados con *B. bigemina* y 3 con *B. bovis*, respectivamente. El monitoreo diario de los animales incluyó la toma de muestra de sangre con tubos evacuados con anticoagulante EDTA para la determinación del volumen celular aglomerado (VCA) y la elaboración de frotis sanguíneos teñidos con Giemsa para la visualización de los parásitos; además del registro de la temperatura rectal.

Extracción y purificación de ADN. Se llevó a cabo con un Kit comercialmente disponible por el método de columnas. Para la amplificación del ADN mediante PCR punto final utilizando los oligonucleótidos genéricos PIRO-A, sentido (5'-AAATTACCCAATCCTGACACAGGG- 3') y PIRO-B, antisentido (5'-TTAAATACGAATGCCCCAAC- 3') con los cuales es posible amplificar una porción de la sub-unidad pequeña 18S del ADN ribosomal de aproximadamente 390 pb y 395 pb para *B. bovis* y *B. bigemina*, respectivamente (Carret *et al.*, 1999).

Reacción de PCR. Las reacciones de amplificación incluyeron 12.5µl de Mezcla maestra (*Taq polimerasa*, dNTPs, Mg2Cl), 5.5µl de agua libre de nucleasas, 5µl de ADN molde, 2 µL de iniciadores antes mencionados en un volumen final de 25 µl con el siguiente protocolo de amplificación: 1 ciclo de 5 min a una temperatura de 94°C para la desnaturalización inicial, seguido de 35 ciclos de desnaturalización a 94°C por 1 min, alineamiento a 63°C por 1 min, extensión a 72°C por 1 min, extensión final a 72°C por 5 min. Las muestras fueron visualizadas en un gel de agarosa al 2% teñido con 1.5µL de bromuro de etidio (10mg/µL). Los productos amplificados por PCR con los oligonucleótidos PIRO-A y PIRO-B se sometió a digestión con las enzimas de restricción *Box I* y *Msp I*. De acuerdo a un análisis bioinformático realizado de la secuencia de ADN ribosomal de cada especie de *Babesia*, se identificó un sitio de reconocimiento para cada una de estas enzimas en la parte variable del gen ADNr del parásito.

En teoría, la enzima de restricción *Box I* (secuencia de reconocimiento 5'-GACNNNGTC-3') cortaría solamente el amplicón correspondiente al ADNr de *Babesia bigemina*, mientras que la enzima *Msp I* (sitio de reconocimiento 5'-CCGG-3') cortaría solamente el amplicón correspondiente al ADNr de *Babesia bovis*. De acuerdo a la cantidad de ADN amplificado y necesitado para cada digestión con las enzimas de restricción, el volumen final de reacción fue de 31µl, en donde se agregaron 10 µl de producto de PCR, 18 µl de agua libre de nucleasas, 2 µl de buffer tango 10x, 1 µl de enzima *Box I* y/o 1 µl de *Msp I*. La digestión con dichas enzimas se llevó a cabo en un baño maría a una temperatura de 37°C y durante 16 horas. Los productos de PCR derivados de la digestión con enzimas de restricción se analizaron por electroforesis horizontal en geles de agarosa al 2% en buffer TAE 1X teñidos con 1.5µl de bromuro de etidio (10 mg/ml). Se utilizaron marcadores moleculares de 1 Kb y 100 pb (pares de bases) para discernir y estimar el tamaño de los productos y sometidos a electroforesis a 60 voltios con buffer de corrimiento (TAE 1X) para finalmente ser visualizados en un transiluminador con luz ultravioleta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el propósito de detectar la presencia del agente causal de la babesiosis bovina en animales infectados experimentalmente y al mismo tiempo la diferenciación entre especies de *Babesia* (*B. bigemina* y/o *B. bovis*), se empleó la técnica de PCR punto

final utilizando iniciadores genéricos. Con base en estudios realizados anteriormente y con la intención de aumentar la especificidad de la prueba hacia la secuencia de interés, se realizó un gradiente de temperatura para los oligonucleotidos, a partir del cual fue seleccionada la temperatura óptima para el alineamiento (63°C) (Lira *et al.*, 2014). Los resultados mostraron fragmentos de aproximadamente 400 pb para ambas especies de *Babesia* en las muestras analizadas (Figura 1). La prueba de PCR genérica puede ser implementada para el monitoreo de infección por *Babesia spp* en la fase aguda de la enfermedad de tal forma que se pueda estimar el período prepatente y/o patente de la infección en animales premunizados y/o naturalmente infectados.

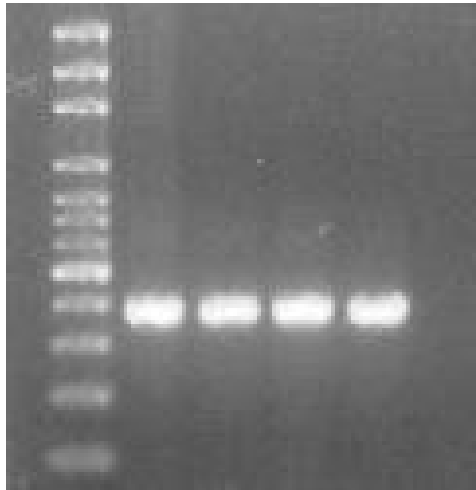


Figura 1. Prueba de PCR con iniciadores genéricos PIRO-A y PIRO-B. 1.- Marcador molecular 100pb, 2.- Control positivo, 3-5.- ADN de bovino infectado con *Babesia spp.*, 6.- Control de ADN negativo.

Una prueba de diagnóstico confirmatorio más sensible y específica de especie, como la prueba de PCR-RFLP, es instrumental para la detección y diferenciación de *B. bovis* y *B. bigemina*, ya que permite analizar un mayor número de muestras en menor tiempo y facilita el establecimiento de una intervención médica más efectiva y oportuna para el tratamiento de la babesiosis bovina. Los resultados obtenidos con el uso de las enzimas de restricción *Box I* y *Msp I* en el presente trabajo mostraron los patrones de digestión correspondientes para cada una de las especies, por

un lado los productos de *B. bigemina* digeridos con la enzima *Box I* arrojaron dos fragmentos de aproximadamente 290 y 110 pb, mientras que con las muestras de *B. bovis* (*Msp I*) se obtuvieron dos fragmentos de ≈ 250 y 150 pb (Carret *et al.*, 1999) (Figura 2).

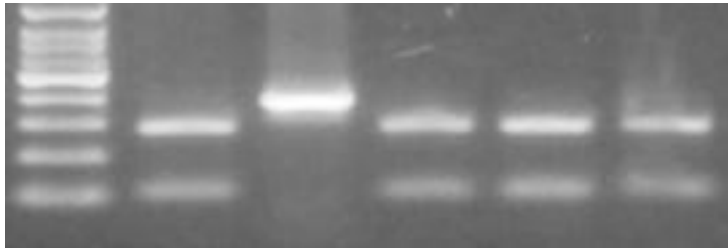


Figura 2. Análisis PCR-RFLP de productos amplificados con los iniciadores PIRO-A/PIRO-B digeridos la enzima *Box I*. 1-Marcador molecular de 100 pb, 2-Control ADN *B. bigemina* digerido, 3-Control ADN no digerido, 4-6- ADN de bovinos infectados con *B. bigemina*.

La complementación de la técnica de PCR con el uso de enzimas de restricción (RFLP) pudo discernir entre las dos especies de *Babesia*, debido al reconocimiento de las secuencias blanco en los amplicones de *Babesia* y los digirieron de manera completa y parcial (en el caso de *B. bovis* en donde lo más probable es que se esté amplificando un polimorfismo de la secuencia reconocida por los iniciadores y que además no cuenta con la secuencia de reconocimiento para la enzima de restricción) arrojando patrones específicos para cada especie. Se han realizado otros estudios en diferentes lugares del mundo en donde utilizan la tecnología de la digestión enzimática para diferenciar entre especies de *Theileria* (Jalali *et al.*, 2014) así como para la diferenciación entre especies de garrapatas *Rhipicephalus* (*Boophilus*) en donde se utilizó un juego de iniciadores para amplificar el ADN de 4 especies de *Rh. Boophilus* y a su vez con digestión enzimática se logró la diferenciación entre especies (Lempereur *et al.*, 2010) sólo por mencionar algunos trabajos que utilizan esta tecnología.

CONCLUSIONES

La prueba de PCR-RFLP utilizada como técnica para la detección y diferenciación de las especies de *Babesia bovis* y/o *Babesia bigemina* puede ser precisa y confiable,

cuando se compare con la prueba de microscopía óptica, otra de las ventajas para esta técnica consiste en que puede ser utilizada en cualquier parte del país en donde existan laboratorios con equipamiento básico para la prueba de PCR, donde se requiera un diagnóstico más preciso de la babesiosis. El uso de estas pruebas moleculares cada vez se hace más común, debido a que son herramientas que facilitan la detección del parásito durante la fase aguda de la enfermedad y debido a la semi-automatización de la técnica permite la manipulación de un mayor número de muestras.

LITERATURA CITADA

- Builing A., Criado F.A., Asenzo G., Benitez D., Barba C.J.C., Florin C.M., 2007. A quantitative PCR assay for the detection and quantification of *Babesia bovis* and *B. bigemina*. *Veterinary Parasitology.*, 147:16-25.
- Cantó J., Rojas E., Álvarez J., Ramos J., Mosqueda J., Vega C., Figueroa J. 2003. Protección contra babesiosis con una vacuna mixta de *B. bovis* y *B. bigemina* derivada de cultivo *in vitro* en una confrontación de campo. II Inmunización en un área endémica. *Técnica Pecuaria México*, 41:307-315.
- Carret C., Walas F., Carcy B., Grande N., Précigout E., Moubri K., Schetters T, Gorenflot A. 1999. *Babesia canis canis*, *Babesia canis vogueli*, *Babesia canis rossii*: Differentiation of the three subspecies by a Restriction Fragment Length Polymorphism analysis on amplified small subunit ribosomal RNA Genes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 46:298-303.
- Chaudhry Z., Suleman M., Younus M., Aslim A. 2010. Molecular detection of *Babesia bigemina* and *Babesia bovis* in crossbred carrier cattle through PCR Pakistan *Journal Zoology*, 42:201-204.
- Cringoli G., Otranto D., Testini G., Buono V., Di Giulio G., Traversa D., Lia R., Rinaldi L., Veneziano V., Puccini V., 2002. Epidemiology of bovine tick-borne diseases in Southern Italy. *Veterinary Research*, 33:421-426.
- Domínguez M., Zabal O., Wilkowsky S., Echaide I., Torioni de Echaide S., Asenzo G., Rodríguez A., Zamorano P., Farber M., Suarez C., Florin C.M. 2004. Use a monoclonal antibody against *Babesia bovis* Merozoite Surface Antigen-2c for the development of a competitive ELISA Test. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1026:165-170.

-
- Figueroa J., Álvarez J., 2003. Investigaciones sobre la aplicación de técnicas moleculares en el diagnóstico y control de la babesiosis bovina. *Ciencia Veterinaria*, 9:75-104.
- Jalali S.M., Khaki Z., Kazemi B., Rahbari S., Shayan P., Bandehpour M., Yasini S.P. 2014. Molecular detection and identification of *Theileria* species by PCR-RFLP method in sheep from Ahvaz, Southern Iran. *Iranian Journal of Parasitology*, 9:99-106.
- Jefferies R., Ryan U.M., Irwin P.J. 2007. PCR-RFLP for the detection and differentiation of the canine piroplasm species and its use with filter paper-based technologies. *Veterinary Parasitology*, 144:20-27.
- Lira A.J.J., Álvarez M.J.A., Rojas M.C., Bautista G.C.R., Figueroa M.J.V. 2014. Prueba molecular para el diagnóstico confirmatorio de babesiosis bovina y diferenciación de *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*. *Memorias del XXXVIII Congreso Nacional de Buiatria*. pp. 236-240.
- Mosqueda J., Olvera-Ramírez A., Aguilar-Tipacamú G. and Cantó G. J. 2012. Current advances in detection and treatment of babesiosis. *Current Medicinal Chemistry*, 19:1504-1518.
- Lempereur L., Geysen D., Madder M. 2010. Development and validation of a PCR-RFLP test to identify African *Rhipicephalus (Boophilus)* ticks. *Acta Tropica*, 114:55-58.
- Ramos C., Araújo F., Alvesa L., Fernando de Souza I., Guedes D., Oliveira C. 2012. Genetic conservation of potentially immunogenic proteins among Brazilian isolates of *Babesia bovis*. *Veterinary Parasitology*, 187:548-452.
- Rojas C., Figueroa J., Álvarez J., 2009. Cultivo *in vitro* de *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*. Folleto Técnico No. 5. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Rodríguez A., 2007. Global Theme Issue on Poverty and Human Development. Epidemiología de la Babesiosis: Zoonosis emergente. Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela, *Acta Científica Estudiantil*; 5:32-138.
- Yokoyama N., Okamura M., Igarashi I. 2006. Erythrocyte invasion by *Babesia* parasites: Current advances in the elucidation of the molecular interactions between the protozoan ligands and host receptors in the invasion stage. *Veterinary Parasitology*, 138:22-32.

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO DE UNA ASOCIACIÓN *Brachiaria humidicola* – *Stylosanthes guianensis*

DRY MATTER YIELD AND PHOSPHORUS CONCENTRATION OF A *Brachiaria humidicola* – *Stylosanthes guianensis* ASSOCIATION

Domínguez-Pérez FD¹, Bolaños-Aguilar ED², Lagunes-Espinoza LC¹, Salgado-García S¹, Ramos-Juárez J¹, Guerrero-Rodríguez JD³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina, Km 3.5. Carretera Cárdenas-Huimanguillo. 86500 H. Cárdenas, Tab. ²INIFAP-Huimanguillo, Tab. Km 1 carr. Huimanguillo-Cárdenas. C.P. 86400. Autor para correspondencia: bolanos.eduardo@inifap.gob.mx. ³Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Carretera Federal México-Puebla km 125.5, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula, Puebla. C. P. 72760.

RESUMEN

Se realizó un estudio bajo condiciones de suelos ácidos de baja fertilidad, con el objetivo de comparar variaciones en el rendimiento de materia seca y concentración de fósforo de una gramínea y de una asociación gramínea leguminosa, con y sin fertilización ambos casos. Se trabajó con *Brachiaria humidicola* y con *Stylosanthes guianensis*, siendo la dosis de 100 kg de P₂O₅, fraccionado en dos aplicaciones, para los tratamientos con fertilización. En cuanto al RMS, todos los tratamientos mostraron el mismo comportamiento cronológico, disminuyendo con la edad del rebrote, sin existir una diferencia importante (p > 0.05) en RMS entre tratamientos a partir de la tercera cosecha. Todos los tratamientos incrementaron su concentración de fósforo con la edad, siendo los tratamientos con fertilización, en las primeras dos cosechas, los que tuvieron una mayor concentración, pero sin mostrar diferencias (p > 0.05) a partir de la tercera cosecha.

Palabras clave: *B. humidicola*, *Stylosanthes guianensis*, fertilización fosfatada, rendimiento de materia seca

INTRODUCCIÓN

Las praderas en Tabasco son naturalmente permanentes y formadas por gramíneas en monocultivo. Las gramíneas son fuente de energía para el ganado por sus altos contenidos de carbohidratos, pero no una fuente de proteína (Albayrak y Turk, 2013). Para aportar la proteína que requiere el animal en pastoreo, el ganadero normalmente recurre a la compra de concentrados, lo que merma la rentabilidad del sistema de producción, además de producir un efecto indirecto en la contaminación del medio por el uso del transporte para el traslado de los granos al trópico para la elaboración de concentrados. El transporte es el principal contaminador del medio por sus elevadas expulsiones de CO₂ (OCDE, 2002).

Una alternativa sustentable para equilibrar en energía y proteína la dieta del animal en pastoreo, es a través de la introducción de leguminosas forrajeras en la pradera. Las leguminosas presentan mayor concentración de proteína con respecto a las gramíneas, en proporciones superiores de dos a tres veces, además de ser fijadoras de nitrógeno al suelo, lo que permite disminuir las dosis de fertilización nitrogenada en gramíneas asociadas (Rasmussen *et al.*, 2012). Por otra parte, los suelos ácidos de baja fertilidad (pH menor a 5) son los de mayor uso para la ganadería en los países tropicales. En Huimanguillo, Tabasco, estos suelos ocupan más de 140,000 hectáreas. Sin embargo, estos suelos ácidos de baja fertilidad, son altamente deficientes en fósforo (< 4 ppm) debido al predominio de arcillas del tipo 1:1 y a la presencia de óxidos de hierro y aluminio (Pastrana, 1994).

Aun cuando es recomendable contar con praderas asociadas para mejorar la calidad de la dieta del animal por las altas concentraciones de proteína de las leguminosas, hay limitada información en la literatura disponible, en cuanto a las variaciones en calidad de la gramínea asociada con una leguminosa en suelos ácidos con fuertes problemas en fósforo disponible. Por ello surgen las preguntas: ¿Se tiene un mayor rendimiento de materia seca por unidad de superficie cuando se trata de una asociación que cuando la gramínea está en monocultivo? Considerando que son los suelos ácidos de baja fertilidad los de vocación para la ganadería, y que éstos son deficientes en fósforo, siendo este elemento importante para el desarrollo de las leguminosas, ¿Se aumenta la concentración de proteína en la gramínea asociada con la fertilización fosfatada? ¿Se incrementa sustancialmente el rendimiento de materia seca de una asociación al fertilizarse con fósforo?

El objetivo del presente estudio fue conocer las variaciones en rendimiento de materia seca (RMS) y en concentración de fósforo de una gramínea en monocultivo

y cuando está asociada con una leguminosa en un suelo ácido de baja fertilidad, con y sin fertilización fosfatada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se desarrolló en condiciones de campo durante octubre 2014 a febrero 2015, por lo que abarcó la época de Nortes. El sitio fue el Rancho KARIGA SPR de RL, ubicado en el Km 18 de la carretera Huimanguillo – Est. Chontalpa (93° 28 ' 19.34 " LW y 17° 41 ' 31.59 " LN). El suelo fue un Acrisol Úmbrico Cutánico (Endoarclillico Hiperdistrico Férrico) de poca fertilidad (Salgado-García, 2010), conocido como de transición a Sabana, de textura franco-arenoso, con pH de 4.7, 7.5 % de materia orgánica, 2.76 me 100g de suelo de Capacidad de Intercambio Catiónico, 0.2 % de nitrógeno total, 3.62 mg kg⁻¹ de fósforo y 0.16 me 100g de suelo de potasio (Domínguez, 2009). El experimento se estableció sobre una pradera de *B. humidicola* ya establecida y dentro de un área topográficamente homogéneo. Por lo anterior, los materiales vegetales estudiados fueron: La gramínea Humidicola (*Brachiaria humidicola*) y la leguminosa *Stylosanthes* (*Stylosanthes guianensis*). Dentro de esta pradera se formaron parcelas de 4 m de largo x 1.40 m de ancho. Se estudiaron cuatro tratamientos: T1= Humidicola en monocultivo, T2= Humidicola + fertilización con P₂O₅, T3= Humidicola + *Stylosanthes*, T4= Humidicola + *Stylosanthes* + fertilización con P₂O₅. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones seleccionadas en forma aleatoria. Para los tratamientos conformados por las asociaciones Humidicola + *Stylosanthes*, el *Stylosanthes* se introdujo en el Humidicola a distancias de 30 cm entre hileras, sembrado por semilla y a “chorrillo” en dosis de 3 kg ha⁻¹.

La fertilización fosfatada fue de 100 kg ha⁻¹, recomendada por Toledo y Schultze-Kraft (1982) para suelos de Sabana, y se fraccionó en dos partes iguales. De esta manera, 50 kg ha⁻¹ se aplicaron en la segunda semana del mes de agosto 2014, y los 50 kg restantes en la segunda semana del mes de febrero 2015. En la primera semana de septiembre 2014 se realizó el corte de uniformidad en todas las parcelas. El *Stylosanthes* se cortaba a 20 cm sobre el suelo, y el Humidicola a 05 cm, y las cosechas se realizaron cada 35 días contados a partir del corte de uniformidad, realizándose la última cosecha el 25 de febrero de 2015. Las variables a evaluar en cada corte o cosecha y por tratamiento fueron: Rendimiento de materia seca y concentración de fósforo del material vegetal cosechado de cada parcela. El estudio se analizó bajo un diseño completamente al azar con medidas repetidas en

el tiempo, realizándose la prueba de comparación de medias por Tukey ($p < 0.05$), usando el paquete estadístico de SAS (SAS Instituto, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura promedio registrada durante el período de estudio (octubre a febrero) fue de 25 °C, con una temperatura máxima promedio de 29 °C, y temperatura mínima promedio de 20 °C. La precipitación pluvial fue mayor en el mes de Octubre con 435 mm, y el mes de diciembre tuvo la menor acumulación de lluvia con 29 mm en promedio (Figura 1.).

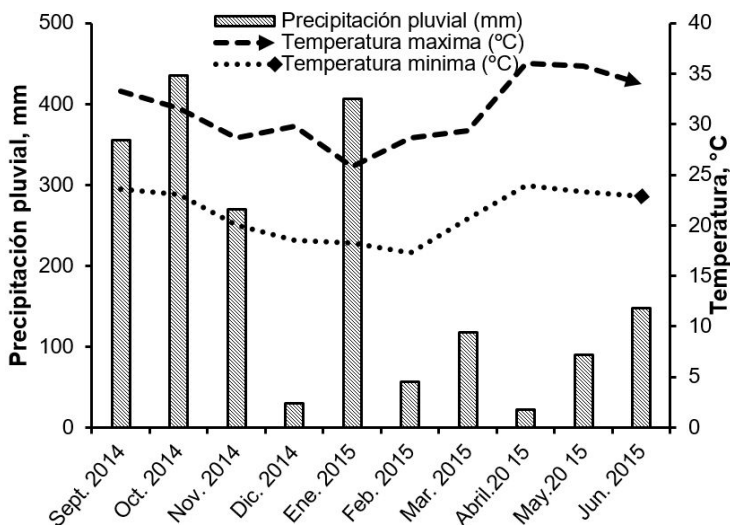


Figura 1. Datos promedio de precipitación pluvial y de temperaturas máximas y mínimas del área de estudio. Huimanguillo, Tabasco.

Rendimiento de Materia Seca (RMS)

El patrón cronológico del RMS fue similar entre tratamientos (Figura 2), e incluyó una declinación rápida durante los primeros 35 días de rebrote. Esta declinación fue del orden de 2.60 t ha⁻¹ como promedio de los cuatro tratamientos al pasar del mes de octubre al mes de noviembre. Este decrecimiento estuvo relacionado con el descenso de la temperatura en 3°C dentro del mismo período (Figura 1).

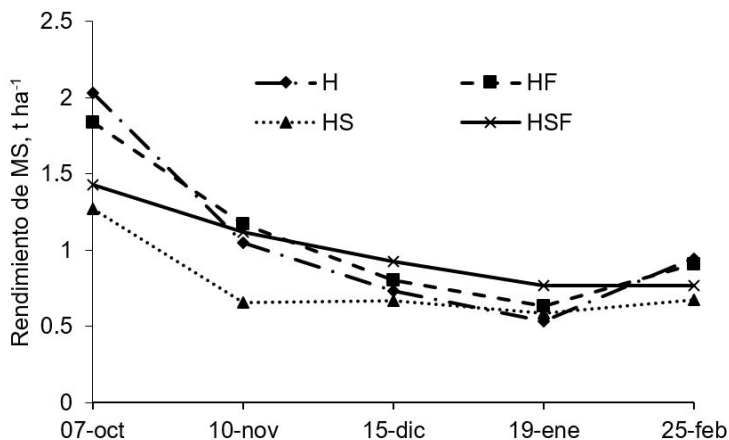


Figura 2. Rendimientos de materia seca de los tratamientos Humidicola en monocultivo (H), Humidicola + Fertilización (HF), Humidicola + Stylosanthes (HS) y Humidicola + Stylosanthes + Fertilización (HSF), a los 35 días de rebrote en diferentes fechas de cosecha.

Así también, en el Cuadro 1 se observa que este decremento del RMS fue significativo ($p < 0.05$) para todos los tratamientos, excepto para el tratamiento de la asociación Humidicola + Stylosanthes + fertilización, cuya disminución en 0.31 t ha^{-1} no fue importante ($p > 0.05$). A partir de la segunda cosecha realizada el 10 de noviembre solamente el Humidicola en monocultivo continuó con una disminución significativa en su RMS, hasta alcanzar el menor RMS con valor de 532 t ha^{-1} , registrada en la cuarta cosecha del 19 de enero. Los tres tratamientos restantes no registraron cambios importantes ($p > 0.05$). Lo anterior demuestra el importante efecto de la fertilización y de la leguminosa en mitigar el decrecimiento de la gramínea. Existen algunos estudios que demuestran mayor estabilidad en el rendimiento de materia seca de las leguminosas por efecto de cambios de clima, en comparación con las gramíneas (Sleugh et al., 2000). Los RMS promedio, del período de estudio, de los cuatro tratamientos fueron: 1.05 , 1.07 , 0.67 y 1.00 t ha^{-1} , con respecto al Humidicola en monocultivo, Humidicola + Fertilización, Humidicola + Stylosanthes y Humidicola + Stylosanthes + Fertilización. El Humidicola en monocultivo fue el que registró el mayor RMS promedio en la primera cosecha, pero la variación entre cosechas fue mayor que el resto de los tratamientos. El menor RMS observada en las asociaciones principalmente durante la primera cosecha se debe al menor

rendimiento del Humidicola ya que el *Stylosanthes* de mayor altura sombreaba a la gramínea induciéndole una menor velocidad de crecimiento; lo anterior debido a la forma por la cual fue sembrado el *Stylosanthes* (en hileras) y al corte desigual (*Stylo* a mayor altura y *Humidicola* a menor altura) realizada en cada cosecha. Por lo anterior, al comparar los RMS entre tratamientos dentro de cada fecha de cosecha (Figura 2), se observa que en la primera cosecha los tratamientos *Humidicola* + *Stylosanthes* y *Humidicola* + *Stylosanthes* + fertilización, registran los menores rendimientos en la primera cosecha (1.35 t ha^{-1} , promedio de ambos tratamientos vs 1.93 t ha^{-1} de los dos tratamientos restantes), y en la segunda cosecha es *Humidicola* + *Stylosanthes* la del rendimiento más bajo (0.65 t ha^{-1} vs 1.10 t ha^{-1} del resto de los tratamientos). A partir de la tercera cosecha (15 de diciembre), no se registran diferencias entre tratamientos ($p > 0.05$), observándose promedios de 0.78, 0.62, y 0.822 t ha^{-1} para las fechas de corte del 15 de diciembre, 19 de enero y 25 de febrero, respectivamente. Durante este período, no se observó efecto del fósforo sobre el RMS, dado a la baja solubilidad de este elemento (Friesen *et al.*, 1997), lo que no dio tiempo a observar el efecto.

Concentración de Fósforo

Todos los tratamientos en las diferentes fechas de corte, excedieron a 1 g kg^{-1} MS de concentración de fósforo, a excepción de *Humidicola* en monocultivo y *Humidicola* + *Stylosanthes* en las dos primeras fechas de corte. El patrón cronológico de los cambios en concentración de fósforo de las plantas, fue similar entre los diferentes tratamientos (Figura 3), registrándose como promedio de los cuatro tratamientos un incremento de 0.870 a 1.55 g kg^{-1} MS, al pasar del primero al cuarto, observándose una estabilidad en la concentración de fósforo en todos los tratamientos evaluados a partir del 15 de diciembre o tercer corte (Cuadro 1). Estos incrementos fueron consistentes con los decrementos en el RMS. Esto es indicativo de una dilución de la concentración de fósforo en la planta a causa del incremento en el RMS, tal y como se ha observado con la concentración de la proteína, la cual se diluye con el aumento de materia seca de la planta (Reyes-Purata, 2009; Juárez *et al.*, 2011). Al observar las concentraciones dentro de cada fecha de cosecha (Figura 3), se observa que los tratamientos *Humidicola* + fertilización y *Humidicola* + *Stylosanthes* + fertilización fueron los tratamientos que registraron las mayores concentraciones de fósforo ($p < 0.05$), con concentraciones promedio, de ambos tratamientos, de 1.07, 1.46, 1.78 y 1.86 g kg^{-1} MS, para las fechas de corte 07 de octubre, 10 de

noviembre, 15 de diciembre y 19 de enero, respectivamente. Para los tratamientos Humidicola en monocultivo y Humidicola + Stylosanthes las concentraciones promedio fueron de 0.66, 0.96, 1.36 y 1.25 g kg⁻¹ MS, para las mismas fechas de corte en su orden. Estos resultados evidencian el claro efecto de la fertilización fosfatada en el incremento de este elemento dentro de la planta.

Cuadro 1
Rendimiento de materia seca y concentración de fósforo en *B. humidicola* en monocultivo y asociada con *S. guianensis*, con y sin fertilización fosfatada a los 35 días de rebrote durante el invierno 2014-2015. Huimanguillo, Tabasco.

TRATAMIENTOS	FECHAS DE CORTE	RENDIMIENTO DE MATERIA SECA, T HA ⁻¹	FÓSFORO g kg ⁻¹
Humidicola	07-Oct	2.028 (0.35) a	0.650 (0.12) c
	10-Nov	1.046 (0.12) b	0.975 (0.15) b
	15-Dic	0.731 (0.19)bc	1.300 (0.46) b
	19-Ene	0.532 (0.11) c	1.325 (0.09) a
	25-Feb	0.945 (0.15)bc	-----
	Media	1.057	1.062
Humidicola + Fertilización	07-Oct	1.839 (0.33) a	1.050 (0.10) c
	10-Nov	1.171 (0.21) b	1.625 (0.42) b
	15-Dic	0.804 (0.24) b	1.850 (0.30) a
	19-Ene	0.630 (0.15) b	1.975 (0.17) a
	25-Feb	0.908 (0.29) b	-----
	Media	1.071	1.625
Humidicola + Stylosanthes	07-Oct	1.299 (0.15) a	0.683 (0.05) c
	10-Nov	0.657 (0.07) b	0.950 (0.05) b
	15-Dic	0.668 (0.08) b	1.425 (0.36) a
	19-Ene	0.588 (0.21) b	1.175 (0.15) a
	25-Feb	0.671 (0.17) b	-----
	Media	0.671	1.058
Humidicola + Stylosanthes + Fertilización	07-Oct	1.428 (0.20) a	1.100 (0.20) d
	10-Nov	1.117 (0.25) ab	1.305 (0.13) c
	15-Dic	0.923 (0.21) ab	1.725 (0.18) b
	19-Ene	0.769 (0.24) b	1.750 (0.19) a
	25-Feb	0.767 (0.27) b	-----
	Media	1.00	1.470

Letras diferentes sobre la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Datos entre paréntesis son desviaciones estándar

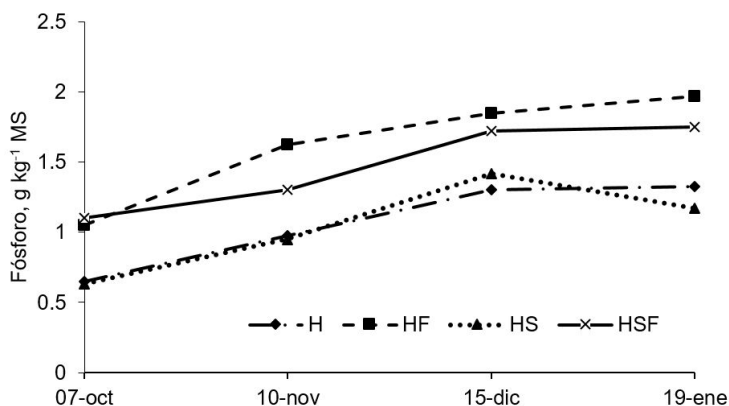


Figura 3. Concentración de fósforo de los tratamientos Humidicola en monocultivo (H), Humidicola + Fertilización (HF), Humidicola + Stylosanthes (HS) y Humidicola + Stylosanthes + Fertilización (HSF), a los 35 días de rebrote en diferentes fechas de cosecha.

CONCLUSIONES

Durante los meses de octubre 2014 a febrero 2015, no hubo diferencias importantes ni en RMS ni en concentración de fósforo entre los tratamientos. Ambos caracteres evaluados, RMS y fósforo, presentaron el mismo patrón cronológico, pero antagónica; mientras que el RMS disminuía con el tiempo, la concentración de fósforo en la planta aumentaba.

LITERATURA CITADA

- Albayrak S, Turk M. 2013. Changes in the forage yield and quality of legume-grass mixtures through a vegetation period. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37:139-147.
- Friesen D.K., Rao I.M., Thomas R.J., Oberson A., and Sanz J.I. 1997. Phosphorus acquisition and cycling in crop and pasture systems in low fertility tropical soils. *Plant and Soil*, 196:289-294.

-
- Juárez H.J., Bolaños A.E.D., Vargas L.M., Medina S., Martínez H.P.A. 2011. Curvas de dilución de la proteína en genotipos del pasto *Brachiariahumidicola* (Rendle) Schweick. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 45:321-331.
- Organisation for economic co-operation and development, OCDE. 2002. Strategies to reduce greenhouse gas emissions from road transport: analytical methods. www.oecd.org.
- Pastrana L. 1994. Respuesta de *Brachiaria decumbens* a la aplicación de dos fuentes de fósforo en un suelo ácido. Pasturas Tropicales, 16:32-35.
- Rasmussen J., Soegaard, Pirhofer-Walsl K., Eriksen J. 2012. N₂-fixation and residual N effect of four legume species and four companion grass species. European Journal of Agronomy, 36:66-74.
- Reyes-Purata A., Bolaños A.E.D., Hernández S.D., Aranda I.E.M., Izquierdo R.F. 2009. Producción de materia seca y concentración de proteína en 21 genotipos del pasto Humidicola *Brachiariahumidicola* (Rendle) Schweick. Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo, 25:213.
- Salgado G.S., Palma L.D.J., Zavala C.J., Ortiz G.C.F., Castelan E., Lagunes E.L.C., Guerrero P.A., Ortiz C.A.I., y Córdova S.S. 2010. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF): en la zona Piñera de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. 81 p.
- SAS Institute. (2010). User's Guide: Statistics, version 9.3. SAS Inst. Inc. Cary, N.C. USA.
- Toledo JM y Schultze-Kraft R. 1982. Metodología para evaluación agronómica de pastos tropicales. Anual para la evaluación agronómica. Ed. JM Toledo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 91 p.

CONTROL DEL ÁCARO VARROA (*Varroa destructor*) MEDIANTE TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS

Vivas RJ,¹ Berdugo RJ, Baeza RJJ, Mex ML².

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá, Km 25 antigua carretera Mérida - Motul. ²Asesor privado en apicultura.

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

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la eficacia de tres productos alternos en el control del ácaro *Varroa destructor*. Los productos fueron, ácido oxálico, ácido fórmico y aceite de timol. Se evaluó la eficacia de los productos mediante un diseño experimental con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, realizando un análisis de varianza, para determinar las diferencias entre tratamientos. Las colmenas se seleccionaron al azar para la distribución de los tratamientos, ácido fórmico, ácido oxálico, aceite de timol y testigo. Durante el estudio se midió: a) la caída natural del ácaro, b) la mortalidad por efecto de los tratamientos y c) la eliminación de la población residual del ácaro. El análisis de varianza indicó que existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos. No se encontró diferencia significativa entre el tratamiento de ácido oxálico y timol. El tratamiento testigo tuvo una diferencia significativa en relación a los tratamientos con ácido fórmico, ácido oxálico y aceite de timol. La eficacia fue mayor con el tratamiento del ácido oxálico que mostró una efectividad del 86.1 % seguido por el aceite de timol con 79.8 % de eficacia para el control del ácaro.

Palabras clave: Tratamiento alternativo, varroosis, *Varroa destructor*, apicultura.

INTRODUCCIÓN

Una de las situaciones actuales por la que atraviesa la apicultura en nuestro país, es la presencia del ácaro *Varroa destructor*, que afecta el proceso productivo,

disminuyendo los ingresos de los apicultores. A partir de 1992 se reportó por primera vez en México la presencia del ectoparásito en colonias de abejas *Apis mellifera* L., en el puerto de Veracruz (Chihuahua *et al.* 1992), difundiéndose a nivel nacional. En 1994 se detectó al ácaro en el estado de Yucatán, teniendo como consecuencia efectos en la producción apícola estatal. Estudios realizados en 1996, reportaron una prevalencia de un 67.8%, con un nivel de infestación de 4.3 ácaros por cada 100 abejas adultas (Medina, 1998)

Entre los principales daños causados por el ácaro *V. destructor* destacan: una reducción en el período de vida de las abejas adultas infestadas, debido a que *V. destructor* se alimenta de la hemolinfa, ocasionando el debilitamiento de las abejas, la deformación de las alas, patas, tórax y abdomen, así como una mayor susceptibilidad a enfermedades en las colonias parasitadas (Reuter, 2001)

Actualmente, las colonias infestadas con *V. destructor* son tratadas con productos químicos sintéticos, principalmente piretroides, (Great *et al.* 1992) los cuales aunque son eficaces y permiten un buen control, tienen el inconveniente de presentar costos elevados para los apicultores y con el uso continuo de estos productos, los ácaros desarrollan resistencia. (Ibacache, 2005 y Vandame, 2000) Estudios realizados, demostraron que el uso continuo de piretroides da como resultado la resistencia del ácaro a esos productos. Utilizar plaguicidas del mismo grupo toxicológicos no es una opción recomendable, pues comparten el mismo mecanismo de acción y por lo tanto desarrollan resistencia al producto (Rodríguez *et al.* 2005, Benitez y Medina 2001). Por otra parte los compuestos acaricidas pueden llegar a ser tóxicos para las abejas y se desconoce su efecto a largo plazo para el hombre.

En la actualidad, apicultores europeos y de otras partes del mundo, emplean diferentes tratamientos alternativos como ácido fórmico, ácido oxálico y aceites esenciales para el control de la varroa, por sus cualidades no contaminantes para la miel y por tener un costo muy bajo, estos productos han presentado resultados alternativos muy satisfactorios para el control del ácaro. El ácido fórmico evaluado en Chile presentó una eficacia del 78.21 %. (González *et al.* 2005) En el estado de Yucatán, México, el timol en gel presentó una eficacia en abejas adultas de 97.0 % en la segunda aplicación y en cría operculada tuvo una eficacia del 95.0 % en la segunda aplicación. (May *et al.* 2003) Aunque existen algunas experiencias de la eficacia de productos alternativos, se hace necesario conocer con mayor precisión la efectividad de estos en las condiciones ambientales específicas. Con base en lo anterior el objetivo de la presente investigación fue determinar la eficacia de productos alternos en el control del ácaro varroa (*Varroa destructor*).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el apiario denominado “el Cedro” del Campo Experimental Mocochoá del Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Mocochoá, en el estado de Yucatán, México, a 21° 5' latitud norte y 89° 3' longitud Oeste, a una altitud de 8 metros sobre el nivel del mar. El clima predominante es de tipo tropical (Awo) con lluvias en verano y una temperatura media de 27° C (Duch, 1988)

El apiario cuenta con 20 colonias de abejas *Apis mellifera* alojadas en colmenas tipo Langstroth, ubicadas en una superficie de 25.0 x 25.0 m.

El Diseño experimental fue de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias entre tratamientos. Se seleccionaron al azar 16 colmenas para la distribución de los tratamientos, ácido fórmico, ácido oxálico y aceite de timol y testigo, quedando distribuidas cuatro colmenas por tratamiento (Cuadro 1). Para evaluar el efecto de la mortalidad del ácaro *V. destructor*, se diseñó un experimento en el cual se observó: a) la caída natural del ácaro, b) la mortalidad por efecto de los tratamientos alternativos y c) la eliminación de la población residual del ácaro.

Cuadro 1

Distribución aleatoria de los tratamientos por número de colmena

Unidad de observación	I) Testigo	II) Ácido fórmico	III) Ácido oxálico	IV) Timol
Colmena No.	5	2	3	7
Colmena No.	15	13	8	9
Colmena No.	18	14	10	12
Colmena No.	19	17	11	16

Caída natural del ácaro. Para la verificación de la prevalencia del ácaro *V. destructor*, se realizó un diagnóstico ex-ante donde se monitoreó por 21 días en las 16 colmenas la caída natural del ácaro. Durante este período se colocó en cada colonia seleccionada un excluidor, para evitar que las abejas eliminen los desperdicios de la colonia y a los ácaros y de esta manera poder contabilizarlos.

Preparación y aplicación de los tratamientos alternativos.

Ácido fórmico. El tratamiento consistió en 35.3 ml de ácido fórmico con una concentración comercial del 85 % mezclado con 24.7 ml de agua. Esta solución se impregnó en un cartón corrugado que fue colocado dentro de bolsas de polietileno y una vez dentro de estas, se sellaron para evitar que se evapore. Realizada esta acción se dejó reposar durante 24 horas para que el cartón absorbiera el producto. Para su aplicación, se le realizó dos cortes de 2 cm. a la bolsa de polietileno y se depositó sobre los cabezales de los bastidores de la cámara de cría. El tratamiento completo del producto aplicado en cada una de las cuatro colmenas fue de 60 ml con intervalos de siete días.

Ácido oxálico.- Para la preparación se mezcló: 250 ml de agua, 250 g de azúcar y 25 g del ácido oxálico. Para su aplicación en las colmenas se empleó una jeringa de 20 ml y mediante el goteo se aplicó 5 ml entre bastidor y bastidor de la cámara de crías hasta cubrir los 50 ml en cada una de las colmenas tratadas. El tratamiento completo en cada una de las cuatro colmenas fue de 50 ml a intervalos de cuatro días.

Timol.- Se utilizó una marca comercial. Se aplicó 10 ml de la solución que se impregnó en una pieza de cartón corrugado de 7 x 9 cm. Este fue colocado dentro de bolsas de polietileno y una vez dentro de estas, se sellaron para evitar su evaporación. Realizada esta acción se dejó reposar durante 24 horas para que el cartón absorbiera el producto. El tratamiento completo consistió en tres aplicaciones de 20 ml (dos piezas de cartón) a intervalos de siete días en cada una de las cuatro colmenas.

Testigos.- Para el caso de las cuatro colmenas restantes no se aplicó ningún tratamiento monitoreándose la caída natural del ácaro durante 28 días.

Registro de la mortalidad semanal promedio. Se instaló un excluidor de malla criba de 7 x 7 cuadros por pulgada, en el piso de la colmena. Debajo del excluidor se colocó una lámina de aluminio impregnada con aceite vegetal. Semanalmente se retiró la lámina de las 16 colonias y se introdujo otra nueva impregnada con aceite vegetal para continuar con el registro de la mortalidad y la caída natural.

Eliminación de la población residual. Para esta actividad se colocó en cada una de las colmenas tratadas con ácido fórmico, ácido oxálico y timol, incluyendo al testigo, cuatro insertos de pvc con flumetrina por colmena durante 21 días. La colecta de los ácaros muertos por efecto de la flumetrina se realizó semanalmente para medir la prevalencia.

La variable de respuesta, se midió mediante la eficacia de cada tratamiento con la siguiente formula:

$$\frac{\text{No. de ácaros muertos por el tratamiento.}}{\text{No. de ácaros muertos por el tratamiento} + \text{No. de ácaros muertos por la flumetrina}} \times 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el mes de mayo que se inició el experimento (caída natural) en las 16 colonias del apiario, el número ácaros contabilizado en la primera semana fue de 5,294 se incrementó en la segunda semana con un total de 7,754 y en la tercera y cuarta se produjo una disminución en la infestación de los ácaros en las colonias (figura 1).

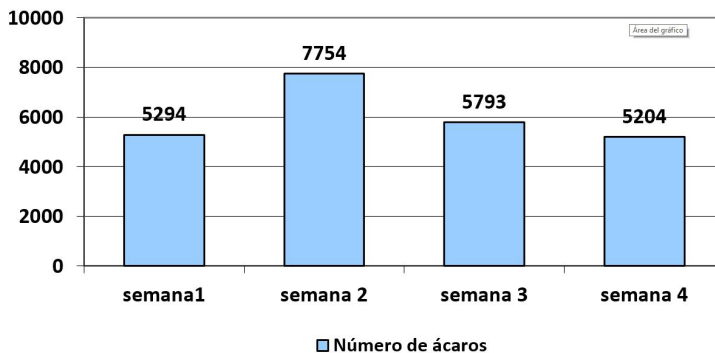


Figura 1. Total de ácaros recolectados por caída natural.

Al finalizar la cuarta semana del monitoreo de la caída natural del ácaro *V. destructor* en las colonias, se aplicaron los tratamientos.

Ácido fórmico. Los ácaros muertos por la aplicación del tratamiento en las colmenas (2, 13, 14 y 17), fue mayor en la primera y segunda semana, sin embargo en la última semana la mortalidad del ácaro incrementa por varias razones: la primera es que los ácaros estaban en la fase de reproducción, ⁽¹⁴⁾ la segunda que las condiciones climáticas prevalecientes en ese momento de temperatura fue menor y por la tanto la liberación del producto fue bajo,⁽⁷⁾ produciendo una disminución en la mortalidad, tal como se presenta en la figura 2. La suma de *V. destructor* muertas en las cuatro colmenas durante los 21 días de tratamiento con el ácido fórmico, corresponde a 4845 ácaros.

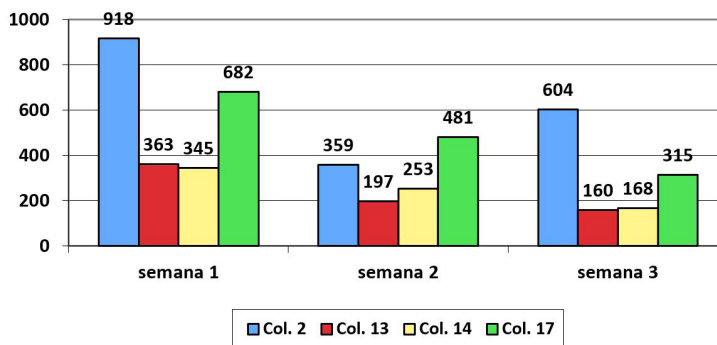


Figura 2. Ácaros recolectados por semana con el tratamiento de ácido fórmico

Ácido oxálico. Los ácaros muertos durante la aplicación del tratamiento se aprecian en la figura 3. En la primera y segunda semana se registra la mayor mortalidad por el producto y en la última semana se registró una disminución en la mortalidad sumando un total de 221 ácaros, La suma de *V. destructor* muertas en las cuatro colmenas durante 16 días de tratamiento con el producto, corresponde a 6142 ácaros.

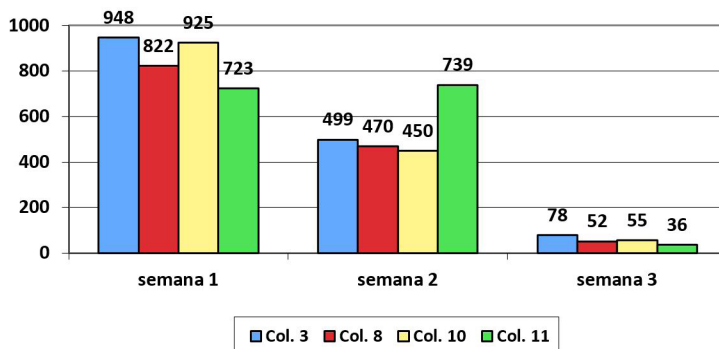


Figura 3. Ácaros recolectados por semana con el tratamiento de ácido oxálico.

Timol. Con la aplicación de este producto a las cuatro colmenas tratadas, figura 4, la mortalidad de la Varroa fue mayor en la primera semana, disminuyendo en la segunda y tercera semana. La suma de los ácaros recolectados en las cuatro colmenas durante 21 días de tratamiento con el timol corresponde a 4353 ácaros.

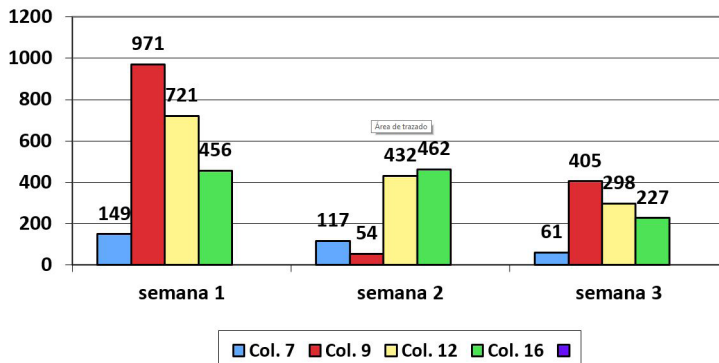


Figura 4. Ácaros recolectados por semana con el tratamiento de timol.

Testigo. En la figura 5 se presenta el total de los ácaros recolectados semanalmente en cada una de las colonias que no estuvieron expuestas a ningún tratamiento. La caída natural del ácaro se incrementa en la tercera semana, sobrepasando la mortalidad total presentada en la primera semana en un 40 %. La suma de los ácaros recolectados en las cuatro colmenas durante 21 días sin tratamiento corresponde a 4088 ácaros.

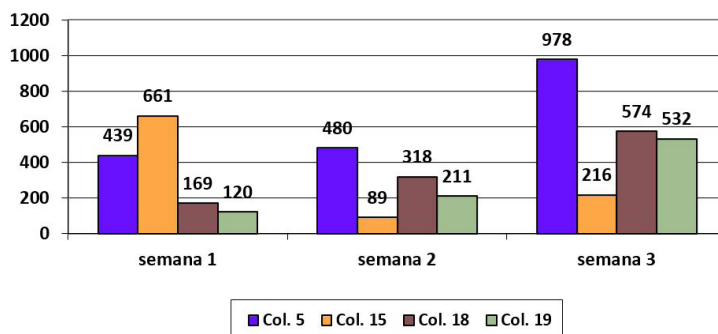


Figura 5. Ácaros recolectados por semana sin tratamiento

Población residual y eficacia de cada tratamiento

Para la población residual de cada grupo se insertaron cuatro tiras de flumetrina® en cada una de las colonias, incluyendo al testigo durante 21 días. En el caso del testigo la mortalidad se incrementó significativamente, ya que estas colmenas no habían sido tratadas con ningún producto. La eficacia de cada tratamiento se presenta en el cuadro dos, en donde el ácido oxálico muestra una efectividad del 86.07 % y el aceite de timol 79.80 % de eficacia para el control del ácaro.

Cuadro 2

Eficacia para el control del Ácaro varroa por tratamiento

Tratamiento	Mortalidad por tratamiento	Mortalidad por flumetrina	Mortalidad total	Eficacia de tratamiento en %
Testigo	4088	10059	14147 ^a	
Ácido fórmico	4845	3419	8264 ^b	63.93
Ácido oxálico	6142	1106	7248 ^c	86.07
Aceite de timol	4353	804	5157 ^c	79.80

El análisis de varianza indicó que existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el ácido fórmico, el ácido oxálico y el aceite de timol. No se encontró diferencia significativa entre el tratamiento de ácido oxálico y timol. El tratamiento testigo tuvo una diferencia significativa en relación a los tratamientos con ácido fórmico, ácido oxálico y aceite de timol.

CONCLUSIONES

Por las condiciones climáticas prevalecientes durante el ensayo se optó por emplear el ácido fórmico en concentración al 50 %, resultando con una eficacia promedio del 63.9 % que se encuentra dentro del rango de la eficacia entre 61 % y 90 %, obtenida en trabajos en los que se evaluó una dosis de 60 ml al 65 % . (Benitez y Medina 2001, Espinosa y Garcia 2007)

Con la aplicación del ácido oxálico por goteo en las colonias se obtuvo una eficacia de 86.1 %, acercándose al 90 % presentado en un trabajo donde se empleó un producto comercial en la baja temporada presentado por López *et al.* y por Marcangeli y García en Argentina. (López *et al* 2003)

La eficacia del aceite de timol en el control del ácaro *Varroa destructor* obtenida en este trabajo se encuentra entre los rangos (70-98%) reportados en otros trabajos en donde han empleado el timol en cristales y en gel, entre ellos destacan los de Vicario, 2000, May *et al* 2003 y Medellín y Pérez 2007. (Vivario 2000, González et al 2005, Medellín y Pérez 2004, May et al 2007) .

Con base en los resultados se observó que el ácido oxálico, el ácido fórmico y el aceite de timol representan una alternativa para el tratamiento alterno del ácaro *Varroa destructor*.

Estos tres productos por su naturaleza orgánica y manejada en forma adecuada reducen el riesgo de contaminación de la miel.

Con base en los resultados de este trabajo, se determinó que el producto con mayor eficacia evaluada fue el ácido oxálico, seguido por el aceite de timol.

Es indudable la necesidad de alternar ó cambiar los tratamientos químicos con mejores opciones; los productos naturales para el control del ácaro representan una buena alternativa.

LITERATURA CITADA

Benítez R.R., Medina M.L. Reinvasión del ácaro *Varroa destructor* en colonias de abejas africanizadas (*Apis mellifera*) en Yucatán. XV Seminario Americano de apicultura. Mérida Yucatán. 2001; 154-158.

Chihuh AD, Rojas AL, Rodríguez DS. 1992. Primer Reporte en México del ácaro *Varroa jacobsoni*, Causante de la Varroosis de la abeja Melífera (*Apis mellifera* L.). Memorias VI Seminario Americano de Apicultura. Oaxtepec, Mor.

-
- Duch J. La conformación territorial del estado de Yucatán. Los componentes del medio físico. Editado por la Universidad Autónoma de Chapingo. México. 1988.
- Espinosa M. L. y Guzmán N. E. Eficacia de dos acaricidas naturales, ácido fórmico y timol, para el control del ácaro *Varroa destructor* de las abejas (*Apis mellifera* L.) en Villa Guerrero, estado de México, México; Revista Veterinaria, México; 2007; 38(1); 9-19
- González A. D., Abarca C. D., Marcangeli S. J., Moreno S. L. y Aguayo Q. O. Comparación de la eficacia del ácido fórmico y del fluvalinato, como métodos de control de *Varroa destructor* (*Acarí: Varroidae*) en colmenas de *Apis mellifera* (*Hymenoptera: Apidae*) en Ñuble, centro sur de Chile; Revista de la Sociedad Entomológica de Argentina; 2005; 64(3); 35-42.
- Greatti M., Milani N., Nazzi F. Reinfestation of an acaricide-treated apiary by *Varroa Jacobsoni* Oud. *Experimental Applied Acarology*. 1992; 16: 279-286.
- Ibacache A. Evaluación de cuatro tratamientos alternativos en el control de *Varroa*, destructor Anderson y Trueman en *Apis Mellifera* L. en la zona de Valparaiso. Pontificia Universidad Católica de Valparaiso. 2005; 2-3.
- Marcangeli J. García M. Control del ácaro *Varroa destructor* (Mesostigmata; Varroidae) en colmenas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) mediante la aplicación de distintos principios activos. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 2003; 62(3) 3-4
- May I. W., Marrufo O. J. C., Delabra V. G. y Quezada E. J. Control del ácaro *Varroa destructor* con un gel a base de timol, en colonias de abejas africanizadas (*Apis mellifera* l.) bajo condiciones de clima tropical en Yucatán, México. XVII Seminario Americano de Apicultura. Aguascalientes, AGS. México; 2003;158-160
- Medellín P. R. A., Pérez A. M. Alternativas Actuales para combatir la Varroasis de las abejas; Apitec, 2004; 64; 10-14
- Medina L. Frequency and infestation levels of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. In managed honey bees (*Apis mellifera* L.) colonies in Yucatan, Mexico. *American Bee Journal*. 1998;138(2): 125-127.
- Ritter W. Enfermedades de las abejas. España. Acribia, S.A. 2001:146.
- Rodríguez-Dehaibes S.R., Oteron-Colina G., Pardo S.V., Villanueva J.J.A., Determinación de la Resistencia de *Varroa destructor* a dos plaguicidas en Veracruz, México. *J. Apicult Res* 2005; 44(3): 124-125

Vicario M. Evaluación de la eficacia del timol y ácido fórmico en el control del ácaro *Varroa jacobsoni* en colonias de abejas *Apis melliferas* en Yucatán, México. [Tesis Maestría] FMVZ-UADY; Mérida, Yucatán, México. 2000

Referencias informáticas

Del Hoyo M., Gustavo C.C. Varroa un problema con solución; Material elaborado por el INTA; 2004; Disponible; http://www.inta.gov.ar/salta/info/documentos/varroa_resumen.pdf

Vandame R. Control Alternativo de Varroa en Apicultura. 2000; Disponible: <http://www.geocities.com/sitioapicola/organica/remy/remyvandame>.

DIAGNOSTICO ESTÁTICO DE LA SITUACIÓN GANADERA EN LA REGIÓN NORTE DEL ESTADO DE PUEBLA, CAPACITACIÓN Y ASISTENCIA TECNICA EN RELACIÓN AL USO DE RECURSOS FORRAJEROS

STATIC DIAGNOSIS OF THE SITUATION OF LIVESTOCK IN THE NORTHERN REGION OF THE STATE OF PUEBLA, TRAINING AND TECHNICAL ASSISTANCE IN RELATION TO THE USE OF FORAGE RESOURCES

Hernández VJO^{1*}, Vázquez GR², Carrillo EH³, Hernández MN³, Quiroz MA³, Pérez BGN³.

¹C.E. San Martinito-INIFAP, km 56.5 Carretera federal México-Puebla, San Martinito, Tlahuapan, Pue. C.P. 74100. ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Veterinaria, km 15.5 carretera federal México-Toluca, Col. Palo Alto, México, D.F. C.P. 05110. ³Prestadores de Servicios Profesionales en el estado de Puebla, calle 26 norte 1202 Colonia Humbolt C.P. 72379, Puebla, Pue.
Autor para correspondencia: hernandez.omar@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El Presente trabajo se llevó a cabo con 205 ganaderos de los cuales 169 son hombres y 36 mujeres con una edad promedio de 59 años pertenecientes a las Asociaciones Ganaderas Locales de Pantepec, Francisco Z. Mena y Venustiano Carranza, incorporadas a la Unión Ganadera Regional del Norte de Puebla, en condiciones de clima cálido húmedo y cálido sub húmedo. La metodología aplicada para el desarrollo de las acciones fue en base al modelo GGAVATT.-INIFAP, Los productores solicitaron el apoyo del Programa Integral de Capacitación al INCA Rural en 2013 y abarco un periodo de noviembre de 2013 a abril de 2014. Se aplicaron encuestas para determinar el diagnóstico de línea base en cuando al manejo de recursos forrajeros, La información se capturo en una hoja de cálculo de Excel para su análisis e interpretación con estadística básica y porcentajes. Determinación de la capacidad de carga (CC). El 87 % no realiza el ajuste de carga y el 13 % lo hace parcialmente. Determinación de la condición corporal de los animales (CCA solo el 2 % menciono realizarla. Utilización de pastos para el pastoreo (PP). El 0.78 % de los productores cuentan con praderas de MG5, 4.29 % con Insurgente, 1.17 % con

señal, 17.28 % cuentan con Estrella de África, 1.75 % de pasto mulato y 74.7 % con grama nativa. Implementación de rotación de potreros (RP) el 46.8 % manifestó no es posible por condiciones de topografía accidentada y distribución natural de fuentes de agua y 73.6 % falta de recursos económicos para compra de insumos y desconocen alternativas para dividir potreros. Condición de las áreas de pastoreo (AP) el 4.31 % de las UPP presentan buena condición, de regular el 45.85 % y Mala condición el 49.85 %. Utilización de pastos de corte (PC), los productores cuentan con 23.33 % de Taiwán, 1.85 % de sorgo, 13.35 % King Grass, 2.73 % de Mombasa, 12.75 % caña de azúcar y japonesa, 29.42 % de Maralfalfa, 7.69 % de Elefante, 0.88 % de Insurgente, 1.75 % de Estrella de África y 6.25 % de Tanzania. Aprovechamiento de forrajes de corte el 24.8 % ofrece el forraje picado a machete. Equipo para el aprovechamiento de forrajes de corte (EFC) el 16 % cuenta con una picadora de forraje en condiciones de regular a mala, Aplicación de métodos de conservación de forrajes (MCF) solo un productor realiza conservación a través de ensilaje. Aplicación de fertilizantes a pastos de pastoreo y/o corte (AFPC) El 100 % no lo realizan. La capacitación comprendió Determinación de la capacidad de carga, establecimiento y manejo de praderas y forrajes de corte, elaboración de ensilados, utilización de cintas zoométricas para la estimación de peso corporal. Se distribuyeron 205 guías técnicas a productores y 1 manual a proveedores académicos (PA), Los 205 ganaderos fueron visitados por los PA una vez al mes. Se realizó una gira tecnológica para el intercambio de experiencias. Se recomienda que estos proyectos tengan mayor duración y continuidad para el logro de impactos en la generación de indicadores y toma de decisiones

Palabras clave: Manejo de recursos forrajeros, conservación de forraje

INTRODUCCIÓN

El estado de Puebla cuenta con aproximadamente 3.39 millones de hectáreas, de las cuales 1.32 millones que representan el 38.5% son destinadas para la actividad ganadera, la cual se encuentra distribuida principalmente en las regiones Sierra Norte, Sierra Nororiente, Región Mixteca y Altiplano, (INEGI,2007). De esta superficie estatal en las regiones Norte y Nororiente se ubican 340, 250 hectáreas en condiciones de trópico húmedo en donde los sistemas de producción de ganado bovino en su mayoría son de tipo extensivo, por consiguiente los recursos forrajeros juegan un

papel fundamental debido a que suministran la mayor parte de la energía utilizada por los rumiantes y son una fuente de alimento de bajo costo. (Jaramillo, 1994)

En la región norte se localiza una zona ganadera muy importante integrada por los municipios de Venustiano Carranza, Francisco Z. Mena, Pantepec, Xicotepec y Jalpan, en esta región existen 1,477 Unidades de Producción Pecuaria que en conjunto reúnen 45,562 vientres bovinas que equivalen al 21.4 % del total estatal con una población de 211,994 vientres, así mismo en la cosecha de becerros, en estos municipios se reportó la producción de 5,862 becerros de un total de 24,323 que representa 24.1% en el estado (SIAP, 2012).

Al respecto, en la región Norte se ha desarrollado a través de los años la actividad productiva del sistema vaca-cría con ganado bovino en sus diferentes modalidades de producción, producción de becerro al destete (80%), becerro finalizado en pie (15%) y vaca gorda de deshecho (5%) siendo estas sustentadas en condiciones de pastoreo generalmente extensivo en pastos nativos, con deficiente manejo del recurso forrajero, representado por sobrepastoreo; lo que trae como consecuencia bajos niveles productivos y se refleja en una baja eficiencia en la productividad y sustentabilidad de las unidades de producción. A pesar de contar con condiciones agroecológicas que favorecen el desarrollo de pastos; el efecto del cambio climático recurrente en la región, ha ocasionado que las épocas de abundancia y escasez de forraje se modifiquen sustancialmente sobre todo porque los productores no implementan acciones de conservación de forrajes para aprovechar al máximo la producción de forraje por unida de superficie. (FUPPUE, 2011)

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue realizar un diagnostico estático de la situación forrajera en la región norte del estado de Puebla y establecer un programa de capacitación estratégica a productores con base en los resultados obtenidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo con productores pertenecientes a las Asociaciones Ganaderas Locales de los municipios de Pantepec, Francisco Z. Mena y Venustiano Carranza incorporadas a la Unión Ganadera Regional del Norte de Puebla (UGRNP) y ubicadas en la región norte del estado. Estos municipios se encuentran ubicados dentro de la zona de climas cálidos característicos de la mayor parte del declive del Golfo de México con altitudes de los 229, 327 y 135 msnm, respectivamente. Los

climas predominantes en los municipios: Clima cálido-húmedo, con lluvias todo el año temperatura media anual mayor de 22 °C, temperatura del mes más frío mayor de 18° C, el por ciento de lluvia invernal con respecto a la anual es menor de 18. Cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano temperatura media anual mayor de 22° C, precipitación del mes más seco menor de 60 mm. Clima cálido-subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual mayor de 22 °C, precipitación del mes más seco menor de 60 mm; el por ciento de lluvias invernal. La precipitación promedio anual se distingue en dos zonas, la zona norte y este tiene un promedio entre los 1,200 y 1,500 mm, mientras que el territorio restante registra entre 1,500 y 2,000 mm. Para el municipio de Pantepec la mayor parte de su territorio está cubierto de pastizal cultivado, que sustenta ganado bovino; El municipio de Francisco Z. Mena está cubierto principalmente por pastizales cultivados y selva alta perennifolia, asociada a la vegetación secundaria arbustiva. Para el municipio de Venustiano Carranza la mayor parte de su territorio está cubierto por pastizales cultivados y por selva alta perennifolia asociada a vegetación secundaria arbustiva. Los pastizales cubren la porción central, las selvas al norte y también subsisten áreas reducidas con bosques de encino. (Pueblosamerica.com, 2015^a; Pueblosamerica.com, 2015^b; Pueblosamerica.com, 2015^c),

Los productores participantes saben leer y escribir, con diferentes grados de escolaridad que van de tercer grado de primaria hasta la universidad concluida, se conformaron 4 grupos de 40 productores y uno de 45 que en total fueron 205, de los cuales 169 fueron hombres y 36 mujeres como se observa en el Cuadro 1. La metodología aplicada para el desarrollo de las acciones fue en base al modelo GGAVATT generada por el INIFAP en el 2008, Los productores solicitaron el apoyo del Programa Integral de Capacitación (PIC027) al INCA Rural en 2013 y abarco un periodo de noviembre de 2013 a abril de 2014, en este programa se contó con los servicios de cinco profesionistas que fungieron como Proveedores Académicos los cuales fueron capacitados al inicio del programa en temas específicos para el desarrollo de actividades que comprendieron: La Determinación de la capacidad de carga, Establecimiento, manejo y conservación de praderas y/o forrajes de corte, utilización de cintas zoométricas para la estimación de peso corporal. Así mismo, se elaboraron Manuales técnicos para los proveedores académicos y Guías técnicas para productores, en cuanto al seguimiento, adopción y evaluación de las actividades del programa se aplicaron bitácoras para evidenciar el cumplimiento programado, se contempló además un recorrido tecnológico para la Demostración de Tecnologías para el Sistema Vaca-Cría, en clima Subtropical Húmedo y Tecnologías Validadas para la Producción de Becerros para engorda en el Trópico.

La información acopiada, tanto de las encuestas que dieron origen al diagnóstico de línea base, así como del seguimiento y evaluación final de la implementación del programa, se capturaron en una hoja de Excel para su análisis e interpretación basada en estadística básica y porcentajes.

Cuadro 1: Población Objetivo y Municipios de Atención para la Capacitación y Asistencia Técnica en el PIC 027 de la Unión Ganadera Regional Del Norte De Puebla

Municipios de atención	Hombres	Mujeres	Total
Pantepec y Jalpan	31	9	40
Francisco Z. Mena	34	6	40
Pantepec	36	4	40
Francisco Z. Mena	32	8	40
Venustiano Carranza	36	9	45
	169	36	205

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en la información obtenida de las encuestas aplicadas a cada productor y directamente en cada Unidad de Producción Pecuaria (UPP) se obtuvieron los siguientes resultados: Del total de productores que fueron 205, 169 son hombres y 36 mujeres con una edad promedio de 59 años con máxima de 95 y mínima de 35. Solo el 20 % ha recibido asistencia técnica por algún programa gubernamental y el 80 % de manera particular. El total de la superficie dedicada a las actividades ganaderas fue de 10,299.1 ha, el tamaño promedio de las UPP es de 49.80 ± 11.64 ha, el inventario ganadero fue de 13,161 animales que en promedio fluctúa de 63.80 ± 20 por productor. Al analizar la información generada en la encuesta del Diagnóstico de línea base se obtuvieron los siguientes resultados: Determinación de la capacidad de carga (CC). El 87 % no realiza el ajuste de carga y el 13 % menciona hacerlo esporádicamente. Determinación de la condición corporal de los animales (CCA). En cuanto a la condición corporal solo el 2% menciona realizarla. Utilización de pastos mejorados para el pastoreo (PP). En cuanto a los porcentajes de especies de pastos para pastoreo el 0.78 % de los productores cuentan con praderas de MG5, 4.29 % con Insurgente, 1.17 % con señal, 17.28 % cuentan con Estrella de África, 1.75 % de pasto mulato y 74.7 % con grama nativa (Figura 2). Implementación de rotación de potreros (RP) el 46.8 % manifestó que debido a las condiciones de topografía y distribución natural de fuentes de agua no es

posible y 73.6 % que representan 151 productores manifestaron que la división de potreros no es posible, considerando la topografía del terreno de algunas UPP es quebrado, falta de recursos económicos para compra de insumos como alambre de púa y desconocen alternativas para dividir potreros. Condición de las áreas de pastoreo (AP) En relación a la condición de la pradera del total de las UPP el 4.31 % presentan buena condición, de regular el 45.85 % y Mala condición el 49.85 %. Utilización de pastos de corte (PC), En relación a porcentajes de especies forrajeras para corte, utilizadas en la alimentación de ganado los productores manifestaron que cuentan con 23.33 % de Taiwán, 1.85 de sorgo, 13.35 King Grass, 2.73 % de Mombasa, 12.75 % caña de azúcar y japonesa, 29.42 % de Maralfalfa, 7.69 % de Elefante, 0.88 % de Insurgente, 1.75 % de Estrella de África y 6.25 % de Tanzania; En cuanto al aprovechamiento de forrajes de corte solo el 24.8 % que equivale a 51 productores ofrece el forraje picado a machete. Equipo para el aprovechamiento de forrajes de corte (EFC) el 16 % cuenta con una picadora de forraje en condiciones de regular a mala, aplicación de métodos de conservación de forrajes (MCF) solo un productor realiza conservación a través de ensilaje; aplicación de fertilizantes a pastos de pastoreo y/o corte (AFPC) El 100 % no realiza fertilización a las praderas ni forrajes de corte.

Con base en lo anteriormente expuesto considerándolo como problemática detectada, se propuso a través de reuniones con cada uno de los grupos formados, un programa de intervención considerando la capacitación y asistencia técnica en los siguientes conceptos: Determinación de la capacidad de carga, Establecimiento, manejo y conservación de praderas y/o forrajes de corte, Utilización de cintas zoométricas para la estimación de peso corporal. Se inició con la capacitación a Proveedores Académicos en los temas mencionados, recibiendo un total de dos cursos teórico- práctico y su Manual técnico. Posteriormente se programaron en cada grupo las capacitaciones de los mismos conceptos y se seleccionaron a productores cooperantes para establecer 2 módulos de capacitación por grupo para capacitar a 20 productores por modulo, aplicando la técnica pedagógica de aprender –haciendo; al finalizar cada capacitación se les entregó una Guía para productores. Una vez concluidas las capacitaciones, se programaron las visitas mensuales a cada UPP para dar seguimiento a la aplicación de las tecnologías determinadas por cada productor. En un inicio se fijaron como metas los siguientes indicadores: Determinación de la carga animal con un 60% de los productores, se llevó a cabo solo con el 27.41% la desviación se debió a que de acuerdo con la información presentada más del 70% de los productores mantienen áreas de pastoreo con

gramas nativas y la condición fue de regular en 45.85 % y Mala condición en 49.85 %, reflejándose en una Carga animal promedio de 1.95 ± 0.90 Ha/UA y una condición Corporal del ganado de 2.36 ± 0.43 en una escala de 1 al 9. Diseño de un plan de manejo de praderas, este indicador se propuso alcanzar un 60% sin embargo se implementó tan solo con el 27.41 % de los productores, esta desviación ocurrió porque los productores al analizar a detalle, comprendieron que es necesario la división de la superficie en pequeñas potreros y eso requiere de infraestructura que por el momento no tienen, ni mucho menos recursos económicos, además del establecimiento de praderas con pastos mejorados, el control de malezas, entre otras. Aplicación de la tecnología del Ensilado para la conservación de forrajes se programó solo con el 5 % de los productores, sin embargo se rebasó la meta y lo aplicaron 9.3 % de los productores, el bajo indicador de la meta se contempló por que de acuerdo con el diagnóstico solo el 16 % cuenta con una picadora de regular a mala condición y la mayoría de productores no cuentan con maquinaria especializada para el picado de forraje. Sin embargo algunos productores interesados en la técnica para la elaboración del ensilaje que buscaron la manera de conseguirla.

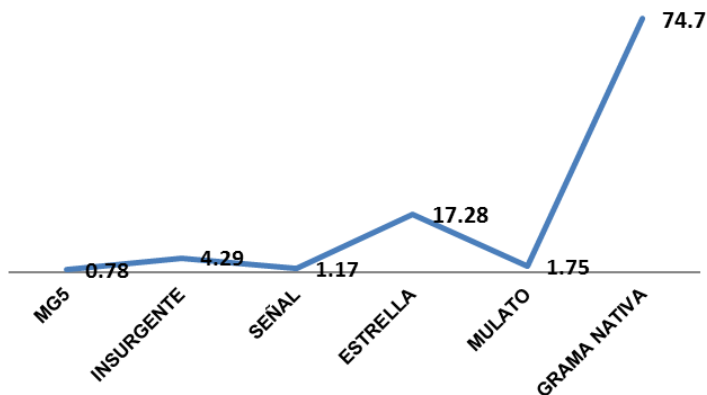


Figura 2: Porcentajes de especies forrajeras utilizadas en la alimentación de ganado bovino en la Sierra Norte de Puebla.

CONCLUSIONES

Se pudo proponer la continuación del establecimiento de praderas con pastos mejorados y áreas de forrajes de corte que generalmente superan en rendimiento a las nativas y son capaces de producir mayor cantidad de forraje por unidad de superficie, aun en los periodos críticos, considerando que sean manejados bajo condiciones apropiadas, empleando los conocimientos impartidos.

A través de este programa, fue posible hacer llegar el conocimiento de innovaciones tecnológicas a los productores por medio del proceso de capacitación en situaciones del productor, lo que permitió en primer lugar conocer y saber cuál era el nivel de conocimiento teórico-práctico de los aspectos propuestos y demandados por los mismos productores, ya que algunos manifestaban saber algo; sin embargo en la práctica se pudo apreciar que no era así, posiblemente lo sabía pero como no lo practicaba o no recordaba con exactitud los pasos a seguir. El esfuerzo de las Instituciones del gobierno federal a través de la SAGARPA, permitirá la adopción de innovaciones tecnológicas que genere un impacto positivo en beneficio de los productores, a través de Programas con el fortalecimiento en la capacitación y asistencia técnica seria y comprometida ; esto se vio reflejado en este programa , por el interés de algunos productores de poner en práctica lo aprendido casi de manera inmediata y otros por falta de recursos prever su adopción en un corto plazo básicamente cuando cuenten con recursos económicos. Los productores comprendieron que algunas prácticas son indispensables y no es necesario una inversión fuerte solo es cuestión de planear su realización.

Recomendaciones

Se recomienda que estos proyectos tengan mayor duración y continuidad para el logro de impactos en la generación de indicadores y toma de decisiones

LITERATURA CITADA

- INEGI. 2007. Cría y explotación de animales en Puebla: Censo Agropecuario 2007 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI, c2012.
- Jaramillo, VV, 1994. Revegetación y Reforestación de las áreas ganaderas en las zonas tropicales de México. SARH-COTECOCA. 38 PP.

INEGI.2013 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Anuario de estadísticas por entidad federativa 2012 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. -- México : INEGI, c2013

Referencias informáticas

SIAP, 2012: <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-resumen-municipal-pecuario/>;
29 junio 2015

Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, [http://www3.inegi.org.mx/sistemas/
tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est](http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est) (29 junio 2015)

<http://mexico.pueblosamerica.com/i/metlaltoyuca/> (29 junio 2015)a

<http://mexico.pueblosamerica.com/i/pantepec/> (29 junio 2015)b

[http://mexico.pueblosamerica.com/i/venustiano carranza/](http://mexico.pueblosamerica.com/i/venustiano_carranza/) (29 junio 2015)c

**FACTORES ASOCIADOS A LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DE LECHE
EN SISTEMAS BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO, EN RANCHOS DEL
MEZCALAPA.**

**FACTORS ASSOCIATED WITH PHYSICAL CHEMICAL QUALITY OF MILK IN
DUAL PURPOSE SYSTEMS IN MEZCALAPA FARMS.**

Báez RUA¹, Barrón AM², Granados ZL², Quiroz VJ², Purata AN¹

¹Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH), carretera Cárdenas Huimanguillo km 2, ranchería Paso y Playa, 86500, Cárdenas, Tabasco. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo. Carretera Huimanguillo Cárdenas km 1, Huimanguillo, Tabasco, 86400.

*Autor para correspondencia: urielbaez@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar los factores asociados a la calidad física y química de la leche, mediante el muestreo del producto al momento de la entrega al centro de acopio en Caobanal 2ª sección, Huimanguillo, Tabasco. Se utilizó la información de 448 muestras de leche tomadas de los tanques de 10 unidades de producción con una población bovina multiracial durante los meses de marzo de 2014 a marzo de 2015. Se consideró la influencia del productor, la especie forrajera utilizada, el tipo de complemento usado, sobre las variables de calidad de la leche. Se determinaron los principales componentes de la leche: % de grasa, % de proteína, % lactosa, % sólidos no grasos, % de sólidos totales, punto crioscópico y densidad. Las características físico-químicas promedio de la leche evaluada en los ranchos de la ribera del Mezcalapa están dentro de los estándares nacionales para zonas tropicales (NOM-184-SSA1-2002). El porcentaje de grasa en la leche parece ser el aspecto más sensible al factor estacional, y al complemento utilizado para los animales. La calidad físico-química de la leche producida en la región del Mezcalapa es de excelente calidad.

Palabras clave: calidad de leche, pastoreo, alimentación, época.

INTRODUCCIÓN

El estado de Tabasco cuenta con una gran extensión de pastos naturales, lo que favorece la explotación de ganado bovino mediante el sistema de libre pastoreo o ganadería extensiva. Por su rusticidad y tolerancia a temperaturas elevadas, el ganado de raza cebú es el que mejor se adapta al clima tropical de la entidad, su explotación se dirige principalmente a la obtención de carne (Quiroz *et al*, 2002). Tabasco aporta el 6.29 % de la producción de leche en el trópico y a nivel nacional aporta el 1.01 %; produciendo la región del trópico el 16.03 % de la leche consumida a nivel nacional. La actividad ganadera en la entidad no solamente se caracteriza por la explotación de bovinos para carne, sino también para doble propósito, buscando con ello producir carne y leche, aun cuando la producción de esta última no es comparable, en volumen, con la leche producida por sistemas de producción especializados. En el año 2000 en Tabasco, la producción de leche fue de 85,754,000 litros y en el 2014 se estima una producción de 103,247,000 litros, es decir, un incremento del 17 % (Lactodata, 2014), sin embargo, la producción no se ha incrementado tanto, como la disponibilidad de tecnología haría suponer.

Al realizar una comparación entre vacas Holstein (HO) y las cruas $\frac{3}{4}$ x $\frac{1}{4}$ y $\frac{5}{8}$ x $\frac{3}{8}$ Holstein x Cebú (HO x C), en diferentes condiciones de manejo de pastoreo: mal manejo y mala calidad de las praderas para el grupo uno y buen manejo para el grupo dos. La producción de leche en las vacas Holstein en el grupo uno fue inferior al obtenido por las vacas cruzadas, pero en el segundo grupo no hubo diferencias entre la Holstein y las cruas $\frac{5}{8}$ y $\frac{3}{8}$ Holstein x Cebú, (Villegas y Román, 1986). Osorio y Segura (1999) trabajando en el estado de Yucatán reportan producción de 5.9 Kg leche día⁻¹ en los distintos hatos lecheros del Estado donde predominaban los genotipos SPxC y HOxC con el 37.9 % y 32.2 % de las vacas respectivamente. En tanto Granados *et al* (2001) en el hato de doble propósito del Campo Experimental Balancán, buscando relación entre el genotipo y las variables productivas y reproductivas, encontró que la mejor época del año fue de octubre a marzo con producción de 1,056 kg lactancia⁻¹ para la crua SPxC, 929 kg lactancia⁻¹ para SMxC, 1,183 kg lactancia⁻¹ para HOxC y 1,051 para las cruas indefinidas. No habiendo diferencia estadística y observándose que el mejor genotipo para la producción de leche es el HOxC.

La razón fundamental por la que no ha habido un incremento mayor en la producción de leche estriba en los canales de comercialización. En una encuesta realizada por el INIFAP (datos sin publicar), se detectó que el precio de venta es una

razón para incrementar el número de vacas en ordeña, pero aún más importante es la seguridad en la comercialización de la leche. Al no haber quien adquiera la leche, el precio que se paga al productor es mínimo y por lo tanto deja de ser un estímulo para la producción; tanto así, que en la actualidad el precio de la leche a nivel internacional equivale a un precio de \$8.50 por kg, sin embargo el precio en México en algunas zonas apenas alcanza los \$3.50 por kg. La razón entonces de la baja producción y de los bajos precios es la falta de canales de comercialización seguros, debido a que la mayor parte de la leche que se oferta en Tabasco es para la elaboración de quesos artesanales, y en las épocas de alta producción los productores de queso no tienen capacidad para comprar toda la leche disponible. Una alternativa para incrementar la producción de leche y ayudar a que nuestro país sea autosuficiente es mejorando su calidad. La calidad sanitaria tiene que ver con el manejo de la ordeña principalmente y en la actualidad existen medios de certificación que permiten mejorar este aspecto. Respecto a la calidad físico-química se ve influenciada por varios aspectos como la raza, la alimentación y la forma de ordeñar (Quiroz *et al.*, 2011; Quiroz *et al.*, 2012).

OBJETIVO

El objetivo fue determinar los factores asociados a la calidad física y química de la leche, mediante el muestreo del producto al momento de la entrega al centro de acopio en Caobanal 2ª sección, Huimanguillo, Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de leche de 10 unidades de producción del sistema doble propósito, en las rancherías Caobanal 1ª y 2ª sección ubicadas al margen del río Mezcalapa en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. El clima de la región es cálido húmedo con temperatura media anual de 25 °C y lluvias que abarcan los meses de junio a octubre; solo la primavera es relativamente seca; su precipitación media anual alcanza los 2570 mm. Vientos dominantes del norte en primavera y del este el resto del año. (García, 1998). El municipio de Huimanguillo se localiza en la región de la Chontalpa y tiene como cabecera municipal a la ciudad de Huimanguillo, la que se ubica al este del estado, entre los paralelos 17°19' de latitud norte y 93°23' de longitud Oeste.

Colinda al norte con el municipio de Cárdenas, al sur con los estados de Chiapas y Veracruz, al este con el estado de Chiapas y al oeste con el estado de Veracruz; posee referencias naturales que señalan sus límites. La extensión territorial del municipio es de 3,787.98 km², los cuales corresponden al 14.55 % respecto del total del estado, ocupa el primer lugar en la escala de extensión municipal (García, 1998).

Caracterización de los ranchos. Los ranchos son de diferentes tamaños, y niveles de producción, están empastados con gramíneas como los zacates Alemán (*Echinochloa Polystachya*), Egipto (*Brachiaria Mutica*), Estrella de África (*Cynodon plectostachius*), Chontalpo (*Brachiaria decumbens*) y Guinea (*Panicum máximum*) entre otros. El número de vacas promedio en ordeño varía entre 20 y 30 por año.

Programa de alimentación. El sistema de pastoreo en los ranchos es rotacional y con un descanso entre 30 y 40 días dependiendo de la época del año y del tipo de pasto. En cuanto al uso de concentrados algunos suplementan con 1- 2 kg animal⁻¹ día⁻¹ y se empieza a proporcionar silo, en algunos casos de maíz, de sorgo o de pasto húmedicola.

Programa sanitario. Se llevan a cabo desparasitaciones contra vermes gastroentéricos y vacunaciones contra las enfermedades más comunes en la zona (clostridiasis, neumonía, DVB, IBR).

Sistemas de ordeño. Predomina el ordeño de una vez al día, entre las 4:00 a 7:00 am aproximadamente, la mayoría cuenta con ordeñadora mecánica. Se ordeñan tres cuartos de la glándula mamaria y se deja un cuarto para el becerro. Después del ordeño, los becerros y vacas permanecen juntos durante una hora donde los becerros aprovechan para consumir la leche del cuarto no ordeñado.

Análisis de la información. Se utilizó la información de 448 muestras de leche tomadas de los tanques de 10 ranchos de una población bovina multiracial durante los meses de marzo de 2014 a marzo de 2015. Se consideró la influencia del productor, la especie forrajera utilizada, el tipo de complemento usado, sobre las variables de la leche producida en las unidades de producción consideradas.

Análisis de las muestras de leche. Al realizar la recepción de la leche en el centro de acopio se tomó una muestra representativa de toda la leche producida por

ordeño del rancho y se depositó en un tubo de 50 ml previamente rotulado con la información individual de cada muestra (nombre y ubicación del rancho, nombre del productor, fecha y hora de recepción, y nombre del técnico). La muestra se analizó en forma inmediata, empleando el equipo LACTOSCAN SL90, Serial No 6447), perteneciente al grupo de productores, con el que se determinaron los principales componentes de la leche (% de grasa, % de proteína, % lactosa, % sólidos no grasos, punto crioscópico, y densidad). La información de las muestras analizadas se concentró en un formato Excel que permite su manejo para la elaboración de reportes y para análisis de todos los datos.

El análisis general de la información fue a través de estadística inferencial utilizando un modelo de efectos fijos donde los factores de estudio fueron: Productor, época, forraje, y complemento utilizado en cada sistema de producción, por el procedimiento GLM ambos procedimientos del paquete de análisis estadístico SAS (1998); la prueba de medias se realizó por el método de Tukey ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que la leche de los ranchos evaluados mostró diferencias ($P \leq 0.05$) solo para el contenido de grasa (Cuadro 1), no se encontró diferencia para sólidos totales, sólidos no grasos, densidad, lactosa, proteína y temperatura de congelación. Resultados que contrastan con los reportados por Quiroz *et al.*, (2012), trabajando calidad de leche en zonas de vega de río, transición a sabana y suelos de sabana, donde la calidad de grasa es mejor para suelos ácidos, no así para la región de vega de río donde el contenido de sólidos no grasos, proteína, y lactosa fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$), mientras que en la vega de río fue superior. Ojeda *et al.* (1998) indican que la concentración de grasa láctea en la leche vendible se mantuvo mientras operó el efecto del amamantamiento y comenzó a elevarse ($P \leq 0,05$) a partir del momento cuando ocurrió el destete ($98 \pm 19,5$ días), la concentración de grasa en la leche vendible alcanzó los valores esperados (3.5 ± 0.7 %) para el tipo racial y manejo del ordeño a los 20 ± 6 días postdestete. Lo anterior pone de manifiesto la importancia del ecosistema y edad de lactancia en lo relativo al contenido de grasa en leche. Los sólidos totales mostraron diferencia por época y forraje utilizado en la unidad de producción.

El medio ambiente es un factor que afecta a variables de importancia económica, como el contenido de grasa, sólidos totales y sólidos no grasos ($P \leq 0.05$); sin embargo, otras variables (lactosa, proteína, densidad, temperatura de congelación) no son afectadas ($P \geq 0.05$). La información correspondiente a la influencia de la época en la calidad físico-química se muestra en el Cuadro 2.

Las condiciones favorables del ambiente contribuyen a que durante la época de norte se obtenga la mejor concentración de grasa y sólidos, combinada con el manejo de la ordeña y la alimentación.

En tanto el forraje disponible en la pradera influye sobre los sólidos y la proteína ($P \leq 0.05$), pero no sobre las demás variables medidas (Cuadro 3).

La utilización de complementos alimenticios es variable en la producción de leche en el trópico, en la prueba realizada solo se encontró efecto en el contenido de grasa y contenido de lactosa (Cuadro 4); no afectando a sólidos totales, sólidos no grasos, densidad, punto crioscópico (temperatura de congelación).

Cuadro 1

Efecto del sistema de producción sobre la calidad física química de leche en la región del Mezcalapa, Huimanguillo, Tabasco

Productor	Grasa (%)	STOT (%)	SNG (%)	Densidad (kg/L)	Lactosa (%)	Proteína (%)	Temp. de congelación
1	4.49 ^a	12.90 ^a	8.40 ^a	1.02929 ^a	4.647 ^a	3.102 ^a	-0.5438 ^a
2	4.40 ^{ab}	13.61 ^a	9.32 ^a	1.03192 ^a	5.038 ^a	3.512 ^a	0.1070 ^a
6	4.32 ^{ab}	12.76 ^a	8.44 ^a	1.02939 ^a	4.508 ^a	3.170 ^a	-0.5360 ^a
4	4.21 ^{abc}	12.68 ^a	8.46 ^a	1.02888 ^a	4.600 ^a	3.105 ^a	0.1114 ^a
5	4.04 ^{bcd}	12.54 ^a	8.49 ^a	1.02846 ^a	4.557 ^a	3.096 ^a	-0.5224 ^a
6	4.02 ^{bcd}	12.31 ^a	8.28 ^a	1.02786 ^a	4.445 ^a	3.036 ^a	-0.4871 ^a
7	4.00 ^{bcd}	12.40 ^a	8.39 ^a	1.02804 ^a	4.554 ^a	3.073 ^a	-0.5102 ^a
8	3.83 ^{cd}	12.42 ^a	8.58 ^a	1.02942 ^a	4.660 ^a	3.151 ^a	-0.5064 ^a
9	3.79 ^d	12.29 ^a	8.50 ^a	1.02875 ^a	4.545 ^a	3.105 ^a	-0.4996 ^a
10	3.70 ^d	12.37 ^a	8.67 ^a	1.02962 ^a	4.680 ^a	3.184 ^a	-0.0482 ^a

^a literal diferente en columna indica diferencia ($P \leq 0.05$)

Cuadro 2

Efecto de la época del año en la calidad física química de leche para la región del Mezcalapa, Huimanguillo, Tabasco

Época	Grasa (%)	STOT (%)	SNG (%)	Densidad (kg/L)	Lactosa (%)	Proteína (%)	Temp. de congelación
Nortes	4.52 ^a	13.18 ^a	8.65 ^a	1.02916 ^a	4.688 ^a	3.167 ^a	-0.3791 ^a
Lluvia	3.94 ^b	12.56 ^b	8.67 ^a	1.02916 ^a	4.650 ^a	3.191 ^a	-0.4124 ^a
Seca	3.98 ^b	12.41 ^b	8.42 ^b	1.02944 ^a	4.612 ^a	3.124 ^a	-0.2058 ^a

^a literal diferente en columna indica diferencia (P≤0.05)

Cuadro 3

Efecto de la especie forrajera presente en la calidad física química de leche para la región del Mezcalapa, Huimanguillo, Tabasco

Forraje	Grasa (%)	STOT (%)	SNG (%)	Densidad (kg/L)	Lactosa (%)	Proteína (%)	Temp. de congelación
<i>Panicum</i>	4.31 ^a	12.87 ^a	8.560 ^b	1.02873 ^{ab}	4.450 ^{ab}	3.140 ^a	-0.4061 ^a
<i>Brachiaria</i>	4.06 ^b	12.75 ^{ab}	8.749 ^a	1.02974 ^a	4.715 ^a	3.230 ^a	-0.2043 ^a
<i>Paspalum</i>	4.05 ^b	12.48 ^b	8.426 ^b	1.02845 ^b	4.589 ^{ab}	3.090 ^a	-0.5207 ^a
<i>Cynodon</i>	3.93 ^b	12.40 ^b	8.475 ^b	1.02902 ^{ab}	4.606 ^a	3.124 ^a	-0.4988 ^a

^a literal diferente en columna indica diferencia (P≤0.05)

Cuadro 4

Efecto de la fuente de complementación alimenticia sobre la calidad física química de leche en la región del Mezcalapa, Huimanguillo, Tabasco.

Forraje	Grasa (%)	STOT (%)	SNG (%)	Densidad (kg/L)	Lactosa (%)	Proteína (%)	Temp. de congelación
Heno	4.40 ^a	13.61 ^a	9.324 ^a	1.03192 ^a	5.038 ^a	3.512 ^a	0.1070 ^a
Melaza	4.25 ^{ab}	12.82 ^b	8.573 ^a	1.02884 ^a	4.227 ^c	3.148 ^a	-0.4116 ^a
Alimento	4.13 ^{abc}	12.57 ^{bc}	8.443 ^a	1.02857 ^a	4.556 ^b	3.091 ^a	-0.2844 ^a
Minerales	4.00 ^{bc}	12.40 ^{bc}	8.397 ^a	1.02804 ^a	4.554 ^b	3.073 ^a	0.5102 ^a
Pollinaza	3.92 ^{cd}	12.47 ^{bc}	8.543 ^a	1.02950 ^a	4.675 ^b	3.158 ^a	-0.5170 ^a
Silo	34.62 ^d	12.22 ^c	8.596 ^a	1.02934 ^a	4.625 ^b	3.151 ^a	-0.5024 ^a

^a literal diferente en columna indica diferencia (P≤0.05)

El contenido de grasa en la leche parece ser el factor más sensible al cambio de ambiente, pues en otros estudios se vio afectado tanto por el tipo de suelo, como por la época del año (Quiroz *et al.*, 2012); en este caso, se vio afectado por la época y la complementación alimenticia (lo cual es una parte importante del ambiente donde se encuentran los animales). Es sabido que también se ve alterado por la velocidad de

ordeño y la cantidad de leche producida. Por ello, será necesario redoblar esfuerzos en los aspectos que se pueden controlar, como el tiempo de ordeño, la calibración del equipo y la alimentación, sobre todo eligiendo aquello que contribuya a obtener un producto de mejor calidad. Un aspecto que tienen que ver con la calidad de la leche y que es fácil de manipular y no requiere ninguna inversión es el respetar el tiempo de ordeño. La leche que se obtiene al principio del ordeño contiene menos sólidos, sobre todo el contenido de grasa es mínimo. La mayor cantidad de grasa se acumula en la leche residual, o la última leche ordeñada. Por lo tanto, en los sistemas de doble propósito donde el proceso de ordeño es con becerro al pie, el ordeño debe ser a fondo para obtener leche vendible de buena calidad.

En el Cuadro 5, se muestran las características físico-químicas promedio de leche evaluada en los ranchos de la ribera del Mezcalapa y se observa que la calidad está dentro de los estándares nacionales para zonas tropicales (NOM-184-SSA1-2002). Sin embargo; bajo las condiciones de trópico, existen variaciones que incluyen factores humanos en el manejo y la producción, además de los factores fisiológicos normales de los animales que intervienen en el proceso de la secreción, desde luego, la necesidad de adoptar una clasificación que permita diferenciar las leches según sus características propias y según el valor que puedan tener en relación a la utilización que se les pretende dar. La controversia sobre este aspecto tan discutido de la industria lechera es grande y aunque se reconoce que el sistema de pagar la leche exclusivamente por su volumen es inadecuado, no se ha conseguido hasta hoy unanimidad de puntos de vista sobre el método de valorización más recomendable (Quiroz *et al.*, 2012).

Cuadro 5

Promedio de la calidad físico-química de leche en las 10 unidades de producción durante un año de muestreo de la zona del Mezcalapa

Variable	Promedio
Grasa (%)	3.701
Sólidos no grasos (%)	8.373
Densidad	28.409
Lactosa (%)	4.541
Proteína (%)	3.089

Se habla frecuentemente de calidad, pero no siempre se atiende al significado completo y al concepto verdadero de este término. Por una parte, la leche al ser secretada, adquiere en cada caso individual, ciertas características físico-químicas

que determinan su composición y que es muy difícil de homogenizar en los diferentes sistemas de producción existentes en la región tropical. Por otra parte, se debe tener en cuenta el estado de salud del animal ya que la leche, así como puede ser un excelente alimento puede también constituir un peligroso medio de difusión de enfermedades. Los métodos empleados en la producción de leche requieren que se realicen con una higiene adecuada, por lo que trabajar desde las explotaciones la calidad del producto cobra mayor importancia a fin de contribuir desde su origen a ofertar un producto de excelente calidad (Quiroz *et al.*, 2012). Será necesario hacer estudios sobre la calidad sanitaria de la leche, puesto que de origen la calidad físico química del producto es altamente satisfactoria, sin embargo, los métodos de ordeño y el manejo sanitario de las vacas y el posterior manejo de la leche, son claves en la comercialización de los productos obtenidos.

Este sistema aporta el 15 % de la producción de leche a nivel nacional, con aproximadamente dos millones de vacas, pertenecientes a productores, que en su mayoría, son de bajos recursos económicos. Considerar la calidad de leche es analizar varios aspectos en conjunto como la calidad genética de los animales, el estado nutricional de las vacas, la higiene en el proceso de ordeña, los buenos hábitos de ordeño, la tecnificación de los ranchos, el deseo de progresar para obtener mayores ingresos. Para lograrlo se requiere de equipo de ordeño, tanques de enfriamiento y asesoría técnico-productiva. Tecnificar los ranchos para producir leche de buena calidad, y ubicarla en el mercado al mejor precio; En el mercado actual donde la ley de la oferta y la demanda depende de las grandes industrias transnacionales, debe corresponder tanto a la sociedad y el gobierno el pago de la leche de buena calidad, para que el productor ganadero, pueda progresar y mejorar la cantidad y calidad de la leche producida. Para que México pueda ser autosuficiente en la producción de leche en la cantidad y calidad requerida, es necesario evaluar el sistema en su conjunto, con el equipo necesario para obtener datos de calidad que permitan identificar los componentes y considerar alternativas de manejo en los sistemas de producción de bovinos de doble propósito, además de un adecuado manejo de los equipos de ordeños y utensilios. La medición de la calidad debe ir más allá de la composición del producto, es recomendable considerar además la carga bacteriana, los contaminantes (antibióticos indebidamente utilizados), adulterantes, entre otros.

CONCLUSIONES

La calidad físico-química de la leche producida en la región del Mezcalapa cumple con los parámetros que exige la norma NOM-184-SSA1-2002, y es considerada de calidad excelente.

En términos generales la época del año influye en algunas variables de calidad de la leche.

RECOMENDACIONES

Es necesario brindar asesoría técnica de calidad a los productores de bovinos de doble propósito.

Es conveniente encauzar esfuerzos a la medición de la carga bacteriana de la leche desde que se extrae de la vaca hasta que llega a la mesa del consumidor, ya sea como leche fluida o como algún derivado.

LITERATURA CITADA

- García P. O. SEP. 1998. Páginas 13-14. Historia y geografía del estado de Tabasco. 3er grado de educación primaria.
- Granados, Z., L. Quiroz V., J. Barrón A., M. y Jiménez O., M., M. 2001. El genotipo y su respuesta a variables reproductivas y productivas en bovinos de doble propósito. INIFAP. XVII Reunión Latinoamericana de Producción Animal. ALPA. Ciudad de la Habana Cuba.
- NOM-184-SSA1-2002, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Especificaciones sanitarias. Secretaría de Salud.
- Ojeda, A, Lugo, A. y Petrocínio, P. Osorio A., M., M. 1998. Evaluación de la concentración de grasa en leche de vacas de doble propósito con amamantamiento restringido.
- Quiroz V., J. Como realizar cruzamientos de Bovinos de Doble propósito en el trópico. SAGARPA-INIFAP. Día del productor agropecuario 2002. Campo Experimental Balancán. CIRGOC. Memoria técnica Tabasco, México.
- Quiroz V., J., A. M. Constantino, L. Granados Z., and V. Landi. 2011. Frecuencias alélicas de características de calidad de la leche y de la canal en dos razas

lecheras de Tabasco. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal 1: 187-190.

Quiroz V., J. Granados Z., L. Barrón A., M. Garduza A., B. Gamas R. E. 2012. Calidad físico-química de la leche bovina en suelos de vega de río, transición a sabana y sabana de la región de la Chontalpa, Tabasco. INIFAP - RCFA – Tabasco, México.

SAS.1998. Statistical Analysis System. User Guide. SAS Institute, Cary N. C. Usa.

Villegas, M., P., H. Román. 1986. Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. Revista Técnica Pecuaria No. 51 México. P. 51-61.

Referencias informáticas

Lactodata. 2014. Información sobre el sector lechero. Boletín.; url: http://www.lactodata.com/lactodata/docs/ind/lacto_ind_prod.pdf; mayo 2014.

EFFECTO ANTIHELMÍNTICO *IN VITRO* DEL EXTRACTO ACUOSO DE HOJAS Y FLORES DE *TITHONIA DIVERSIFOLIA* CONTRA HUEVOS DE *HAEMONCHUS CONTORTUS* DE OVINOS.

***IN VITRO* ANTHELMINTIC EFFECT OF AQUEOUS LEAF AND FLOWERS EXTRACT OF *TITHONIA DIVERSIFOLIA* AGAINST EGGS OF *HAEMONCHUS CONTORTUS* OF SHEEP.**

Hernández VMM¹, ¹Bolaina HE, López CJA, ²Hernández BGI, ¹Bolio LGI, ¹Cruz BP, ¹Pérez VMA.

¹División de Ciencias Básicas e Ingenierías UPCH. Carretera Cárdenas-Huimanguillo km. 2.0. ²Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida Yucatán.

*Autor para correspondencia: mahervi57@gmail.com

RESUMEN

La alta prevalencia de nematodos gastrointestinales, especialmente *Haemonchus contortus* que presenta resistencia antihelmíntica múltiple, ha sido reportada en sistemas de producción de ovinos en varias partes del mundo. Por esta razón, el desarrollo de estrategias que sean menos dependientes de tratamientos antihelmínticos es imperativo para la profilaxis de los nematodos gastrointestinales. Este estudio fue realizado para evaluar el efecto *in vitro* del extracto de hojas y flores de *Tithonia diversifolia* contra huevos de *Haemonchus contortus* de ovinos. La prueba de eclosión de huevos fue utilizada para determinar el posible efecto antihelmíntico del extracto acuoso de hojas y flores de *T. diversifolia*. Se probaron cuatro concentraciones: 75, 150, 300, 600 µg/mL y dos controles: positivo (tiabendazol) y negativo, Phosphate Buffered Saline (PBS). El extracto acuoso de hojas a la mayor concentración probada (600 µg/mL) mostró un efecto similar al control positivo tiabendazol ($P \leq 0.05$), el control negativo inhibió sólo el 5.2 ± 1.25 la eclosión de huevos. De igual manera el extracto acuoso de flores mostró inhibiciones de la eclosión en un rango de 80 hasta 100% a la concentración más alta (600 µg/mL). Ambos extracto mostraron un efecto Dosis-Respuesta. En general los resultados del presente estudio muestran que *T. diversifolia* contiene compuestos secundarios que afectan la eclosión de huevos de *H. contortus* de ovinos.

Palabras clave: (*Tithonia diversifolia*; *Haemonchus contortus*; Eclosión de huevos; Nematodos gastrointestinales; Plantas antihelmínticas.)

INTRODUCCIÓN

Las infecciones por nematodos gastrointestinales (NGI) juegan un papel importante en la producción de pequeños rumiantes, esto debido principalmente a las enormes pérdidas económicas que ocasionan, particularmente en áreas donde se practica el pastoreo extensivo (Waller, 1997). *Haemonchus contortus* es un nematodo gastrointestinal altamente patógeno de pequeños rumiantes, que es capaz de causar enfermedad aguda y alta mortalidad en todos los grupos de edades. Por su amplia distribución y sus repercusiones en la salud y la producción ovina en México y otros lugares del mundo, *H. contortus* es considerado el NGI más importante de los ovinos debido a su amplia distribución y a su virulencia (Quiroz, 2000). Aunado a esto, la presencia de resistencia antihelmíntica (RA) en poblaciones de NGI y la creciente demanda de alimentos (carne y leche) libres de residuos químicos, hacen imperiosa la necesidad de explorar métodos alternativos de control parasitario (Aguilar-Caballero *et al.*, 2009). Debido a lo anterior muchos investigadores en diversas partes del mundo han centrado su atención en el uso de plantas con propiedades antihelmínticas.

- *Tithonia diversifolia*, es una planta originaria de México pertenece a la familia Compositae y se encuentra ampliamente distribuida a través de los trópicos húmedos y sub-húmedos (Kongvongxay, 2012). Esta especie es usada para propósitos ornamentales, para el tratamiento de la diabetes mellitus, también se usa para el tratamiento de dolor de estómago, la indigestión, dolor del hígado entre otras (Owoyele *et al.*, 2004). La validación de sus usos populares muestra que *T. diversifolia* contiene compuestos bioactivos que poseen actividad antiinflamatoria, antidiarreica (Tona *et al.*, 1999), antiambiano y actividad espasmolítica (Tona *et al.*, 1998, 2000) y antiparasitaria (Wanjau *et al.*, 1998). Algunos de los compuestos bioactivos que han sido aislados de las hojas incluyen sesquiterpenos (Kuo y Chen, 1998), saponinas y alcaloides (Tona *et al.*, 2000).
- *T. diversifolia* no ha sido evaluada *in vitro* contra huevos de *H. contortus*, por lo tanto el objetivo del presente trabajo es evaluar el extracto acuoso de hojas y flores de *T. diversifolia* contra huevos de *H. contortus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se realizó en el laboratorio de investigación animal de la Universidad Popular de la Chontalpa, ubicada en el km 2.0 de la carretera Cárdenas-Huimanguillo. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 18° 0' de latitud norte; y 93° 23' de longitud oeste, a una altitud de 10 msnm. Tiene un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y un rango de temperatura 26 – 28 °C. El tipo de suelo predominante es el vertisol (INEGI, 2011).

Colecta del material vegetal

Las hojas y flores 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 (hojas y flores) fueron seleccionadas de plantas jóvenes y sanas.

Obtención de los extractos

El material vegetal fue secado en una estufa durante 48 hrs 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 se midieron en una probeta 100 mL de agua destilada y se colocaron en un vaso de precipitado de 250 mL para luego ponerla a ebullición; alcanzada esta temperatura, se le adicionaron 5 g de polvo de hojas de *T. diversifolia* y se dejó enfriar para luego filtrar la solución. La solución final fue colocada en viales para su congelación a -20 °C. Posteriormente se sometió al proceso de liofilización para la obtención del extracto puro y almacenarlo a 4 °C hasta su uso. Para la obtención del extracto de flores, se siguió el mismo procedimiento descrito anteriormente.

Obtención de los huevos de *H. contortus*

Para la obtención de huevos de *H. contortus*, se utilizó un cordero donador macho de 4 meses de edad de cruzado. 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 encontraba 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). 100 huevos en solución del extracto de hojas y flores de *T. diversifolia* a las concentraciones de 75, 150, 300 y 600 µg/mL, fueron incubados 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 Buffered Saline (PBS) y un control positivo que fue el tiabendazol 0.5 µg/mL. Se realizaron cuatro repeticiones para cada concentración y los controles respectivamente.

Análisis estadístico

La comparación de medias de los porcentajes de inhibición de la eclosión de huevos, a las diferentes concentraciones probadas contra el grupo control (tiabendazol), fueron realizadas por medio de un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa SPSS versión 15.0. Para conocer el efecto dosis-respuesta, se utilizó la metodología probit, con la ayuda del programa Polo-Plus® (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención del extracto

El cuadro 1 muestra el rendimiento del material vegetal después de liofilizado.

Cuadro 1

Rendimiento del material vegetal (hojas y flores) después de la extracción.

Tipo de material	Material seco (g)	Liofilizado (g)	Rendimiento (%)
Hojas	5	1.443	28.8
Flores	5	1.044	20.8

El mayor porcentaje de rendimiento del material vegetal, se observó en el extracto de hojas de *T. diversifolia* (28.8 %), esta cantidad fue suficiente para la realización de las pruebas *in vitro*.

Prueba de la eclosión de huevos de *H. contortus*

La media de eclosión para el control negativo PBS fue de 5.2%. El extracto acuoso de hojas de *T. diversifolia* mostró efecto significativo sobre la eclosión de huevos de *H. contortus* (83.1 % \pm 0.6 media de eclosión), comparado con el control positivo ($P < 0.05$). El control positivo promovió el 94% de inhibición a la concentración de 0.5 $\mu\text{g/mL}$ (cuadro 2).

Cuadro 2: Medias \pm desviación estándar del porcentaje de inhibición de la eclosión del extracto de hojas de *T. diversifolia* contra huevos de *H. contortus*

Tratamiento	Concentración $\mu\text{g/mL}$	Eficacia \pm D.E.
Tiabendazol	0.05	93.7 \pm 1.26 ^a
EHTd	600	90.0 \pm 5.59 ^a
EHTd	300	89.2 \pm 8.99 ^a
EHTd	150	80.0 \pm 2.94 ^a
EHTd	75	73.2 \pm 16.9 ^b
Control negativo	PBS	5.2 \pm 1.25 ^c

Letras diferentes en la misma columna representan diferencia significativa ($P < 0.05$)

EHTd=Extracto de Hojas de *Tithonia diversifolia*

PBS=Phosphate Buffered Saline

En el cuadro 3 se observa que el extracto de flores de *T. diversifolia* a la mayor concentración probada 600 µg/mL inhibió el 100 % de la eclosión de huevos de *H. contortus*. Resultados similares fueron reportados por Domínguez *et al.* (2013), al evaluar el extracto acuoso de piel de piña contra huevos de *H. contortus* encontrando 100 % de inhibición. Kamaraj y Rahuman, (2011), evaluaron los extractos metanólicos de hojas de *A. squamosa*, *Eclipta prostrata* y el extracto acetónico de semillas de *Terminalia chebula*, encontrando una eficacia de 100 % sobre la inhibición de la eclosión de huevos de *H. contortus* a la concentración de 50 mg/mL. Costa *et al.* (2012) obtuvieron el 100 % de inhibición de la eclosión de huevos de *H. contortus* con el extracto de acetato de etilo de *Solanum. torvum* y *Catharanthus. Roseus*. Powers *et al.* (1982) diseñaron la guía para la evaluación de la eficacia antihelmíntica *in vitro* de antihelmínticos que han sido adoptados por la W.A.A.V.P. de acuerdo a esos autores, para que los agentes antihelmínticos evaluados sean eficaces, deben inhibir más del 90% la eclosión de huevos de parásitos y cuando inhiben entre 80-90 % deben considerarse moderadamente eficaces.

Los compuestos presentes en el extracto acuoso de *T. diversifolia*, juegan un papel muy importante en la planta, en actividades como la antimicrobiana y la antihelmíntica. *T. diversifolia* ha sido documentada que contiene como compuestos principales y en mayor abundancia: lactonas sesquiterpénicas, saponinas y alcaloides (Kuo y Chen, 1998; Tona *et al.*, 2000), las cuales podrían ser responsables de la actividad ovicida sobre los huevos de *H. contortus*.

Cuadro 3

Medias ± desviación estándar del porcentaje de inhibición de la eclosión del extracto de flores de *T. diversifolia* contra huevos de *H. contortus*

Tratamiento	Concentración µg/mL	Eficacia ±D.E.
Tiabendazol	0.05	92.5±4.26 ^a
EFTd	600	100±4.26 ^a
	300	99.75±0.50 ^a
	150	98.5±3.00 ^a
	75	80±10.10 ^b
	PBS	6.25±3.68 ^c
Control negativo	PBS	6.25±3.68 ^c

Letras diferentes en la misma columna representan diferencia significativa ($P < 0.05$)

EFTd=Extracto de flores de *Tithonia diversifolia*

PBS=Phosphate Buffered Saline

CONCLUSIONES

La actividad antihelmíntica *in vitro*, observada con el extracto de hojas de *T. diversifolia*, demuestra que a las concentraciones utilizadas en este estudio afecta la eclosión de huevos de *H. contortus*, con porcentajes de inhibición que se pueden considerar significativos y por lo tanto, es indispensable realizar más estudios al respecto para poder utilizar este recurso de una manera sustentable.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Caballero, A.J., Torres-Acosta, J.F.J., Cámara, S.R., 2009. Importancia del parasitismo gastrointestinal en ovinos y situación actual de la resistencia antihelmíntica en México. En: Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico. Compiladores: González, G.R, Berumen, A.A.C, Tabasco, México. Universidad Autónoma Chapingo. pp.1-11.
- Coles, G., Bauer, C., Borgsteede, F.H.M., Geerts, S., Klei, T.R., Taylor, M.A., Waller, P.J., 1992. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*, 44, 35–44.
- Costa, C.T.C., Morais, S.M., Bevilaqua, C.M.L., Souza, M.M.C., Leite, F.K.A., 2002. Efeito ovicida de extratos de sementes de *Mangifera indica* L. sobre *Haemonchus contortus*. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*. 11, 57–60.
- Domingues, L.F., Giglioti, R., Feitosa, A.K., Fantatto, R.R., Rabelo, D.M., de Sena, O.M.C., Bechara, H.G., de Oliveira, P.G., Junior, B.W., de Souza, C.A.C., 2013. *In vitro* and *in vivo* evaluation of the activity of pineapple (*Ananas comosus*) on *Haemonchus contortus* in Santa Ines sheep. *Veterinary Parasitology*. 197, 263-270.
- Kamaraj, C., Rahuman, A.A., 2011. Efficacy of anthelmintic properties of medicinal plant extracts against *Haemonchus contortus*. *Research in Veterinary Science*. 91, 400-404.
- Kongvongxay, S., 2012. Effect of foliages rich in bypass protein on apparent digestibility, growth and methane emission in goats. Tesis de Maestría. pp 42

-
- Kuo, V.H., Chen, C.H., 1998. Sesquiterpenes from the leaves of *Tithonia diversifolia*. *Journal of Natural Products* 61, 827–828.
- Owoyele, B.V., Caleb, O.W., Ayodele, O.S., Samuel, B.O., 2004. Studies on the anti-inflammatory and analgesic properties of *Tithonia diversifolia* leaf extract. *Journal of Ethnopharmacology*. 90, 317-321.
- Powers, K.G., Wood, I.B., Eckert, J., Gibson, T., Smith, H.J., 1982. World Associations of Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) Guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics in ruminants (bovine and ovine). *Veterinary Parasitology*. 10, 265-284.
- Quiroz, R.H. 2000. *Parasitología y Enfermedades Parasitarias de los Animales Domésticos*. 2da ed. LIMUSA. México D.F.
- Tona, L., Kambu, K., Ngimbi, N., Cimanga, K., Vlietinck, A.T., 1998. Anti-amoebic and phytochemical screening of some Congolese medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology* 61, 57–68.
- Tona, L., Kambu, K., Ngimbi, N., Messia, K., Penge, O., Lusakibanza, M., Cimanga, K., De-Bruyne, T., Apers, S., Totte, J., Pieters, L., Vlietincia, A.J., 2000. Anti-amoebic and spasmolytic activities of extracts from some antidiarrhoeal traditional preparations used in Kinshasha, Congo. *Phytomedicine*. 7, 31–38.
- Waller, P.J., 1997. Sustainable helminth control of ruminants in developing countries. *Veterinary Parasitology*. 71, 195–207.
- Wang, B.H., Foo, L.Y., Polya, G.M., 1996. Differential inhibition of eukaryote protein kinases by condensed tannins. *Phytochemistry*. 3, 359 –65.

Manejo y Conservación de Recursos Naturales

ADAPTABILIDAD DEL BAMBÚ *Guadua aculeata* EN EL EJIDO VILLA DE GUADALUPE, HUIMANGUILLO, TABASCO

Arrieta RA ¹, Salaya DJ ¹, León AMC ¹ y Aceves NLA ²

¹Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Prol. Ignacio Zaragoza S/N Villa Ocuiltzapotlán, Centro, Tabasco, México. C.P. 86270. ² Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km. 3, H. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. agria_39@yahoo.com.mx

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Ejido Villa de Guadalupe, Huimanguillo, Tabasco, con el fin de conocer la adaptabilidad del bambú, especie *Guadua aculeata*, en terrenos con un talud del 93 %; evaluando altura (A), diámetro (D) y amacollamiento (AM); durante un periodo de 281 días (15 de enero al 23 de octubre). El trasplante a campo se realizó cuando la plántula tenía 45 días después de haber germinado en un diseño experimental completamente al azar con 50 plántulas como unidades experimentales. Las mediciones de A, D y AM se realizaron 11 veces durante el periodo a evaluar (281 días) en todas las unidades experimentales. Durante el desarrollo del experimento se hizo una aplicación de 50 g de urea por planta y se hicieron dos aplicaciones de POISON (tabletas) para el combate de la tuza (*Geomys bursarius*), que fue la principal plaga. También se realizaron cuatro podas para promover nuevos rebrotes. Los resultados obtenidos muestran que en las primeras etapas de desarrollo del bambú, la altura se comportó como una típica curva de desarrollo, cuya ecuación de regresión fue: $Y = 30.727 * e^{0.0065 * X}$ con un valor de $r^2 = 0.99$. Los valores promedio de "A" fluctuaron desde 32.8 cm hasta 141.0 cm. Respecto al "D", éste se comportó también como una típica curva de desarrollo, cuya ecuación de regresión fue: $Y = 0.3141 * e^{0.0049 * X}$ con un valor de $r^2 = 0.99$. Los valores promedio de "D" fluctuaron desde 0.36 cm hasta 1.29 cm. El número de rebrotes por planta "AM" en promedio fue de cinco. Durante el periodo de observaciones se acumularon 2,930.7 mm de precipitación y 4,667 grados-día de desarrollo (GDD) base 10 °C. Al comparar el incremento de "A" y "D" con los valores acumulados de precipitación y GDD-10 durante el ciclo se encontró una alta similitud en su comportamiento.

Palabras clave: *Guadua aculeata*, adaptabilidad, crecimiento, Tabasco.

INTRODUCCIÓN

Tabasco, por contar con condiciones óptimas de clima y suelo, para el desarrollo del cultivo de la ***Guadua aculeata***, conocida como otate, caña brava, tarro amarillo en el estado de Veracruz (Cortez, 2008), sería una alternativa para disminuir que se sigan erosionando miles de hectáreas a causa de los fenómenos naturales y cambio de uso del suelo; Además se crearían nuevas fuentes de ingresos para los productores silvícolas locales, por la entrega de materias primas industriales y su utilización directa en construcción, tutores, cercos, fabricación de muebles, alimento, artesanías, etc.), una de las ventajas es que los culmos pueden ser cosechados anualmente, a diferencia de las rotaciones forestales tradicionales; ya que el bambú crece más rápido que cualquier otra especie maderable. Sin embargo, existe muy poca información sobre bambúes nativos y es indispensable realizar estudios e investigaciones de cada una de las especies, para poder aprovecharlas adecuadamente (Cooper, 2005). Este estudio se realizó con el fin de conocer la adaptabilidad y crecimiento en la zona serrana del municipio de Huimanguillo, Tabasco. Cabe mencionar que en Tabasco, hasta la fecha no se ha probado adaptar especies de bambúes en áreas con características semejantes a las zonas donde prospera de manera natural en México. Se dice que el bambú es la planta del futuro.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Ejido Villa de Guadalupe, localizado en la microrregión “Sierra de Huimanguillo” se ubica al sur del estado de Tabasco, en el municipio de Huimanguillo. Colinda al sur con el estado de Chiapas y al Oeste con el estado de Veracruz. Tiene 132 habitantes, está a 400 msnm, en las coordenadas GPS: Longitud (dec): -93.596111 Latitud (dec): 17.353056. Debido a su orografía, Huimanguillo presenta dos tipos de clima; el primero es el cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), que es el clima dominante en Tabasco, con una temperatura media anual de 26.2°C, con una máxima media mensual de 30.6 °C en el mes de mayo y una máxima absoluta de 45 °C; la mínima absoluta alcanza los 14 °C. Este tipo de clima se presenta en las zonas bajas y planas del municipio. En las

zonas que presentan un relieve montañoso, se aprecia el clima cálido húmedo con lluvias todo el año, (Af), que es el clima que presentan las selvas altas de Chiapas, Veracruz y la sierra tabasqueña; cuya temperatura media varía entre 25.4 °C y 26.9 °C. Se presenta poca variación de las precipitaciones a lo largo del año, aunque estas disminuyen en invierno, presentándose en esta estación, solamente un 14.4 % del total anual. La precipitación media anual es de 2 290.3 mm, con un promedio máximo mensual de 322 mm en septiembre y un mínimo de 0 mm en abril. Los mayores vendavales ocurren en los meses de noviembre y diciembre con máximas de 30 km/h, localizándose los mínimos en el mes de mayo, siendo del orden de los 18 km/h (Fig. 1).

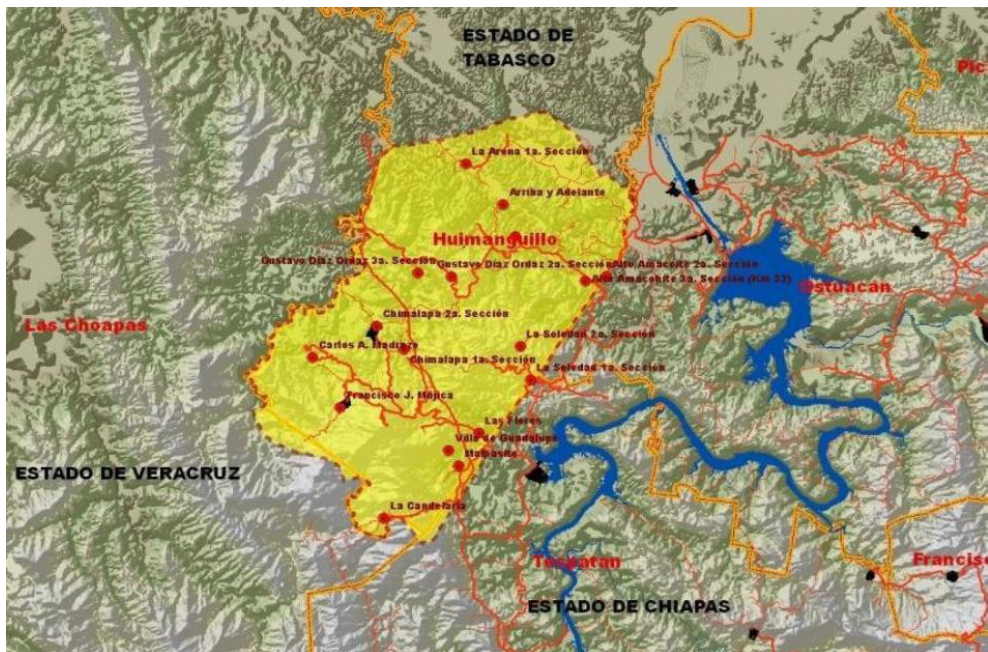


Figura 1. Ubicación del área de estudio. (Ejido Villa de Guadalupe, Huimanguillo, Tabasco).

Actividades realizadas:

- Selección y colecta de germoplasma. La especie se seleccionó de acuerdo a sus características de crecimiento y condiciones ambientales de sus

lugares de origen. Se adquirieron 50 plántulas de esta especie de una de las plantaciones naturales, donde existen culmos que llegan a medir 28 m de altura con diámetros de 25 cm, ubicada en el Ejido Independencia, municipio de Salto de Agua, Chiapas. Transportándolas al sitio experimental, en vehículo cerrado para evitar daños físicos.

- Preparación del terreno y trasplante. Se realizó el desvare manual de 00-05-00 ha., con machetes, debido a la pendiente del terreno; El diseño de plantación fue en tresbolillo; Para la construcción de las cepas se utilizaron coas y palas; Así mismo se efectuó el trasplante y el etiquetado de las plántulas a evaluar.
- Establecimiento del experimento. La parcela experimental, consistió en un trapecio de 5000 m² con una densidad poblacional de 50 plantas y arreglo de 5 x 5 m entre plantas. Cuyo objetivo fue determinar la adaptabilidad de esta especie y su comportamiento fenológico, el diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar.

VARIABLES EVALUADAS:

- Altura. Se tomaron las mediciones cada quince días al inicio del experimento, con un flexómetro de 5 m de longitud, después de tres meses se comparó el incremento medido.
- Diámetro. Se realizaron las mediciones con un pie de rey, en las mismas fechas de la A.
- Amacollamiento. Los rebrotes se contabilizaron durante la misma fecha de la A y D.
- Podas. Se realizaron cuatro podas de mantenimiento.
- Precipitación diaria y Temperatura máxima y mínima diarias. Los datos tomados del 15 de enero al 1 de Noviembre 2014, fueron proporcionados por la CONAGUA-Organismo de Cuenca Frontera Sur, Tuxtla, Chiapas, de la Estación Hidrométrica Peñitas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los promedios de A de las plantas observadas, se encontró que se adaptan fácilmente a las condiciones naturales de la zona (climáticas y edáficas);

donde se observó inicialmente un crecimiento de 10 cm por mes, esto coincide con lo reportado por Herrera y Sabogal (1999), en *Guadua angustifolia*. En los resultados obtenidos, al término del estudio hubo plantas que alcanzaron una A de 70 cm como mínimo y un máximo de 250 cm, en la Figura 2 se observa el crecimiento desde el día del trasplante hasta la última toma de datos, durante el tiempo que duro este experimento (281 días) la planta acumulo 4667 Grados-Día de Desarrollo (GDD) base 10 °C equivalente a una acumulación diaria de 16.6 °C que da una idea de la tasa de crecimiento. Durante el periodo que duro el experimento (281 días) ocurrieron 140 días con lluvia haciendo un total de precipitación 2930.7 mm, donde se pudo observar que ocurrieron 11 lluvias fuertes (mayores de 50 mm y lluvias muy intensas con precipitación superior a los 170 mm. Esto ocasiono deslaves en el terreno ya que el experimento se estableció en una ladera.

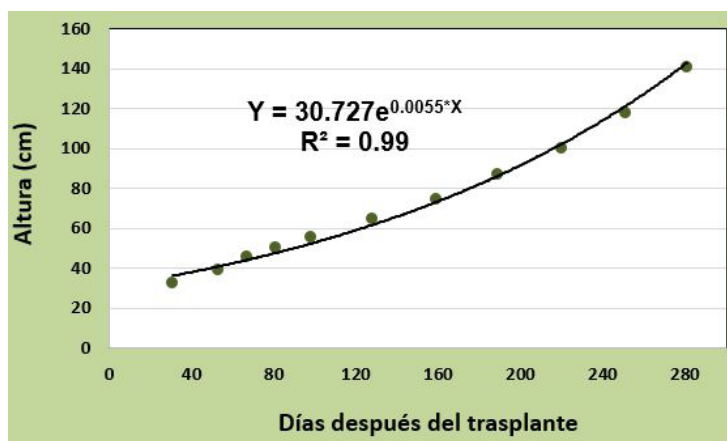


Figura 2. Relación entre la altura y los días después del trasplante del bambú (*Guadua aculeata*) en el Ejido Villa de Guadalupe, Huimanguillo, Tabasco.

En cuanto al incremento del D, tuvo un comportamiento similar a lo mencionado por Herrera y Sabogal (1999), en *Guadua angustifolia* los diámetros se incrementan a un promedio de 0.10 mm mensuales; en este trabajo se obtuvieron diámetros hasta de 2.2 mm en los 281 días que duro el experimento; en la Figura 3, se observan los D promedios de las plantas observadas.

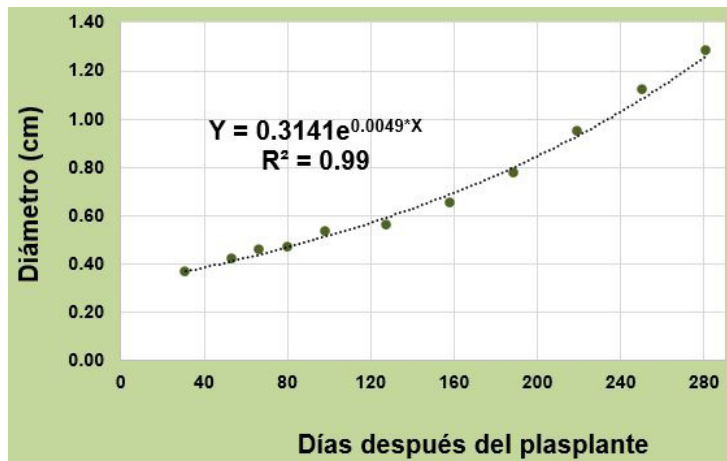


Figura 3. Relación entre el diámetro y los días después del trasplante del bambú (*Guadua aculeata*) en el Ejido Villa de Guadalupe, Huimanguillo, Tabasco.

La planta con el transcurrir del tiempo origina cada vez nuevos rebrotes (AM), que van evolucionando en D y A, dependiendo del tipo de suelo y de las condiciones climáticas. Se presentaron cepas hasta de 15 rebrotes a los 45 días después del trasplante. Al finalizar el estudio se obtuvo un promedio de AM de cinco renuevos, esto debido a las cuatro podas de mantenimiento realizadas. Herrera y Sabogal (1999), en *Guadua angustifolia*, reportan que las plantas al finalizar el primer año tiene un promedio de 12-14 rebrotes con vida productiva de 3-4 meses al cabo de los cuales se secan de arriba hacia abajo para dar paso a nuevos rebrotes con que adquieren mayor altura y salen con diámetro mayores. Se tuvieron daños de un 12 % por tuzas (*Geomys bursarius*) siendo la principal plaga que se presentó en este cultivo, durante los primeros cinco meses. También se realizaron dos aplicaciones de urea, 50 g por planta.

CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos A, D y AM se puede concluir que la planta se adaptó favorablemente a las condiciones edafoclimáticas de la zona. Esto también permite concluir que el bambú *Guadua aculeata*, es una alternativa más para los silvicultores

de Tabasco, teniendo un beneficio de contribuir a detener la erosión de los suelos de ladera, de las estribaciones de la sierra tabasqueña. Cabe mencionar que las plantas que se encontraban en donde sucedieron deslaves sufrieron daños severos y menor crecimiento, ocasionado por las intensas lluvias que ocurren en esa zona (que pueden llegar a superar los 170 mm por día), por lo que se recomienda remover lo mínimo la cobertura vegetal al momento en que se establezca el cultivo.

LITERATURA CITADA

Giraldo Herrera Edgar y Sabogal Ospina Aureliano, (1999): LA GUADUA una alternativa sostenible, publicación de la Corporación Autónoma Regional del Quindío, CRQ. Quindío, Colombia.

Ordóñez-Candelaria, V.R. y G.M. Bárcenas Pazos. 2014. Propiedades físicas y mecánicas de tres especies de guaduas mexicanas (*Guadua aculeata*, *Guadua amplexifolia* y *Guadua velutina*). Madera y Bosques 20(2):111-125.

Bio-bambú, No. 1, (1) 7, 2013. Primer Foro Estatal del bambú. Pág.7.

Referencias informáticas

Catálogo de los bambúes nativos de México; url: <http://w.w.w.bambumex.org>; 2/Octubre/2014.

El bambú en: México; http://www.usjt.br/arq.urb/numero_06/arqurb6_06_ponto_de_vista_03_alberto_cedeno.pdf; 10/Noviembre 2014.

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL USO DE SUELO DE LA CUENCA METZTITLÁN, HIDALGO

ANALYSIS OF LAND USE DYNAMIC WATERSHED METZTITLÁN HIDALGO

Reynoso SR^{*1}, Valdez LJR², Escalona MMJ³, de los Santos PHM²

¹Campo Experimental Centro de Chiapas, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, INIFAP. ²Postgrado en Ciencias Forestales, Campus Montecillo. COLPOS. ³Postgrado en Desarrollo Rural. Campus Montecillo. COLPOS.

Autor para correspondencia: reynoso.roberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se realizó un análisis bitemporal (2007-2013) de la dinámica de cambio de la cobertura vegetal y del uso de suelo en la cuenca río Metztlán, Hidalgo, México con el objetivo de actualizar su estatus. Se utilizó como base un mapa generado para 2007 con imágenes Landsat 5 y Landsat 7. Se procesaron imágenes SPOT 5 y 6 de alta resolución para generar un mapa correspondiente a 2013. Ambos mapas fueron comparados a través de una matriz de confusión e indicadores asociados (precisión global, precisión del usuario y coeficiente Kappa). Los resultados para el mapa 2013 tienen una exactitud general de 90.7 % y un valor del coeficiente Kappa de 92.5 %. El área destinada a la agricultura de riego y temporal disminuyó en 34.8 y 25.6 %, respectivamente. El análisis de cambios indica que el uso urbano y los cuerpos de agua aumentaron 305.3 y 82.4 %, respectivamente en el periodo de estudio. Se concluye que para el análisis de la dinámica de usos de suelo a una escala de cuenca es necesario el uso de imágenes de alta resolución espacial como SPOT; estas proporcionan mayor detalle y una representación más apegada a lo que realmente existe en el paisaje.

Palabras clave: Cambio de uso del suelo, cobertura de suelo, SPOT, landsat, cuenca Metztlán, SIG.

INTRODUCCIÓN

La rápida conversión y degradación de los ecosistemas forestales es un tema actual y de interés internacional (Desclée *et al.*, 2006). El cambio de uso del suelo y de la cobertura vegetal son un componente clave del deterioro ambiental a escala global, regional y local (Aldwaik y Pontius, 2012). Las principales preocupaciones son los impactos sobre la diversidad biológica mundial (Heubes *et al.*, 2013), la degradación del suelo (Li *et al.*, 2012), el ciclo del agua (Sterling *et al.*, 2012), los servicios ecosistémicos (Mendoza-González *et al.*, 2012), los almacenes de carbono (DeFries *et al.*, 2002) y el cambio climático (Feddema *et al.*, 2005).

Algunos autores consideran que los factores que explican las diferentes formas de cambio de uso y cobertura de la tierra están asociados con un continuo incremento en la producción de alimentos y con el uso poco eficiente de los recursos (Lambin *et al.*, 2003). Otros señalan la falta de estudios que integren aspectos biofísicos y humanos, para explicar y entender las verdaderas causas del cambio de uso del suelo (Pineda *et al.*, 2009).

En México, es indispensable examinar la dinámica de cambios de uso y cobertura del suelo debido a los procesos de deforestación presentes a razón de 155 000 ha por año (2005-2010) (FAO, 2010); particularmente en regiones semiáridas dado que los estudios realizados en el país se han concentrado en el trópico húmedo o en bosques templados (Rosete *et al.*, 2008).

En la cuenca de Metztlán, Hidalgo, México, a pesar de que se ha registrado una tasa de deforestación baja (-0.5 % anual), durante el periodo de 1985 a 2007, la tasa de crecimiento de la mancha urbana es de 4.3 % anual, lo que representa un crecimiento de 250.8 % en 22 años (Valdez-Lazalde *et al.*, 2011). Dada la magnitud de tales cambios, es indispensable continuar con su monitoreo para proveer información que permita evaluar su impacto sobre los ecosistemas terrestres, formular políticas de manejo e implementar modelos de monitoreo ambiental (Lupo *et al.*, 2001; Dewan y Yamaguchi, 2009; Valdez-Lazalde *et al.*, 2011).

En este trabajo se evalúa la dinámica de cambio de uso de suelo y la cobertura de la vegetación en la cuenca de Metztlán, Hidalgo. El objetivo fue actualizar el estudio de la dinámica de cambios hasta 2013, tomando como base un mapa de cobertura vegetal generado para 2007 (Valdez-Lazalde *et al.*, 2011). A diferencia del estudio anterior, aquí se utilizaron imágenes de la plataforma SPOT, de mayor resolución espacial y técnicas de clasificación supervisada. El uso de imágenes de mayor resolución espacial permitirá obtener datos más precisos de la dinámica de cambios que ocurre en la cuenca de Metztlán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción del área de estudio

La cuenca del río Metztitlán, con una superficie de 329 053.9 ha, se ubica dentro de los paralelos 19°53'41'' y 20°45'05'' latitud norte y los meridianos 98°55'04'' y 98°08'39'' longitud oeste. Se distribuye transversalmente en el estado de Hidalgo (89.9 %), Veracruz (6.4 %) y Puebla (3.7 %) (Valdez-Lazalde *et al.*, 2011) (Figura 1). Se considera el corazón agrícola del estado de Hidalgo, con dos distritos de riego, el de Metztitlán (DR 008) y el de Tulancingo (DR 028). La cuenca se origina en el estado de Puebla, con un intervalo de altitud que va de los 3100 m, en la sierra de Singuilucan, hasta 1250 m, en la laguna Metztitlán.

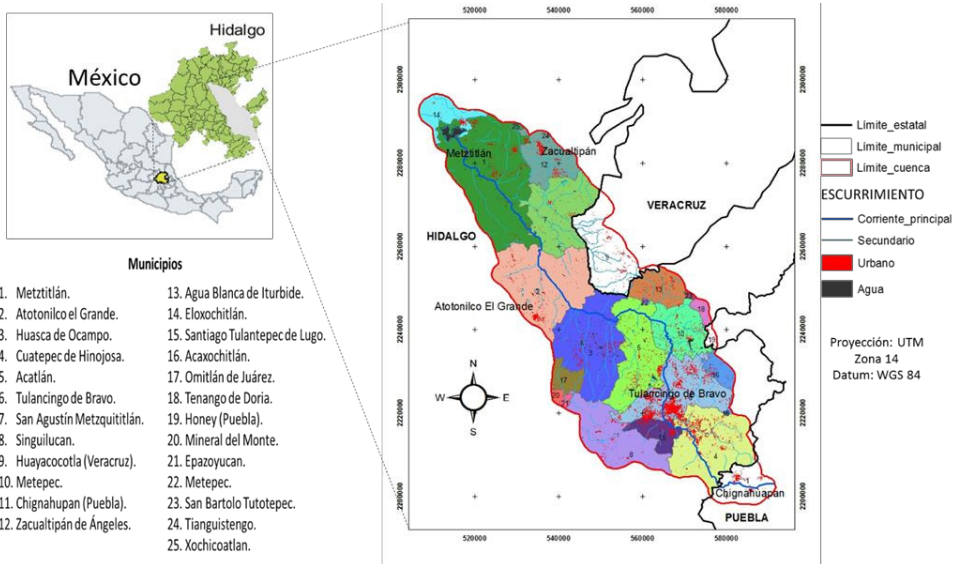


Figura 1: Localización del área de estudio; la cuenca del río Metztitlán.

Material empleado y pre procesamiento de imágenes

Como base del análisis se tomó el mapa de uso de suelo 2007 generado a partir de imágenes multiespectrales de dos fechas: Landsat 5 Thematic Mapper (TM) 1985 y Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) 2007 (Valdez-Lazalde

et al., 2011). El mapa de uso de suelo 2013 para la cuenca se generó a partir de un mosaico compuesto de cuatro imágenes SPOT 5 y una SPOT 6. Estas fueron proporcionadas por la estación de recepción México (ERMEXng), con un nivel de procesamiento 3A. En este formato, la imagen presenta corrección radiométrica básica, corrección geométrica y orthorectificación (SPOT Image, 2010). A pesar del preprocesamiento básico de las imágenes, debido a las diferencias en las condiciones atmosféricas, ángulo solar y elevación solar entre las fechas de imágenes, se realizó una normalización radiométrica para minimizar dichos efectos, los cuales son críticos para la detección de cambios (Chen *et al.*, 2003; Jensen, 2005). Primero, los valores digitales (DN) se convirtieron a radiancia y, posteriormente, a reflectancia exoatmosférica adimensional (Soudani *et al.*, 2006). Segundo, las imágenes a nivel de reflectancia se corrigieron combinando la corrección radiométrica y el método mejorado de sustracción del objeto oscuro (Modelo COST) de Chávez (1996), con ERDAS Imagine (ERDAS Inc., 2011).

Con las imágenes SPOT 5 preprocesadas a nivel radiométrico y atmosférico, se generó un mosaico que cubre la totalidad de la cuenca a una resolución espacial de 10 m. Se usó la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) zona14 N y datum WGS84. La imagen SPOT 6 no se incluyó en el mosaico debido a que presenta características radiométricas diferentes a SPOT 5 (SPOT Image, 2010), por lo que se trabajó en una clasificación separada. El mosaico de SPOT 5 presentó nubosidad en la parte SW y SE de la cuenca, por lo que se realizaron recorridos intensos de campo en dichas zonas, para verificar el uso de suelo.

Clasificación de uso de suelo

Desarrollo de las clases de cobertura del suelo y mapa de cobertura vegetal y uso de suelo.- La clasificación de uso de suelo 2013 se homologó con la clasificación de uso de suelo 2007 definida por Valdez-Lazalde *et al.* (2011) para hacerlas compatibles. Inicialmente se generaron campos de entrenamiento y se calcularon los valores de divergencia transformada para evaluar la separación de las firmas entre las clases de entrenamiento (Gambarova *et al.*, 2010). Se seleccionaron entre 30 y 300 píxeles (Gambarova *et al.*, 2010) para cada una de las clases temáticas generadas: 1) agricultura de riego (AR), 2) agricultura de temporal (AT), 3) cuerpo de agua (AGUA), 4) bosque de pino (BP), 5) bosque de encino (BE), 6) bosque de pino-encino (BPE), 7) matorral (MT), 8) matorral erosionado (MTE), 9) pastizal (PZ) y 10) urbano (UR).

Posteriormente se creó un mosaico compuesto de las bandas 4-3-2 (IRM-IRC-rojo) para el proceso de clasificación. Este se ejecutó a través de una clasificación supervisada con el algoritmo de máxima verosimilitud implementado en el software ERDAS Imagine. Este clasificador calcula una función de probabilidad estadística (bayesiana) de las entradas para las clases establecidas a partir de los sitios de entrenamiento. Después, cada píxel se asignó a una clase, a la que más probablemente pertenece (Erener, 2013).

Para comparar ambas clasificaciones, el mapa final de la clasificación de uso de suelo 2013 se remuestreó a 30 m, para tener la misma resolución espacial que el raster de la clasificación de uso de suelo 2007 generada por Valdez-Lazalde *et al.* (2011).

Validación del mapa de uso de suelo 2013.- Se realizó un recorrido de campo para cotejar la clasificación (mapa) inicial obtenida y para corregir las clases temáticas etiquetadas erróneamente. La precisión de la clasificación se evaluó cotejando 121 puntos de control distribuidos de manera aleatoria sobre las clases temáticas identificadas (Chuvieco, 1996). Con esos datos se construyó una matriz de confusión e indicadores asociados: precisión global, precisión del usuario y el coeficiente Kappa (Ridd and Liu, 1998; Jacquín *et al.*, 2008).

Análisis de cambio

El análisis de cambios se realizó a través de la técnica conocida como postclasificación, la cual ha demostrado ser eficiente para detectar la naturaleza, las tasas y la localización de los cambios entre mapas de uso de suelo derivados de imágenes de satélite de diferentes fechas (Aga y Pontius, 2008). Varios investigadores la han usado exitosamente en ambientes urbanos (Hardin *et al.*, 2007). Inicialmente el mapa final 2013 fue reclasificado en las clases de bosque (BP, BE y BPE) para obtener el mismo número de clases temáticas que las utilizadas en el mapa de 2007. La comparación bitemporal de las clasificaciones se realizó en el módulo Land Change Modeler for Ecological Sustainability implementado en el paquete IDRISI Andes (Clark Labs, 2006). Este proceso generó una matriz de transición de dos vías y una nueva capa temática que contiene los cambios de un uso de suelo. También se estimó la tasa de deforestación para obtener el porcentaje de cambio anual en los usos de suelo B (BP, BE, BPE) MT, MTE a AR, AT, PZ y UR mediante la ecuación propuesta por Palacio-Prieto *et al.* (2004): $Td = [(S2/S1)(1/n) - 1] \times 100$, donde: Td = tasa de deforestación anual en porcentaje, S2 = área arbolada en el año final, S1 = área arbolada en el año inicial y n = número de años del periodo de análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clasificación y validación del mapa de uso de suelo 2013

El mapa generado para 2013 muestra que los usos de suelo más extendidos en la cuenca son la agricultura de temporal (89 596.55 ha), matorral (80 477.42 ha) y bosque (63 409.12) (Figura 2). La agricultura de temporal se encuentra extendida en toda la superficie de la cuenca, con mayor presencia en la parte sur, cercana a los asentamientos urbanos con alto número de habitantes (Atotonilco el Grande, Tulancingo de Bravo, Singuilucan, Acatlán y Metepec) y terrenos planos aptos para este tipo de uso (Valdez-Lazalde *et al.*, 2011). En contraste, la agricultura de riego se encuentra localizada en los municipios de Metztlán, Acatlán, Metepec, Tulancingo de Bravo y Huasca de Ocampo con un total de 17 058.81 ha.

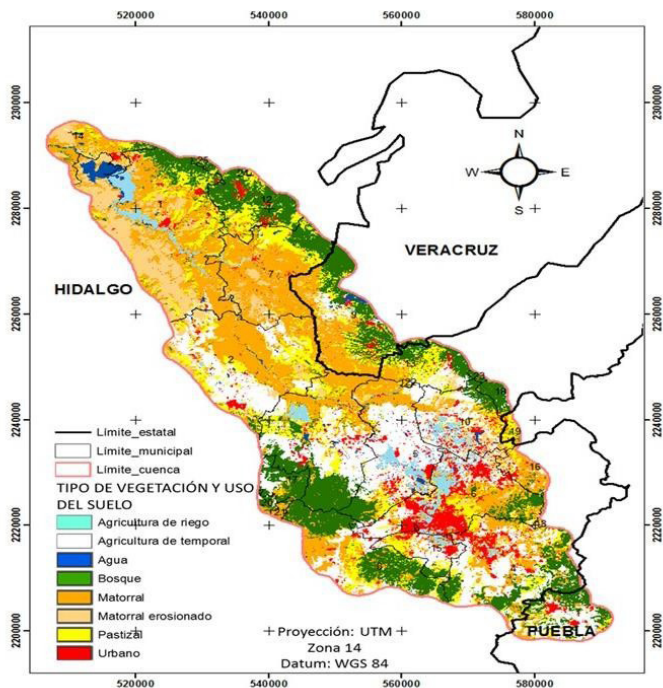


Figura 2. Mapa de vegetación y uso de suelo 2013 para la cuenca del río Metztlán.

La exactitud general y el índice Kappa del mapa de uso de suelo son aceptables con valores de 92.2 y 91 %, respectivamente (Mas *et al.*, 2003). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Valdez-Lazalde *et al.* (2011) con imágenes Landsat 7 ETM+ (2007), donde obtuvieron un 93 % de exactitud general y 91.5 % de índice Kappa.

Detección y análisis de cambios de uso de suelo

El análisis de cambios de cobertura y uso del suelo para el periodo 2007-2013 revela una dinámica importante en las superficies obtenidas para todas las categorías (Figura 3 y 4). Actualmente 50.2 % de la cuenca está cubierto por B, MT y asociaciones secundarias como el MTE. Las tierras de cultivo (AT y AR) ocupan 32.1 % de la superficie. Los cambios más significativos se centran, por un lado, en la disminución de los usos AR y AT con 34.8 y 25.6 % respectivamente, y por el otro, en un aumento de los usos UR (305.3 %), B (3.5 %), AGUA (82.4 %) y PZ (20.3 %).

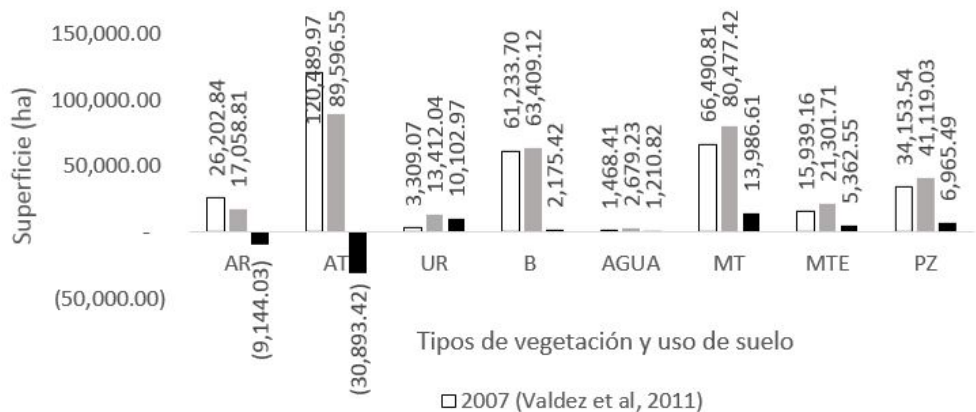


Figura 3. Comparación de las superficies ocupadas por tipo de vegetación y uso de suelo entre la clasificación 2007 y 2013.

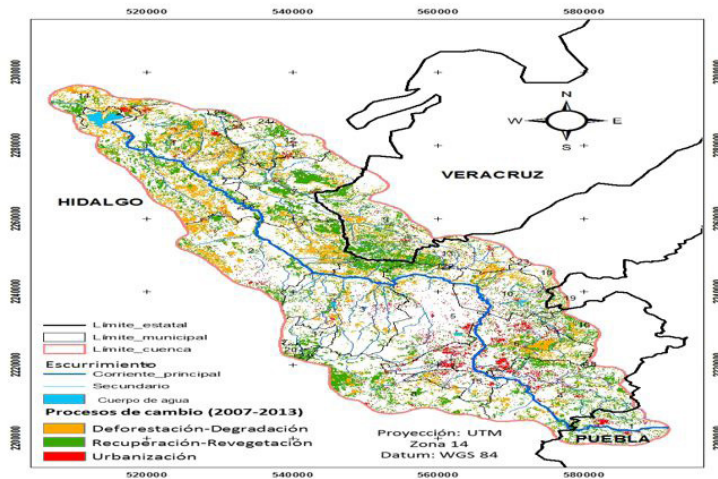


Figura 4. Mapa de cambio de uso de suelo (2007-2013).

CONCLUSIONES

Se detectó un cambio positivo en la tendencia de deforestación en la cuenca del río Metztlán, Hidalgo en el periodo 2007-2013. El resultado aquí reportado sienta la base para el monitoreo posterior a detalle del uso del suelo en la cuenca del río Metztlán. Los resultados obtenidos para la clasificación 2013 se consideran aceptables, así lo muestran la exactitud por clase y el estadístico Kappa (91 %). La actualización futura de los usos de suelo de la cuenca a través del uso de imágenes SPOT, permitirá tener información comparable para identificar zonas de cambio importantes para el monitoreo de los recursos naturales de la cuenca.

LITERATURA CITADA

Aga, A. C., and R. G. Pontius Jr. 2008. Identifying systematic land-cover transitions using remote sensing and GIS: the fate of forests inside and outside protected areas of Southwestern Ghana. *Environment and planning* 35: 280-295.

-
- Alwaik, S. Z., and R. G. Pontius Jr. 2012. Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition. *Landscape and Urban Planning* 106: 103–114.
- Chen, J., P. Gong, C. He, R. Pu, and P. Shi. 2003. Land-use/Land-cover change detection using improved change-vector analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69:369-379.
- Chuvieco, E. 1996. *Fundamentos de teledetección espacial*. 3ra. Edic. Rialp. Madrid, España. 574. p.
- Defries, R. S., R. A. Houghton, M. C. Hansen, C. B. Fiel, D. Skole, and J. Townshend. 2002. Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 99: 14256-14261.
- Desclée, B., P. Bogaert, and P. Defourby. 2006. Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment* 102:1-11.
- Dewan, A. M., and Y. Yamaguchi. 2009. Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960-2005. *Environ Monit. Assess.* 150:237-249.
- Erener, A. 2013. Classification method, spectral diversity, band combination and accuracy assessment evaluation for urban feature detection. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 21:397-408.
- ERDAS, Inc. 2011. *Field Guide*. Fifth edition, revised and expanded. Atlanta, Georgia, USA.
- Feddema, J. J., K. W. Oleson, G. B. Bonan, L. O. Mearns, L. E. Buja, G. A. Meehl, and W. M. Washington. 2005. The importance of land-cover change in simulating future climates. *Science* 310:1674-1678.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2010. *Global forest resources assessment 2010: progress towards sustainable forest management*. FAO Forestry Paper.
- Gambarova, Y. M., A. Y. Gambarov, R. B. Rustamov, and M. H. Zeynalova. 2010. Remote sensing and GIS as an advance space technologies for rare vegetation monitoring in Gobustan state national park, Azerbaijan. *Journal of Geographic Information System* 2:93-99.
- Heubes, J., M. Schmidt, B. Stuch, J. R. García, M., R. Wittig, G. Zizka, A. Thiombiano, B. Sinsin, R. Schaldach, and K. Hahn. 2013. The projected impact of climate and land use change on plant diversity: An example from West Africa. *Journal of Arid Environments* 96: 48-54.

-
- Jacquín, A., L. Misakova, and M. Gay. 2008. A hybrid object-based classification approach for mapping urban sprawl in periurban environment. *Landscape and Urban Planning* 84:152-165.
- Jensen, J. R. 2005. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Third edition. Upper Saddle River, NJ. 526 p.
- Lambin, E. F., H. J. Geist, and E. Lepers. 2003. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. *Annual Review of Environment and Resources* 28: 205-241.
- Li, L., Y. Wang, and C. Liu. 2012. Effects of land use changes on soil erosion in a fast developing area. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* DOI 10.1007/s13762-013-0341-x
- Lupo, F., I. Reginster, and E. F. Lambin. 2001. Monitoring land-cover changes in West Africa with SPOT Vegetation: impact of natural disasters in 1998-1999. *International Journal of Remote Sensing* 22: 2633-2639.
- Mas, J. F., J. R. Díaz G, y A. Pérez V. 2003. Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM* 51: 53-72.
- Pineda J., N. B., J. Bosque S., M. Gómez D. y W. Plata R. 2009. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariante. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas* 69: 33-52.
- Ridd, M. K., and J. Liu. 1998. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. *Remote Sensing of Environment* 63:95-100.
- Rosete, V., A. F., J. L. Pérez D., y G. Bocco. 2008. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas*. 67:39-58.
- Soudani, K., C. François, G. Maire, V. Le Dantec, and E. Dufrêne. 2006. Comparative analysis of IKONOS, SPOT, and ETM+ data for leaf area index estimation in temperate coniferous and deciduous forest stands. *Remote Sensing of Environment* 102: 161–175.
- Sterling, S. M., A. Ducharme, and J. Polcher. 2012. The impact of global land-cover change on the terrestrial water cycle. *Nature Climate Change* 3: 385-390.
- Valdez-Lazalde J. R., C. A. Aguirre S., y G. Ángeles P. 2011. Análisis de los cambios en el uso del suelo en la cuenca del río Metztlán (México) usando imágenes de satélite: 1985-2007. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* XVII: 313-324.

PREDICCIÓN DE CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CUENCA METZTITLÁN USANDO MODELAJE CON CADENAS DE MARKOV-AUTOMATAS CELULARES

PREDICTION OF LAND USE CHANGE IN THE BASIN MODELING USING METZTITLÁN MARKOV CHAIN - CELLULAR AUTOMATA

Reynoso SR*¹, Valdez LJR², Escalona MMJ³, de los Santos PHM², PérezHMJ⁴

¹Campo Experimental Centro de Chiapas, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, INIFAP. ²Postgrado en Ciencias Forestales, Campus Montecillo. COLPOS. ³Postgrado en Desarrollo Rural. Campus Montecillo. ⁴Postgrado en Edafología, Campus Montecillo. COLPOS.

Autor para correspondencia: reynoso.roberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se proyectó un escenario de uso del suelo en la cuenca del río Metztlán al 2025 utilizando cadenas de Markov-autómatas celulares. Se utilizó un mapa generado para 2007 con imágenes Landsat 5 y Landsat 7 e imágenes SPOT 5 y 6 para 2013. La agricultura de temporal, la agricultura de riego y el bosque experimentarán un decremento en superficie. Los usos de suelo urbano, matorral, y matorral erosionado muestran un incremento en superficie. Las probabilidades de permanencia muestran que el uso urbano no representa una amenaza para el bosque con 1,7 %. Se registró una tasa positiva de deforestación para la superficie leñosa (1,42 %). El modelo tiene limitaciones ya que carece de suficiente información sobre los factores explicativos que limitan o favorecen el cambio de uso de suelo.

Palabras clave: autómatas celulares, cadenas de Markov, cambio de uso del suelo, Landsat, SPOT.

INTRODUCCIÓN

Los modelos de cambio de uso de suelo recientemente se han considerado como herramientas importantes para analizar las causas y consecuencias de la dinámica de

cambio de uso del suelo. Los cambios de uso y cobertura del suelo más importantes que deben ser estudiados son derivados de factores antropogénicos, puesto que tienen un impacto sobre los ecosistemas terrestres, la pérdida y la fragmentación de hábitat, y crean impactos negativos sobre la vida humana (Shahidul and Ahmed, 2011).

Debido a lo anterior, existe la necesidad de mejorar el entendimiento de la dinámica de cambio de uso de suelo a través de modelos y proyecciones a escalas globales, regionales y temporales, particularmente con un enfoque sobre la explicación espacial de los procesos y resultados (Nayaran *et al.* 2014).

Actualmente, con los avances en la tecnología de sensores remotos y sistemas de información geográfica (SIG) se han desarrollado modelos con capacidad adecuada para modelar y predecir el cambio del uso y la cobertura del suelo. También, se han desarrollado varios enfoques para modelar y predecir la dinámica de cambio de uso de suelo (Shahidul and Ahmed, 2011).

La cuenca de Metztitlán se ubica en el centro de México, es considerada el corazón agrícola del estado de Hidalgo y una de las más importantes del país, tanto por su superficie como por el volumen de sus escurrimientos. Recientemente se reportó un análisis de la dinámica de cambio de uso de suelo para el periodo 2007-2013, encontrando importantes cambios en el uso urbano, en la superficie agrícola y en el área forestal (Reynoso-Santos *et al.* en prensa).

En este sentido, existe la necesidad de evaluar periódicamente los cambios de uso y de cobertura del suelo y predecir un escenario futuro de la cuenca Metztitlán. Este documento reporta un análisis de proyección de cambios basado en un enfoque híbrido de modelado con cadenas de Markov-autómatas celulares. Este enfoque híbrido ha sido usado ampliamente en la modelación de cambio de uso de suelo (Subedi *et al.* 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

La cuenca del río Metztitlán, con una superficie de 329 053 ha se ubica dentro de los paralelos 19°53'41'' y 20°45'05'' latitud norte y los meridianos 98°55'04'' y 98°08'39'' longitud oeste. Se distribuye transversalmente en el estado de Hidalgo (89,9 %), Veracruz (6,4 %) y Puebla (3,7 %) (Figura 1). Se considera el corazón agrícola del estado de Hidalgo con dos distritos de riego, el de Metztitlán (DR 008) y el de Tulancingo (DR 028). Este último es uno de los más importantes de

México, después de los distritos del norte del país. La cuenca se origina en el estado de Puebla, con un intervalo de altitud que va desde los 3100 m en la Sierra de Singuilucan hasta 1250 m en la laguna Metztitlán.

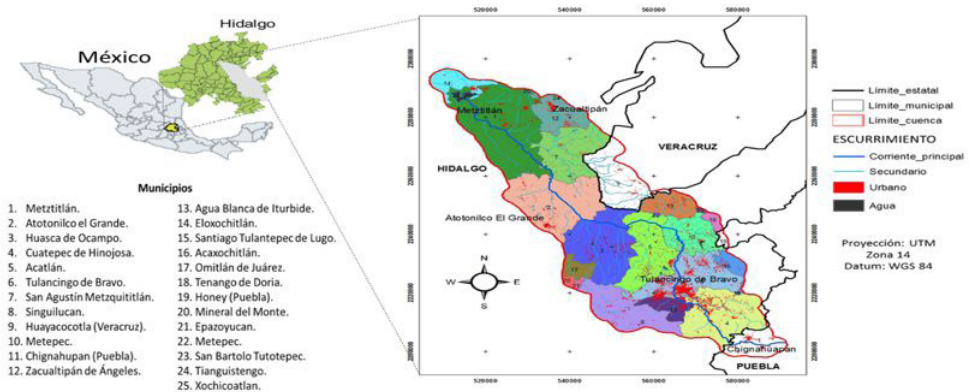


Figura 1: Localización del área de estudio; la cuenca del río Metztitlán.

Bases de datos

Se usaron dos mapas de cobertura vegetal y de uso del suelo previamente generados para los años 2007 y 2013 (figura 2). El primero de ellos fue generado a partir de una imagen multispectral Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) 2007. El mapa correspondiente a 2013 se generó a partir de un mosaico compuesto de cuatro imágenes SPOT 5 y una SPOT 6 (figura 2) (Reynoso-Santos *et al.* en prensa).

Cada mapa fue generado de manera independiente a través de un proceso de clasificación supervisado con el algoritmo de máxima verosimilitud en el paquete de cómputo ERDAS Imagine, registrando valores aceptables del estadístico Kappa (91,5 y 91 %, respectivamente). Las clases temáticas generadas para ambas clasificaciones fueron: 1) agricultura de riego (AR), 2) agricultura de temporal (AT), 3) cuerpo de agua (AGUA), 4) bosque de pino (BP), 5) bosque de encino (BE), 6) bosque de pino-encino (BPE), 7) matorral (MT), 8) matorral erosionado (MTE), 9) pastizal (PZ) y 10) urbano (UR).

Ambas clasificaciones fueron homologadas al sistema de coordenadas y proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) zona 14 N y datum WGS84,

con el mismo número y tipo de clases temáticas y una resolución espacial de 30 m. Estos mapas fueron exportados a formato tiff para su posterior análisis con el software IDRISI Selva (versión 17,0), con la finalidad de realizar la predicción de cambio de uso de suelo a través del modelo cadenas de Markov-autómatas celulares. Los mapas finales fueron reclasificados en las clases de bosque (BP, BE y BPE) para disminuir el número de categorías a analizar.

Generación de las probabilidades de transición y área de transición de cambio de uso de suelo a través del modelo de Markov. A través del módulo cadenas de Markov, se ingresaron los mapas de uso de suelo del año 2007 y 2013, y se ejecutó el algoritmo con un margen de error del 15 %. A partir de la tabulación cruzada de las imágenes analizadas se obtuvo una matriz de probabilidad de transición y una matriz del área de transición para proyectar el uso de suelo en un período de 12 años (t2 = 2025).

Además del análisis anterior se estimó una tasa de deforestación futura, entre la clasificación 2013 y el escenario obtenido para 2025. Con esto se obtuvo el porcentaje de cambio anual en los usos de suelo B (BP, BE, BPE) MT, MTE a AR, AT, PZ y UR mediante la ecuación (1) propuesta por Palacio-Prieto *et al.* (2004).

$$Td = \left[\frac{S2}{S1} \right]^{(1/n)} - 1 \quad (1)$$

dónde:

- Td = tasa de deforestación anual en porcentaje,
- S2= área arbolada en el año final,
- S1= área arbolada en el año inicial y
- n = número de años del periodo de análisis.

Generación del mapa de uso de suelo 2025 a través del modelo cadenas de Markov-autómatas celulares

El modelo de Markov-autómatas celulares usa los resultados del modelo de Markov, combinados con evaluación multicriterio y asignación de tierras multiobjetivo para agregar contigüidad espacial a la matriz del área de transición al 2025 generada a través del modelo de Markov.

Por otra parte, debido a que la proximidad física a una clase de uso de suelo existente se considera como un impulsor del cambio a otra clase de uso de suelo en el futuro (Subedi et al. 2013), se consideraron la distancia a caminos y a ríos como variables detonadoras de cambio. Además, se consideró como restricción del uso de suelo al límite de la reserva de la biosfera Barranca de Metztlán.

Con las variables físicas consideradas, el límite de la reserva, y a través de una evaluación multicriterio con el método de intersección Booleana, se generó un mapa de aptitud para la generación del mapa de uso de suelo al 2025. Con dicho mapa, se corrió el modelo de Markov-autómatas celulares con 12 iteraciones y un filtro de contigüidad de 5*5 píxeles para generar el mapa simulado al 2025.

Congruencia del mapa de cambio de uso de suelo 2025

Con el mapa generado a partir de imágenes SPOT y el mapa proyectado al 2013, se realizó una comparación de similitud entre ambos mapas usando el modulo VALIDATE de Idrisi Andes. Este módulo proporcionó el estadístico Kappa (K) para evaluar la similitud entre la clasificación actual 2013 y el mapa proyectado al 2013. Esto permitió tener una referencia sobre la precisión de la proyección al 2025 generada a base de los mapas de 2007 y 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La matriz de áreas de transición generadas de acuerdo al modelo de Markov muestra que las clases de uso de suelo AT, MT y UR tendrán un cambio notable en superficie al 2025 con respecto a las clases de uso de suelo comparadas de 2013 (Cuadro 1). Los resultados de la modelación al 2025, muestran por un lado, que el AT, AR y B tendrán un decremento en superficie. Mientras que, por el otro, los usos de suelo UR, MT y MTE muestran un incremento en su superficie (Figura 3). Para el 2025 se espera que las áreas urbanas proyectadas de la cuenca Metztlán aumenten un 2,2 % con respecto a 2013, lo cual representa un crecimiento anual bajo con respecto al registrado durante el periodo de 1985 a 2007 (4,3 %) registrado por Valdez-Lazalde *et al.* (2011) y el registrado por Reynoso-Santos *et al.* (en prensa) de 26,4 %. Por otro lado, las clases de uso de suelo que tendrán mayor representación para 2025 en cuanto a superficie son MT (27,1 %), AT (20,4 %), B (18,9 %) y PZ (13,5 %) (Cuadro 2).

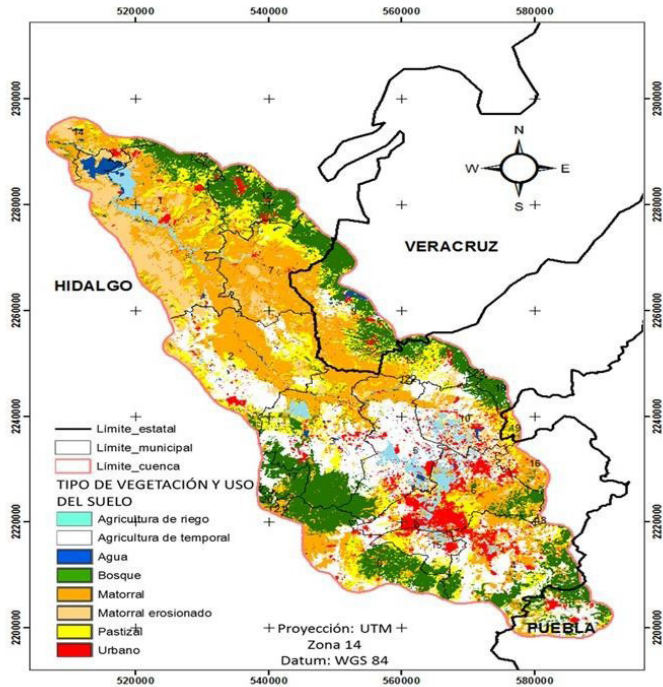


Figura 3: Mapa de uso de suelo de la cuenca Metztlitlán proyectado al 2025 generado con Markov-Autómatas Celulares

En décadas pasadas la superficie leñosa de la cuenca ha registrado una tasa negativa de crecimiento de $-0,5\%$ (Valdez-Lazalde *et al.* 2011), mientras que para 2013 (Reynoso-Santos *et al.* en prensa) y la proyección 2025 se ha registrado una tasa positiva de $2,3\%$ y $1,42\%$, respectivamente (Cuadro 2). Estos resultados se consideran congruentes ya que para 2025 se esperan tasas negativas de AR ($-5,5\%$) y AT ($-4,63\%$) y una tasa baja de crecimiento poblacional de $7,68\%$ con respecto a la registrada en 2013 ($26,4\%$), por lo que la presión sobre la superficie leñosa pudiera disminuir.

Cuadro 1

Matriz de área de transición al 2025 derivados de mapas de uso de suelo 2007 y 2013 a través de modelos de Markov en la cuenca Metztlán, Hidalgo

		2025								
		AR	AT	AGUA	B	MT	MTE	PZ	UR	Total
2013	AR	2,448	3,357	458	1,354	4,429	1,056	1,972	1,989	17,066
	AT	4,060	28,441	674	9,559	21,072	5,393	13,187	7,026	89,416
	AGUA	43,42	170	1,940	32	218	127	94	57	2,683
	B	992	7,629	112	34,613	11,354	1,459	6,160	1,113	63,435
	MT	2,023	11,384	686	9,253	31,369	9,967	13,511	2,199	80,396
	MTE	492	2,712	133	1,101	7,225	5,762	3,212	811	21,451
	PZ	1,296	10,564	203	5,472	11,866	3,891	5,186	2,662	41,144
	UR	781	3,013	55	1,114	1,903	294	1,168	5,124	13,455
	Total	12,138	67,273	4,264	62,501	89,440	27,954	44,493	20,984	329,051

Los valores en la diagonal marcados en negrita representan las superficies que se mantendrán estables entre 2013 y 2025. Los valores transversales representan las superficies de intercambio entre las clases de uso de suelo.

Existen diversos factores de tipo socioeconómico y físicos que también pudieran influir en la modelación de 2013 a 2025; sin embargo, el modelo de Markov es de tipo lineal y no considera los efectos de dichos factores sobre el cambio de uso de suelo (Pontius, 2000), sino que se basa únicamente en el análisis de la dinámica interna del sistema (Paegelow *et al.* 2003).

Debido a esto, se consideraron como factores físicos claves las distancias a caminos y a ríos, debido a que en otros estudios de modelación del uso de suelo usando modelos multinomiales y regresión logística dentro de la cuenca Metztlán, dichos factores han resultado ser de los más importantes para la modelación. A pesar de esto, factores físicos y socioeconómicos como crecimiento poblacional, migración hacia áreas urbanas, tamaño de la familia, elevación, infraestructura, etc., pueden no estar siendo contemplados y sí tener una influencia sobre la modelación.

Cuadro 2

Superficie de uso de suelo registrada en 2013 y proyección para 2025 a través de modelos de Markov en la cuenca Metztlán, Hidalgo

Clases de uso de suelo	Área registrada 2013 (ha)	Área proyectada 2025 (ha)	Tasa de cambio 2013-2025 (%)
AR	17,066 (5,1)*	12,138 (3,6)	-5,52
AT	89,416 (27,1)	67,273 (20,4)	-4,63
AGUA	2,683 (0,8)	4,264 (1,30)	8,02
B	63,435 (19,8)	62,501 (18,9)	-0,24
MT	80,396 (24,4)	89,440 (27,1)	1,79
MTE	21,451 (6,5)	27,954 (8,5)	4,51
PZ	41,144 (12,5)	44,493 (13,5)	1,31
UR	13,455 (4,0)	20,984 (6,3)	7,68

* El número entre paréntesis indica el porcentaje del área total para cada fecha estudiada.

El cuadro 3 presenta la matriz de probabilidad de transición de las diferentes clases de uso de suelo al 2025; las filas representan las clases de uso de suelo al 2013, mientras que las columnas representan las superficies modeladas con Markov al 2025.

De acuerdo con esta matriz de probabilidad de transición, la superficie leñosa (B, MT, MTE) tiene una alta probabilidad de permanencia en un período de 12 años (27-55 %). En 2025, destacan algunas clases de uso de suelo con alta probabilidad de permanencia, como el AGUA (70%), B (55 %), MT (40 %), UR (39 %) y MTE (27 %). Cabe señalar que las probabilidades más altas de transición del B a otros usos se registraron en las categorías de MT y AT, con 17 y 12 %, respectivamente. El uso urbano con 1,7 % no representa una amenaza para el B, puesto que el área boscosa está restringida a las partes altas de la cuenca donde el aspecto topográfico limita en parte el crecimiento urbano.

Cuadro 3

Matriz de probabilidad de transición al 2025 derivados de mapas de uso de suelo 2007 y 2013 a través de modelos de Markov en la cuenca Metztitlán, Hidalgo

		2025							
		AR	AT	AGUA	B	MT	MTE	PZ	UR
2013	AR	0,1434	0,1968	0,0269	0,0794	0,2595	0,0619	0,1156	0,1166
	AT	0,0454	0,3181	0,0075	0,1069	0,2357	0,0603	0,1475	0,0786
	AGUA	0,0162	0,0634	0,723	0,0122	0,0816	0,0474	0,0351	0,0213
	B	0,0156	0,1203	0,0018	0,5456	0,179	0,023	0,0971	0,0176
	MT	0,0252	0,1416	0,0085	0,1151	0,3902	0,124	0,1681	0,0274
	MTE	0,023	0,1264	0,0062	0,0513	0,3368	0,2686	0,1498	0,0378
	PZ	0,0315	0,2568	0,0049	0,133	0,2884	0,0946	0,1261	0,0647
	UR	0,0581	0,2239	0,0041	0,0828	0,1415	0,0219	0,0868	0,3808

Validación del mapa de cambio de uso de suelo 2025

Los resultados de la validación del mapa generado con Markov al 2013 y el mapa generado con imágenes SPOT a través del algoritmo VALIDATE de Idrisi, mostraron una alta similitud entre el mapa clasificado y los mapas de probabilidades proyectados a 2025. Todos los estadísticos Kappa estuvieron por encima del 80 % ($K_{\text{standar}} = 81,2 \%$, $K_{\text{no}} = 85,01 \%$, y $K_{\text{locaty}} = 85,2 \%$), por lo que se consideran aceptables (Viera and Garrett 2005).

CONCLUSIONES

- El enfoque híbrido cadenas de Markov-autómatas celulares, muestra una tendencia positiva en la conservación de la superficie leñosa de la cuenca de Metztitlán, Hidalgo.
- Aunque se espera un crecimiento positivo en la superficie urbana, la tendencia de la superficie dedicada a la agricultura (AT y AR) se espera tenga una disminución, por lo que no representa una amenaza en cuanto a deforestación.
- A pesar de que el modelo tuvo valores aceptables del índice Kappa, deberá usarse con precaución en temas de planeación urbana dentro de la cuenca. Esto debido a que para la generación del escenario al 2025, el modelo no tomó en cuenta factores socioeconómicos y físicos tales como crecimiento

poblacional, marginación, migración, elevación, pendientes, y otros factores limitantes que tienen un efecto positivo o negativo sobre el cambio de uso de suelo.

LITERATURA CITADA

- Kumar R., Nandy S., Agarwal R., and Kuaswaha S.P.S. 2014. "Forest cover dynamics analysis and prediction modeling using logistic regression model". *Ecological Indicators* 45: 444-455. Elsevier Netherlands.
- Nayaran V. M., Kumar P. R. and Mojan K. 2014. "Prediction of land use changes based on land change modeler (LCM) using remote sensing: a case study of Muzaffarpur (Bihar), India". *Journal Geographical Institute Jovan Cvijic*. 64: 111-127. SASA. Belgrade, Republic of Serbia.
- Paegelow M., Camacho M. O. y Menor J. T. 2003. "Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje". *GeoFocus* 3: 22-44. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*. España.
- Palacio-Prieto J. L., Sánchez-Salazar M. T., Casado J. M., Propin F. E., Delgado C. J., Velázquez M. A., Chias B. L., Ortiz A. M. J., González S. J., Negrete F. G., Morales J. G. y Márquez H. R. 2004. "Indicadores para la caracterización y ordenamiento territorial". Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México D.F.
- Pontius R. G. Jr. 2000. "Quantification error versus location error in comparison of categorical maps". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 66: 1011-1016. American Society of Photogrammetry. USA.
- Reynoso S. R., Valdez L. J. R., Escalona M. J. M. y de los Santos P. H. M. (En prensa). "Análisis de la dinámica del uso del suelo de la cuenca Metztlán en Hidalgo, México".
- Shahidul Md. I. and Ahmed R. 2011. "Land use change prediction in Dhaka city using GIS aided Markov chain modeling". *Journal of Life and Earth Science*. 6: 81-89. *Bangladesh Journals On Line*. Bangladesh.
- Subedi P., Subedi K. and Thapa B. 2013. "Application of a hybrid cellular automaton-Markov (CA-Markov) model in land-use change prediction: a case study of Saddle Creek drainage basin, Florida". *Applied Ecology and Environmental Sciences* 1: 126-132. Science and Education. USA.

-
- Valdez-Lazalde J. R., Aguirre S. C. A. y Ángeles G. P. 2011. "Análisis de los cambios en el uso del suelo en la cuenca del río Metztlán (México) usando imágenes de satélite: 1985-2007". Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente XVII: 313-324. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Viera A. J. and Garrett J.M. 2005. "Understanding interobserver agreement: the Kappa statistic". Family Medicine 37: 360-363. Oxford University. UK.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y CONTENIDO DE ACEITE DE COLECTAS DE CHÍA (*Salvia hispánica* L.) DEL ESTADO DE PUEBLA

MORPHOLOGICAL AND CONTENT OF OIL COLLECTIONS CHIA (*Salvia hispánica* L.) FROM PUEBLA STATE

¹Ramos GAA*, ²Rios SR y ²Honorato SJA

¹Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, Km. 7.5 Carretera Federal San Martín Tex. – Tlaxcala-San Diego Xocoyucan, Tlax. C.P. 90122. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Martínito, municipio de Tlahuapán Pue, km 56.5 Carretera Federal México-Puebla.

Autor para correspondencia: rios.raul@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La chía (*Salvia hispánica* L.) es una especie de origen mesoamericano. Su amplia distribución y diversidad genética en México, aunado a su valor alimenticio, medicinal e industrial, la convierten en un recurso vegetal promisorio. En la actualidad, la semilla de chía se ha convertido en fuente de gran interés gracias a su alto contenido de ácidos grasos poli insaturados, en especial el ácido alfa linoléico, la fibra, las proteínas y los antioxidantes.

Pero la diversidad genética de la chía se ha reducido; por tanto, se requiere valorar la diversidad actual de esta especie para planificar mejor su conservación y aprovechamiento. En este estudio; se evaluó la variación morfológica de 30 colectas de *S. hispánica* L. con el propósito de identificar al menos cinco diferencias significativas. Se estableció un ensayo en condiciones de temporal en un diseño completamente al azar con 30 tratamientos y tres repeticiones. Se analizaron 19 caracteres morfológicos entre los cuales se asociaron la altura de la planta, número de espigas, diámetro del tallo y peso de la semilla, mientras que los caracteres de menor diferencia significativa fueron largo del limbo, largo del peciolo, ancho del limbo, longitud de la inflorescencia, longitud de cáliz, longitud de corola, longitud del tubo de la corola, forma del ápice, forma de la base, rugosidad, incisiones del margen de la hoja, número de flores por nudo, inflorescencia posición de la punta y color de la flor.

Palabras clave: *S. hispánica*, caracterización morfológica, colectas, aceite total

INTRODUCCIÓN

La chía (*Salvia hispánica* L.) es una planta anual de verano que pertenece a la familia de las Labiatae o Lamiaceae. Fue uno de los cultivos principales de las sociedades precolombinas de la región superado sólo por el maíz y el frijol en cuanto a significación. Durante mucho tiempo fue un elemento básico en su dieta. Sin embargo, con el paso del tiempo su uso cayó en el olvido (Beltran, Salgado, y Cedillo, s/f).

Fue a finales del siglo XX, que el interés por la chía resurgió por considerarla buena fuente de Omega-3, fibra alimentaria, proteína y antioxidantes (Jaramillo, 2013).

Esta es originaria de Mesoamérica y la mayor diversidad genética se presenta en la vertiente del Océano Pacífico, desde el centro de México hasta el norte de Guatemala. En México se encuentra el 88 % de las especies de *Salvia*, lo que hace presumir que es el centro de origen de esta planta (Sandoval, 2012).

La semilla entera, la harina o el aceite de la chía fueron apreciados por sus usos medicinales, alimenticios y artísticos. Junto con el maíz (*Zea mays*), el frijol (*Phaseolus spp.*) y el huautli (*Amaranthus leucocarpus*) eran los granos básicos de la alimentación para el nativo mesoamericano. Las especies de mayor importancia en la dieta presentaban una extensa adaptación geográfica, de tal forma que, prácticamente en todas las regiones el hombre podía producir sus propios alimentos (Hernández, Miranda, y Peña, 2008).

Esta especie de semilla oleaginosa es conocida por su altísimo contenido de Omega-3, cerca del 65 %. La chía tiene, también, otros componentes muy interesantes para la nutrición humana: antioxidantes, fibra, proteínas, vitaminas B1, B2, B3, y minerales como fósforo, calcio, potasio, magnesio, hierro, zinc y cobre (SAGARPA, 2010).

Si bien la moderna investigación de la chía se basa en su gran aporte de ácidos grasos esenciales, estos pequeños aquenios, llamados comúnmente “semillas”, deben ser considerados como excelentes integradores alimentarios, dada su riqueza en componentes nutricionales. Las semillas de chía representan la fuente vegetal con más alta concentración de Omega-3. Poseen un 33 % de aceite, del cual el ácido linolenico representa el 62 % y el linoleico el 20 %. La chía es el cultivo con mayor porcentaje de AGE (Ácidos grasos esenciales), al tener el 82 %

de sus lípidos con dicha característica (Di Sapia, Bueno, Busilacchi, & Severin, s/a).

La ciencia moderna ha determinado que la semilla de chía contiene un 32 % de aceite y este ofrece el contenido natural conocido más elevado de ácido a-linolénico que es aproximadamente de 58.7 %: le siguen el cártamo y el girasol. Asimismo, entre sus componentes principales se encuentra también el ácido linoleico, cuyo contenido varía de 17 a 26 %. El a-linolénico es un ácido graso insaturado Omega-3, muy importante para la nutrición humana: se denomina indispensable porque debe suministrarse en los alimentos puesto que el organismo humano es incapaz de sintetizarlo (González, 2010).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda consumir 4 g de ácidos grasos omega-3 por día y el 30 % de la semilla de Chía es aceite y de este el 64 % es de Omega-3 por lo tanto 24 g por día cubren la necesidad humana (Miranda, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Características generales de la zona de estudio. El estudio, se efectuó en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en la localidad de San Martinito, municipio de Tlahuapan Pue, ubicado en el km 56.5 de la Carretera Federal México-Puebla.

Colectas. Las colectas de chía para el estudio se obtuvieron en la localidad del Yeso, en la mixteca poblana, en el 2012 en una superficie comercial de 7 ha. Se consideró planta que estuviera en competencia completa, es decir, que estuviera en un continuo dentro del surco y que no fueran plantas aisladas; libres de daños aparentes de enfermedades y con alguna característica de interés: tamaño de la espiga, número de espigas por planta, estructura de la planta y diámetro de tallo.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de una planta. Se analizaron los datos con el diferencial de selección, según la fórmula de Saenz y Plancarte 1998: $S = m - M$. Dónde: S= Diferencial de selección, m= Media de los individuos, M= Media de la población.

Desarrollo del experimento. El experimento se realizó, bajo condiciones de temporal. La parcela experimental constó de 47.5 m² en los cuales se colocaron 5 filas, de 6 bolsas de plástico con las plantas de chíá, dejando una separación entre filas de 80 cm y entre columnas una separación de 60 cm, de las cuales se obtuvo un total de 30 bolsas, con tres plantas cada una.

Establecimiento del experimento. La siembra se realizó el 25 de junio de 2014, en bolsas de plástico de 40 cm de altura, con una mezcla de suelo y composta. Se utilizó una bolsa por cada una de las colectas, dejando tres plantas por colecta.

VARIABLES EN ESTUDIO. Para la caracterización morfológica de las colectas se consideró la guía técnica de la UPOV. Longitud de peciolo se midió con una regla de plástico graduada hasta milímetros a partir del inicio del limbo al borde de la hoja, la hoja se tomó de la parte media de la planta, en longitud y ancho del limbo se utilizó la misma hoja de la cual se tomó la longitud del peciolo, con respecto a lo ancho se midió desde la parte más ancha y la longitud de extremo a extremo de la hoja, en forma del ápice y de la base, la forma del ápice se identificó en la posición de la parte más amplia de la hoja. La UPOV maneja formas de ápice acuminado (puntiagudo), agudo, obtuso y redondeado, para la forma de la base de la hoja, se identifican formas como: agudo, obtuso, redondeado, truncado y cordado. Se define la rugosidad de las hojas como ausente, muy débil, débil, media, fuerte y muy fuerte. Se define las incisiones de margen como ausente o muy poco profunda, poco profunda, media, profunda y muy profunda, en longitud de la inflorescencia se determinó a partir del punto en que inicia hasta el ápice de la espiga, el número de flores por nudo se observó en un nudo del tercio medio de la inflorescencia. De acuerdo a la guía técnica de UPOV se consideran muy pocas, pocas, media, muchas y muchísimas, la posición de punta de la inflorescencia se determinó hacia donde está dirigida la punta. La UPOV define las siguientes categorías: vertical recto, semirrecta, hacia el exterior, semi hacia abajo y hacia abajo, en longitud del cáliz se midió desde el punto inicial del tubo de la corola hasta la parte final del cáliz, en longitud de la corola se midió desde el inicio del cáliz hasta la abertura del labio superior, en longitud del tubo de la corola se midió desde el inicio del cáliz hasta la punta del labio superior la altura de planta se midió desde la superficie del sustrato de la bolsa hasta la parte superior de la planta, incluyendo la inflorescencia, en diámetro del tallo se midió con el vernier a 10 cm del suelo cuando la planta estuvo en floración, en número de espigas por planta se contaron el número de espigas

por cada una de las plantas, en tamaño y peso de semilla, el tamaño de la semilla se determinó con apoyo de estereomicroscopio y el software Motic versión 2.0 y se consideró la longitud y anchura, el peso de la semilla se determinó con la balanza analítica ADA 210 / L con un número de 100 semillas.

Extracción de aceite. Se trabajó con el equipo de extracción automatizada BUCHI del laboratorio del INIFAP Campus San Martinito. Las muestras se tomaron de cada repetición, para cada una de las muestras se pesaron 1.5 g de semilla y se trituraron con un mortero para realizar la extracción, de igual manera se peso 1 gramo de semilla para obtener los valores de humedad, esta sin triturar. Se utilizaron dedales y vasos BUCHI que previamente estuvieron en la estufa a 110 °C por un total de 4 h para eliminar humedad. Luego que se enfriaron se vertieron en cada uno de los vasos BUCHI 100 ml de Hexano dentro de la campana de extracción; después se colocó en cada dedal la semilla previamente triturada, se colocaron dedales y vasos BUCHI en el equipo de extracción dando un total de 70 ciclos a una temperatura de 90 °C. Una vez efectuada la extracción del aceite se realizó un lavado del material y la recuperación de solvente para las posteriores extracciones obteniendo un total de 84 extracciones.

Análisis estadístico. El análisis estadístico se efectuó con el paquete SAS versión 8.0 2007. Para precisar las variables que permitieran la mejor asociación y agrupamiento de las colectas de chíca, se hizo un análisis multivariable de componentes principales, los grupos definidos se representaron en un dendograma, los grupos se sometieron a un análisis de varianza con el modelo lineal general y una prueba de separación de medias con el método de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el diferencial de selección de Saenz y Plancarte (1998) se pudo observar que la Longitud del peciolo sobresalieron 13 colectas con respecto a la media poblacional destacando las colectas 17, 26 y 28, en longitud del limbo sobresalieron 13 colectas con respecto a la media poblacional, destacando las colectas 4, 7 y 28, en ancho de limbo sobresalieron 17 colectas con respecto a la media poblacional, destacando las colectas 16, 25 y 27, en longitud de la inflorescencia sobresalieron 19 colectas con respecto a la media poblacional, destacando las colectas 17, 26 y

28, en altura de planta sobresalieron 12 colectas respecto a la media poblacional, destacando las colectas 13 y 26, en diámetro del tallo sobresalieron 12 colectas con respecto a la media poblacional, destacando las colectas 1, 26 y 27, en número de espigas sobresalieron 13 colectas con respecto a la media poblacional, destacando las colectas 5 y 13, en peso de semilla sobresalieron 17 colectas con respecto a la media poblacional, destacando las colectas 3, 19 y 25. En las características morfológicas considerando a la UPOV, se concluye para todas las colectas que la forma del ápice es aguda, la forma de la base de la hoja es obtusa, la rugosidad de las hojas es media, las incisiones del margen de la hojas son medias, el número de flores por nudo es media, la inflorescencia posición de punta es vertical recto. Con respecto a la extracción de aceite las colectas 2 y 10 fueron los más altos en contenido de aceite (%) mientras que la colecta 13 fue la más baja.

Cuadro 1

Características morfológicas generales de las colectas de chíá.

Característica	Dimensión o clase	Característica	Dimensión o clase
Forma del ápice	Aguda	Largo del limbo (cm)	9.52
Forma de la base	Obtusa	Ancho del limbo (cm)	6.04
Rugosidad	Media	Longitud de peciolo (cm)	3.62
Incisiones del margen de la hoja	Medias	Longitud de cáliz (cm)	6.52
Número de flores por nudo	Media	Longitud de corola (cm)	1.1
Inflorescencia, posición de punta	Vertical recto	Longitud del tubo de la corola (cm)	7.82
Color de la flor	Morada	Altura de planta (cm)	64.61
		Diámetro de tallo (mm)	0.54
		Número de espigas	25.72
		Tamaño de semilla (mm)	2.3 x 1.3
		Peso de semilla (g)	5.13
		Longitud de la inflorescencia (cm)	10.25

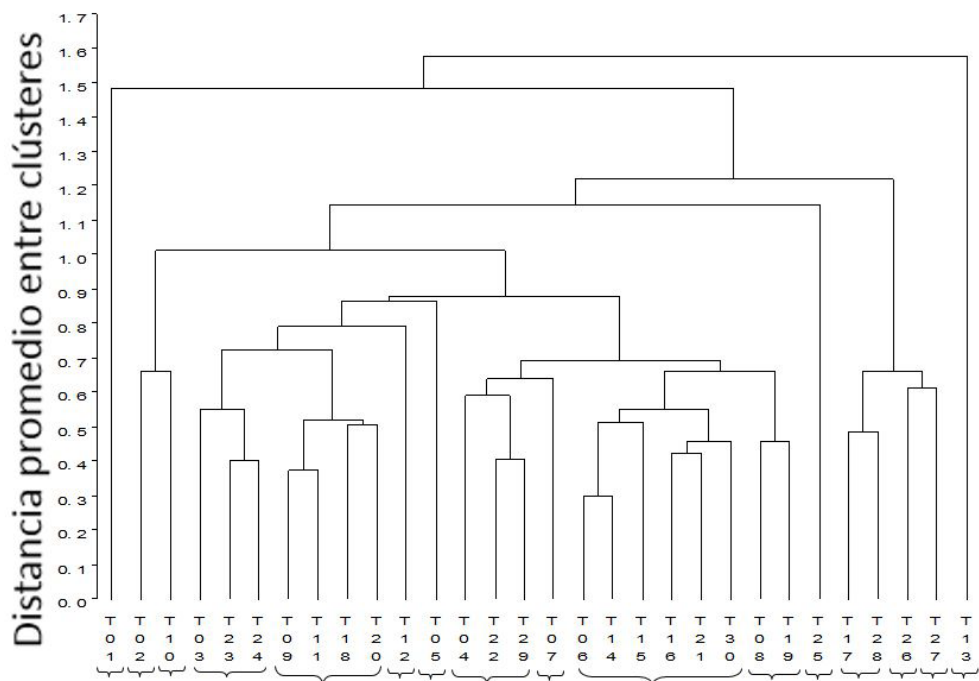


Figura 2. Dendrograma de 30 colectas de chía (*Salvia hispanica* L.). Agrupamiento de 8 características morfológicas y contenido de aceite, los números muestran los grupos formados 16 que explican el 87.8 % de la variación.

CONCLUSIONES

- Las variables morfológicas que fueron únicas como rugosidad, incisiones del margen de la hoja, forma del ápice, forma de la base, número de flores por nudo, la posición de la punta de la inflorescencia, longitud de cáliz y corola, longitud del tubo de la corola, tamaño de semilla y color de flor nos indican que son similares entre las colectas.
- En el análisis multivariable de componentes principales se encontró que las 30 colectas resultan en 16 grupos.

-
- Las variables que resultaron significativas fueron en altura de planta la colecta 13, número de espigas la colecta 13, longitud de la inflorescencia las colectas 26, 28, 27, 8, 22, 10, 19, 13, 27, 9, 14, 29 y 24, longitud de peciolo la colecta 28, largo del limbo la colecta 28, ancho del limbo las colectas 28, 17, 26 y 7, diámetro de tallo la colecta 1, peso de semilla la colecta 25 y contenido de aceite las colectas 2 y 10, el contenido de aceite no se encuentra asociado a ninguna de estas características ya que es independiente de todas ellas. Mientras que si existe mayor número de espigas se obtendrá más semilla, esto quiere decir que la cantidad de semilla depende del número de espigas con las que cuente la planta.

LITERATURA CITADA

- Beltran, O. M., Salgado, C. M., y Cedillo, L. D. (s/a). Estudio de las Propiedades Funcionales de la Semilla de Chia (*Salvia hispanica*) y de la Fibra Dietaria Obtenida de la misma.
- Di Sapia, O., Bueno, M., Busilacchi, H., & Severin, C. (s/a). CHIA: IMPORTANTE ANTIOXIDANTE VEGETAL. *agromensajes*.
- González, J. F. 2010. Caracterización de compuestos fenológicos presentes en la semilla y aceite de chía (*Salvia hispanica* L.), mediante electroforesis capilar. *Tesis*.
- Hernandez, G. J., Miranda, C. S., & Peña, L. A. 2008. Cruzamiento Natural de Chia (*Salvia hispanica* L.). *Horticultura*.
- Jaramillo, G. Y. 2013. La chía (*Salvia hispanica* L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables. *Tesis*.
- Miranda, F. 2012. Guía técnica para el manejo del cultivo de chia (*Salvia hispanica* L.) en Nicaragua. *CECOOPSEMEIN RL*.
- SAGARPA. 2010. Productores de Zapopan Diversifican sus Cultivos. *Boletín de Prensa*.
- Sandoval, O. M. 2012. Aislamiento y caracterización de las proteínas de reserva de chía (*Salvia hispanica* L.). *Tesis*.

ANÁLISIS DE DOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL 2050 EN EL ESTADO DE TABASCO

Aceves NLA¹, Rivera HB^{2*}, Juárez LJF¹ y Arrieta RA³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Apartado Postal 24, H. Cárdenas, 86500, Tabasco, México. Contactos: laceves@colpos.mx, ²Universidad Popular de la Chontalpa, Carretera Cárdenas-Huimanguillo, km 2.0, R/a Pazo y Playa, Cárdenas, Tabasco, ³Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca; Prol. Ignacio Zaragoza S/N, Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco, México.

RESUMEN

Este estudio presenta un análisis de dos escenarios (B1 y A2) de emisiones de gases de efecto invernadero, y su efecto sobre los incrementos en la temperatura media diaria anual y la precipitación total anual en el estado de Tabasco para el año 2050. Para ello se utilizaron mapas regionales resultantes de ensamblar 23 diferentes modelos de Circulación General de la Atmósfera y Océano Acoplado (MCGAyOA). El análisis de éstos mapas muestra que para la mitad del siglo XXI la temperatura media diaria anual en el estado de Tabasco se puede incrementar entre 1.1 °C hasta 1.6 °C para el mejor y el peor escenario respectivamente. En lo que respecta a la precipitación total anual, ambos escenarios muestran que ésta se mantendrá prácticamente sin cambio en la mayor parte del estado; excepto en pequeñas áreas en la región de la Chontalpa, donde se esperaría una reducción promedio entre el 5 % y el 7.5 %. Con base en el conocimiento ecofisiológico de cultivos y animales de granja se hacen algunos señalamientos generales de las posibles implicaciones que tendrían esos escenarios en las actividades agropecuarias en el estado de Tabasco.

Palabras clave: Escenarios de cambio climático, modelos ensamblados, Tabasco.

INTRODUCCIÓN

El Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) desarrolló entre 1990 y 2003, una serie de escenarios de emisiones de Gases

de Efecto Invernadero (GEI), los cuales han sido ampliamente aplicados para la construcción de modelos de Circulación General de la Atmósfera y Océano Acoplado (MCGAyOA) y así evaluar los impactos posibles del cambio climático a nivel regional (IPCC, 2003). Estos escenarios de emisión representan el futuro del mundo en dos dimensiones: Un mundo enfocado en un desarrollo ambiental o económico, y un mundo con patrones de crecimiento global o regional (Conde-Álvarez y Gay-García, 2008). De esta división surgen cuatro familias de escenarios que divergen cualitativa y cuantitativamente. Las dos familias “A” (A1 y A2), por ejemplo, sitúan un alto crecimiento económico, mientras que las dos familias “B” (B1 y B2) exploran las consecuencias de un crecimiento económico más bajo. Las familias “A1” y “B1” están orientadas hacia la convergencia global, mientras que las familias “A2” y “B2” se enfocan en las estructuras regionales. Es importante señalar que todos los escenarios exploran diversas estructuras posibles de los sistemas de energía futuros y que todos ellos son igualmente posibles. El escenario B1 plantea un mundo globalizado con énfasis en la sustentabilidad y equidad globalizada extensiva; mientras que un escenario A2 plantea un mundo heterogéneo dominado por el mercado, con el mayor crecimiento poblacional de los demás escenarios, pero con el menor desarrollo económico. El IPCC (2007), reporta las proyecciones globales del calentamiento global hasta el año 2100, bajo esos diferentes escenarios de emisiones de GEI. De esas proyecciones, los escenarios B1 y A2 representan al escenario menos y más desfavorable respectivamente con un 90 % de confianza de posibilidad de ocurrencia. Para el caso de México, Magaña y Caetano (2007) y Conde *et al.* (2008) reportaron mapas resultantes de un ensamble de 23 diferentes Modelos de Circulación General de la Atmósfera y Océano Acoplado (MCGAyOA) que generan los escenarios a nivel regional. Estos modelos consideran los siguientes elementos del clima: Atmósfera, continentes, océanos, aerosoles, ciclo del carbono, vegetación y química atmosférica. Estos mapas regionales para la República Mexicana se realizaron para diferentes escenarios y para los periodos 2010-2039, 2040-2069 y 2070-2099. A la fecha, es el recurso más avanzado de que se dispone para el estudio del clima (con malla de 50 x 50 km) para la construcción de escenarios de cambio climático, para diversos horizontes y variables. El análisis de esos mapas permite determinar los posibles cambios en la temperatura media anual y de la precipitación total anual en los diversos escenarios y climatologías para el estado de Tabasco y predecir sus posibles impactos en las actividades agropecuarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Escenarios y mapas seleccionados. En el presente estudio se analizarán y discutirán solo dos escenarios (A2 y B1) y un solo periodo (2040-2069) con un punto intermedio en el 2050, para describir los cambios esperados en la temperatura y la precipitación en el estado de Tabasco. Para ello se utilizaron 8 de los mapas reportados por Magaña y Caetano (2007) que muestran las anomalías y su incertidumbre, de la temperatura y la precipitación. Este análisis permite realizar un diagnóstico de los posibles impactos de estos cambios, sobre el sector agropecuario en el estado de Tabasco para mediados del presente siglo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura sus anomalías e incertidumbres para escenario B1 en el año 2050. Como se aprecia en la siguiente Figura 1, la anomalía de la temperatura esperada en este escenario (B1) va de 1.25° a 1.50 °C a mediados de siglo (2050) para la mayoría del estado. Asimismo, se puede observar que para la zona sur-oriental de la región de los Ríos (Balancán y Tenosique) las anomalías varían entre 1.00° a 1.25 °C (Zona A) y son menores al resto del estado. En los mapas correspondientes a la incertidumbre asociada a la anomalía de dicho escenario, (Figura 2) ésta fluctuó entre 0.25° a 0.50 °C para todo el estado en el periodo selecto.

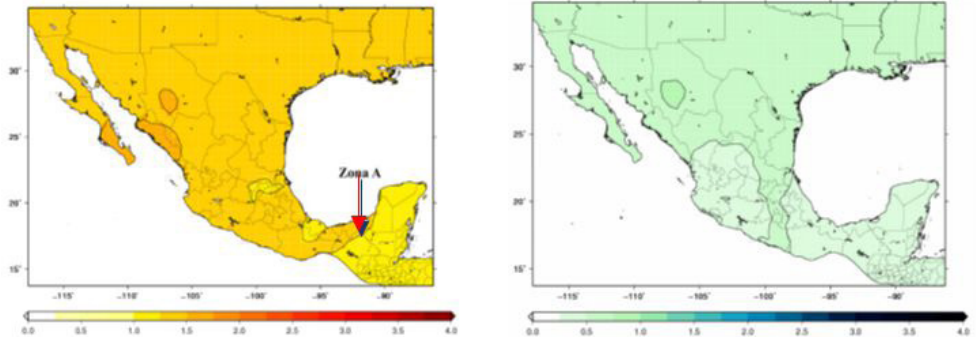


Figura 1. Anomalías esperadas en la temperatura para el escenario B1, para el clima del año 2050.

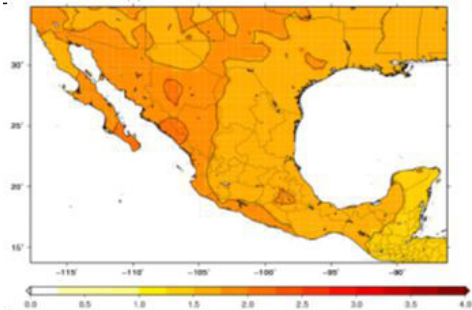


Figura 3. Anomalías esperadas en la temperatura para el escenario A2, para el clima del año 2050.

Figura 2. Incertidumbre esperada en la temperatura para el escenario B1, para el clima del año 2050.

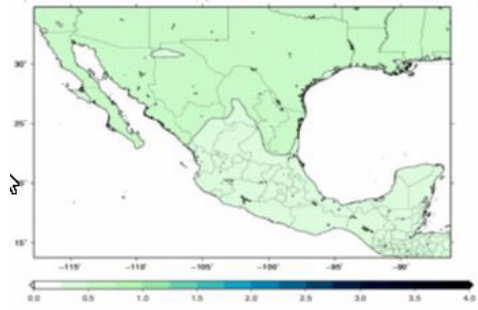


Figura 4. Incertidumbre esperada en la temperatura para el escenario A2, para el clima del año 2050.

Si se toma el valor medio de las anomalías y se le incluye el valor medio de la dispersión o incertidumbre, se obtiene que la temperatura se incrementará entre 1.1 °C para la Región de los Ríos y 1.4 °C para la mayoría del estado; tal y como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Variación promedio en los valores de las anomalías de la temperatura media anual (°C) para el estado de Tabasco para los 3 escenarios selectos y a diferentes periodos de tiempo.

ESCENARIO	ZONA	2050
B1	ZONA A	1.1 °C
	MAYORÍA DEL ESTADO	1.4 °C
A2	TODO EL ESTADO	1.6 °C

La temperatura sus anomalías e incertidumbres para escenario A2 en el año 2050

En la Figura 3 se muestra que, para mediados de siglo, los valores de las anomalías de temperatura se generalizan para todo el estado con una variación entre 1.50 a 1.75 °C, y con una misma incertidumbre que la del escenario B1 (entre 0.25 y 0.5 °C), tal y como se observa en la Figura 4. En el Cuadro 1 se muestra que el incremento promedio en la

temperatura esperada para todo el estado de Tabasco, bajo este escenario, es de 1.6 °C. Este valor incluye las anomalías y la dispersión asociada con la incertidumbre.

Resultados de los escenarios de temperatura

Al observar el estado de Tabasco en las Figuras de la 1 a la 4, se puede apreciar que el escenario B1 es el más optimista, y el A2 es el más pesimista. La única diferencia entre los dos escenarios son los valores de las anomalías. Así, el incremento promedio de temperatura esperada para el año 2050 bajo el escenario (B1), es de 1.4 °C para la mayoría del estado y 1.1 °C para la Región de los Ríos; en cambio, bajo el escenario (A2) es de 1.6 °C para todo el estado. Esto se muestra en el Cuadro 1.

Es importante señalar que si todos los escenarios son posibles, el incremento de la temperatura media anual para la mayoría del estado de Tabasco puede ocurrir desde 1.4 °C hasta un máximo 1.6 °C a mediados del presente siglo.

La precipitación sus anomalías e incertidumbres para los escenarios B1 y A2

Como se aprecia en las Figura 5 y 7, la anomalía esperada en ambos escenarios (B1) y (A2) para la mayoría del estado de Tabasco muestra una indefinición que va de -5 % a +5 %. Esto significa que bajo ambos escenarios, prácticamente no se espera cambio en la precipitación total anual en la mayoría de la superficie del estado de Tabasco. También se puede observar en ambos mapas, que una pequeña zona al occidente del estado de Tabasco (Zona A: Región de la Chontalpa y una pequeña parte de la región Centro) las anomalías son mayores al resto del estado y mostraron consistentemente una tendencia a la disminución de la precipitación total anual entre el 5 % al 10 % que promediando se tendría una disminución del 7.5 % en la precipitación total anual.

Al comparar los mapas de las Figuras 6 y 8, se muestra que la incertidumbre asociada a dicho escenario, fluctuó para la mayoría del estado entre 5 % a 10 %. Es decir, que la disminución esperada de la precipitación, tiene una seguridad de que ocurra entre el 90 % al 95 %; mientras que en la Zona A, la seguridad se reduce entre un 85 % a un 90 %.

Los valores promedio de las anomalías esperadas de la precipitación se muestran en el Cuadro 2, donde se puede observar que el cambio promedio en la precipitación total anual para el 2050 puede variar desde cero (para la mayoría del estado), hasta tener una disminución del 7.5 % (en una pequeña área al occidente

del estado), para ambos escenarios.

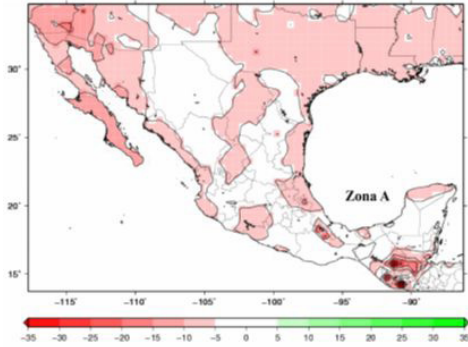


Figura 5. Anomalías esperadas en la precipitación para el escenario B1, para el clima del año 2050.

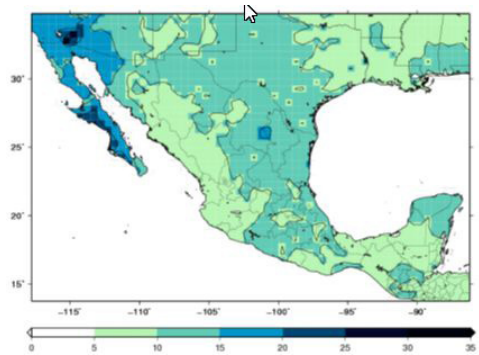


Figura 6. Incertidumbre esperada en la precipitación total anual para el escenario B1, para el clima del año 2050.

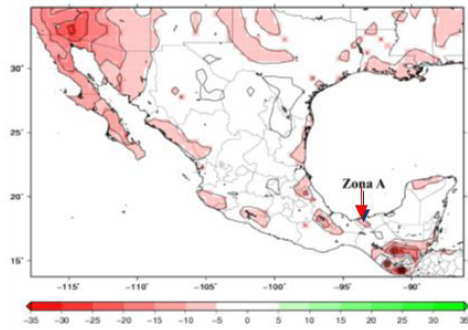


Figura 7. Anomalías esperadas en la precipitación para el escenario A2, para el clima del año 2050.

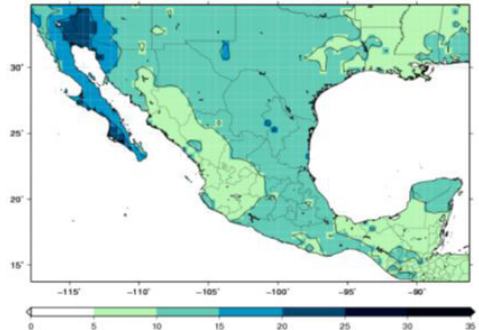


Figura 8. Incertidumbre esperada en la precipitación total anual para el escenario A2, para el clima del año 2050.

Cuadro 2

Variación promedio en los valores de las anomalías de la precipitación total anual (%) para el estado de Tabasco para los 2 escenarios selectos a mediados de siglo

ESCENARIO	ZONA	2050
B1	ZONA A	-7.5 %
	MAYORÍA DEL ESTADO	SIN CAMBIO

A2

ZONA A
MAYORÍA DEL ESTADO

-7.5 %
SIN CAMBIO

Proyección de los escenarios en el sector agropecuario (B1) para la mitad del siglo

Dado que las anomalías en precipitación para ambos escenarios (B1 y A2) son nulas y/o poco significativas para el estado de Tabasco, los efectos de un cambio climático sobre las actividades agropecuarias serán principalmente debido a los incrementos en la temperatura.

El Cuadro 1 muestra que a mediados de siglo se proyecta una anomalía promedio de la temperatura entre 1.1 a 1.6 °C. La siguiente cuestión es como esos incrementos podrían impactar sobre las actividades agropecuarias del estado de Tabasco.

Se sabe que todos los organismos poikilotérmicos (plantas e insectos) conforme se incrementa la temperatura acortan su ciclo de vida (Campbell y Norman, 1998). También se sabe que, a menor duración en el ciclo de vida, las plantas tienen menor tiempo disponible para fotosintetizar y producir biomasa y como consecuencia tener menor rendimiento (Nájera y Arteaga, 2000). Asimismo, los insectos plagas al tener ciclos más cortos de vida, incrementarían el número de generaciones por año. Se sabe asimismo que la tasa o velocidad con que se consume la biomasa durante la respiración se incrementa exponencialmente con la temperatura. De manera tal que, a mayor temperatura mayor consumo de biomasa y por ende menor acumulación de biomasa neta y menores rendimientos (Campbell y Norman, 1998). También al incrementarse la temperatura se esperaría un incremento en la demanda de agua por los cultivos (evapotranspiración).

En el caso de los animales de granja, existe evidencia científica que señalan que para un mismo valor de la humedad relativa, a mayor temperatura, los animales de granja incrementan su índice de discomfort y su adaptabilidad al ambiente, traduciéndose esto en una menor producción de carne, leche y huevo (WMO, 2012), cuyo decremento es proporcional al incremento en la temperatura.

Así incrementos entre 1.4 a 1.6 °C de temperatura promedio diario tendrá impactos diferenciados en el crecimiento y desarrollo de cultivos e insectos plaga y en el desempeño de los animales de granja. Sintetizando algunos de los principales impactos esperados, éstos serían:

- Reducción del ciclo de vida de cultivos anuales e insectos plaga,

-
- Disminución de los rendimientos en cultivos anuales,
 - Incrementos en la demanda evapotranspirativa de los cultivos,
 - Mayores problemas en la polinización,
 - Mayores problemas de abortamiento de flores por calor excesivo en la etapa reproductiva,
 - Mayor severidad en eventos extremos (ondas de calor, sequías, inundaciones),
 - Incremento en la carga calórica y menor capacidad de disipación energética en animales de granja.
 - Menor consumo de alimento, ganancia de peso, producción de leche, tasa de apareamiento y resistencia a enfermedades en ganado bovino.
 - Menor adaptabilidad ambiental en aves de corral y cerdos que repercute en su producción y productividad.

CONCLUSIONES

- Del análisis de los dos escenarios selectos, se concluye que la temperatura se incrementará en la mayoría del estado en entre 1.4 °C a 1.6 °C para el mejor y peor escenario (B1 y A2) respectivamente, en la mitad del presente siglo. Mientras que en la Región de los Ríos y para el escenario B1, solo se incrementará en 1.1 °C.
- Excepto en partes de la Región de la Chontalpa y Centro, en la mayoría del estado de Tabasco no se espera cambio en la cantidad de precipitación total anual.
- La producción y productividad de agroalimentos de origen vegetal y animal se verá afectada negativamente, principalmente por el incremento de la temperatura.

LITERATURA CITADA

- Campbell, G.S. and J.M. Norman. 1998. An introduction to Environmental Biophysics. Second edition. Springer Science+Business Media, Inc. USA. 286 pp.
- Conde-Álvarez, A.C., Gay-García, C. 2008. Guía para la Generación de Escenarios de Cambio Climático. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México, D.F. 105 pp.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.

-
- Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, Martin L., Canziani, Osvaldo F., Palutikof, Jean P., van der Linden, Paul J., and Hanson, Clair E. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1000 pp.
- IPCC, 2003. Intergovernmental Panel on Climate Change. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Ed. Jim Gytarsky. Pub. Institute for Global Environment Strategies (IGES):
- Magaña, V., Caetano, E. 2007. Pronóstico climático estacional regionalizado para la República Mexicana, como elemento para la reducción del riesgo, para la identificación de opciones de adaptación al cambio climático y para la alimentación del sistema: Cambio climático por estado y por sector. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Dirección General de Investigación Sobre Cambio Climático. Informe Final Proyecto Num. INE/A1-006/2007. 19 p.
- Nájera, M.N.L. y Arteaga, R.R. 2000. Antología del Curso de Agroclimatología. SEP/SEIT/DGETA. México, D.F. 227 pp.
- WMO, (World Meteorological Organization). 2012. Guide to Agrometeorological Practices. Chapter 12: Weather and climate and animal production. WMO-134. 799 pp.

Referencias informáticas

- Conde, C., B. Martínez, O. Sánchez, F. Estrada, A. Fernández, J. Zavala, C. Gay. 2008. Escenarios de Cambio Climático (2030 y 2050) para México y Centro América. Temperatura y Precipitación. En: http://www.atmosfera.unam.mx/cclimatico/escenarios/Escenarios_de_cambio_climatico_mexico_2088.htm>

ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y CARBONO DE LA BIOMASA EN SUELO CON PETRÓLEO FRESCO A DIFERENTES CONCENTRACIONES

ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL ACTIVITY AND BIOMASS CARBON IN SOIL WITH FRESH PETROLEUM AT DIFFERENT CONCENTRATIONS

Rodríguez RodríguezN^{1*}, Rivera CruzMC¹ y González-MoscosoM³

¹Laboratorio de Microbiología y Siembra Ambiental Colegio de Postgraduados Campus Tabasco Periférico S/N 86500 H. Cárdenas, Tabasco. México. ²

Laboratorio de Edafología. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco KM. 36.5 Montecillo Edo de México.

*Autor para correspondencia: rodriguez.nimide@colpos.mx

RESUMEN

La contaminación de los suelos por hidrocarburos es uno de los problemas ecológicos más importantes en la actualidad. Ya que esto puede alterar significativamente las características de este recurso. Pruebas biológicas se realizan para conocer la actividad de la biota edáfica. En este trabajo de investigación se realizó un experimento en laboratorio para cuantificar la respiración en un suelo tipo Gleysol el cual fue contaminado con petróleo fresco en diferentes dosis (4000, 30 000, 60 000 y 90 000 mg/kg⁻¹) y dos factores (con y sin la presencia de pasto *Leersia hexandra*) y un testigo sin petróleo para ambos factores; con 3 repeticiones de cada tratamiento. La actividad microbiana en CO₂ se midió en dos tiempos (5 y 10 días) después de establecer el ensayo; mediante la técnica volumétrica. Se observó la mayor concentración de CO₂ al día 5 y descendió al día 10. También se encontró mayor acumulación de Carbono de la Biomasa microbiana al día 10. Estos resultados indican que la presencia de petróleo aumenta la actividad metabólica esto puede ser debido a que los microorganismos utilizan los hidrocarburos del petróleo como fuente de carbono para llevar a cabo su metabolismo.

Palabras clave: Suelo, Petróleo. Actividad microbiana, Carbono de la Biomasa.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural muy importante, es el escenario donde ocurren los ciclos biogeoquímicos, en él se soportan las redes tróficas, y el crecimiento de la vegetación. Es un sistema complejo en el que influyen las condiciones ambientales e interactúan factores físicos, químicos y biológicos para sustentar el hábitat de una gran variedad de organismos que incluyen desde protozoarios hasta plantas superiores (Muños-Castellanos *et al.*, 2010).

La evolución del CO₂ es un parámetro que representa una medición integral de la respiración del suelo, conocida como respiración edáfica basal (respiración de las raíces, fauna del suelo y la mineralización del carbono), es decir, representa la estimación de la actividad microbiana (Armida-Alcudia *et al.*, 2005). Los microorganismos respiran continuamente y la tasa de respiración es un índice confiable de la tasa de crecimiento. Los factores que afectan el crecimiento también influyen en la respiración en el mismo grado (Guerrero-Ortíz *et al.*, 2012).

La actividad microbiana se puede estimar mediante parámetros como Carbono de la Biomasa, Respiración Microbiana y Nitrógeno Biomásico. La respiración Microbiana consiste en la medida de la actividad biológica de la población microbiana total, a través del desprendimiento de CO₂. La actividad metabólica es la responsable en un suelo de procesos, por ejemplo, tan importantes como los de mineralización y humificación de su materia orgánica, lo cual incide sobre otra serie de procesos en que se ven incluidos elementos fundamentales en el suelo (C, N, P y S), así como todas las transformaciones en que interviene la biomasa microbiana de dicho suelo.

Para estimar la calidad de un suelo se han propuesto indicadores biológicos como la Actividad microbiana medida por medio del flujo de CO₂ o respiración basal y el contenido del Carbono de la Biomasa (Bautista Cruz *et al.*, 2004). La biomasa microbiana define el componente funcional de la microbiota del suelo, responsable principalmente de la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes (Acosta y Paolini, 2006). Además, se ha considerado que puede ser usado como un indicador ecológico sensible a los cambios ambientales. Su determinación puede ser útil en estudios que se lleven a cabo sobre suelos naturales, donde los procesos microbianos, claves para su conservación y degradación ambiental pero también la actividad metabólica que muestre un suelo se verá afectada por problemas de contaminación y descontaminación, siendo la mencionada actividad un reflejo de la posibilidad de degradación de compuestos que pueden considerarse tóxicos para ese suelo, y que pueden haber sido adicionados al mismo antropogénicamente

(EUMED 2015) . Es por ello que en este experimento se realizó dichos parámetros para conocer la actividad microbiana en un suelo que fue tratado con fitorremediación y sin planta pero contaminado con petróleo fresco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento del experimento

Un experimento con *Leersia hexandra* se estableció en el invernadero del Laboratorio de Microbiología agrícola y ambiental del Colegio de Postgraduados campus Tabasco en el que se realizó un ensayo con dos factores (sin planta y con planta de *Leersia hexandra*) y cuatro tratamientos con diferentes concentraciones de petróleo fresco (4000, 30 000, 60 000 y 90 000 mg/kg⁻¹). Y un tratamiento testigo sin contaminar para cada factor haciendo un total de 30 unidades experimentales. Se cultivó durante 3 meses, pasado dicho tiempo se cosechó y se tomaron 50 gramos de suelo de cada unidad experimental para cuantificar actividad metabólica del suelo.

La respiración microbiana o flujo de CO₂, se midió por medio de la técnica volumétrica de (Jekinson y Powlson, 1976). En la que se tomaron tres repeticiones de 50 gr de suelo de cada tratamiento. Para adsorber el CO₂ se utilizó 10 ml de NaOH 1 N. La técnica consiste en pesar los 50 gramos de suelo y colocarlo en frascos de vidrio de 150 ml con tapa de rosca y dentro un vial conteniendo 10 ml de solución de NaOH 1N y una pequeña cinta de papel filtro el cual funciona como absorbente del CO₂ liberado. También se hizo lo mismo con tres frascos sin suelo, tres frascos con 50 gr de suelo testigo estéril y 3 frascos con 50 gr de suelo testigo sin esterilizar estos como controles para realizar los cálculos respectivos. Y se incubaron a temperatura ambiente (28°C) durante 10 días.

A los 5 días se sacaron de la incubadora y se realizó la titulación de la solución de NaOH con una solución de HCl al 0.1 N agregándole 1 ml de BaCl₂ al 2 % para precipitar los carbonatos y 2 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador. Se midió el gasto de HCl de cada muestra y se calculó la cantidad de CO₂ producido en cada unidad experimental. A cada frasco se le agregó nuevamente 10 ml de NaOH y la cinta de papel filtro y se incubó por otros 5 días; trascurrido este tiempo se realizó el mismo procedimiento y se realizaron los cálculos correspondientes del CO₂ producido y con los datos obtenidos se calculó también la acumulación del C de la Biomasa microbiana.

Carbono de la Biomasa microbiana

El C de la biomasa microbiana, se estimó mediante la ecuación:

$$Bc = Fc / Kc$$

donde:

Fc es la diferencia de la cantidad de C-CO₂ producido por el suelo fumigado menos el C-CO₂ producido en el suelo sin fumigar, y
Kc (0.45) es un factor de transformación (Jenkinson y Ladd, 1981).

Análisis Estadístico

Se realizó Análisis de Varianza y prueba de medias de Tukey con el programa estadístico SAS 9.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad Biológica (Respiración microbiana)

Los resultados de la figura 1 indican que la actividad microbiana o respiración edáfica presentó variabilidad entre tratamientos en las dos mediciones al día 5 y día 10, mostrando una diferencia altamente significativa entre tratamientos ($P < 0.001$). La mayor actividad microbiana medida en moles de CO₂ a los 5 días fue mayor en el tratamiento con 90 0000 mg/kg-1 de petróleo en el factor (sin planta), en el que se encontró una concentración de 81.77 mol de CO₂ con respecto al factor con planta en donde se encontró 72.09 mol de CO₂. Posteriormente se observa una disminución del CO₂ en el día 10 pero se observa una tendencia que a mayor concentración de petróleo mayor CO₂. Esto corresponde a lo encontrado por (de la Garza *et al.*, 2008) en la que la respiración edáfica fue proporcional a la concentración de hidrocarburos en el suelo; los suelos con menor concentración de éstos presentaron valores más bajos.

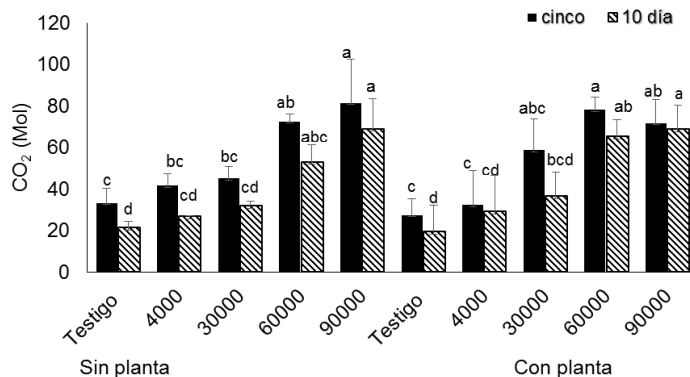


Figura 1: Actividad microbiana. Los datos son medias de la actividad microbiana en los 4 tratamientos y testigo con planta y sin plantas expresadas en moles de CO₂ al día 5 y día 10 del establecimiento del experimento (barras con diferente letra son estadísticamente diferentes).

Carbono de la Biomasa microbiana

En la figura 2 se muestran los resultados de la acumulación del C de la biomasa microbiana al día 5 y día 10, donde es en el segundo tiempo en el que se observa mayor acumulación de biomasa microbiana en los tratamientos testigos con respecto a los tratamientos con mayor concentración de petróleo en los que se obtuvo un descenso en la biomasa microbiana conforme la dosis de petróleo fue aumentando.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por (Acosta y Paolini, 2006). En un experimento con residuos orgánicos en el que se incrementó el C de la biomasa microbiana conforme pasó el tiempo. Hecho que puede deberse a la adaptación de los microorganismos al suelo.

Así también (Pérez-Vizñuk *et al.*, 2014) menciona que cuanto mayor es el C de la biomasa microbiana, mayor será la reserva de C del suelo.

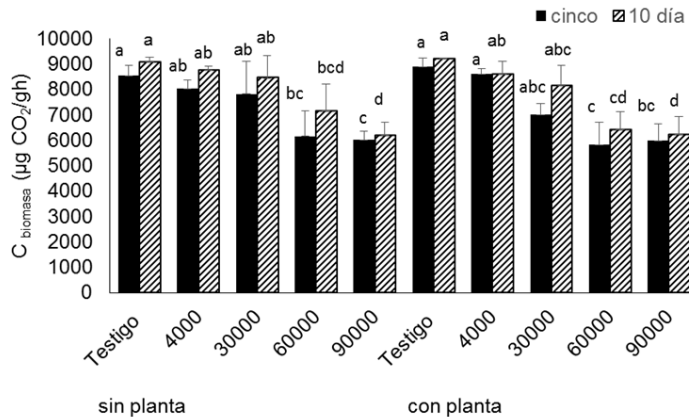


Figura 2: Carbono de la Biomasa microbiana. En la gráfica se observa la acumulación del Carbono de la Biomasa microbiana a los 5 y 10 días del establecimiento del ensayo. (barras con diferente letra son estadísticamente diferentes).

CONCLUSIONES

- La adición de hidrocarburos afectó significativamente la actividad microbiana en el suelo en estudio y la tendencia de los datos obtenidos demuestran que la actividad microbiana declina a medida que pasa el tiempo.
- Mientras que el C de la biomasa microbiana aumentó en la segunda medición respecto a la primera pero es en el factor (sin planta) donde se encontró mayor Biomasa microbiana.

LITERATURA CITADA

- Acosta Yudith y Paolino Jorge. 2006. Dinámica de la Biomasa microbiana (C y N) en un suelo de la península de Paraguaná tratado con residuos orgánicos. *Multiciencias*. 6(2):180-187.
- Armida-Alcudia L., Espinosa-Victoria D., Palma-López D.J., Galvis- Spinola A. y Salgado-García S. 2005. Carbono en biomasa microbiana y carbono soluble como indicadores de calidad de Vertisoles cultivados con caña azucarera. *Terra Latinoamericana*. 23(4):545-551.

-
- Bautista Cruz A., Etchevers Barra J., F. del Castillo R., y Gutiérrez C .2004. La calidad del suelo y sus Indicadores. *Ecosistemas* 13 (2):90-97.
- De la Garza F.R., Ortíz Y.P., Macías B.A., García C. y Coll D. 2008. Actividad biótica del suelo y la contaminación por hidrocarburos. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. 4(2):49-54.
- Guerrero-Ortiz P.L., Quintero-Lizaola R., Espinoza-Hernández V., Benedicto-Valdés G.S. y Sánchez-Colín M.J. 2012. Respiración de CO₂ como indicador de la Actividad Microbiana en abonos orgánicos de Lupinus. *Terra Latinoamericana* 30(4):355-362.
- Jekinson D. and Ladd J. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: *Soil Biochemistry*. E. Paul and J. Ladd (Eds.).Vol. 5. Marcel Dekker, New York. 415 – 471 p.p.
- Jekinson D. and Powlson D. 1976. Effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8:209-213.
- Pérez Visñuk M.A., Brandán de Weht C.I., Ortiz N. y García Paulucci D.E. 2014. Carbono de biomasa microbiana (CBM) en suelo rizosférico de pinares colonizados con hongos ectomicorrícicos. *Rev. agron. noroeste argent.* 34 (2): 43-45.
- Muñoz-Castellanos L.N., Neváres-Moorillón G.V., Ballinas-Casarrubias M.L. y Peralta-Pérez M.R. 2010. Fitorremediación como una alternativa para el tratamiento de suelos contaminados. *Toctl. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Biomédica*. 1(3):1-9.

Referencias informáticas

- UGR [Introducción: suelos contaminados por hidrocarburos] [http://www.pomif.com/pages/practicas/micro_ambiental/suelos_hidrocarburos]; [5 de junio 2015]
- EUMED [Monitoreo de suelos contaminados mediante pruebas ecotoxicológicas]; url: [<http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/11/suelos-contaminados-pruebas-ecotoxicologicas.html>]; [5 de junio 2015]

EFFECTO DE LA RESTAURACION FISICOQUIMICA EN LOS HIDROCARBUROS Y HONGOS DE UN HISTOSOL

EFFECT OF RESTORATION PHYSICAL CHEMISTRY IN HYDROCARBONS AND MUSHROOM OF HISTOSOL

¹Gonzalez-Moscoso M*, ¹Alejandro-Cordova A, ¹Rivera-Cruz MC, ²Trujillo-Narcia A

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. Periférico Carlos A. Molina, Km 3.5. Carr. Cárdenas-Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco. México. CP 86500; Tel. 9371300268. ²Universidad Popular de la Chontalpa. Carretera Cárdenas-Huimanguillo Km 2, Ranchería Paso y Playa Cárdenas, Tabasco. México. CP 86500; Tel. 9373727050

*Autor para correspondencia: gonzalez.magin@colpos.mx

RESUMEN

Se realizó un trabajo de investigación para evaluar el efecto de la restauración de un Histosol contaminado con petróleo intemperizado. Se aplicó tecnología fisicoquímica. Se realizó un muestreo dirigido en un área con una superficie de 758 m² con 4 puntos de muestreo (P2, P3, P4 y P5). Las variables evaluadas fueron la concentración de hidrocarburos totales de petróleo y hongos totales (UFC), antes (octubre 2013) y después (marzo 2015) de la restauración en los puntos 2, 3, 4 y 5. La remoción de los hidrocarburos totales del petróleo fue eficiente mediante la aplicación física y por la desorción del lavado con jabón y los desengrasantes. Las concentraciones de petróleo en el suelo restaurado de la capa 1, cumplen los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SS1-2012, ya que el 75 % de las muestras evaluadas tuvieron un promedio de remoción de 98 %. En la capa 2, el 50 % de las muestras cumplen el LMP, en el punto 2 presentó mayor contenido de hidrocarburos totales del petróleo HTPs que el suelo sin restaurar. Las poblaciones totales (UFC) de hongos fueron afectados, pues en el punto 2,4 y 5 no hubo hongos en el suelo, lo cual sugiere que la tecnología de restauración tiene un efecto negativo sobre los microorganismos presentes en el suelo.

Palabras clave: Tecnología de descontaminación, hidrocarburos, hongos heterótrofos.

INTRODUCCIÓN

El petróleo es una de las fuentes principales de energía a nivel mundial. Los combustibles derivados del petróleo son la base del desarrollo económico y social de un país. En México, la industria extractiva del petróleo ha establecido infraestructura que interactúa con los ecosistemas terrestres que conducen petróleo crudo de los pozos de perforación a las petroquímicas (PEMEX, 2009). Como consecuencia de la extracción, conducción, transporte del petróleo crudo y sus derivados han ocasionado la contaminación del suelo y agua (Banks *et al.*, 2003). Los derrames de hidrocarburos de petróleo son una de las principales fuentes de contaminación de suelos y aguas, ya que ocasionan perturbaciones en los ecosistemas al afectar su estructura y bioprocesos (Zamora *et al.*, 2012). Estos accidentes han contribuido en gran manera al aumento en la contaminación por hidrocarburos en zonas costeras, afectando negativamente, la flora, la fauna y la salud humana (Olguín *et al.*, 2007). Asimismo, causan efectos importantes sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Martínez y López, 2001), siendo los suelos Histosoles y Gleysols los más comúnmente afectados, los cuales se encuentran en zonas bajas y presentan altos contenidos de materia orgánica y arcilla (Palma y Cisneros, 1996). En este contexto, en Tabasco la contaminación del suelo ocurre desde hace 50 años debido a los derrames de los desperdicios de perforación acumulados en las presas de los pozos petroleros, a la filtración de agua aceitosa a través de los bordos y fondos de las presas de los pozos petroleros, y a rotura de los oleoductos (Trujillo-Narcia, 2006).

En México, según la NOM-138-SEMARNAT/SS1-2012, los suelos contaminados con petróleo crudo deben descontaminarse con tecnologías físicas, químicas y biológicas, para su uso agrícola (DOF, 2013). Sin duda muchas son las alternativas reportadas como exitosas en la descontaminación de suelos, pero para seleccionar la tecnología de remediación adecuada se debe tener en consideración: a) características del sitio, b) tipo de contaminante, concentración y características fisicoquímicas, c) propiedades fisicoquímicas y tipo de suelo a tratar y d) costo (Volke y Velasco, 2003). Las tecnologías de remediación implica el uso de cualquier operación unitaria o conjunto de ellas, que altere la composición de un contaminante peligroso de manera que reduzcan su toxicidad, movilidad o volumen en la matriz o material contaminado (Volke-Sepúlveda *et al.*, 2005). Las tecnologías más utilizadas son el lavado de suelos, la oxidación química, la separación física y los métodos biológicos como el composteo y la biolabranza (Maldonado *et al.*, 2010).

Los objetivos de este trabajo de investigación fueron: 1) Comparar el contenido de hidrocarburos totales del petróleo en Histosol sin restaurar y restaurado. 2) Evaluar el efecto de la restauración en la calidad biológica del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del sitio. El objeto de estudio se localiza en el ejido José Narciso Rovirosa, municipio de Huimanguillo, Tabasco. Las coordenadas geográficas del pozo taponado La Venta 248 son 18° 05' 18" latitud norte y 94° 03' 22" longitud oeste. Se encuentra a 1.2 kilómetros al oeste del Complejo Procesador de Gas La Venta, perteneciente a la paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX). Este sitio presenta desde los años sesenta hasta la actualidad rasgos de contaminación con petróleo intemperizado, aunque fue restaurada una determinada superficie en el año 2014.

Tecnología de restauración aplicada al suelo contaminado. La restauración del suelo fue realizada por una empresa privada contratada por la paraestatal Petróleos Mexicanos, aunque la compañía no proporcionó las especificaciones técnicas de la tecnología aplicada, si fue dada a conocer por el personal que realizó el trabajo y por el propietario del terreno. El periodo de limpieza se realizó en 6 meses, la tecnología aplicada fue fisicoquímica, consistió en el levantamiento de chapopote de manera manual con zapapico y palas, el cual se fue colocando a la orilla de la pera, al suelo se adicionó cal y un producto químico biodegradable llamado 103 (Jabón) y algunos desengrasantes, con el fin de aglomerar el petróleo y poder colectarlo con maquinaria pesada. El chapopote fue levantado y se colocó en camiones volteo, los cuales lo trasladaron a celdas de tratamiento ex situ, mientras otra parte del chapopote y suelo con petróleo fue dejada en el área.

Ubicación de puntos y muestreo de suelos. El estudio realizado durante octubre de 2013 se basó en la determinación de los HTPs en la muestra superficial de 0.5 a 0.22 m de profundidad, usando un muestreo dirigido. Esta información permitió dividir las 0.24 hectáreas en 5 áreas, todas estas contaminadas. Se ubicaron 10 puntos de muestreo georreferenciados en función de la heterogeneidad, distribución y espesor de la capa de petróleo: Área 1, se ubicaron seis puntos (P1, P2, P3, P4, P5, P10); área 2 con dos puntos (P6, P7); área 3, con un punto (P8); área 4, ningún

punto; área 5, un punto (P9) (Figura 1). El suelo se colectó por capas y/o horizontes superficiales y se introdujo en bolsas de plástico previamente etiquetadas con los siguientes datos: número de punto y capa (P1C1: punto 1, capa 1), fecha de muestreo y nombre del colector. Las muestras se preservaron a temperatura de 4 °C, como indica la NOM-138-SEMARNAT/SS1-2012. En el año 2014 se restauró 4 puntos de muestreo del área 1 con una superficie de 758 m² y se realizó el muestreo del suelo en estos puntos (P2, P3, P4, P5), de acuerdo al del año 2013.

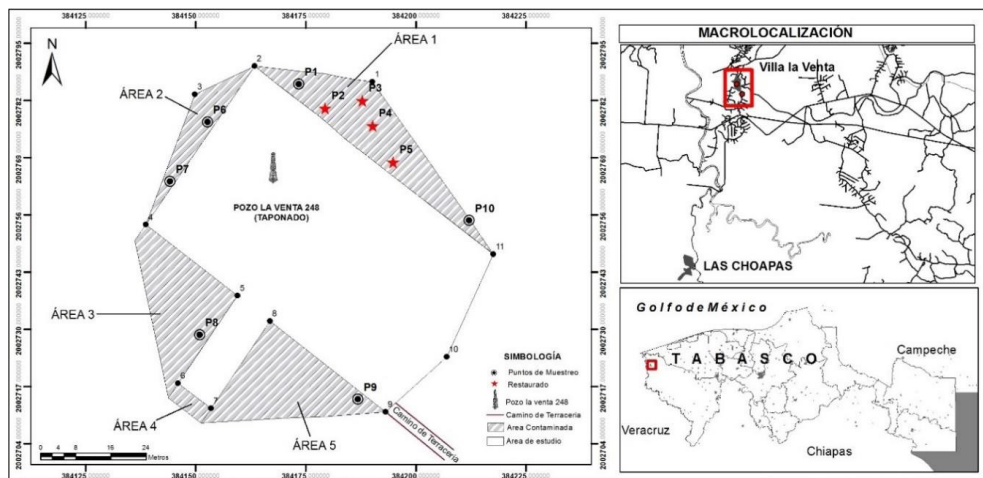


Figura 1. Áreas y puntos de muestreo en la periferia del pozo taponado La Venta 248 Huimanguillo Tabasco México. Puntos restaurados (★).

Extracción y cuantificación de los hidrocarburos totales del petróleo. La extracción de los HTPs se realizó con equipo Soxhlet, con el procedimiento analítico especificado en el método 3540C modificado (EPA, 1996). Se cuantificó por gravimetría adaptado del procedimiento establecido en la NMX-AA-134-SCFI-2006 (Consuegra, 2006).

Densidad de hongos heterótrofos. El medio de cultivo utilizado fue papa dextrosa agar para hongos totales (Riker y Riker, 1936, citado por Johnson y Curl, 1972). Se evaluó en suelo con la técnica de cuenta viable por dilución seriada en medios de cultivos específicos (Madigan *et al.* 2004).

El conteo de viables se realizó por conteo de las unidades formadoras de colonia (UFC) expresadas en la superficie de la caja Petri, luego se transformó a UFC g⁻¹ de suelo seco.

Análisis estadístico. Los datos de densidad de hongos heterótrofos se analizaron mediante análisis de varianza con el software SAS. La significancia estadística se consideró en el nivel $p = 0.05$. Para separar medias se aplicó la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS) de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la restauración en los hidrocarburos totales del petróleo en la capa 1 y 2 del Histosol

El contenido de HTPs en la capa 1 del suelo sin restaurar, muestra concentraciones altas que rebasan el límite máximo permisible (LMP) según la Norma Oficial Mexicana (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012). Siendo el punto 4 el más alto con 994930 mg kg⁻¹, después de la restauración disminuyó 531 veces con una eficacia de remoción del 99%. El punto 2 y 3 con 677070, 828650 mg kg⁻¹, respectivamente, sin restaurar; en estos puntos restaurados la concentración disminuyó considerablemente respecto al suelo sin restaurar, su concentración fue de 223 y 1842 mg kg⁻¹, respectivamente, mostrando una eficacia de remoción del 99% para ambos puntos (Figura 2a). Mientras que el contenido de HTPs en el punto 5 fue de 828650 mg kg⁻¹ sin restaurar, una vez restaurado disminuyó 96 veces, con una eficacia de remoción del 98%, sin embargo, fue el único punto que rebasó el LMP. Los puntos 2, 3 y 4 no rebasaron el LMP que establece la NOM. Estos resultados sugieren que en la capa superficial del suelo, la restauración fue eficiente posiblemente debido a la profundidad, la cual es la capa orgánica del suelo y fue más fácil eliminar el petróleo.

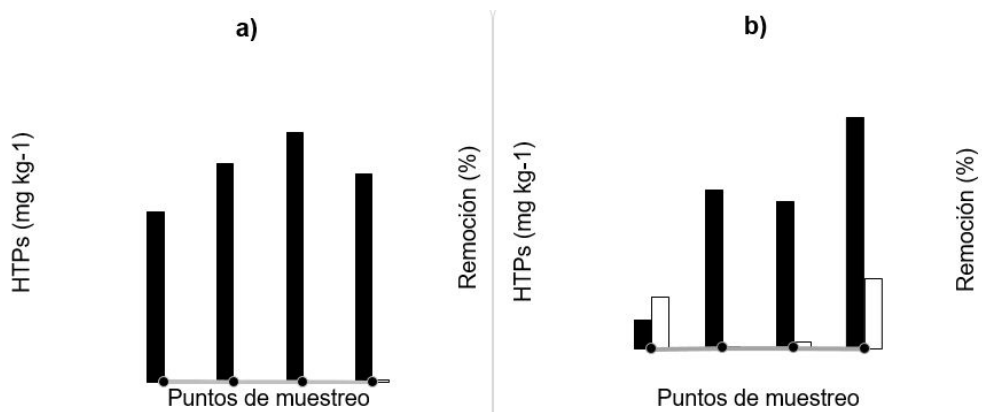


Figura 2. Contenido de hidrocarburos totales del petróleo: a) Capa 1 (Profundidad: 0-5 cm); b) Capa 2 (Profundidad: 5-22 cm) del Histosol, sin restaurar (■), restaurado (□) y la remoción obtenida (●).

Los contenidos de HTPs en la capa 2 en suelo sin restaurar fueron menores que los contenidos en la capa 1 (superficial), sin embargo, todos rebasaron el LMP. Mientras que en el suelo restaurado, solo el punto 2 y 5 rebasaron el LMP, el punto 2 aumento de 4325 sin restaurar a 7717 mg kg⁻¹. El punto 5 disminuyó 3 veces en suelo restaurado con una eficacia de remoción del 30%, el punto 3 disminuyó 74 veces con respecto al sin restaurar y una eficacia de remoción del 98%. Asimismo, el punto 4 tuvo una remoción del 95%, pues en suelo sin restaurar tuvo una concentración de 21945 mg kg⁻¹ y una vez restaurado tuvo una concentración de 983.21 mg kg⁻¹ de HTPs (Figura 2b). El 50% de las muestras cumplieron con los LMP establecidos por la NOM, sin embargo, el punto 2 tuvo un aumento, lo que significa que no hubo remoción, posiblemente por la dispersión del petróleo porque el punto 1 no fue restaurado y presumiblemente el petróleo sobrenadante se dispersó por advección y afectó principalmente al punto 2 debido a la cercanía entre punto y punto.

Efecto de la restauración sobre las poblaciones de hongos

Las poblaciones de hongos heterótrofos fueron afectados, ya que no hubo presencia de hongos después de la restauración, por el contrario, en suelo sin restaurar, todos los puntos presentaron hongos y estadísticamente el más significativo fue 313x10⁻¹ UFC g⁻¹ en el punto 5, seguido de los valores de 23, 21 y 5x10 UFCg⁻¹ en los puntos 2,

3 y 4, respectivamente. En el suelo restaurado solo el punto 3 presentó 60×10^{-1} UFC g^{-1} , en contraste con los otros puntos, donde no hubo presencia de hongos (Cuadro 1). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Trujillo-Narcia (2006), donde las poblaciones de bacterias rizosféricas disminuyen por efecto de la restauración. Al ser restaurados estos suelos no tienen el potencial y las características necesarias para un buen desarrollo de microorganismos, a lo cual Trujillo-Narcia *et al.* (2012), mencionan que después de la restauración de un sitio contaminado, gracias al manípulo y la adición de suelos, se cambian las propiedades físicas y químicas del suelo que finalmente esto se ve reflejado en las comunidades microbianas existentes en el sitio.

Cuadro 1

Poblaciones totales de hongos heterótrofos del suelo en la capa 1, sin restaurar y restaurado

Puntos	Hongos heterótrofos (UFC g^{-1} SS)		Efecto negativo
	Sin restaurar	Restaurado	
2	23b	0b	23
3	21b	60a	2.85
4	5b	0b	5
5	313a	0b	313

Valores con diferentes letras para cada columna son estadísticamente diferentes (Duncan, $p \leq 0.05$).
 UFC: Unidades formadoras de colonias. SS: Suelo seco.

CONCLUSIONES

- El contenido de hidrocarburos totales del petróleo, disminuyó con la restauración fisicoquímica del suelo obteniendo porcentajes de remoción por encima del 90 %. El 62 % de todas las muestras evaluadas en suelo restaurado cumplen con el límite máximo permisible.
- La calidad biológica del suelo es dañada, por el proceso de restauración que se realiza, pues las cantidades de hongos heterótrofos disminuyen notablemente en comparación con el suelo no restaurado.

LITERATURA CITADA

- Banks, M.K., Mallede H. y Rathbone K. 2003. Rhizosphere microbial characterization in petroleum-contaminated soil. *Soil Sediment Contamination*. 12, 371-385.
- Consuegra, G.R.C. 2006. NMX-AA-134-SCFI-2006. Suelos – hidrocarburos fracción pesada por extracción y gravimetría – método de prueba. Dirección de normalización. SEMARNAT- México. p 23.
- DOF. 2013. Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelos y Lineamientos para el Muestreo en la Caracterización y Especificaciones para la Remediación. Segunda sección. México, D.F. 10 septiembre 2013. p 16.
- EPA (Environment Protection Agency). 1996. Method 3540C Mod. Soxhlet Extraction. Washington, DC. USA. p 8.
- Johnson, L.F., y Curl E.A. 1972. Methods for research on the ecology of soil-borne plant pathogens. Burgess Publishing Company. Minneapolis, MN, USA. p 247.
- Madigan, M.T., Martinko J.M. y Parker J. 2004. Brock. *Biología de los Microorganismos*. 10^a ed. Pearson Educación, S.A. España. p 1011.
- Maldonado-Chávez, E., Rivera-Cruz M.C., Izquierdo-Reyes F. y Palma-López, D.J. 2010. Efectos de rizósfera, microorganismos y fertilización en la biorremediación y fitorremediación de suelos con petróleos crudo nuevo e intemperizado. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*. 26, 121-136.
- Martínez, V. E., López, S.F. 2001. Efecto de hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso. *Terra*. 19, 9-17.
- Olgúin, E. J., Hernández, M.E. y Sánchez-Galván, G. 2007. Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 23, 139-154.
- Palma L.D. y Cisneros, J. 1996. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Vol. 1. Fundación PROCEDE Tabasco A.C. Villahermosa, Tabasco, México.
- Trujillo-Narcía A., Rivera-Cruz, M.C. y Maldonado. C.E. 2006. Efecto de la restauración de suelos contaminados con petróleo en el suelo y en la vegetación en Tabasco, México. *In: Medio Ambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI*. Tomo III (L.J.F. Gallardo Ed. y Coord.). Badajoz, España. pp. 353-361.
- Trujillo-Narcía, A, Rivera-Cruz, M. C., Lagunes-Espinoza, L.C., Palma-López, D.J., Soto Sánchez, D.J. y Ramírez-Valverde G. 2012. Efecto de la restauración

-
- de un fluvisol contaminado con petróleo crudo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 28, 361-374.
- Volke-Sepúlveda, T., Velasco, J.A.T. y de la Rosa, D.A.P. 2005. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México, D.F. p 57.
- Volke T. y Velasco, J. 2003. Biodegradación de hidrocarburos del petróleo en suelos intemperizados mediante composteo. Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental INE-SEMARNAT. p 34.
- Zamora A., Ramos, J. Arias, M. 2012. Efecto de la contaminación por hidrocarburos sobre algunas propiedades químicas y microbiológicas de un suelo de sabana. *Biagro*. 24, 5-12.

Referencias informáticas

- PEMEX, (Petróleos Mexicanos). 2009. [http://www.pemex.com/files /content/tabasco_0903271.pdf](http://www.pemex.com/files/content/tabasco_0903271.pdf) (Revisado: abril, 2015).

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE COLECTAS DE MORINGA *Moringa oleífera* EN UN SUELO LUVISOL RÓDICO EN EL ESTADO DE YUCATÁN.

AGRONOMIC EVALUATION OF COLLECTIONS OF MORINGA *Moringa oleífera* IN A SOIL LUVISOL RODICO IN THE STATE OF YUCATAN.

Basulto GJA*¹., Reyes RAL¹., Góngora GS¹. y Gamboa JA¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá, Km. 25, antigua carretera Mérida-Motul.

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

RESUMEN

En el mundo, la mayor parte de la producción de bioenergéticos está basada en materias primas de origen agrícola; a pesar de que en la actualidad los biocombustibles representan una fracción poco significativa de la demanda global de combustibles para el transporte, se espera un crecimiento importante en el largo plazo. Para México una de las especies que reúnen a corto y mediano plazo, ventajas agronómicas y tecnológicas es la *Moringa oleífera*. Sin embargo, se desconoce la adaptación y tecnologías de producción para las distintas condiciones agroecológicas. El objetivo del estudio fue realizar la evaluación agronómica de 20 materiales de *Moringa* en un suelo Luvisol ródico. El experimento se estableció en el Sitio Experimental Uxmal. Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron 20 materiales de *Moringa*. La siembra se realizó bajo temporal el 17 de junio de 2013. Se empleó una distancia de siembra de 3 m entre plantas y 1.5 m entre hileras. La altura de planta, diámetro basal y número de ramas tomados a los 12 meses de la siembra, resultaron con significancia estadística ($P \leq 0.05$), sobresaliendo la colecta 10 para altura de planta con 7.18 m, para diámetro basal y número de ramas la colecta 1 con 13 cm y 43 ramas respectivamente. Para peso de fruto y rendimiento de semilla evaluados a los 13 meses de la siembra, se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$), destacando la colecta 15 con 2,455 kg ha⁻¹ y 998 kg ha⁻¹ respectivamente.

Palabras clave: colectas, moringa, rendimientos, Luvisoles

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas mundiales más importantes de orden económico, social, ambiental y aún de sobrevivencia de la propia humanidad, es el cambio climático provocado principalmente por la emisión de bióxido de carbono y su acumulación en la atmósfera (IPCC, 2007). El efecto invernadero trae como consecuencias, el incremento del promedio de la temperatura de la tierra, las sequías, el deshielo de los polos y las inundaciones; estos fenómenos afectan la vida de miles de personas, las economías familiares y nacionales y la producción y productividad agropecuaria y forestal. Las pérdidas económicas por este fenómeno en 2005 fueron superiores a los 200 mil millones de dólares (Zamarripa, 2011). Ante este escenario, México está impulsando el uso de energías renovables más eficientes y limpias como los Biocombustibles.

Aunado a los problemas ambientales, el agotamiento de las reservas probadas de petróleo del país, cuya duración se estima en ocho años, y el aumento constante en el precio del petróleo, justifican sobremanera la necesidad de explorar nuevas fuentes de energía renovable como el etanol y el biodiesel a partir de especies agrícolas. Además, que existe una insuficiente producción nacional de oleaginosas y granos para el desarrollo de los biocombustibles. En este sentido, el Gobierno de mexicano decretó en el mes de febrero de 2008, la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos que considera, entre otros propósitos, la diversificación energética mediante fuentes renovables de energía como los biocombustibles y el impulso de la agroindustria.

Actualmente en el mundo, la mayor parte de la producción de bioenergéticos está basada en materias primas de origen agrícola; a pesar de que en la actualidad los biocombustibles representan una fracción poco significativa de la demanda global de combustibles para el transporte, se espera un crecimiento importante en el largo plazo, principalmente en aquellas regiones donde existe un mayor potencial. La obtención de variedades mexicanas con alta eficiencia energética, rendimiento agroindustrial y de baja emisión de contaminantes, otorgará seguridad y rentabilidad a los productores para enfrentar la competencia en el mercado. Así mismo es importante que los cultivos bioenergéticos tengan un balance positivo en la producción de energía y en la emisión de gases contaminantes, es decir que el cultivo produzca menos gases de efecto invernadero. Para 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).

Sin embargo, no se cuenta con variedades generadas de este cultivo bioenergético, que estén adaptadas a las regiones potenciales de México, se desconoce el manejo agronómico y el rendimiento agroindustrial; por lo tanto se requiere iniciar la selección de genotipos elite y desarrollar tecnologías sustentables de producción para la moringa, como cultivo bioenergético en México. El objetivo del estudio fue realizar la evaluación agronómica de 20 materiales de Moringa en un suelo Luvisol ródico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Sitio Experimental Uxmal, en un tipo de suelo Luvisol ródico con clima AW_0 . Ubicado en las coordenadas con Latitud Norte: $20^{\circ} 24' 04''$ y una Longitud Oeste: $89^{\circ} 45' 04''$. Con una altitud de 41 msnm, una temperatura media anual de $24.20^{\circ}C$, con Humedad relativa promedio: de mayo a octubre 78% y de noviembre a abril 73 %. Con una precipitación media anual entre 900 y 1000 mm.

Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar, con cuatro repeticiones, donde los tratamientos fueron 20 materiales de Moringa procedentes del Campo Experimental Rosario Izapa en el Estado de Chiapas del INIFAP. La parcela experimental consistió de seis plantas y la parcela útil en cuatro plantas con competencia completa.

La preparación del suelo para el experimento consistió en tumba de la vegetación con un tractor de oruga y la aplicación de herbicida al terreno antes de la siembra. La siembra se realizó bajo temporal el 17 de junio de 2013, a espeque depositando tres semillas por piquete. Se empleó una distancia de siembra de 1.5 m entre plantas y tres metros entre hileras.

Se realizó una aplicación de herbicida con glifosato para el control de maleza en las calles del experimento; y una aplicación con pantalla entre las hileras sembradas de Moringa. Se tomaron las variables, altura de planta, diámetro basal, número de ramas, largo de fruto, peso del fruto y peso de semilla. Se realizaron

análisis estadísticos de análisis de varianza y de resultar significativo para la variable analizada, se efectuó una prueba de medias DMS,0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las medias de altura de planta, diámetro basal y número de ramas de 20 colectas de Moringa, tomados a los 12 meses de la siembra.

La mayor altura de planta se obtuvo con la colecta 10 con 7.18 m, siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las colectas 1 y 14 con valores de 5.84 y 5.73 m respectivamente; el mayor diámetro basal se obtuvo con la colecta 1 con 21.75 cm, siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las demás colectas, cuyos valores fueron de 9.14 a 12.59 cm; el mayor número de ramas lo presentó también la colecta 1 con 42.75 ramas siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las colectas 11, 13, 8, 14, 18, 16, 9, 17 y 19, cuyos valores estuvieron de 22.25 a 30.50 ramas.

Cuadro 1. Medias de altura de planta, diámetro basal y número de ramas de 20 colectas de Moringa, tomados a los 12 meses de la siembra

Tratam.	Altura de Planta (m)	Tratam.	Diámetro Basal (cm)	Tratam.	Número de Ramas
T10	7.18 a	T1	21.75 a	T1	42.75 a
T12	6.63 ab	T12	12.59 b	T4	42.38 ab
T8	6.62 ab	T10	11.66 b	T12	40.00 abc
T3	6.62 ab	T6	11.45 b	T15	39.88 abc
T20	6.47 ab	T3	11.21 b	T3	37.75 abcd
T18	6.45 ab	T19	11.19 b	T7	35.88 abcde
T13	6.41 ab	T18	11.01 b	T10	35.25 abcd
T7	6.40 ab	T8	11.01 b	T2	33.25 abcdef
T16	6.39 ab	T7	10.96 b	T6	32.88 abcdef
T6	6.36 ab	T20	10.90 b	T20	32.38 abcdef
T17	6.36 ab	T5	10.56 b	T5	30.75 abcdef
T9	6.35 ab	T15	10.54 b	T11	30.50 bcdef
T15	6.31 ab	T2	10.38 b	T13	29.75 cdef
T11	6.31 ab	T14	10.19 b	T8	29.25 cdef
T19	6.29 ab	T11	10.09 b	T14	28.00 cdef
T2	6.15 ab	T13	10.05 b	T18	27.13 def
T5	6.11 ab	T9	9.96 b	T16	26.50 def
T4	6.01 ab	T4	9.53 b	T9	25.13 ef
T1	5.84 b	T16	9.40 b	T17	24.75 ef
T14	5.73 b	T17	9.14 b	T19	22.25 f
DMS	1.332		7.1609		12.184

Cuadro 1. Medias de altura de planta, diámetro basal y número de ramas de 20 colectas de Moringa, tomados a los 12 meses de la siembra

Tratam.	Altura de Planta (m)	Tratam.	Diámetro Basal (cm)	Tratam.	Número de Ramas
---------	----------------------	---------	---------------------	---------	-----------------

Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

En el Cuadro 2 se presentan las medias de rendimiento de fruto, rendimiento de semilla y número de frutos cosechados por árbol de 20 colectas de moringa, cosechado a los 13 meses de la siembra.

Los rendimientos de fruto más altos se obtuvieron con la colecta 15 con 2, 455.31 kg ha⁻¹ de semilla, el cual fue estadísticamente diferente (P≤0.05) a la colecta 2 con 983.23 kg ha⁻¹. El mayor rendimiento de semilla lo presentó también la colecta 15 con un valor de 997.68 kg ha⁻¹, siendo estadísticamente diferente (P≤0.05) a la colecta 2 con que rindió 345.52 kg ha⁻¹ de semilla. En cuanto a la media de número de frutos cosechados, las colectas 3, 11 y 6 presentaron los valores más altos con 135.33, 120.50 y 115.00 frutos, siendo estadísticamente diferente (P≤0.05) a la colecta 2 que presentó 31.50 frutos.

Cuadro 2

Rendimiento de fruto, rendimiento de semilla y número de frutos cosechados por árbol de 20 colectas de moringa, cosechado a los 13 meses de la siembra

Tratam.	Rendimiento de Fruto (kg ha ⁻¹)	Tratam.	Rendimiento de Semilla (kg ha ⁻¹)	Tratam.	Número de Frutos cosechados
T15	2455.31 a	T15	997.68 a	T3	135.33 a
T18	2366.43 ab	T18	818.81 ab	T11	120.50 a
T3	2244.22 ab	T3	797.70 ab	T6	115.00 a
T6	2144.23 ab	T11	796.59 ab	T15	105.00 ab
T13	2110.90 ab	T6	790.48 ab	T13	99.50 ab
T11	2049.80 ab	T20	776.59 ab	T12	96.50 ab
T20	1949.81 ab	T12	761.04 ab	T1	95.50 ab
T12	1927.60 ab	T13	747.70 ab	T18	93.50 ab
T8	1805.38 ab	T1	718.26 ab	T20	82.50 ab
T1	1788.71 ab	T8	686.60 ab	T7	78.25 ab
T10	1733.16 ab	T10	682.15 ab	T4	68.25 ab
T4	1677.61 ab	T4	673.23 ab	T8	68.00 ab
T16	1660.95 ab	T16	549.95 ab	T17	67.25 ab
T19	1544.29 ab	T9	519.39 ab	T9	66.50 ab
T7	1399.86 ab	T5	501.06 ab	T16	66.25 ab
T17	1272.10 ab	T7	493.28 ab	T5	65.25 ab
T5	1244.32 ab	T19	474.95 ab	T19	57.50 ab
T14	1066.56 ab	T17	440.51 ab	T10	56.25 ab
T9	1049.90 ab	T14	387.18 b	T14	54.75 ab
T2	983.23 b	T2	345.52 b	T2	31.50 b

DMS	1,421	568.82	80.56
-----	-------	--------	-------

Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

CONCLUSIONES

A los 12 meses de la siembra del experimento, la mayor altura de planta se obtuvo con la colecta 10 con 7.18 m, el mayor diámetro basal se obtuvo con la colecta 1 con 21.75 cm, y el mayor número de ramas lo presentó también la colecta 1 con 42.75 ramas. A los 13 meses del establecimiento los rendimientos de fruto más altos se obtuvieron con la colecta 15 con 2, 455.31 kg ha⁻¹ de semilla, el mayor rendimiento de semilla lo presentó también la colecta 15 con un valor de 997.68 kg ha⁻¹ y en cuanto a la media de número de frutos cosechados, las colectas 3, 11 y 6 presentaron los valores más altos con 135.33, 120.50 y 115.00 frutos. En base a lo anterior y en esta primera fase de evaluación, podemos considerar como materiales prometedores de Moringa para la elaboración de biodiesel a las colectas 15.

LITERATURA CITADA

- Biswas, W. 2008. Life Cycle Assessment of Biodiesel Production from Moringa Oleifera Oilseeds. Centre of Excellence in Cleaner Production Curtin University of Technology. Perth, Australia. 20 pp
- Coello J., P. Castro, J. Calle, L. Castillo y F. Acosta. 2006. Evaluación de opciones para la producción de biodiesel a pequeña escala en el Perú. II Seminario Internacional en Biocombustibles y Combustibles Alternativos. Del 9 al 11 de agosto de 2006. Universidad Nacional de Colombia. 13p.
- 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.
- Liñan T.F. 2010 Moringa oleifera El árbol de la nutrición. Ciencia y salud Virtual. Vol. 2 No. 1, diciembre de 2010 pp. 130-138.
- Martini N. and J. S. Shell. 1998. Plant oils as fuels-present state of science and

-
- future development. Berlin: Springer. p. 276.
- Rashid U., F. Anwar, B.R. Moser, and G. Knothe. 2008. Moringa oleifera oil: a posible source of biodiesel. Bioresour. Technol. 99, 8175–8179.
- Saint S. A. 2001. Moringa exploitation in the world: State of knowledge and challenges. Development potential for Moringa products October 29th - November 2nd 2001. Dar Es Salam, Tanzania.
- Villa R.I., O.J. Fernández y N.J. Diez. 2013. Evaluación de diferentes enmiendas orgánicas en la producción de semillas de Moringa oleifera. Innovación Tecnológica Vol.19, Número Especial dedicado al Día de la Ciencia Cubana, enero 2013 (ISSN 1025-6504).
- Zamarripa C. A. 2011. Informe final de proyecto. Estudio de Insumos para la Obtención de Biocombustibles en México. Convenio de colaboración SAGARPA-INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 129 p.
- Zamarripa C.A., B.J.L. Solís, V.B.B. Martínez y E.X.M. Ochoa. 2011. Moringa oleifera: una especie vegetal con potencial de uso en México. Desplegable informativo Núm. 10. INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa. México.

CALIDAD DE VERMICOMPOSTAS ELABORADAS CON DIFERENTES ESTIÉRCOLES DOMÉSTICOS

Cámara-Reyna JC ^{1*}, Ruiz ME ¹, Palma-López DJ²

¹ Tesista de licenciatura en Ingeniería Agronómica de la Universidad Popular de la Chontalpa.

² Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco; área de Ciencia Ambiental.

RESUMEN

La investigación de nuevos materiales para la formulación de mezclas que sirvan como fertilizantes orgánicos y que disminuyan la contaminación ambiental se considera una actividad fundamental. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad nutrimental de diferentes tipos de vermicompostas elaboradas con base en residuos de la agroindustria de caña de azúcar (cachaza y bagazo) mezclados con diferentes estiércoles (estiércoles de gallina, caballo, vaca y borrego). Estas mezclas se sometieron a vermicompostaje por 3 meses. Los resultados muestran que la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* es bastante eficaz para producir vermicomposta en condiciones de trópico húmedo ya que se cumplieron con los rangos idóneos de temperatura, pH, población de lombrices adultas, jóvenes y cocones durante el proceso de composteo. Solo el estiércol de gallina mostró menor actividad reproductiva. Conforme a los rangos establecidos por la normas se observó que el pH y MO de las vermicompostas se encontraron en el rango aceptable de la norma mexicana para vermicompostas NMX-FF-109-SCFI-2008, mientras que la CE y la Relación C/N de los tratamientos se encontraron por encima del rango aceptable y El N total de los tratamientos quedo por debajo de dicha norma. Además el K intercambiable de los tratamientos se encontró muy alto en los cinco tratamientos conforme a la norma, mientras que el P asimilable se encontró en niveles muy bajos. La relación AH/AF se presentó en concentraciones elevadas en todos los tratamientos, indicándonos una tendencia a la acumulación del carbono orgánico en las vermicompostas y por lo tanto una baja mineralización de las mismas. Los mejores tratamientos fueron a los que se les adicionaron estiércoles de borrego y de vaca.

Palabras clave: Lombriz de tierra, composta, tratamiento de residuos, vivero, caña de azúcar

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica es el producto de la descomposición de vegetales y animales muertos, almacena gran cantidad de agua y es rica en minerales. Lombrices e insectos forman poros que permiten la aireación, el almacenaje del agua y el crecimiento de las raíces (FAO, 1996). El mejoramiento de los residuos orgánicos se realiza a través de procesos biológicos como el vermicompostaje, el cual consiste en la oxidación de los residuos bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación utilizando lombrices conocidas como composteras. El producto que se obtiene del compostaje se conoce como humus, éste es una excreta en forma de turrículo que se caracteriza por su aspecto similar a tierra negra y fresca, y que no desprende olores desagradables (Sánchez-Hernández, 2006). Esta técnica permite reutilizar los residuos orgánicos para implementar mejoras en fertilidad. Por ello el objetivo del presente trabajo es de caracterizar vermicompostas obtenidas con diferentes residuos agroindustriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Campo Experimental “km 21” del Colegio de Postgraduados, Campus-Tabasco; se encuentra ubicado a 21 Km de la cabecera municipal de la ciudad de Cárdenas (Figura 1). El clima de la región es tropical húmedo, con temperatura media anual de 26.2 °C. La media anual de precipitación es de 2,240 mm, con 70 % del total en verano y otoño. La humedad relativa media mensual es superior a 80% (García, 1988).

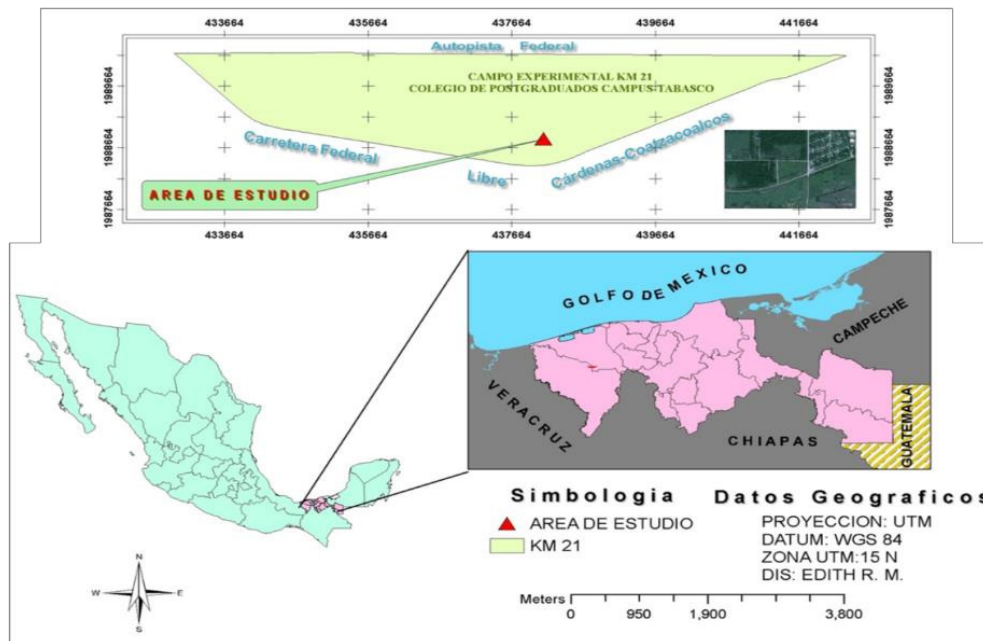


Figura 1. Localización del área de estudio.

Residuos orgánicos utilizados

Cachaza y el bagazo de caña de azúcar, hojas de cocoíte (*Gliricidia sepium*), pasto Egipto (*Brachiaria mutica*), estiércol de gallina, estiércol de borrego, estiércol de vaca y estiércol de caballo. La mezcla de estos sustratos se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Tratamientos conformados por los diferentes residuos agroindustriales.

TRATAMIENTOS	DOSIS	REPETICIONES
T1	Estiércol de caballo (1*) + cachaza (1) + bagazo (1/2) + hoja de cocoíte (1/2) y pasto (1/2)	3
T2	Estiércol de borrego (1) + cachaza (1)+ bagazo (1/2) + hoja de cocoíte (1/2) y pasto (1/2)	3
T3	Estiércol de gallina (1) + cachaza (1) + bagazo (1/2) + hoja de cocoíte(1/2) y pasto (1/2)	3
T4	Estiércol de vaca (1) + cachaza (1)+ bagazo (1/2) + hoja de cocoíte (1/2) y pasto (1/2)	3
T5	Estiércol de gallina (1), caballo (1), vaca (1), borrego (1) + cachaza (1) + bagazo (1/2) + hoja de cocoíte (1/2) y pasto (1/2)	3

*La unidad está referida al volumen de una cubeta de 19 litros con la idea de tener una referencia práctica.

Actividades y parámetros tomados durante el vermicomposteo

Aireación cada 8 días, así como toma de temperatura (°C), humedad y pH. La población de lombrices y cocones se muestreó cada 15 días

Análisis químicos realizados al final del experimento

Se realizaron análisis de parámetros químicos al final del vermicompostaje en el Laboratorio de Suelos, Plantas y Aguas (LASPA) del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco (Cuadro 2).

Análisis estadístico

La información obtenida de todas las variables fue capturada en primer término en Excel (2007). Después se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) considerando un experimento completamente al azar. Para la prueba de medias se aplicó la de Tuckey ($p \leq 0.05$). Los análisis se realizaron con el software Infostat Versión 2011.

Cuadro 2

Parámetros determinados al finalizar el vermicompostaje

Determinación (unidad de medida)	Método
Nitrógeno Total (%)	Kjeldahl
Fosforo asimilable (mg kg ⁻¹)	Olsen
Potasio intercambiable (cmol(+)/kg ⁻¹)	Bray y Kurtz
pH	Potenciómetro (relación 1:2)
Materia Orgánica (%)	Calcinación
Conductividad Eléctrica (dS m ⁻¹)	Conductivímetro en pasta saturada
Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos (%)	Kononova y Belchycova (Orlov, 1995).
Relación C/N	Se calculó, dividiendo los datos obtenidos de carbono orgánico y nitrógeno total.
Relación AH/AF	Se calculó, dividiendo los datos de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura (°C)

La temperatura se mantuvo en el rango de 22 a 27 °C (Figura 3), esto indica que hubo poca variación manteniéndose en un rango aceptable. De acuerdo a Ferruzzi (1986), las temperaturas deben mantenerse en el rango entre 14 a 27 °C, por su parte Edwards y Bater (1992), indican que debe mantenerse una temperatura promedio de 30 °C. Únicamente se presentó la fase mesofílica durante el vermicompostaje, esto nos indica que no hubo presencia de fase termofílica, la cual podría haber afectado el desarrollo de las lombrices en los tratamientos. Al respecto, Aira *et al.* (2006), señalan que el vermicompostaje, es un proceso que ocurre en condiciones mesofílicas, para proporcionar a las lombrices las condiciones adecuadas para la descomposición de los residuos.

pH en campo

El comportamiento del pH en los cinco tratamientos presentó valores que oscilaron entre 6.0 y 7.3, la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008) establece que se debe mantener en un rango de 5.5 a 8.5, por lo tanto el pH registrado en los tratamientos

no se considera como un factor que afecte en la producción de vermicompostaje. Además, se observa que los tratamientos T4 (estiércol de vaca) y T5 (mezcla de estiércoles), presentan pH con valor de 7, por lo tanto estos tratamientos podrían ser considerados los más óptimos para producir vermicomposta, de acuerdo con lo establecido por Martínez (1996) y Barbados (2004).

Población de lombrices adultas

Se observó una respuesta favorable debido a las buenas condiciones para la reproducción, lo cual se manifiesta en una tendencia ascendente en los tres primeros muestreos, decayendo ligeramente en el cuarto muestreo. El mejor tratamiento en cuanto a población de lombrices adultas fue el T2 (estiércol de borrego) y el más bajo fue el T3 (estiércol de gallina). El muestreo realizado en la última fecha indica que existe tendencia descendente, ocasionado principalmente por la escases de alimento en la parte superior de las cajas debido a que la vermicomposta llegó a su madurez, se observó que en esta época la vermicomposta presenta principalmente una mayor población de cocones, siendo un indicativo de que es el momento de cambiarle el sustrato, para mejorar las condiciones de alimentación.

Población de lombrices jóvenes

Se obtuvieron resultados favorables debido a las buenas condiciones para el crecimiento y reproducción de las lombrices, lo cual se manifiesta en una tendencia ascendente en los cuatro muestreos. El mejor tratamiento fue el T5 (mezcla de estiércoles) y el menor fue el tratamiento con estiércol de gallina (T3), que sigue comportándose con menores capacidades para permitir el crecimiento y reproducción de las lombrices.

Población de cocones

El comportamiento de los cocones fue similar al de las lombrices juveniles ya que se manifiesta en una tendencia ascendente en los cuatro muestreos. Sin embargo, en este caso se nota una fuerte separación en el comportamiento del mejor y peor tratamiento. El mejor fue el T5 (mezcla de estiércoles), y el menor fue nuevamente el T3.

Calidad de las vermicompostas obtenidas.

Potencial de hidrógeno (pH)

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se encontraron diferencias altamente significativas (Cuadro 3). En este caso solo el tratamiento T2, con estiércol de borrego, muestra una media (6.7) estadísticamente superior al resto de los tratamientos, los cuales tuvieron medias estadísticamente iguales. Cabe señalar que el tratamiento T2 es el que se acerca más a un pH neutro, lo cual indicaría una mejor vermicomposta (Barbados, 2004). Los valores del pH en los cinco tratamientos oscilan en 6.27 y 6.70, son valores aceptables ya que conforme a la norma NMX-FF-109-SCFI-2008, se encuentran dentro del rango óptimo, lo cual concuerda con lo encontrado por otros autores (Durán y Henríquez 2007; Fernández *et al.*, 1998; Ferruzzi, 1986).

Conductividad eléctrica (CE)

Las medias de los valores de conductividad eléctrica entre los tratamientos no muestran diferencias significativas entre ellas. Los rangos varían de 5.32 a 7.26 dS m⁻¹, algo similar obtuvo Sánchez-Hernández (2006), quien observó que cuando se agrega estiércol la CE de las VC llegaron a 5 y 8 dS m⁻¹, lo cual si se compara con lo establecido en la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), se observa que todos los tratamientos superan ligeramente lo establecido por la misma. Al respecto Berrospe (2010), menciona que al mezclar estiércol con la cachaza provoca un aumento de la CE sin importar el proceso de estabilidad (compostaje o vermicompostaje) que haya sufrido el material. Por el rango de CE determinado (Cuadro 3) no se esperan problemas de salinidad al utilizar las vermicompostas ya que al mezclarlas con el suelo el efecto se diluye.

Cuadro 3

Comparación de medias de los análisis químicos de las vermicompostas elaboradas

Trat.	pH	CE	MO	N total	P asim.	K int.	C/N	Ácidos Húmicos (AH)	Ácidos Fúlvicos (AF)	AH/AF
	rel. 1:2	dS m ⁻¹	%	%	mg kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹		%	%	
T1	6.27a*	6.39a	46.99b	0.37a	1.56a	3.85a	73.48a	4.08a	0.28a	14.15a
T2	6.70b	6.07a	39.67a	0.33a	1.44a	6.12a	70.57a	4.77b	0.31a	15.34a
T3	6.30a	7.26a	47.00b	0.43a	1.94b	5.31a	63.61a	4.05a	0.29a	13.85a
T4	6.37a	5.32a	43.00ab	0.30a	1.53a	3.81a	83.14a	4.42ab	0.25a	16.97a
T5	6.30a	5.61a	43.33ab	0.37a	1.65a	4.10a	69.77a	4.39ab	0.27a	16.03a
CV	1.34	16.79	4.29	14.34	5.39	29.13	12.86	4.58	12.54	13.32
Prob. F	0.006	0.245	0.0059	0.088	0.0003	0.2169	0.210	0.0076	0.4218	0.3611

*Medias con la misma literal son iguales estadísticamente (Tuckey $p \leq 0.05$)

Materia orgánica (MO)

Existe diferencia significativa entre el T2 (estiércol de borrego) con respecto a los demás ya que este presenta menor contenido de MO, el rango de las medias va de 39.67 a 47.00 %. Sin embargo la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), establece que el rango óptimo debe de ser de 20 a 50 % de MO, por lo que, los cinco tratamientos se encuentran dentro de lo establecido. Esto difiere a los datos obtenidos por Sánchez-Hernández (2006), que a partir de tratamientos con estiércol y sin estiércol los datos obtuvo de 52.75 a 82.06 %. Todas las vermicompostas tienen valores aceptables de MO, destacando las de caballo, vaca y la mezcla de los cuatro estiércoles con los valores mayores (Cuadro 3).

Nitrógeno total (NT)

Las medias de los contenidos de nitrógeno total entre los tratamientos no muestran diferencias significativas. El rango de las medias va de 0.30 a 0.43 %, lo cual comparado con lo establecido en la norma mexicana (NMX-FF-109-SCF1-2008), donde indica que las VC deben situarse del 1 a 4 %, muestra que los contenidos de nitrógeno total de todos los tratamientos se encuentran por debajo del rango óptimo. Estos resultados concuerdan en parte con los datos obtenidos por Rodríguez *et al.* (2008), que obtuvieron valores de N de 0.38 a 1.10% en sustratos orgánicos para la producción de tomate, a diferencia de Sánchez-Hernández *et al.* (2006) y

Domínguez-Gamas (2013), que encontraron que los rangos de NT oscilan de 1.04 a 1.68 % en VC. Los datos de N total determinados no concuerdan con los de MO, ya que los valores de MO estuvieron dentro del rango óptimo de las VC, mientras que los de N total están por debajo de lo deseable en un VC. En este caso es necesario agregar residuos con mayores contenidos de N (mayor cantidad de cocoíte, por ejemplo) para mejorar este indicador.

Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

Las medias de los valores de Relación C/N entre los tratamientos no muestran diferencias significativas entre ellas. Los valores varían de 63.61 a 83.14 %, lo cual comparado con lo establecido en la norma mexicana (NMX-FF-109-SCF1-2008), que indica que las VC deben situarse ≤ 20 , determina que la C/N de todos los tratamientos se encuentran muy arriba del rango. Salgado *et al.*, (2006), indica que una relación de C/N inferior a 12 significa que la MO presenta una mineralización neta, y por lo tanto, se tendría N mineral disponible en el suelo. Una relación mayor de 25 representa una inmovilización neta por lo que se carecerá de N disponible para el cultivo. Los valores altos de C/N de las vermicompostas muestreadas vuelven a resaltar la necesidad de incluir residuos con valores mayores de N para poder mejorar este indicador.

Fosforo asimilable (P asim.)

No se encontraron diferencia significativas entre los tratamientos T1, T2, T4 y T5; solo el T3 (estiércol de gallina) presenta diferencias significativa y tiene la media más alta, esto difiere a los datos obtenidos por Duran y Henríquez (2007) ya que a partir de vermicomposta con estiércol de bovinos obtuvieron valores medios de 2 mg kg⁻¹, lo cual es ligeramente más alto que los valores encontrados en el experimento (de 1.53 a 1.94 mg kg⁻¹). Aunque este indicador no es requerido por la norma para vermicompostas, si es muy importante desde el punto de vista de fertilidad para los suelos. De acuerdo a la norma NOM-021-SEMARNAT-2000 los cinco tratamientos se encuentra en un nivel bajo ya que son menores a 5.5 mg kg⁻¹. Considerando además que este rango está establecido para suelos minerales y en este caso se trata de un sustrato orgánico, el contenido de P asimilable es excesivamente bajo en todos los tratamientos, por lo que no se recomendarían estas vermicompostas en suelos con deficiencias de P o para cultivos altamente consumidores de este nutrimento.

Potasio intercambiable (K inter)

El potasio intercambiable varió en las vermicompostas de 3.81 a 6.12 cmol(+) kg⁻¹, siendo el más alto el tratamiento con estiércol de borrego (T2), sin embargo conforme a los resultados del análisis de varianza no hay diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 3). A diferencia de Fernández *et al.* (1998), que obtuvo 1-2.5 cmol(+)kg⁻¹ en sus vermicompostas, quedando por debajo de lo encontrado en este trabajo. De acuerdo a la norma NOM-021-SEMARNAT-2000, para suelos; los cinco tratamientos se establecieron en valores superiores a 0.6 cmol kg⁻¹, lo cual es considerado por esta norma como alto para suelos, por lo que las vermicompostas elaboradas se encuentran en rangos muy altos en este nutrimento.

Ácidos Húmicos (AH)

Los ácidos húmicos se comportaron en un rango de 4.05 a 4.77 %, conforme a los resultados del análisis de varianza (Cuadro 3), existe diferencia significativa entre las vermicompostas, los valores más altos se presentan en el T2 (estiércol de borrego), T4 (estiércol de vaca) y el T5 (mezcla de estiércoles). Fernández *et al.* (1998) presentan una similitud al obtener AH en los rangos de 2.8-5.8%, en vermicomposta con contenido de cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos y lodos de depuración de aguas residuales. A diferencia de Hernández *et al.* (2002) y Sánchez-Hernández *et al.* (2006), quienes encontraron que a partir de tratamientos con estiércol, los AH presentaron valores bajos que oscilan entre 0.20 a 0.409 %. Por lo tanto los valores encontrados en este trabajo podrían considerarse como muy altos.

Ácidos Fúlvicos (AF)

Los ácidos fúlvicos se comportaron en un rango de 0.25 a 0.31 %, siendo el más alto el tratamiento con estiércol de borrego (T2), sin embargo conforme a los resultados del análisis de varianza no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Los resultados concuerdan con los datos obtenidos por Hernández *et al.* (2002) y Sánchez-Hernández *et al.* (2006), en vermicompostas a partir de desechos de plátano y estiércol, quienes encontraron un rango de 0.26 a 0.53 %. Satisha y Davarajan (2005), en sus trabajos donde emplearon compostas de cachaza reportan

concentraciones de ácidos fúlvicos desde 0.002 % hasta 14.8 %, en este trabajo los 5 tratamientos probados caen en este rango, sin embargo ninguno superó el 1 %. Asimismo Fernández *et al.* (1998), reportaron que los ácidos fúlvicos de sus vermicompostas se encuentran en un rango de 14 %-30 %, por lo que los resultados obtenidos en esta investigación podrían considerarse bajos.

Relación Ácidos Húmicos-Ácidos Fúlvicos (AH/AF)

Los relación AH/AF se comportó en un rango de 13.85 a 16.97, siendo el más alto el tratamiento con estiércol de vaca (T4), sin embargo conforme a los resultados del análisis de varianza no hay diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 3). Estos datos difieren de Sánchez-Hernández *et al.* (2006), ya que sus vermicompostas a partir de estiércol y cachaza más bagazo tuvieron valores menores a 1. Igualmente Bollo (1999), midió valores que van de 1.4 a 2 en vermicompostas. Por lo anterior se puede considerar que las vermicompostas elaboradas presentan valores altos en este indicador.

CONCLUSIONES

- La eficacia para producir vermicomposta utilizando la lombriz roja californiana (*E. foetida*) en condiciones de trópico húmedo cumple con los parámetros de temperatura, pH en campo, población de lombrices adultas, jóvenes y cocones, que requieren las actividades de vermicomposteo.
- La lombriz roja californiana fue afectada en la reproducción por el tratamiento con estiércol de gallina, en todas sus etapas ya que fue el tratamiento que menos actividad reproductiva tuvo. El tratamiento con estiércol de borrego y el tratamiento de mezclas de estiércoles fueron los mejores en la reproducción de la especie *E. foetida*.
- El pH y MO de los tratamientos se encontró en el rango aceptable de la norma mexicana para vermicompostas NMX-FF-109-SCFI-2008, mientras que la CE y la Relación C/N de los tratamientos se encontraron arriba del rango aceptable.
- El N total de las vermicompostas quedó por debajo de lo especificado por la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008, indicándonos que no hay una mineralización completa de las vermicompostas.

-
- El K intercambiable de las vermicompostas se encontró muy alto en los cinco tratamientos conforme a la norma NOM-021-SEMARNAT-2000, mientras que el P asimilable de las vermicompostas se encontró en niveles muy bajos.
 - El tratamiento que presentó valores más altos en AH y AF, fue el tratamiento con estiércol de borrego. La relación AH/AF se presentó en concentraciones elevadas en todos los tratamientos, indicándonos una tendencia a la acumulación del carbono orgánico en las vermicompostas y por lo tanto una baja mineralización de las mismas.
 - Se considera conveniente agregar una mayor cantidad de desechos agropecuarios ricos en N a las mezclas para mejorar los indicadores que se encontraron deficientes.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2013. La Lombricultura: Biotecnología Ecológica al alcance de tus manos. Obtenido de <http://www.actiweb.es/viveloverde/lombricultura.html>. Revisado el 29 de Abril del 2013.
- Aíra M. and Domínguez J. M. f. 2006. C to N ratio strongly affects population structure of *Eisenia fetida* in vermicomposting systems. *European Journal of Soil Biology*. 42: 127–131 pp.
- Barbado J. L. 2004. Cría de Lombrices. 1ª Ed. 1ª Reimp. Albatros, Buenos Aires, Argentina. 128 p.
- Berrospe O. E. A. 2010. Sustratos alternativos a base de cachaza para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados,
- Durán L. y Henríquez C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostas producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 31(1): 41-51 pp.
- Edwards C. A. and Bate J. E. 1992. The use of earthworms in environmental management. *Soil Biol. And Biochem*. 24:1683-1689 p.
- Fernández M. M., Aguilar M. I., Carrique J. R., Tortosa J., García C., López M. Y Pérez J. M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.

-
- Ferruzzi C. 1986. Manual de lombricultura. Traducción de C. Buxade. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 138 p.
- Rodríguez D. M., Cano R. P., Figueroa M. U., Palomo G. A., Favela C. E., Álvarez R. V. Márquez H. C. y Moreno R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Rev. Fitotec. México. Vol. 31 (3). 265-272 pp.
- Norma Oficial Mexicana. 2000. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreos y análisis. NOM-021-RECNAT-2000. Diario Oficial de la Federación. México, D. F. 85 p.
- 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.
- Martínez C. 1996. Potencial de la lombricultura. Elementos básicos para su desarrollo. 2da. Edición. Lombricultura Técnica Mexicana. Texcoco, Estado de México. México. 250 p.
- Salgado G. S., Palma-López D. J., Núñez E. R., Lagunés E. L., Deberdardi D. H. y Mendoza H. R. 2006. Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción en el Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 210 p.
- Sánchez-Hernández R. 2006. Evolución estructural de un suelo arcilloso por el aporte de materia orgánica y la inalteración mecánica. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. 136 p.
- Sánchez-Hernández R., Ordaz-Chaparro V.M., Palma-López D.J. y Sánchez B.J. 2006. El vermicompostaje: elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados y Fundación Produce Tabasco A.C. Villahermosa, Tabasco. México. 46p.

EVALUACIÓN DEL CAMBIO DEL PH Y DE LA MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS DEL EJIDO C-34 “BENITO JUÁREZ GARCÍA” DEL PLAN CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO”.

De la Cruz-Santamaría JJ ¹, Palma-López DJ²

¹ Tesista de licenciatura en Ingeniería Agronómica de la Universidad Popular de la Chontalpa. ² Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.

*Autor para correspondencia: dapalma@colpos.mx

RESUMEN

El trabajo consistió en evaluar dos parámetros del suelo como es el pH y Materia orgánica en el poblado C-34 “Benito Juárez García”, el cual se llevó a cabo por la inquietud de algunos productores que mencionaban que el suelo estaba un poco ácido y por ese motivo no rendía su cosecha, si tal vez era el suelo o el mal manejo que se les daba al mismo. Para determinar si en los suelos de dicho poblado ha ido aumentando la acidez y disminuyendo el contenido de materia orgánica, fue necesario un estudio de suelo, dividiendo las series en: serie Nueva, serie Limón, serie Libertad y serie Sabana, se hicieron muestreos de suelo en todas las series, y al final se compararon considerando diferentes usos de cada una. Se realizó la revisión de literatura y búsqueda de información existente del área de estudio relacionada con suelos, relieve, clima, vegetación y uso del suelo. Posteriormente se utilizó como base un mapa parcelario elaborado por el PROCEDE del RAN del poblado C-34 obteniendo un RMS (Root Mean Square o Raíz Cuadrada Media) de 1 metro. Posteriormente se utilizó el mapa de uso del suelo y vegetación. Con esta información se pudieron ubicar las parcelas de los principales usos a considerar en este trabajo. Los usos de los suelos fueron confirmados con recorridos de campo. Ambos mapas a la misma escala se traslaparon mediante álgebra de mapas utilizando el software de ArcGis versión 9.3, generando un mapa a escala 1:10,000 en el cual se pudieron observar las parcelas con su uso correspondiente facilitando la ubicación de los sitios de muestreos. Se ubicaron los puntos de muestreo tomando como criterio la serie de suelo, según el mapa de suelos generado en este estudio basado en un trabajo preliminar y el uso actual de las parcelas. Se ploteó el mapa a tamaño de 80 x 80 cm para facilitar el manejo en campo. En este trabajo solo se presenta la serie Sabana porque es la que presenta menor fertilidad. En la zona se encuentran áreas dedicadas

a la agricultura y ganadería, siendo los cultivos más importantes en el ejido: la caña de azúcar, pastizales, el cacao y la piña en algunas zonas sobre todo en la serie Sabana. En esta serie de suelos no se presentaron diferencias significativas, por lo que se concluye que el pH y la MO no han cambiado por el uso.

Palabras clave: degradación química, suelos ácidos, usos del suelo

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica (MO) en suelos de Tabasco puede estar presente en contenidos que van de 1 a 6 %, sin embargo, este porcentaje puede ser más alto en suelos con usos forestales y agroforestales. La MO está formada por una serie de componentes que van desde tejidos vegetales y animales poco alterados y productos efímeros procedentes de su descomposición, hasta un material de color pardo o negro, bastante estable, que no presenta semejanza alguna con las estructuras anatómicas de las que procede. La totalidad de sustancias orgánicas presentes en el suelo incluyen también organismos edáficos vivos (biomasa del suelo), aunque estos normalmente no presentan más del 5% de la materia orgánica (Thompson y Troeh, 1988; Russell, 1989).

En Tabasco, la acidez del suelo está influenciada principalmente por el material madre; es decir, que su formación proviene de rocas ácidas, aunque no deja de ser importante el lavado de las bases, debido al alto contenido de aluminio intercambiable en el suelo (Pastrana, 1995a). El objetivo de este trabajo fue comparar el pH y la MO de suelos de la serie Sabana utilizados con diferentes usos, con el fin de determinar si los suelos están siendo degradados por el uso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el Poblado C-34 Lic. Benito Juárez García, perteneciente al Municipio de Huimanguillo, Tabasco y se encuentra entre las coordenadas geográficas: 18°00' y 17°35'30'' de latitud Norte y los 93°23' y 93°58' de longitud Oeste (figura 1).

Se ubicaron los puntos de muestreo tomando como criterio la serie de suelo, según el mapa de suelos generado en el estudio de Cimades que a su vez se basó en el Plan Chontalpa original (Palma-López *et al.*, 2002) y el uso actual de

las parcelas. Se ploteó el mapa a tamaño de 80 x 80 cm para facilitar el manejo en campo (Figuras 1 y 2).

Se comenzaron a muestrear los usos en campo, donde se tomaron las coordenadas UTM, por medio de un Geoposicionador satelital (GPS) modelo Garmin Etrex 10, de cada sitio muestreado, tomando la precaución de calibrarlo antes de cada salida de campo. En cada sitio en que se tomaron muestras las profundidades fueron diferentes dependiendo de la profundidad de los horizontes de la serie de suelo (Cuadro 1). Para cada uso del suelo (matorral, pasto humidícola y piña) se realizaron 3 repeticiones en la misma serie de suelo. Las muestras se colocaron en bolsas de nylon de 2 kg, etiquetándolas con la inicial de la serie, el uso, la repetición, fecha y profundidad. Las muestras fueron llevadas al laboratorio del Colegio de Postgraduados donde se le determinó el pH en una solución 1:2 de suelo y agua y la materia orgánica por el método de combustión húmeda de Wackley y Black según la recomendación de la NOM-021-REC/NAT-2000.

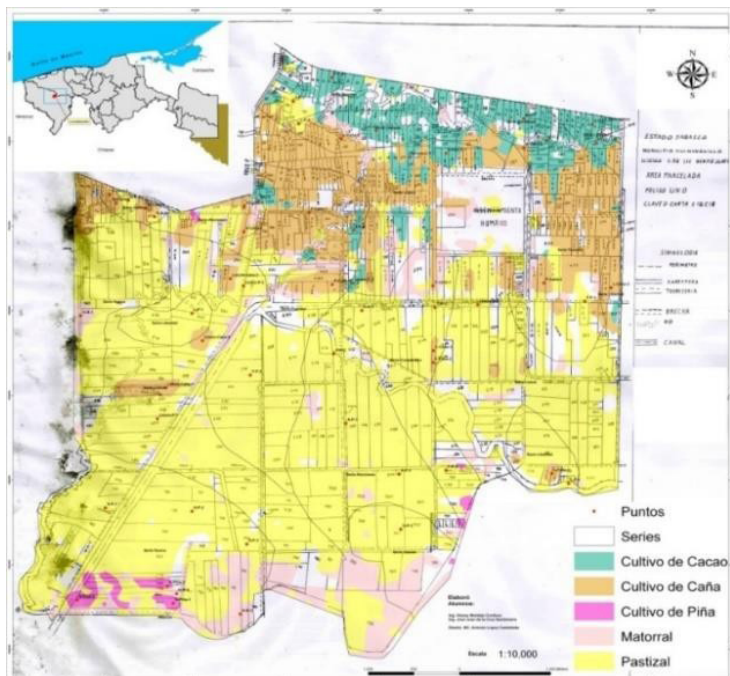


Figura 1. Mapa del ejido C-34 y su uso actual. Fuente: elaboración propia a partir del mapa de Procede (2009) y Palma-López *et al.* (2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron cuatro series de suelo en el Poblado c-34, en este trabajo solo se presentan los resultados de la serie Sabana porque es la que presento menor fertilidad (Figura 2).

Caracterización de la serie Sabana

Según la el Referencial Pedológico Mundial (IUSS Working Group WRB, 2014), los suelos de la serie Sabana se clasifican como: Acrisol Crómico (Francoso, Cutánico) y sobre el predomina el uso de pasto, cultivo de piña y matorrales. La serie Sabana ocupa el 15.20 % del área de suelo del ejido C-34.

Los suelos de la serie Sabana se denominan Acrisoles porque tienen un mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en la capa superficial del suelo, como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que conduce a la formación de un horizonte árgico en el subsuelo. Este horizonte presenta una saturación de bases baja dentro de la profundidad de 50 a 100 cm. Muchos Acrisoles correlacionan con suelos rojos podsólicos amarillo (por ejemplo, Indonesia), Argissoles (Brasil), Kurosols (Australia), Sols ferralíticos desaturados (Francia) y Ultisoles con arcillas de baja actividad (Estados Unidos de América). (IUSS Working Group WRB. 2014).

Los Acrisoles del área de estudio presentan como calificadores: Crómico, que indica que dentro de 150 cm de la superficie del suelo tiene una capa subsuperficial de 30 cm o más de espesor, con un *hue* Munsell más rojo que 7.5 YR y un croma en húmedo, de más de 4; Cutánico, dado que tiene un horizonte árgico que presenta revestimientos de arcilla en algunas partes dentro de los 100 cm superficiales y; Francoso, porque tiene dominancia de texturas francas en los primeros 100 cm de profundidad (IUSS Working Group WRB. 2014).

Estos suelos se localizan en lomeríos bajos con laderas, son suelos de textura arcillo-arenosa de color negro en su primera capa y rojizos a mayor profundidad, muy ricos en materia orgánica en los primeros 16 cm, con una concentración de carbono orgánico que decrece con la profundidad y con un pH fuertemente ácido, el P disponible en estos suelos agrícolas es muy bajo debido probablemente a las altas concentraciones de Fe y Al que lo fijan. En cuanto a las concentraciones de Ca, Mg y K, todas son bajas (Figura 3) (Salgado *et al.*, 2010).

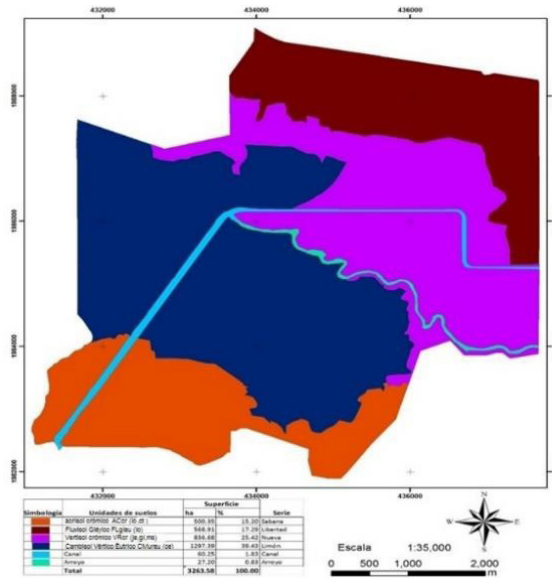


Figura 2.-Mapa de suelos del poblado C-34 mencionando la superficie de los suelos y las series.
Fuente: elaboración propia a partir del mapa de Procede (2009) y Palma-López *et al.* 2010).

Comparación de los valores de pH y materia orgánica en los suelos de la serie Sabana]

Análisis del comportamiento del pH en la serie Sabana

Para el caso de los suelos de la serie Sabana los resultados del pH estadísticamente no presentaron diferencias significativas en las medias de los tres usos de suelo, a pesar de que esta serie de suelos presenta suelos con fuerte acidez (figura 4). El uso que presenta mayor valor de pH es el pasto, con valores de pH entre 5.45 y 5.30 con la profundidad, clasificados como moderadamente ácidos con base en la norma NOM 021, la cual menciona suelos moderadamente ácidos en un rango de pH que va de 5.1 a 6.5. El uso que presenta valores más ácidos de pH es el matorral con un pH de 5.10 a 5.05 con la profundidad, los cuales se clasifican como de moderadamente ácidos a fuertemente ácidos según la NOM 021. A su vez el uso con piña muestra valores de pH de 5.35 a 5.25 con la profundidad, los cuales se clasifican como moderadamente ácido según la NOM 021.

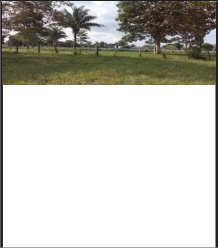

Serie: Sabana Suelo: Acrisol Crómico (Francoso, Cutánico): ACcr(lo, ct) Perfil: 1 Describió: David Jesús Palma López Fecha: 16 de noviembre de 2013 Localidad: poblado C34, Huimanguillo, Tabasco Ubicación geográfica: Q 0436714 UTM 1983272		Relieve: Plano con ligera inclinación hacia el norte Drenaje del sitio: Normal Drenaje del perfil: Imperfectamente drenado. Material parental: aluviones recientes Vegetación cultivada: pasto Vegetación nativa: pasto	
Perfil 1	Prof. (cm)	Descripción del perfil de suelo	
	A1 0-28-60	Transición tenue irregular; húmedo; color 10 YR 2/1 negro; textura franco arcilloso; estructura fuertemente desarrollada de forma de bloques subangular y grumosos; consistencia en húmedo friable y en muy húmedo pegajoso con plasticidad tipo plástico; cutanes por eluviación, continuos, espesos, caras de agregados y poros, de naturaleza arcillosa; poros numerosos, muy finos y finos, continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados de formas tubulares; permeabilidad rápida; raíces extremadamente abundante, finas, delgadas y medias; pH 5.0.	
	A2 28-60-40	Transición media horizontal; húmedo; color 5 YR 3/4 pardo rojizo oscuro; motas tenue pocas, muy fina y fina, de color Gley 1 2.5 N, negro; textura franco arenoso; estructura fuertemente desarrollada de forma bloques subangular muy finos y finos; consistencia en húmedo friable y en muy húmedo plástico y ligeramente pegajoso; cutanes por eluviación continuos y espesos caras de agregados y poros de minerales arcillosos de naturaleza de hidróxido de hierro; poros numerosos muy finos y finos, continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados de forma tubulares; permeabilidad rápida; raíces comunes, finas y delgadas y medias; pH 5.0.	
	Bt 70-72	Transición media horizontal; húmedo; color 7.5 YR 5/8 pardo fuerte; con motas marcadas, comunes finas y muy finas color 10 R 3/6, 10YR 3/2 rojo oscuro pardo grisáceo muy oscuro; textura arcilla arenosa; estructura fuertemente desarrollada, bloques angulares finos y medios; consistencia en húmedo friable y en muy húmedo plástico y pegajoso; cutanes por eluviación, continuos, espesos, caras de agregados de minerales arcillosos, naturaleza óxido de hierro; poros numerosos muy finos y finos, continuos, caóticos, dentro y fuera de agregados de forma tubular; permeabilidad rápida; raíces pocas, finas y delgadas; pH 4.	
	Cg 72-110	Humedad saturado; color 5 GY 8/1 gris verdusco claro; motas marcadas, muchas, comunes, finas y muy finas; color 10 R 3/6, 7.5 YR 6/8 pardo oscuro; textura arcilla arenosa; ligeramente pedregoso, gravas y piedras pequeñas redondeadas muy intemperizadas; estructura moderadamente desarrollada, bloques subangulares finos, medios y grandes; consistencia en húmedo friable muy húmedo plástico y pegajoso; cutanes por eluviación por moderadamente espeso, caras de agregados y poros, pocos nódulos, pequeños, rojos, esferoides, blandos, composición de óxido de hierro, poros frecuentes muy finos, finos y medios, continuos, caóticos dentro y fuera de agregados, forma tubulares; permeabilidad moderada; raíces pocas, finas, y delgadas; pH 4.	

Figura 3.- representación de perfil de suelo de la sabana.

Horizonte	GRANULOMETRÍA			TEXTURA	pH		Cmol(+)kg ⁻¹ suelo					P asim. mg kg ⁻¹ suelo
	A%	L%	R%		M.O.	Rel.	C.I.C	Na	K	Ca	Mg	
					H ₂ O	1:2						
					%							
A1	56	17	27	Franco arcilloso	8.02	5.15	12.58	0.09	0.21	1.77	0.96	3.24
A2	56	11	33	Franco arenoso	3.14	5.03	7.34	0.04	0.04	0.48	0.29	0.70
Bt	42	13	45	Arcilla - arenosa	1.07	4.82	6.29	0.08	0.04	0.34	0.29	0.42
Cg	46	11	43	Arcilla - arenosa	0.60	4.97	7.86	0.08	0.05	0.18	0.36	0.28

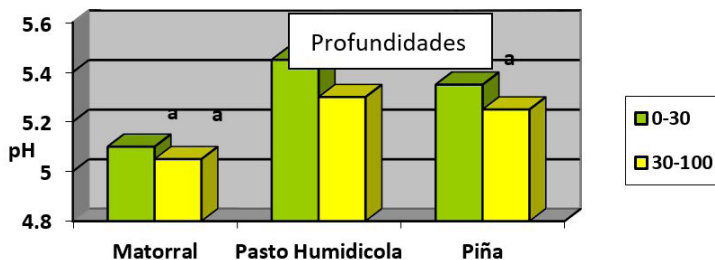


Figura 4.-Valores medios de pH para los suelos de la serie Sabana bajo tres tipos de uso (medias con la misma letra son iguales estadísticamente).

Con respecto al efecto de la profundidad se observa que los tres usos muestran una tendencia a disminuir levemente (acidificarse) en el segundo horizonte. Comparado con los valores de la norma, todos se encuentran entre fuertemente ácidos a moderadamente ácidos (Figura 4).

Los matorrales se encuentran en suelos con los pH más ácidos debidos probablemente a que anteriormente había cultivos de piña en dicha parcela y eso ocasiono que el suelo se degradara químicamente con una mayor lixiviación de nutrientes y, consecuentemente, un incremento de la acidez del suelo. Según (Letelier, 1967) los suelos con matorrales se encuentran en niveles de pH 5.10 a 5.05, y se clasifican entre fuertemente ácido con <5.0 y moderadamente ácido de 5.1 a 6.5. Igualmente para la NOM-021-RECNAT-2000 los suelos con matorral se encuentra en niveles fuertemente ácido <5.0 a moderadamente ácido con niveles de 5.1 a 6.5.

El pasto *Brachiaria humidicola* se adapta bien a los suelos de la sabana, es de alto rendimiento para el consumo del ganado y en estas condiciones de pH se desarrolla bien. Según Meléndez (2012) el pasto *Brachiaria humidicola* se adapta bien a una gran diversidad de suelos, dentro de los cuales se tienen los fuertemente ácidos (pH de 4) de baja fertilidad natural y alta concentración de aluminio intercambiable con bajos niveles de P, pero responde muy bien a las aplicaciones de N y P. Según el mismo autor también se adapta a suelos de reacción neutra y alcalina que por su contenido de bases intercambiables son de alta fertilidad natural. El cultivo de piña se encuentra establecido mayormente en la sabanizada, son suelos ácidos y es donde el cultivo se puede desarrollar mejor, ya que este cultivo soporta suelos ácidos y necesita suelos bien drenados. Según Pastrana *et al.* (1998) y Salgado *et al.*, (2007), las plantaciones de piña en Tabasco se encuentran establecidas en suelos ácidos, que se caracterizan por alta fijación de fósforo, deficiencia de zinc y boro, baja tasa de formación de amonio y nitratos y bajos contenidos de calcio, magnesio y potasio. Las plantaciones muestran en un alto porcentaje deficiencias foliares que afectan el rendimiento y la calidad de fruto de la piña por la saturación de aluminio. Los rangos óptimos de pH para un mejor desarrollo de la piña están entre 5 y 5.8. Para el cultivo de piña se prefieren suelos de pH 4.5 a 5.5, ya que el cultivo de piña se considera una planta ácido fílica (Cunha *et al.*, 1999). Además reportan que el aluminio extraíble se incrementa rápidamente al decrecer el pH por debajo de 4.5, lo cual puede explicar las reacciones de la planta al mostrar deficiencias, aunque el umbral de tolerancia al aluminio no es del todo conocida (Py *et al.*, 1987).

Análisis del comportamiento de la materia orgánica (MO) en la serie sabana

En los resultados de los contenidos de materia orgánica (MO) en la serie Sabana, estadísticamente no se obtuvieron diferencias significativas en las medias de los tratamientos (usos del suelo). El uso que presenta mayor cantidad de materia orgánica es el pasto, en donde se encuentran valores de MO de 6.05 a 3.00 % con la profundidad, los cuales son clasificados como de muy altos a medios en la profundidad con base en la norma NOM 021, la cual establece que valores de MO > 6.0 % son muy altos y de 1.6 a 3.5 % se consideran medios. Asimismo se observa que el uso que presenta los valores menores de materia orgánica en el suelo es el matorral con MO de 3.05 a 1.15 con la profundidad, los cuales se clasifican como de medios a bajos según la NOM 021. La piña por su lado muestra contenidos de MO

de 4.10 a 2.95 con la profundidad, los cuales se clasifican de alto a medio, según la NOM 021, el rango en niveles altos va de 3.6 a 6.0 de 1.6 a 3.5 y los niveles bajos de 1.6 a 3.5. Con respecto al efecto de la profundidad se observa una tendencia similar entre los tres usos, ya que en el matorral hay menor cantidad de MO y en su última profundidad tiende a disminuir, la piña en su primera profundidad tiene contenido alto de materia orgánica y en la segunda hay una notable disminución, en pasto la MO se eleva en la primera profundidad y en la última tiende a disminuir. Comparado con los valores de la norma 021 el pasto se encuentra en niveles muy altos, el matorral como medio y la piña de medio a altos (Figura 5).

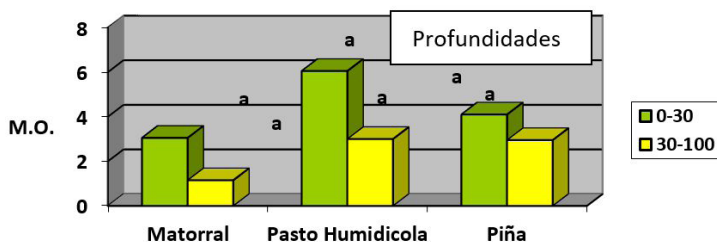


Figura 5.-. Valores medios de materia orgánica para los suelos de la serie Sabana bajo tres tipos de uso (medias con la misma letra son iguales estadísticamente).

El matorral se encuentra en materia orgánica inferior a la que se esperaba, esto se debe probablemente que años atrás en ellos estaban establecidas plantaciones de piña y el uso constante del suelo hizo que se fuera perdiendo la materia orgánica, en este sentido es recomendable dejar reposar un poco más el suelo para que se pueda regenerar la materia orgánica y así establecer un cultivo (Gliessman *et. al.*, 2000). Según (Tavera, 1985) el matorral se encuentra en niveles pobre a rico con rangos de 1.15 a 3.05 de materia orgánica en el suelo, la cual va en el rango de 1-2 en pobre y en rico de 3-5.

El pasto humidicola se encuentra con un buen valor nutrimental de materia orgánica esto es benéfico, se considera que es apto para su desarrollo, el mismo pasto produce su materia orgánica al ser descompuestas sus raíces y residuos que aportan materia orgánica al suelo. Según (Tavera, 1985) el pasto humidicola se encuentra en niveles de rico a muy rico con 3.00 a 6.05 de materia orgánica en el suelo.

El cultivo de piña presenta en su primera profundidad niveles de materia orgánica ricos, se debe a la descomposición que aporta la misma planta al suelo, y

en la última profundidad hay disminución fuerte de materia orgánica, se encuentra en valores de pobres a medios, el suelo es apto para el crecimiento del cultivo (Salgado *et al.*, 2010). Según (Tavera, 1985), para el cultivo de piña los contenidos de MO para su desarrollo varían de 1.8 a 4.5 %, clasificándose de medio a alto <6.0%.

En general los valores de MO encontrados en los tres usos de los suelos de la serie Sabana son altos, sin embargo su pH es ácido, por lo que la mayor parte de la MO que se detecta en estos suelos esta como humus estable, por lo que la tasa de mineralización de la MO en estos suelos es muy baja, lo que origina que nutrimentalmente estos suelos sean deficientes, por lo que solo cultivos que toleran acidez se desarrollan convenientemente en ellos, tal y como lo mencionan Palma-López *et al.* (2007).

CONCLUSIONES

Los parámetros de comparación para las determinaciones de degradación del suelo; pH y MO que se consideraron pertinentes en este trabajo concuerdan con los indicadores usados por otros autores y la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT- 2000. Según los resultados obtenidos en los suelos de la serie Sabana del Poblado C-34, se pueden desarrollar los cultivos de pastizales y piña ya que no se han afectado significativamente las variables medidas. La serie Sabana no presenta diferencias significativas en ninguno de sus usos. Por lo anterior no se espera que se afecte el crecimiento de los cultivos. Se recomienda ir incorporando materia orgánica al suelo en forma de compostas y no realizar quema de basura para asegurar una buena nutrición de los cultivos en el futuro.

LITERATURA CITADA

- Cunha, P., G.A., J.R. S. Cabral, e L.F. S. Souza. 1999. O Abacaxeiro cultivo, agroindustria e economia. Brasilia D.F. Brasil 480
- Francisco Meléndez Nava, 2012. Principales forrajes para el trópico, secretaría de desarrollo agropecuario, forestal y pesca, Universidad Popular de la Chontalpa, 1ra Edición, H. Cárdenas, Tabasco.
- Fundacion Procede,2009. cartografia de mapas del estado de Tabasco.

-
- Gliessman, S. R. 2000. Agroecology: ecological process in sustainable agriculture, <http://books.google.com.mx/books>. Gliessman, Agroecology.
- IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Letelier A., E. 1967. Manual de fertilizantes para Chile. Banco del Estado. Santiago de Chile. 138 p. pp.
- Munsell Color Company 1975. Munsell Soil Color Charts. Baltimore.
- Norma oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 75p.
- Palma-López D.J. 2002. Informe Final, Diagnostico de los Sistemas de Producción Agropecuarios y Alternativas para el Desarrollo del Plan Chontalpa, Tabasco, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Tabasco. 129 pág.
- Palma-López D.J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J. A. Rincón – Ramírez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Posgraduados – ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195p.
- Pastrana A., L. 1995^a. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos del rancho Sayonara en la Sabana de Huimanguillo, Tabasco. Informe técnico. Cítricos de Huimanguillo de C. V. Huimanguillo, Tabasco. 20 pp.
- Pastrana, L. A., M. Rodríguez C., I.E. León A. y G. Ramírez D. 1995, 1998. Manual de producción de naranjo en suelos ácidos de tabasco. INIFAP – CIRGOC-CAEHUI- ISPROTAB. Villahermosa, Tabasco. 30 p.
- Py, C; Lacoëuilhe, JJ; Teisson, C. 1987. The pineapple: cultivation and uses. Trad. D Goodfellow. Paris, FR, Editions G-P. Maisonneuve and Lorese. 568 p.
- Russell E. W. 1989. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. 11^{va} Edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 1025 p.
- Salgado-García S, D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, C. F. Ortiz-García, M. Castelán-Estrada, L.C. Lagunés-Espinoza, A. Guerrero-Peña, A.I. Ortiz-Ceballos, y S. Córdova-Sánchez. 2010. Sistema Integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF): en la zona Piñera de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 81 p.

-
- Salgado G.S., D.J. Palma López, J. Zavala C., L.C. Lagunés E., M. Castelán E., C.F. Ortiz G., F. Ventura U., A., E. Moreno C., J.A. Rincón R. 2007. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes en las plantaciones de cítricos de Tabasco, México. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 210 p.
- Salgado-García S, D. J. Palma-López, J. Lagunés-Espinoza y M. Castelán-Estrada. 2006. Manual para el muestreo de suelos plantas y aguas e interpretación de análisis. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco-ISPROTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México. 90 p.
- Sedesol. 2006. Cédulas de información básica para centros estratégicos comunitarios (CIBSEC). Microrregiones. 2006.
- Tavera, G., G. 1985. Criterios para la interpretación y aprovechamiento de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnicas. Publicación 3. Sociedad mexicana de la ciencia del suelo, Delegación de la Laguna, Matamoros, Coahuila.
- Thompson L., M. Troeh, F., R. 1988. Los suelos y su fertilidad. 4ª Edición. Editorial Reverte, S. A. Centro Pirenaico de Biología Experimental de Jaca. Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Barcelona. 629 p.

DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGANICA Y NITROGENO TOTAL POR EFECTO DE LA PENDIENTE Y USOS DEL SUELO AGRICOLA

Tinal OS*¹, Palma-López DJ¹, Zavala CJ¹, Salgado GS¹ y Hidalgo MCI²

¹Área de Ciencia Ambiental. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina, Km 3.5. Carret. Cárdenas-Huímanguillo. H. Cárdenas, Tab. C.P. 86500. ²Área de Edafología. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km 36.5, Texcoco 56230, Estado de México.
Autor para correspondencia: dapalma@colpos.mx

RESUMEN

Se estudió el efecto de usos de suelo y pendientes del terreno sobre la materia orgánica y nitrógeno total del suelo en la sabana de Huimanguillo, Tabasco. El área de estudio cuenta con una extensión de 142,103 ha, los usos de suelos evaluados fueron suelos bajo uso de pastizal, cultivo de piña, plantaciones de limón y acahual. Basados en la topografía de la sabana de Huimanguillo y en los usos dentro de la unidad de suelo se ubicaron tres pendientes del terreno (0-3 %, 3-6 % y 10-20 %). Se establecieron parcelas de muestreo en la unidad de suelo Acrisol Úmbrico Cutánico, En cada pendiente se ubicaron cuatro repeticiones de cada uso del suelo, estableciendo 48 parcelas de muestreo de las cuales se obtuvieron muestras compuestas realizando barrenaciones del horizonte A del suelo. Las muestras de suelos fueron analizadas determinando materia orgánica a través del contenido de carbono orgánico con el método Walkley y Black y nitrógeno total mediante Macro-Kjeldahl para determinar la relación C:N. La materia orgánica y relación C:N de los suelos sujetos bajo diferentes usos y pendientes no mostraron diferencias significativas; los contenidos de materia orgánica se clasifican como altos y la relación C:N en niveles medios. El contenido de nitrógeno total mostró diferencias significativas en cuanto al uso del suelo y pendientes con valores de 0.25-0.29 %. Se concluye que el uso de suelo bajo cultivo de piña es considerado el más demandante, y los suelos bajo pendientes 0-3% están sujetos a mayor pérdida de nitrógeno total. El uso del suelo y pendientes del terreno tienen influencia en la degradación de la materia orgánica y Nitrógeno total en suelos Acrisoles.

Palabras clave: Degradación química, suelos ácidos, inmovilización de N

INTRODUCCIÓN

Los cambios inadecuados en el uso del suelo debido a las actividades humanas son un problema generalizado que llevan a la degradación de la tierra (Celik, 2005; Li *et al.*, 2007). La degradación de la tierra es el resultado del mal manejo que reduce la productividad y los servicios ambientales del suelo e implica pérdida de la materia orgánica (León y Osorio, 2014). La materia orgánica (MO) es una propiedad química que controla fuertemente otras propiedades de los suelos necesarias para los servicios agrícolas y es considerada un indicador de la fertilidad del suelo y de la degradación de la tierra (Tiessen *et al.*, 1994; Manlay *et al.*, 2007; Kosmas *et al.*, 2014).

En la sabana de Huimanguillo, se realizan actividades de vital importancia para el sector agropecuario del estado de Tabasco, los principales usos del suelo son la citricultura, el cultivo de la piña, el pastizal cultivado y plantaciones forestales (INEGI, 2001; Salgado *et al.*, 2007; Salgado *et al.*, 2010); sin embargo, en sus relieves se exhiben una serie de lomeríos con pendientes suaves que en conjunto con los usos del suelo afectan cambios en el estado de la materia orgánica y nitrógeno total en los suelos (Ortiz *et al.*, 2005; Ortiz- Solorio *et al.*, 2011; Huang *et al.*, 2015), lo que influye en el empobrecimiento de las comunidades locales y en el abandono del campo (Geissen y Guzman, 2006; Bai *et al.*, 2008). El presente trabajo busca contribuir al conocimiento de esta problemática mediante la evaluación de la degradación de la Materia Orgánica y Nitrógeno total de suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra ubicada en la Sabana de Huimanguillo en el estado de Tabasco (Figura 1), situada entre las coordenadas 17° 34' y 17° 56' de latitud norte y 93° 25' y 93° 57' de longitud oeste en una superficie aproximada de 142, 103 ha (Salgado *et al.*, 2010). Predominan un clima cálido húmedo con lluvias todo el año Af (m) con una temperatura media anual de 24 a 26 °C y un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano Am (f) con temperatura media anual de 26 a 28°C; con precipitación total anual de 2000 a 3000 mm (INEGI, 2001).

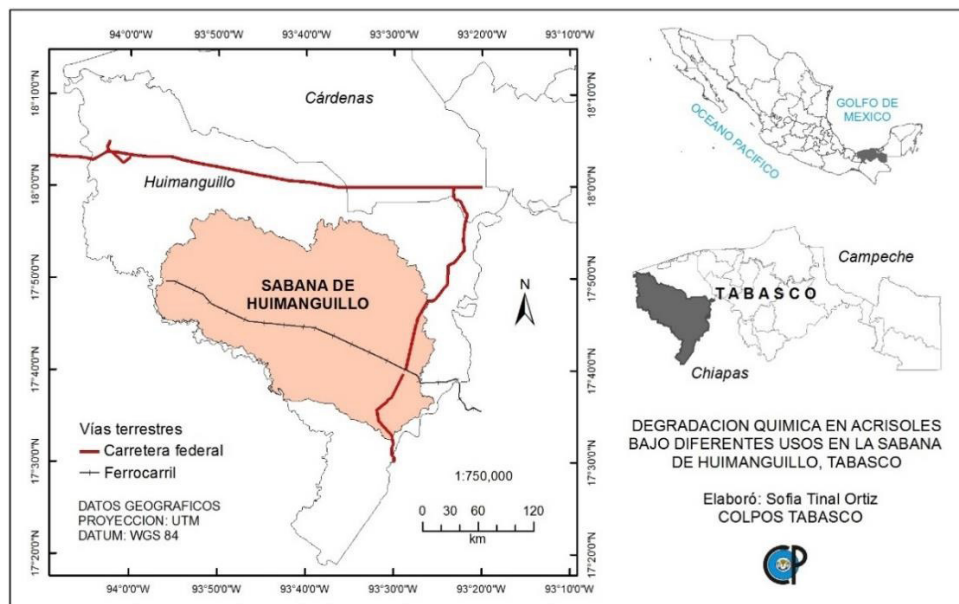


Figura 1. Localización del área de estudio. Sabana de Huimanguillo, Tabasco.

La Sabana de Huimanguillo se caracteriza por ser una terraza conformada por una serie de lomeríos suaves resultantes de procesos denudatorio-erosivos de baja altitud (entre 20 y 50 msnm) (Ortiz *et al.*, 2005; Palma-López *et al.*, 2007). La edad de esta zona data del Mioceno superior al Holoceno en las eras Terciario y Cuaternario (SGM, 2005). Los suelos que se han identificado en su mayoría son Acrisoles, es decir, suelos ácidos fuertemente intemperizados que se caracterizan por la acumulación de arcillas de baja actividad en un horizonte subsuperficial árgico, con altas cantidades de Hierro (Fe) y Aluminio (Al) con deficiencias de fósforo debido a procesos de fijación de Fe y Al (Palma-López y Triano, 2007; Salgado *et al.*, 2007; Salgado *et al.*, 2010).

Muestreo de suelos. Se establecieron parcelas de muestreo en la unidad de suelo Acrisol Úmbrico Cutánico, la cual es la más representativa de la Sabana de Huimanguillo de acuerdo con la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2014) y el mapa de suelos de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco (Salgado *et al.*, 2010). Dentro de la unidad de suelo se

ubicaron tres pendientes del relieve (0-3 %, 3-6 % y 10-20 %) con cuatro diferentes usos: pastizal de sabana, piña, limón y acahual (comunidad vegetal con vegetación secundaria). En cada pendiente se ubicaron cuatro repeticiones de cada uso del suelo, estableciendo 48 parcelas de muestreo de las cuales se obtuvieron muestras compuestas realizando barrenaciones del horizonte A del suelo.

Las muestras de suelos fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, de acuerdo a los lineamientos de la normatividad mexicana NOM-021-RECNAT, 2000 (SEMARNAT, 2002), determinando materia orgánica a través del contenido de carbono orgánico con el método Walkley y Black y nitrógeno total mediante Macro-Kjeldahl para determinar la relación C:N.

Análisis estadístico. Para examinar los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para un diseño factorial con dos fuentes de variación: pendientes con tres nieles y usos del suelo con cuatro niveles. Seguido se llevó a cabo una prueba de medias de Tukey para estimar diferencias significativas entre los usos de suelo y pendientes un nivel de significancia $\alpha < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia orgánica en el suelo (MOS). El contenido de MOS varía entre 5.04- 8.79 %, el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas bajo diferentes usos y pendientes en la Sabana de Huimanguillo (Cuadro 1). De acuerdo a la NOM-021 (SEMARNAT, 2002) los contenidos de MOS son altos a muy altos (6.25-7.77 %). Geissen y Guzman (2006) obtienen resultados similares ya que no encuentran diferencias entre sucesiones forestales y pastizales (valores medios 3.9- 5.8 %), debido a la gran cantidad de hojarasca y raíces muertas que entran en el sistema, o probablemente por la variabilidad natural existente y fuertemente mejorado por estiércoles depositado en el caso de pastizales (Blanco y Nieuwenhuys, 2011). Estos resultados difieren con la evaluación de Celik (2005), quien encuentra diferencias del 44 % en suelos bajo cultivos (2.34 %) a comparación de pastizales (4.46 %) y bosques (4.16 %) en tierras altas con pendientes de 8-10 %. Alejo-Santiago *et al.* (2012) mencionan que los suelos cultivados presentan menor concentración (3.2 %) de MOS con respecto a los suelos no cultivados (4.5 %) debido a que las prácticas de labranza no consideran la incorporación de residuos

orgánicos que repongan la materia orgánica que se mineraliza de forma natural. Blanco *et al.* (2011) menciona que en pendientes menores al 30% los contenidos de materia orgánica se encuentran en rangos de 7.2 % y en pendientes mayores al 50% el contenido es menor a 4.3 % de MO, posiblemente esta sea la razón por la cual no se observaron cambios significativos.

Cuadro 1

Materia orgánica y Nt en diferentes usos de suelo y pendientes en la Sabana de Huimanguillo, Tabasco

Uso del suelo	Materia Orgánica				Nitrógeno total			
	Pendiente (%)			Media de uso	Pendiente (%)			Media de uso
	0-3%	3-6%	10-20%		0-3%	3-6%	10-20%	
Pastizal	6.33	6.76	6.6	6.56a	0.22ab	0.28ab	0.25ab	0.25ab
Piña	5.7	6.15	5.04	5.63a	0.18b	0.21ab	0.25ab	0.25b
Limón	6.28	6.74	8.77	7.26a	0.26ab	0.24ab	0.29ab	0.26ab
Acahual	6.69	7.85	8.79	7.77a	0.24ab	0.30ab	0.32a	0.29a
Media de la pendiente	6.25a	6.87a	7.30a		0.23b	0.26ab	0.28a	
CV (%):		28.91				19.8		
<i>Prob. De F para:</i>								
Pendiente (P)		0.328NS				0.028DS		
Uso del suelo (U)		0.061NS				0.008DS		
Interacción (P*U)		0.633NS				0.614NS		

*SD: Significativamente diferente; NS: No significativamente diferente; las medias con la misma literal en hileras o columnas no son significativamente diferentes $P \leq 0.05$.

Nitrógeno total (Nt). El contenido de Nt en los diferentes usos del suelo y pendientes presento contenidos entre 0.18-0.29 % (Cuadro 1). El ANOVA indica que existen diferencias significativas en cuanto a la pendiente y uso del suelo con un coeficiente de variación de 19.8 %. La prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) muestra que los suelos bajo uso de acahual y piña estadísticamente son diferentes, los suelos bajo uso de acahual presenta contenidos de Nt de 0.29 % debido a la conservación y variabilidad vegetal del Acahual (Wei *et al.*, 2010); mientras el cultivo de piña, limón y pastizal contenidos de 0.25-0.26 %, considerados como muy altos (SEMARNAT, 2002). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Lienhard *et al.* (2013) demostrando que los contenidos de Nt en suelos ácidos son altos en sistemas de

cultivos con rotación y manejo de residuos (0.21-0.25 %) debido a la aportación de los rastrojos y especies de hojarasca, sin embargo los contenidos altos de Nt puede ocasionar acidificación del suelo (Geissen *et al.*, 2009; Yan *et al.*, 2012).

Los suelos bajo las diferentes pendientes del suelo muestran diferencias significativas, la prueba de Tukey indica que los suelos bajo pendientes de 0-3 % y 10-25 % son diferentes, los suelos bajo pendientes de 0-3 % tienen contenidos altos de Nt (0.23 %), mientras que en pendientes de 3-6 % (0.26 % Nt) y 10-25 % (0.28 % Nt) los contenidos son muy altos (SEMARNAT, 2002). La distribución de los contenidos de Nt difieren con los obtenidos por Wei *et al.* (2010), quienes mencionan que los niveles de Nt en suelos bajo dosel arbóreo aumentan en las pendientes más bajas (2 %) y disminuyen en las pendientes elevadas (25 %), confirmando que el uso del suelo cambia el efecto de los contenidos de Nt y varía con la especie de planta y gradiente de pendiente. Sin embargo Wang *et al.* (2009), encuentra que en pendientes <7 % los contenidos de Nt son de 0.278 %, 0.328 % en pendientes entre 8-15 % y en gradientes de pendientes >25 % contenidos de Nt de 0.266 %. Encontrar contenidos de Nt más elevados en suelos bajo pendientes de 10-25 % que en las zonas más bajas podría estar relacionado con factores bióticos y abióticos, tales como la alta precipitación anual de las zonas más altas que actúan como donadores de las zonas más bajas conduciendo a la saturación de humedad lo que puede disminuir la mineralización de N de las zonas más bajas (Geissen *et al.*, 2009). Así mismo la alta acumulación de N también puede estar influenciado por la temperatura, lo cual facilita la mineralización y acelera la acumulación de N en el suelo (Zhang *et al.*, 2013).

Relación C:N. La relación C: N no mostró efectos significativos en cuanto al uso del suelo y la pendiente del relieve y la interacción de estos dos factores la relación C: N son significativamente diferentes (Cuadro 2). Sin embargo, de acuerdo al uso del suelo se observa una relación entre 15.04-15.24 considerada como una relación mediana indicando que existe una baja mineralización y por lo tanto N orgánico inmovilizado en el suelo (Salgado *et al.*, 2013).

Cuadro 2

Relación C/N en diferentes usos y pendientes en la Sabana de Huimanguillo, Tabasco

Uso del suelo	Pendiente (%)			Media de uso
	0-3	3-6	10-20	
Pastizal	16.63ab	13.85ab	14.63ab	15.03a
Piña	17.45a	16.53ab	11.72b	15.23a
Limón	13.59ab	15.94ab	16.19ab	15.24a
Acahual	15.41ab	14.48ab	15.26ab	15.05a
Media de la pendiente	15.77a	15.20a	14.45a	
CV (%):		14.1		
Prob. De F para:				
Pendiente (P)		0.22NS		
Uso del suelo (U)		0.99NS		
Interacción (P*U)		0.007SD		

*SD: Significativamente diferente; NS: No significativamente diferente; las medias con la misma literal en hileras o columnas no son significativamente diferentes $P \leq 0.05$.

Xhue Zhang *et al.* (2012) coinciden con estos resultados al encontrar una relación C: N con niveles medios en pendientes de 5-25 %. Yan *et al.*, (2012) difieren con los resultados encontrados ya que encuentra relaciones C: N significativamente bajas en suelos de invernaderos, mencionando que no necesariamente indica aumento de N disponible para la planta ya que la conversión de campos de cultivos de cereales a hortalizas en invernadero está asociada con la fracción limo+arcilla.

CONCLUSION

Este estudio indico que el uso del suelo y la pendiente del relieve tienen efectos significativos en los contenidos de nitrógeno total, a pesar que la materia orgánica no muestra efectos por estos dos factores. Sin embargo, la relación C: N demuestra que el proceso de mineralización hace posible la disponibilidad de N inorgánico para las plantas. Los elevados contenidos de MO en estos suelos tienen que ver sobre todo con MO humificada y poco lábil, lo cual hace que el suelo no pueda abastecer suficiente N y P a los cultivos.

LITERATURA CITADA

- Alejo-Santiago, G., Salazar-Jara, F., García-Paredes, J., Arrieta-Ramos, B., Jiménez-Meza, V., y Sánchez-Monteón, A. 2012. Physical and chemical degradation of agricultural soils at San Pedro Lagunillas, Nayarit. *Tropical And Subtropical Agroecosystems*, 15:323–328.
- Blanco Sepulveda, R. y Nieuwenhuysse, A. 2011. Influence of topographic and edaphic factors on vulnerability to soil degradation due to cattle grazing in humid tropical mountains in northern Honduras. *Catena*, 86:130-137.
- Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil & Tillage Research*, 83:270-277.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de Suelos. Estudios, muestreos y análisis. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos.
- Geissen, V. y Guzman, G. M. 2006. Fertility of tropical soils under different land use systems - a case study of soils in Tabasco, Mexico. *Applied Soil Ecology*, 31:169-178.
- Geissen, V., Sanchez-Hernandez, R., Kampichler, C., Ramos-Reyes, R., Sepulveda-Lozada, A., Ochoa-Goana, S., de Jong, B.H.J., Huerta-Lwanga, E., Hernandez-Daumas, S. 2009. Effects of land-use change on some properties of tropical soils - An example from Southeast Mexico. *Geoderma*, 151:87-97.
- Huang, Y.M., Liu, D., y An, S.S. 2015. Effects of slope aspect on soil nitrogen and microbial properties in the Chinese Loess region. *Catena*, 125:135-145.
- INEGI, 2001. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 89 p.
- IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Kosmas, C., Kairis, O., Karavitis, C., Ritsema, C., Salvati, L., Acikalın, S., Ziogas, A. 2014. Evaluation and Selection of Indicators for Land Degradation and Desertification Monitoring: Methodological Approach. *Environmental Management*, 54:951-970.

-
- Leon, J. D., & Osorio, N.W. 2014. Role of Litter Turnover in Soil Quality in Tropical Degraded Lands of Colombia. *Scientific World Journal*. Article ID 693981, 11 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/693981>.
- Lienhard, P., Tivet, F., Chabanne, A., Dequiedt, S., Lelievre, M., Sayphoummie, S., Leudphanane, B, Chemidlin, N., Seguy, L., Maron, P. Ranjard, L. 2013. No-till and cover crops shift soil microbial abundance and diversity in Laos tropical grasslands. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2), 375-384.
- Liu X., Herbert, S. J., Hashemi, A.M., Zhang, X. y Ding, G. 2006. Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation - a review. *Plant Soil and Environment*, 52:531-543.
- Manlay, R.J., Feller, C., Swif, M.J. 2007. Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119:217–233.
- Ortiz, P.M.A., Siebe, C. y Cram, S. 2005. Diferenciación geográfica de Tabasco. Cap14:305-322. En: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (Eds.) *Biodiversidad del estado de Tabasco*, 386 p. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. Distrito Federal, México, 2005. ISBN 970-9000-26-8.
- Palma-López , D.J., Cisneros, D.J., Moreno, C.E. y Rincón-Ramírez, J.A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. ISPROTAB-FUNDACION PRODUCE TABASCO-COLEGIO DE POSTGRADUADOS. Villahermosa, Tabasco, México. 196 p.
- Palma-López, D.J. y Triano, S.A. (Comps.) 2007. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco, Vol. II. 2nda Reimpresión. Ed. COLEGIO DE POSTGRADUADOS-ISPROTAB. Villahermosa Tabasco, México. 180 p.
- Salgado-García, S., Palma- López, D.J., Zavala- Cruz, J., Ortiz-García, C. F., Lagunes-Espinoza, L.C., Castelán-Estrada, M., Ventura-Ulloa, F., Marín-Aguilar, A., Moreno-Caliz, E., Rincón-Ramírez, J.A. 2007. Sistema Integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en el área citrícola de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 89 p.
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Zavala-Cruz, J., Ortiz-García, C.F., Castelán-Estrada, M., Lagunes-Espinoza, L.C., Guerrero-Peña , A., Ortiz-Ceballos, A.I. y Córdova-Sánchez, S. 2010. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF): en la zona piñera de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 81 p.

-
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Castelan-Estrada, M., Lagunes-Espinosa, L.C. y Ortiz, L.H. 2013. Manual para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 101 p.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano). 2005. Carta Geológico-Minera, Villahermosa E15-8 Tab., Ver., Chis. Y Oax. Escala 1:250,000. Primera Edición 2005.
- Tiessen, H., Cuevas, E., Chacon, P. 1994. The role of soil matter in sustaining soil fertility. *Nature* 371:783-785.
- Wang, Y., Zhang, X. y Huang, C. 2009. Spatial variability of soil total nitrogen and soil total phosphorus under different land uses in a small watershed on the Loess Plateau, China. *Geoderma*, 150:141-149.
- Wei, X., Shao, M., Fu, X. y Horton, R. 2010. Changes in soil organic carbon and total nitrogen after 28 years grassland afforestation: effects of tree species, slope position, and soil order. *Plant and Soil*, 331:165-179.
- Yan, Y., Tian, J., Fan, M., Zhang, F., Li, X., Christie, P., Chen, H., Lee, J., Kuzyakov, Y., Six, J. 2012. Soil organic carbon and total nitrogen in intensively managed arable soils. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 150:102-110.
- Zhang, M., Schaefer, D. A., Chan, O.C. y Zou, X. 2013. Decomposition differences of labile carbon from litter to soil in a tropical rain forest and rubber plantation of Xishuangbanna, southwest China. *European Journal of Soil Biology*, 55:55-61.

NITRATOS EN SUELOS AGRÍCOLAS Y RIESGOS DE CONTAMINACIÓN EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS DE YUCATÁN MÉXICO

NITRATES IN AGRICULTURAL SOILS AND POLLUTION RISKS IN KARSTIC AQUIFERS OF YUCATAN MEXICO

Aguilar DY^{1*}, Ramírez SJH¹. y Cano GA¹.

¹CIRSE-INIFAP. Calle 6 Num. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

Autor para correspondencia: aguilar.yameli@inifap.gob.mx

RESUMEN

Por las condiciones hidrogeológicas, Yucatán posee un acuífero poco profundo y con alta vulnerabilidad a la contaminación. Se reconoce que el uso indiscriminado de insumos agrícolas, están entre los principales focos contaminantes, sin embargo, son escasos los estudios en los que se evalúa el estado actual de los suelos, como posibles focos de contaminación. El objetivo de este estudio fue el análisis de los contenidos de nitrógeno de nitratos en los suelos con uso agrícola para identificar los posibles riesgos de contaminación del acuífero kárstico en Yucatán. Se seleccionaron diferentes localidades con cultivos de maíz, para el muestreo y análisis de suelos. Se realizó la estadística básica y análisis de varianza. Para ejemplificar los riesgos de contaminación del acuífero, se utilizó una carta topográfica escala 1:50000 donde se representan las características hidrológicas, principalmente dolinas en contacto con el acuífero (cenotes) y la especialización del contenido de N de nitratos de los suelos. Se encontró que los suelos con mayor frecuencia de uso agrícola son los k'an kab, generalmente suelos profundos que dominan en el sur del Estado. Solo se registraron dos suelos del tipo ch'ich' luum, suelos someros que dominan en el centro y oriente de Yucatán. Los valores extremos de N de nitratos se reportó para "Colonia Yucatán" una localidad ubicada al oriente del Estado, identificada como una zona de extrema vulnerabilidad a la contaminación debido a la presencia de densidades altas de cenotes, en planicies de menos de 20 msnm y mayor humedad, por lo que se recomienda que en esta zona, se priorice un listado de mejores prácticas de manejo de los suelos, que incluya también el establecimiento de perímetros de protección a los cuerpos de agua.

Palabras clave: Leptosol, Luvisol, cenotes, aguas subterráneas, maíz.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos prioritarios en la gestión sostenible de los ecosistemas agrarios debe ser la protección y conservación de los recursos hídricos (Arauzo *et al.*, 2003) principalmente en lo que se refiere a la aplicación de insumos agrícolas. Según González-Herrera (2014), el 95% de los agricultores en México están acostumbrados al uso de fertilizantes en las actividades agrícolas, pero se estima que las plantas sólo utilizan del 25 al 85% del N aplicado (según cultivo, prácticas agrícolas y condiciones edafológicas específicas), provocando que la aplicación de fertilizantes sea inadecuada o excesiva.

Esta sobrefertilización con nitrógeno puede ocasionar pérdidas hacia el subsuelo en forma de nitratos (N-NO_3^-) por medio de la lixiviación. En los lixiviados, las pérdidas son máximas cuando existen altos contenidos de nitratos en el suelo y rápido movimiento del agua a través de la zona no saturada, hasta alcanzar a los acuíferos. Una concentración alta de nitratos en el agua son tóxicos a los animales y al hombre, en el agua de bombeo, suelos y cultivos de la región (Medina-Morales y Cano-Ríos, 2001). La contaminación por nitratos puede impactar negativamente a las costas y a los cuerpos de agua dulce, salobre y marina. Como respuesta, algunos estudios realizados muestran los procesos de eutrofización en los sistemas costeros de Yucatán (Herrera-Silveiro *et al.*, 2004). En zonas de karst, como la Península de Yucatán, es muy importante una adecuada gestión del territorio, debido a que existen zonas con suelos de poco espesor, acuífero expuesto o poco profundo y de alta vulnerabilidad a la contaminación (Aguilar *et al.*, 2014).

Estudios hidrogeológicos reportados por Pacheco y Cabrera (2003), han detectado altas concentraciones de nitratos en diferentes puntos de la entidad, mencionando varios casos en los cuales las concentraciones aumentan después de lluvias intensas, así mismo, se observa que el agua subterránea en pozos más profundos, tuvo niveles de nitratos mucho más bajos que el agua subterránea proveniente de pozos someros. Actualmente La legislación mexicana permite un máximo de 10 mg/l de N de nitrato (NOM-127-SSA1-1994) para agua de consumo humano. Se reconoce que las actividades agropecuarias están entre las principales fuentes de contaminación, sin embargo, son escasos los estudios relacionados con la contaminación en suelos debido a aportes de fertilizantes. Por esta razón, el objetivo de este estudio fue el análisis de los contenidos de N de nitratos en los

suelos con uso agrícola para identificar los posibles riesgos de contaminación del acuífero kárstico en Yucatán, México, con un enfoque geográfico a escala local. Los resultados obtenidos, ofrece información valiosa para una adecuada toma de decisiones relacionadas a la gestión del territorio, así como permite identificar zonas prioritarias para plantear buenas prácticas de manejo tanto para suelos como del agua (Veni *et al.*, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. Yucatán tiene una superficie aproximada de 39340 km², se ubica al sureste de la República Mexicana. Geológicamente está compuesta en un 90% por carbonatos de calcio y magnesio, constituyéndose una zona kárstica por excelencia. De manera general, geomorfológicamente se distinguen dos grandes regiones: i) al sur, se caracteriza por un sistema de planicies alternando con lomeríos, los suelos son asociaciones de Leptosoles (LP) con otros grupos más profundos y arcillosos, como Luvisoles (LV), Vertisoles (VR), Stagnosoles (ST) y ii) al centro-noreste, un sistema de grandes planicies con diferentes grados de karstificación, donde los suelos dominantes son diferentes unidades de LP, asociados con Cambisoles (CM) o LV (Bautista *et al.*, 2011) (Figura 1). En la superficie del terreno, es notable la variedad de depresiones kársticas (localmente conocidas como cenotes, hondonadas, aguadas, rejolladas), éstas geoformas están asociadas a un complejo sistema de cuevas y flujos de agua subterráneas, del cual se abastece toda la población (Aguilar *et al.*, 2014). El nivel freático en las grandes planicies se encuentra a profundidades máximas de 30 m de la superficie, pero al pasar la “Sierrita de Ticul” en el sur de la entidad, el nivel freático se encuentra a más de 80 m profundidad (Marín-Stillman *et al.*, 2004).

Selección de sitios de muestreo. Se eligieron 15 localidades de muestreo con base en la superficie y zonas productoras de maíz (Cano-González, 2012). Se seleccionó el “muestreo bidimensional sistematizado” que consiste en ubicar nueve puntos de muestreo en un patrón regular en cada localidad, se tomaron epipedones que se manejaron de forma independiente. Se registró el nombre del suelo, de acuerdo a la nomenclatura maya. Las determinaciones analíticas realizadas a las muestras de suelo fueron: textura, materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH y conductividad eléctrica (CE) y N de nitratos por el método colorimétrico con ácido salicílico (Okalebo *et al.* 1993).

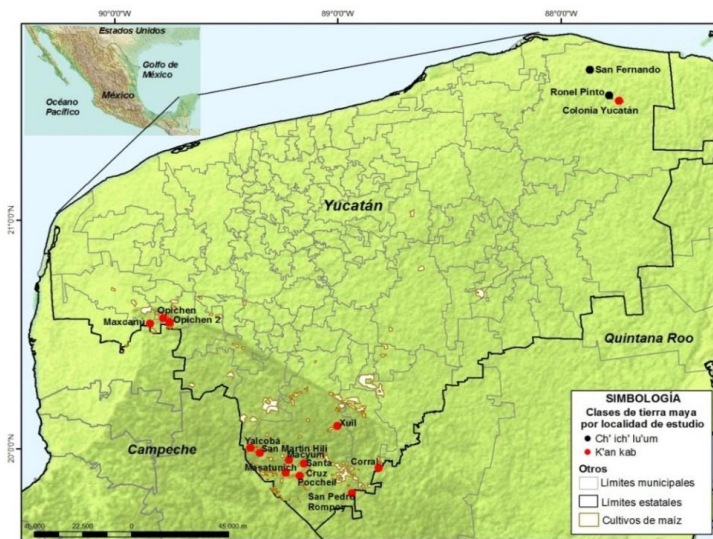


Figura 1. Área de estudio. Se indica la ubicación de las localidades de muestreo y sus clases de tierra maya correspondientes (imagen modificada de NASA/JPL, 2000)

Análisis de resultados. Con los resultados obtenidos, se realizó la estadística básica y análisis de varianzas con el software *Statgraphics* para los contenidos de N de nitratos. Para fines ilustrativos, los resultados se compararon con la NOM-127-SSA1-1994 clasificándose en tres niveles: i) aceptable (por debajo de la norma); ii) muy alto y iii) extremo. No fue posible realizar análisis geoestadísticos debido a que el número de muestras por localidad es pequeño, por lo que se decidió efectuar la espacialización puntual de los resultados, clasificados en los tres niveles. Para ejemplificar los posibles riesgos de contaminación a nivel local, se consideró únicamente la zona oriente de Yucatán, donde ya se ha identificado como una de las principales zonas de mayor vulnerabilidad a la contaminación, debido a que se tienen planicies de menos de 20 msnm con acuíferos someros, dominancia de Leptosoles, densidades altas de depresiones kársticas, principalmente dolinas en contacto con el acuífero, así como mayores condiciones de humedad (Aguilar *et al.*, 2014). Para esto, se utilizó una carta topográfica escala 1:50000 del INEGI (clave F16C37), se extrajeron las curvas de nivel que indican depresiones, los cuerpos de agua y los terrenos sujetos a inundación. Las depresiones y cuerpos de agua, fueron clasificados en tres tipos básicos de depresiones (dolina, uvala y poljé) de acuerdo a

Aguilar *et al.*, (2010), definiéndose áreas de influencia (*buffer*) entre ellas de acuerdo a su equidistancia a 100, 200 y 500 m en la horizontal (Frausto *et al.*, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 15 localidades muestreadas, se registró que el suelo tipo k'an kab se usa con mayor frecuencia en el cultivo de maíz. Muchos suelos k'an kab corresponderían a los LV de acuerdo a la IUSS (2006), suelos profundos y arcillosos que dominan en el sur del Estado. De menor frecuencia, se registró el suelo ch'ich' luum, que corresponden con LP de la IUSS (2006), se caracterizan por ser suelos someros y pedregosos (Bautista *et al.*, 2012), ubicados en la zona oriente en planicies de menos de 20 msnm y por lo tanto, de mayor vulnerabilidad a la contaminación (Aguilar *et al.*, 2014).

El Cuadro 1, resume los promedios de las principales características edáficas. Los suelos ubicados en el oriente (Ronel Pinto, Sn. Fernando y Colonia Yucatán) presentan altos contenidos de materia orgánica (MO) y capacidad de intercambio catiónico (CIC), sin embargo, el suelo ch'ich' luum del sitio San Fernando, presentó un valor alto de conductividad eléctrica (CE), evidenciándose el proceso de intrusión salina de esa zona (Graniel-Castro *et al.*, 2005).

Cuadro 1

Principales características de los suelos con uso agrícola muestreados

Localidad	Clase de tierra	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH	CE (mmhos/cm)	MO (%)	CIC (meq/100gr)
Ronel Pinto	ch'ich' luum	24.35	14.80	60.85	6.73	1.10	6.41	24.03
San Fernando	ch'ich' luum	32.92	17.87	49.21	7.73	3.15	6.20	30.53
Colonia Yucatán	k'an kab	27.46	17.94	54.60	6.96	0.82	5.58	23.94
Corral 2	k'an kab	11.04	16.85	72.11	6.53	0.78	3.46	14.13
Macyum	k'an kab	15.02	12.53	72.44	6.46	0.67	4.17	17.27
Masatunich	k'an kab	15.34	16.46	68.20	6.21	0.50	3.67	11.59
Maxcanu	k'an kab	11.00	14.28	74.72	6.37	0.51	4.20	20.14
Opichen	k'an kab	15.33	15.96	68.71	6.08	0.51	4.35	26.19
Opichen 2	k'an kab	13.14	15.04	71.82	6.30	0.45	3.22	16.40
Poccheil	k'an kab	19.38	14.79	65.83	6.36	0.48	5.22	14.13
San Martin Hili	k'an kab	12.92	15.49	71.60	6.07	0.63	3.93	13.03
San Pedro Rompoy	k'an kab	13.78	18.74	67.48	6.49	0.68	4.89	12.37
Santa Cruz 2	k'an kab	21.38	12.79	65.83	6.34	0.67	3.43	17.07
Xuil	k'an kab	12.11	10.77	77.12	6.49	0.69	3.67	14.37
Yalcobá	k'an kab	16.01	10.90	73.09	6.02	0.59	3.70	16.70

También se observa que los k'an kab presentaron mayormente valores de CIC consideradas de bajas a medias (Salgado-García *et al.*, 2013), coincidiendo con resultados similares reportados por Medina Méndez *et al.*, (2009) quienes observaron disminuciones en pH, MO y bases intercambiables en Luvisoles usados para el cultivo de maíz en Campeche. Con respecto a los contenidos de N de nitratos, en los suelos k'an kab, se observó que hay diferencias estadísticamente significativas con un α de 95%. Resaltan la localidad de “San Martín Hili” y “Colonia Yucatán”, como grupos separados independientemente (Figura 2 A), incluso ésta última localidad presentó los valores más altos, pues de sus nueve puntos de muestreo, el mínimo fue de 36.5 y el máximo de 86 mg/l.

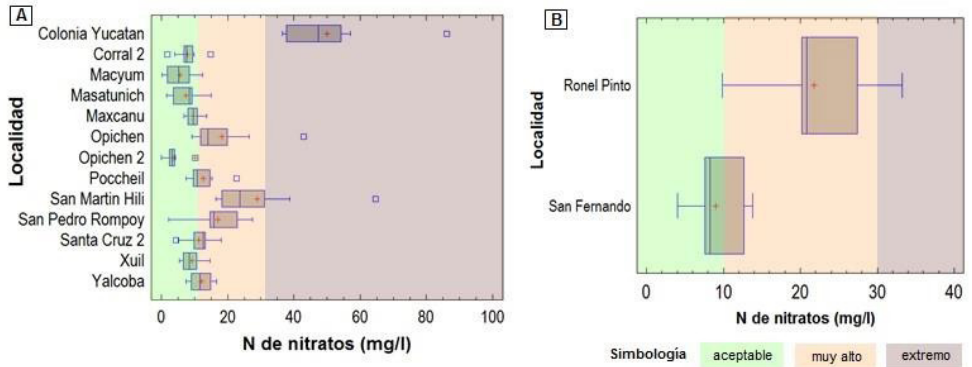


Figura 2. Gráfico de caja y bigotes para el contenido de N de nitratos en suelos:
A) suelos k'an kab y B) suelos ch'ich' luum

Los suelos ch'ich' luum, también presentaron diferencias estadísticamente significativas ($\alpha= 95\%$), destacando la localidad de “Ronel Pinto” con los valores más altos (Figura 2 B). Aunque en ambos tipos de suelos, los promedios son similares (k'an kab= 14.8 y ch'ich' luum= 15.3 mg/l), es importante considerar que los ch'ich' luum son suelos someros (<25 cm de profundidad) a diferencia de los k'an kab, que son suelos más profundos principalmente en el sur de Yucatán (Figura 1).

En la Figura 3 se observa la ubicación de los suelos ch'ich' luum y el suelo k'an kab que presentó los valores más altos de N de nitratos. Como se puede observar, en esta zona existe un gran número de cenotes y aguadas, próximas entre sí, además es una región con hasta cuatro meses de período húmedo (Delgado *et al.*, 2011), por lo que constituye una importante zona de recarga del acuífero, que aunado a los

excedentes de nitratos en los suelos, representan un alto riesgo de contaminación, que podría afectar la calidad del agua para consumo y contribuir a la eutrofización de los cuerpos de agua y sistemas costeros (Herrera-Silveiro *et al.*, 2004).

En zonas de karst como Yucatán, se recomienda establecer “buenas prácticas de manejo” (Veni *et al.*, 2001). Es importante diseñar estrategias que incluyan la longitud del período de crecimiento y período húmedo de la zona (Delgado *et al.*, 2011), el aumento de la eficiencia de los sistemas de riego (Arauzo *et al.*, 2003) entre otras consideraciones, así como el establecimiento de franjas de vegetación como sistemas de protección alrededor de cuerpos de agua cercanos a parcelas agrícolas. Para estudios a mayor detalle, se recomienda análisis *in situ* a nivel de microescala que incluya el monitoreo por sondas, para evaluar la concentración de nitrato en la solución del suelo a diferentes profundidades (Arauzo *et al.*, 2003).

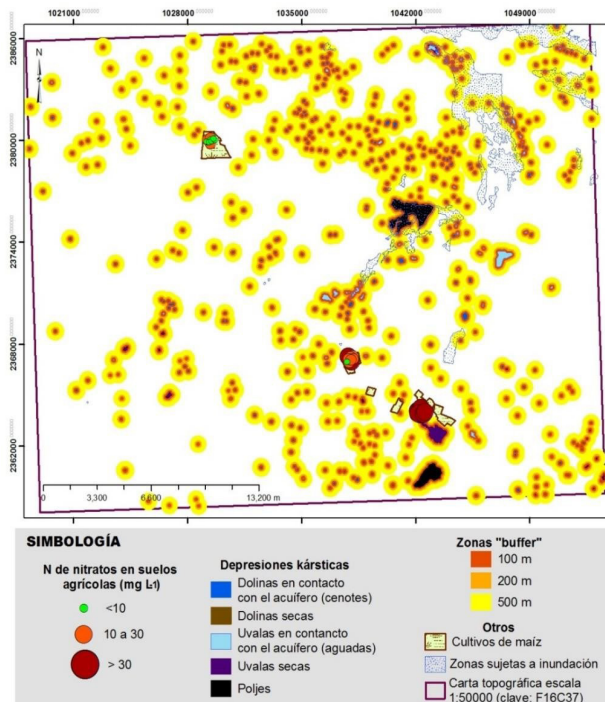


Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo con mayores niveles de N de nitratos, de norte a sur las localidades son: San Fernando, Ronel Pinto y Colonia Yucatán

CONCLUSIONES

Los valores extremos de N de nitratos se reportó para un suelo tipo k'an kab en la localidad "Colonia Yucatán" ubicada al oriente del Estado, identificada como una zona de extrema vulnerabilidad a la contaminación debido a la presencia de densidades altas de cenotes, en planicies de menos de 20 msnm y mayor humedad, por lo que se recomienda que en esta zona, se priorice un listado de mejores prácticas de manejo de los suelos, que incluya también el establecimiento de perímetros de vegetación como medida protectora para los cuerpos de agua.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Duarte Y., Bautista F., Mendoza M., Ihl T. y O. Frausto. 2014. Propuesta de IVAKI: índice de la vulnerabilidad del acuífero kárstico yucateco a la contaminación. En: "10 soluciones para el manejo sustentable del agua, Península de Yucatán". Fundación ICA, México D. F. 220 pp.
- Arauzo M., Díez J. A. y P. Hernáiz. 2003. Estimación de balances hídricos y lixiviación de nitratos en sistemas agrícolas. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo, 6: 39-44.
- Bautista F., Maldonado D. y Zinck, A. 2012. La clasificación maya de suelos. Ciencia y desarrollo. 1-8.
- Bautista, F., Palacio A.G., Quintana, P. and Zinck, A.J. 2011. Spatial distribution and development of soils in tropical karst areas from Peninsula of Yucatan, Mexico. Geomorphology 135: 308-321.
- Bautista, C.A., y Arnaud V.M.R. 2006. Elementos potencialmente tóxicos en suelos agrícolas con manejo de riesgo contaminante. Naturaleza y Desarrollo, 4:36-42.
- Cano G.C. 2012. Manejo integral de la heterogeneidad de los suelos mecanizables de la Península de Yucatán. Proyecto INIFAP.
- Delgado C., Bautista F., Orellana L.R., y Reyes, H.H. 2011. Clasification and agroclimatic zoning using the relationship between precipitation and evapotranspiration in the state of Yucatán, México, Investigaciones Geográficas, 75:51-60.
- Frausto M.O., Ihl T., Giese S., Cervantes A. y M. Gutiérrez. 2010. Vulnerabilidad a la inundación en las formas exocársticas del noreste de la Península de

-
- Yucatán. En: VI Seminario Latino-Americano de Geografía Física, Universidad de Coimbra. García, 2004.
- González H.R., Martínez, S.E., Pacheco, A.J. and Cabrera S.A. 2014. Leaching and dilution of fertilizers in the Yucatan karstic aquifer. *Environmental Earth Sciences* 72: 2879-2886.
- Graniel, C.E., Vera M.I., González, H.L. y Cardona, B.A. 2005. Dinámica de la interfase salina y calidad del agua en la costa nororiental de Yucatán, México. *Revista Latino-Americana de Hidrología*, 5:39-48.
- Herrera S.J.A., Aranda C.N., Troccoli G.L., Comín A.F. y Madden C. 2004. Eutrofización costera en la Península de Yucatán. En: Caso M., Pisanty I. y E. Escurra (Comps.) Diagnóstico ambiental del Golfo de México, vol. II, Instituto Nacional de Ecología, México, pp. 823-850.
- International Union of Soil Science (IUSS). 2006. WRBSR World Soil Reports, FAO 103. Italy.
- Marín S.L.E., Pacheco Á.J.G. y R. Méndez-Ramos. 2004. Hidrogeología de la Península de Yucatán. En: Jiménez, B., Marín, L., (Eds.), El agua en México, vista desde la Academia. Academia Mexicana de Ciencias. México, D. F. pp. 159-176.
- Medina M.J., Volke, H.V.H., Galvis, S.A., González, R.J.M., Santiago, C.M. de J. y Cortés, F.J.I 2009. Propiedades químicas de un Luvisol después de la conversión del bosque a la agricultura en Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana* 20: 217-235.
- Medina, M.Ma. Del C. y Cano R.P. 2001. Contaminación por nitratos en agua, suelo y cultivos en la Comarca Lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 2: 9-14.
- NOM-127-SSA1-1994. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Modificada 20-junio-2000.
- Okalebo, R., Gathua K.W. and L. Woomer. 1993. Laboratory methods of soil and plant analysis: A working manual. Tropical Soil Biology and Fertility Program TSBF, Kenya.
- Pachevo A. J. y Cabrera, A. 2003. Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. *Ingeniería* 7: 47-54.
- Salgado G.S., Palma L.D., Castelán, E.M., Lagunes, E.L. y Ortiz L.H. 2013. Manual para muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.

Veni G. DuChene H., Crawford N. C., Groces C. G., Huppert G. N., Kastning E. H., Olson R., and Wheeler, B.J. 2001. Living with karst, a fragile foundation. American Geological Institute. U. S. A. 65 pp.

Referencias informáticas

NASA/JPL, 2000. Shaded relief with height as color, Yucatan Peninsula, Mexico. Mission Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (about 30 meter or 98 feet). <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA03379NOM-127-SSA1-1994>

(Consultado en mayo 2008).

NITRATOS EN SUELOS AGRÍCOLAS COMO FUENTE POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN CAMPECHE MÉXICO

NITRATES IN AGRICULTURAL SOILS AS A POTENTIAL SOURCE OF WATER POLLUTION IN CAMPECHE MEXICO

Aguilar DY^{1*}, Cano GA^{1.}, Ramírez SJH^{1.} y Cahuich CMI²

¹CIRSE-INIFAP. Calle 6 Num. 398 x 13, Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México. Autor para correspondencia: aguilar.yameli@inifap.gob.mx. ²Estudiante de la Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán.

RESUMEN

Campeche, presenta corrientes superficiales así como depresiones con cuerpos de agua (cenotes y aguadas) asociadas a un complejo sistema hidrogeológico característico del ambiente de karst, reconocido como vulnerable a la contaminación. Aunque se han realizado algunos estudios sobre el impacto ambiental en el Golfo de México, son escasos los estudios en los que se evalúa el estado actual de los suelos, como posibles focos de contaminación. El objetivo de este estudio fue el análisis de los contenidos de nitrógeno de nitratos en los suelos con uso agrícola como fuentes potenciales de contaminación hídrica en Campeche. Se seleccionaron diferentes localidades con cultivos de maíz, para el muestreo y análisis de suelos. Se realizó la estadística básica y análisis de varianza. Se consideraron diferentes capas de información de recursos hídricos, para sobreponer los contenidos de N de nitratos de los suelos. Se encontró que en la zona norte del Estado, aunque la densidad de cuerpos de agua es menor, existe una mayor superficie de uso agrícola, donde los suelos k'an kab, puede presentar hasta 40 mg/l de N de nitratos. En contraparte, en el sur se presenta una mayor densidad de cuerpos de agua y aunque existe menor superficie de uso agrícola, los suelos ak'al che's retienen mayores contenidos de N de nitrato, que puede ser potencialmente lixiviados, contribuyendo a la eutrofización de humedales y cuerpos de agua.

Palabras clave: Luvisol, Vertisol, humedales, cenotes, maíz

INTRODUCCIÓN

En las últimas cinco décadas, la agricultura mundial se ha orientado hacia el paradigma de la “revolución verde”, la cual implicado un incremento y dependencia de insumos sintéticos, intensificación y búsqueda de una mayor tasa de retorno financiero. Sin embargo, con el afán de elevar la productividad y rentabilidad agrícola, se ha contribuido grandemente al deterioro ambiental. Tanto la agricultura tradicional como la moderna o industrial han tenido un efecto considerable en el ambiente (Pérez-Vázquez y Landeros-Sánchez, 2009).

Según González-Herrera *et al.*, (2014), el 95 % de los agricultores en México están acostumbrados al uso de fertilizantes en las actividades agrícolas, pero se estima que las plantas sólo utilizan del 25 al 85 % del N aplicado (según cultivo, prácticas agrícolas y condiciones edafológicas específicas), provocando que la aplicación de fertilizantes sea inadecuada o excesiva. La sobre-fertilización con nitrógeno puede ocasionar un exceso de nitratos (que son tóxicos a los animales y al hombre), en el agua de bombeo, suelos y cultivos de la región (Medina-Morales *et al.*, 2001). Actualmente La legislación mexicana permite un máximo de 10 mg/l de N de nitrato (NOM-127-SSA1-1994) para agua de consumo humano, por arriba de este límite, el consumo puede ser riesgoso principalmente para grupos vulnerables como niños y ancianos.

Debido a su configuración fisiográfica, el estado de Campeche, presenta corrientes superficiales principalmente en el suroeste, así como depresiones con cuerpos de agua (cenotes y aguadas) asociadas a un complejo sistema hidrogeológico característico del ambiente de karst y aunque se reconoce que este sistema en general es vulnerable a la contaminación, para el estado de Campeche, no existe un mapa que considere esta heterogeneidad y diferencie diferentes niveles de vulnerabilidad. Sin embargo, se ha reportado que los principales procesos asociados a la pérdida de biodiversidad a nivel ecosistémico, de especie y genético en el estado de Campeche es la contaminación por fuentes agropecuarias, acuícolas, urbanas y por extracción petrolera, entre otras. Estos procesos han ocasionado la contaminación de laguna de Términos, la sobreexplotación y contaminación de mantos freáticos (Villalobos-Zapata y Mendoza Vega, 2010); también se han realizado diversos estudios sobre el impacto ambiental en el Golfo de México, evaluando la calidad de agua, así como diferentes organismos como bioindicadores, pero son escasos los estudios en los que se evalúa el estado actual de los suelos, como posibles focos de contaminación (Botello *et al.*, 2005).

Bajo este contexto, el presente trabajo se planteó como objetivo el análisis de los contenidos de nitrógeno de nitratos en los suelos con uso agrícola como fuentes potenciales de contaminación hídrica en Campeche, considerando un enfoque geográfico a nivel estatal que incluye la representación espacial de diversas características hidrológicas. Un análisis de este tipo, es una aproximación de la vulnerabilidad, amenazas y riesgos de contaminación del agua por nitratos, que ofrece información válida que contribuye a una adecuada planeación del territorio dentro del contexto agrícola (Bautista *et al.*, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. El estado de Campeche se encuentra situado en la parte suroeste de la península de Yucatán cuenta con una extensión territorial de 57,507 km² de superficie. Predomina el clima cálido y muy cálido con lluvias en verano, la temperatura promedio es de 26.2°C, y la precipitación promedio anual de 1272.8 mm. El estado de Campeche difiere un poco al resto de la Península de Yucatán, debido a su relieve que sí presenta diversas elevaciones por lo anterior, también se exhiben corrientes superficiales principalmente en el suroeste, así como otros cuerpos de agua (cenotes y aguadas) asociadas a un complejo sistema hidrogeológico característico del ambiente de karst. Los suelos dominantes son del grupo Leptosol (LP), con asociaciones de otros grupos como Cambisoles (CM), Luvisoles (LV), Nitisoles (NT), Vertisoles (VR), entre otros (Villalobos-Zapata y Mendoza Vega, 2010).

Selección de sitios de muestreo. Se eligieron 15 localidades de muestreo con base en la superficie y zonas productoras de maíz (Cano-González, 2012). Se seleccionó el “muestreo bidimensional sistematizado” que consiste en ubicar nueve puntos de muestreo en un patrón regular en cada localidad, se tomaron epipedones que se manejaron de forma independiente. Se registró el nombre del suelo, de acuerdo a la nomenclatura maya. Las determinaciones analíticas realizadas a las muestras de suelo fueron: textura, materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH y conductividad eléctrica (CE) y N de nitratos por el método colorimétrico con ácido salicílico (Okalebo *et al.*, 1993).

Análisis de resultados. Con los resultados obtenidos, se realizó la estadística básica y análisis de varianzas con el software *Statgraphics* para los contenidos de N de nitratos. Para fines ilustrativos, los resultados se compararon con la norma oficial NOM-127-SSA1-1994 clasificándose en tres niveles: i) aceptable (por debajo de la norma); ii) muy alto y iii) extremo. No fue posible realizar análisis geoestadísticos debido a que el número de muestras por localidad es pequeño, por lo que se decidió efectuar la espacialización puntual de los resultados, clasificados en los tres niveles. Para ejemplificar los posibles focos de contaminación, se consideró sobreponer los valores puntuales de N de nitratos de los suelos, el mapa de densidad de dolinas y cuerpos de agua (Villanueva *et al.*, 2015), así como las principales corrientes superficiales y humedales de la Entidad.

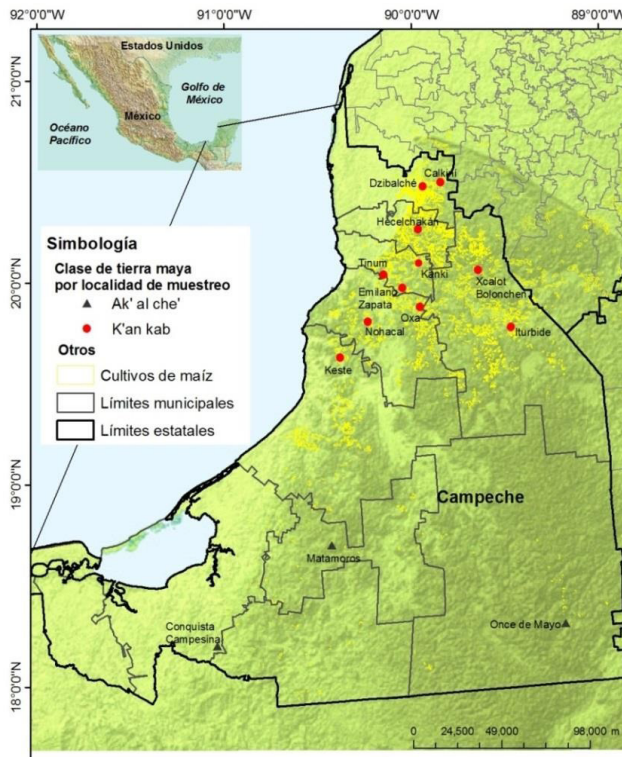


Figura 1: Área de estudio. Se indica la ubicación de las localidades de muestreo y sus clases de tierra maya correspondientes (imagen modificada de NASA/JPL, 2000)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 14 localidades muestreadas, se registró que el suelo tipo k'an kab es de los usados con mayor frecuencia para el cultivo de maíz, principalmente en el norte del Estado. Muchos suelos k'an kab corresponderían a los Luvisoles de acuerdo a la IUSS (2006), suelos profundos y arcillosos. De menor frecuencia, se registró el tipo de suelo ak'alche', ubicados en el sur de la Entidad. Los suelos ak'alche', generalmente corresponden con los Vertisoles de la IUSS (2006), son suelos también profundos, pero más arcillosos que los primeros, debido a las arcilla del tipo 2:1, por lo que suelen encharcarse temporalmente (Bautista *et al.*, 2012).

El Cuadro 1, resume los promedios de las principales características edáficas para cada localidad y tipo de suelo. Los k'an kab se presentan arcillosos, pero presentan gran variabilidad en cuanto a su pH y CIC, observándose valores bajos en ambas propiedades edáficas en localidades como Hecelchakan, Tinum e Xcalot, coincidiendo con Medina Méndez *et al.*, (2009) quienes observaron disminuciones en pH, MO y bases intercambiables en Luvisoles usados para el cultivo de maíz en Campeche. De manera general, Los contenidos de MO, se pueden considerar de medios a altos, de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000.

Cuadro 1

Principales características de los suelos con uso agrícola muestreados

Localidad	Clase de tierra	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH	CE (mmhos/cm)	MO (%)	CIC (meq/100gr)
Calkiní		15.1	14.7	70.2	7.1	0.8	4.4	15.5
Dzibalche		19.0	16.9	64.1	7.2	0.8	3.2	60.0
Emiliano Zapata		16.9	12.3	70.8	6.0	0.6	4.0	50.3
Hecelchakan		11.4	11.3	77.3	5.4	0.5	3.8	19.3
Iturbide		17.4	17.6	65.0	6.3	0.5	3.9	6.7
Kanki	K'an kab	15.0	14.6	70.4	6.4	0.5	3.2	21.1
Keste		19.1	13.9	67.0	7.0	0.4	3.9	19.8
Nohacal		18.3	13.1	68.7	6.4	0.5	3.9	24.5
Oxa		14.0	11.9	74.0	7.1	0.8	3.9	30.6
Tinum		13.0	18.0	68.9	5.7	0.4	3.8	14.4
Xcalot Bolonchen		13.0	16.1	70.9	6.4	0.5	2.5	19.8
Conquista								
Campesina	Ak'al che'	40.8	14.0	45.3	6.4	0.7	4.3	21.1
Matamoros		19.5	5.7	74.8	6.8	0.6	4.2	25.1
Once de Mayo		21.2	14.8	64.1	7.7	1.0	7.5	34.4

Los suelos ak' al che' también son arcillosos, aunque la localidad "Conquista Campesina" no presenta el mínimo del 60 % de arcillas para ser considerado un VR (IUSS, 2006). Sin embargo, los contenidos de MO, se consideran altas y muy altas (NOM-021-RECNAT-2000) y la CIC con clase media en Conquista Campesina y altas en Matamoros y Once de Mayo (Salgado-García *et al.*, 2013).

Con respecto al contenido de N de nitratos, se observó que hay diferencias estadísticamente significativas con un α de 95 % en ambos tipos de suelos. En los suelos k'an kab, el promedio fue de 11.6, mg/l, aunque se observa alta variabilidad dentro de las localidades. La mayoría de los puntos de muestreo de las localidades en Keste, Xcalot Bolonchen y Dzibalché, no rebasaron los 10 mg/l de N de nitratos. Los valores máximos se registraron en la localidad de Nohacal con 39.1 mg/l (Figura 2 A). Con respecto a los suelos ak' al che', se presentó un promedio de 16.2 mg/l. La localidad Once de mayo destaca como un grupo aparte, con los valores más altos, todos por arriba de 10 mg/l registrándose un máximo de 48.8 mg/l.

Desde el punto de vista espacial—y como se había mencionado anteriormente— los suelos k'an kab con uso agrícola se ubicaron al norte de la entidad, en zonas con menor densidad de dolinas y cuerpos de agua y menor presencia de corrientes superficiales.

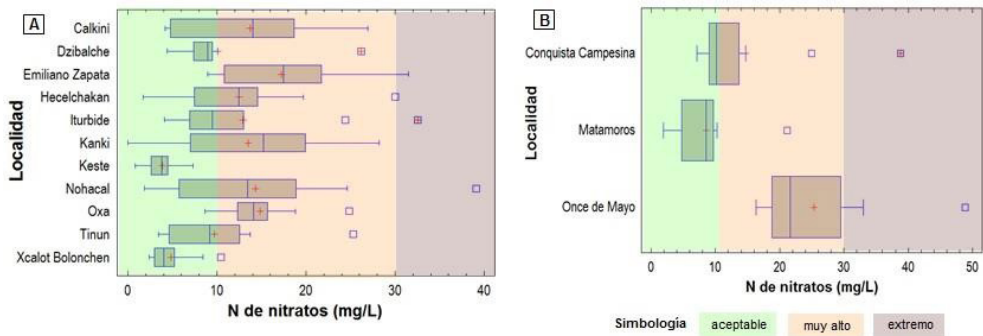


Figura 2. Gráfico de caja y bigotes para el contenido de N de nitratos en suelos:

A) suelos k'an kab y B) suelos ak'alche's

A pesar de que en este sentido la vulnerabilidad biofísica es menor (por las condiciones naturales), las amenazas de contaminación sí están latentes, debido a que en la zona norte de la entidad se presentan mayores superficies de cultivos y actividad agrícola (Figuras 1 y 3). Esta condición de uso de suelo, genera mayores

riesgos de contaminación hídrica, tal como lo menciona Lindsey *et al.*,(2010), quienes reportaron detectaron plaguicidas y nitratos con mayor frecuencia en las áreas con altas densidades de dolinas; sin embargo, también encontraron que los nitratos y plaguicidas presentaron mayor frecuencia de detección en zonas agrícolas aunque tuvieran baja densidad de dolinas, comparado con zonas de alta densidad de dolinas pero con un uso de suelo menos afectado, lo anterior pone de manifiesto que independientemente de las densidades de dolinas, es evidente que todos los acuíferos carbonatados son intrínsecamente vulnerables (expuestos) a la contaminación, si una fuente de contaminación intensa está presente.

Los suelos ak'al che's con uso agrícola, ubicados principalmente en el sur de la entidad, coinciden con las mayores densidades de dolinas, cuerpos de agua, corrientes superficiales y humedales (Figura 3). Aunque en esta zona, las superficies de cultivos de maíz son menores (Figura 1), es importante considerar que las amenazas están presentes, debido a que se los nitratos se retienen en estos suelos, pero un exceso de nitratos genera lixiviación y contaminación hídrica, ya se ha reportado casos de hipoxia en zonas del Golfo de México (Rabalais, 2004). Se recomienda el establecimiento de franjas de vegetación como sistemas de protección alrededor de cuerpos de agua cercanos a parcelas agrícolas. Para estudios a mayor detalle, se recomienda análisis *in situ* a nivel de microescala que incluya el monitoreo por sondas, para evaluar la concentración de nitrato en la solución del suelo a diferentes profundidades (Arauzo *et al.*, 2003).

CONCLUSIONES

Los suelos k'an kab, se registraron en el norte de la entidad, presentaron una alta variabilidad en cuanto a sus contenidos de N, que van desde 1 hasta 39 mg/l. La amenaza de contaminación en esta zona es latente en cuanto a que se presenta las mayores superficies de uso agrícola. Los suelos ak'al che's son de menor uso agrícola, ubicados en el sur de la entidad, sus contenidos de N de nitratos van desde 1.9 hasta 48.8 mg/l. También representan una amenaza, debido a que se encuentran en zonas con alta densidad de cuerpos de agua y cercanía a humedales.

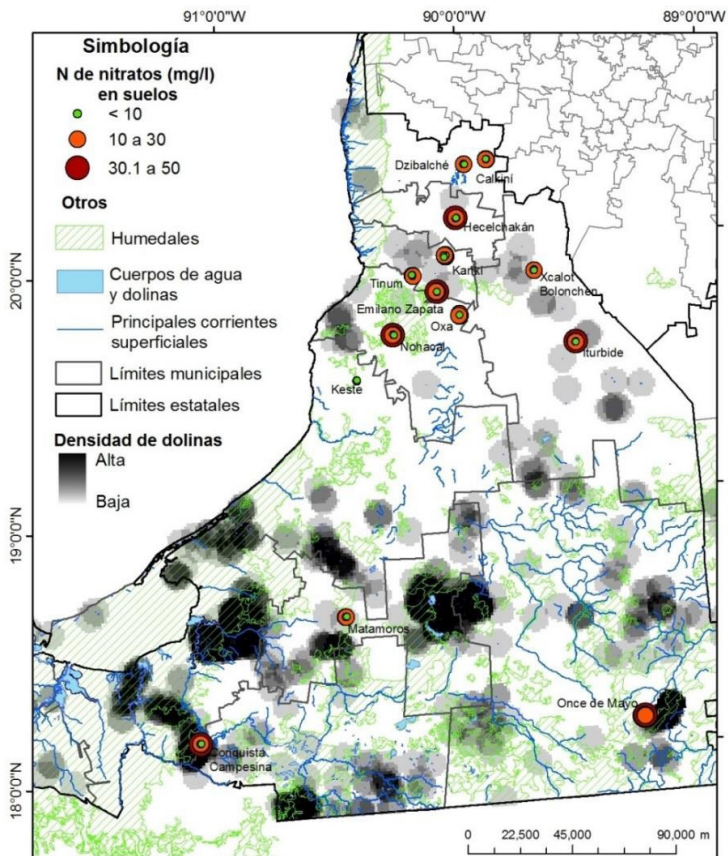


Figura 3. N de nitratos en suelos de uso agrícola como fuentes potenciales de contaminación del recurso hídrico en Campeche

LITERATURA CITADA

- Arauzo M., Díez J. A. y P. Hernáiz. 2003. Estimación de balances hídricos y lixiviación de nitratos en sistemas agrícolas. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VI: 39-44
- Bautista F., Maldonado D. y A. Zinck. 2012. La clasificación maya de suelos. Ciencia y desarrollo. 1-8.

-
- Bautista F., Aguilar Duarte Y. y E. Batllori. 2011. Amenazas, vulnerabilidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la Península de Yucatán. *Teoría y Praxis* 9: 9-31
- Botello A. V., Rendón von Osten J., Gold-Bouchot G. y C. Agraz-Hernández. 2005. Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. 2ª Edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología. 696 p.
- Cano-González C. 2012. Manejo integral de la heterogeneidad de los suelos mecanizables de la Península de Yucatán. Proyecto INIFAP.
- González-Herrera R., Martínez-Santibañez E., Pacheco-Avila J. and A. Cabrera-Sansores. 2014. Leaching and dilution of fertilizers in the Yucatan karstic aquifer. *Environmental Earth Sciences* 72: 2879-2886.
- International Union of Soil Science (IUSS). 2006. WRBSR World Soil Reports, FAO (103). Italy.
- Lindsey B. D., Katz B. G., Berndt M. P. Ardis A. F., and K. A. Skach. 2010. Relations between sinkhole density and anthropogenic contaminants in selected carbonate aquifers in the Eastern United States. *Environmental Earth Sciences* 60 (5): 1073-1090.
- Medina-Méndez J., Volke-Haller V. H., Galvis-Spínola A., González-Ríos J. M., Santiago-Cruz M. de J. y J. I. Cortés Flores. 2009. Propiedades químicas de un Luvisol después de la conversión del bosque a la agricultura en Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana* 20 (2): 217-235.
- Medina-Morales Ma. Del C. y P. Cano-Ríos. 2001. Contaminación por nitratos en agua, suelo y cultivos en la Comarca Lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 2(1): 9-14.
- NOM-021-RECNAT-2000. Que estable las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis.
- NOM-127-SSA1-1994. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Modificada 20-junio-2000.
- Okalebo R., Gathua K.W. and L. Woomer. 1993. Laboratory methods of soil and plant analysis: A working manual. Tropical Soil Biology and Fertility Program TSBF, Kenya.
- Pérez-Vázquez A. y C. Landeros-Sánchez. 2009. Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos* 73: 19-25.

-
- Rabalais N.N. 2004. Hipoxia en el Golfo de México, En: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (comps.), Diagnóstico ambiental del Golfo de México, Vol. II, Instituto Nacional de Ecología, México, pp. 773-790.
- Salgado-García S., Palma-López D., Castelán-Estrada M., Lagunes-Espinoza L. y H. Ortiz-Laurel. 2013. Manual para muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.
- Villanueva-Juanes A., Aguilar Duarte Y., Bautista Zúñiga F., Palacio Aponte G., y O. Frausto Martínez. 2015. Distribución espacial de las dolinas a escala 1:50000 y sus tipos de inundación en Campeche. Memorias del V Congreso Mexicano de Ecología. Realizado del 19 al 24 de abril, 2015. San Luis Potosí, pp. 572.
- Villalobos-Zapata, G. J., y J. Mendoza Vega (Coord.). La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p.

Referencias informáticas

- NASA/JPL, 2000. Shaded relief with height as color, Yucatan Peninsula, Mexico. Mission Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (about 30 meter or 98 feet). <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA03379NOM-127-SSA1-1994>
(Consultado en mayo 2008).

MÉTODO BIDIMENSIONAL SISTEMATIZADO ALEATORIO. ALTERNATIVA PARA EL MUESTREO DE SUELOS EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.

BIDIMENSIONAL RANDOM SYSTEMATIZED SAMPLING. ALTERNATIVE FOR SOIL SAMPLING IN THE YUCATÁN PENÍNSULA.

Cano GA*¹, Uzcanga PNG², Aguilar DY¹, Canales CR³, Ramírez SJ¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Cooperación para el Desarrollo de los Trópicos (CECODET). Calle 6 No. 398 x13, Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130 Mérida Yucatán México. ² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mochochá, INIFAP. Km. 25 Antigua Carretera Mérida-Motul, Mochochá Yucatán. C.P. 97454. ³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Edzná, INIFAP. Km. 15.5 Carretera Campeche- Pocyaxum. Campeche, Campeche C.P. 24520.

Autor para correspondencia: cano.alejandro@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La investigación se realizó en la Península de Yucatán durante el ciclo primavera verano 2013 en 49 sitios mecanizables de superficies mayores a 10 ha, distribuidos: 17 en Campeche, 15 en Yucatán y 17 en Quintana Roo. Los suelos predominantes de la zona son los Vertisoles y Luvisol rodico. En los cuales se siembra Maíz de temporal (primavera-verano) continuamente. En cada uno de estos sitios se aplicaron 4 métodos de muestreo de suelos, muestreo bidimensional sistematizado aleatorio (MBSA), muestreo en “zig-zag”, muestreo en cinco de oros y muestreo en cruz. En MBSA (Metodo Bidimensional Sistematizado aleatoria) se colectaron 441 muestras de suelo, el zig-zag 288, el cinco de oros y el método de cruz 240 muestras respectivamente. La variable a analizar fue el fosforo. Los resultados del análisis estadístico indican que el valor de T no es significativo por los valores del nivel crítico encontrado en cada una de las pruebas. Por lo tanto las medias de fosforo por tipo de muestreo son iguales (MBSA: $\mu=7.08$; Zig-zag: $\mu=6.87$; Cinco de oros: $\mu=6.79$ y Cruz: $\mu=7.66$). El MBSA permite describir la variabilidad de los elementos del suelo y no es limitativo a un tamaño máximo de la malla o terreno.

Palabras clave: Suelos, fosforo, Península de Yucatán

INTRODUCCIÓN

Mulla y McBratney (2000) señalan que la variación en las propiedades del suelo puede deberse a diferencias regionales, como son clima, topografía y material parental; sin embargo, existen numerosas evidencias de que variaciones importantes son comunes no sólo en diferentes regiones, sino también en superficies relativamente pequeñas (*Van Groenigen et al.*, 2000).

No obstante, en la práctica se da por hecho que en superficies reducidas, y con fines de muestreo de suelos, la heterogeneidad no es relevante; considera que parcelas de 4 a 5 ha, son razonablemente homogéneas con fines de muestreo para análisis de suelos. Bajo este razonamiento, es común y extendido el uso de la técnica de muestreo aleatorio en zig-zag, cinco de oros o en cruz; en superficies “aparentemente” homogéneas, preparar una muestra compuesta a partir de varias submuestras (*Castellanos et al.*, 2000; *Rodríguez y Rodríguez*, 2002). Sin embargo, la supuesta homogeneidad de los suelos en superficies de pequeñas podría no presentarse debido al origen de los suelos de la Península de Yucatán.

Bautista *et al.*, 2005 menciona que la Península de Yucatán (PY) no es una planicie homogénea y que tanto a escalas grandes como niveles locales existen diversidad de relieves y las variaciones horizontales se encuentran en espacios muy cortos. La alta heterogeneidad del paisaje peninsular, ha originado una alta diversidad edáfica, a tal grado que los cambios de unidades de suelo, pueden ser encontrados a distancias cortas de unos cuantos metros

Por consiguiente en el presente trabajo se evaluó el contenido de fósforo (P) en muestras de suelos rojos *Luvissoles ródicos*, *Kan cab* en terminología maya, colectadas mediante tres métodos convencionales de muestreo (zig-zag, cinco de oros y cruz) (*Castellanos et al.*, 2000; *Rodríguez y Rodríguez*, 2002) y el método sistematizado en malla, el cual es una variación del método de muestreo sistematizado (*Franzen y Peck*, 1995), adecuándolo a las condiciones de la PY mediante la aleatorización de las submuestras, y ampliando el tamaño de la malla, se le denominó Muestreo Bidimensional sistematizado aleatorio (MBSA).

Muestreo zig-zag, cinco de oros y cruz

Estos métodos consideran recabar una muestra compuesta con formada por seis o cinco submuestras. Para colectar las muestras primero se seleccionan los sitios de las submuestras en la parcela basándose en las recomendaciones para muestreo

tradicional de Castellanos *et al.*, (2000), las cuales consideran como sitio homogénea aquél con el mismo manejo, cultivo, color, drenaje y topografía.

Muestreo Bidimensional Sistematizado aleatorizado

Este método consiste en ubicar 9 puntos de muestreo en un patrón regular en toda la zona de estudio (Figura 1); puede realizarse seleccionando un punto al azar, a partir del cual se establece cierta distancia para ubicar los demás puntos (a distancias uniformes entre sí) o bien sobreponer una malla rectangular de 400 x 500 metros, para 20 ha sobre un mapa o imagen del terreno. Una vez identificados los nueve cuadrantes (160 x 130 metros) se dirige aleatoriamente al punto (o) en una de las 12 celdas (40 x 40 metros) del cuadrante y colecta una muestra de suelo en el punto (Figura 1). La muestra de suelo consiste en una muestra compuesta de 8 submuestras colectadas en un radio de 3 metros del sitio de muestreo. El propósito de hacer una muestra compuesta por sitio es el promediar la variabilidad que ocurres en distancias pequeñas.

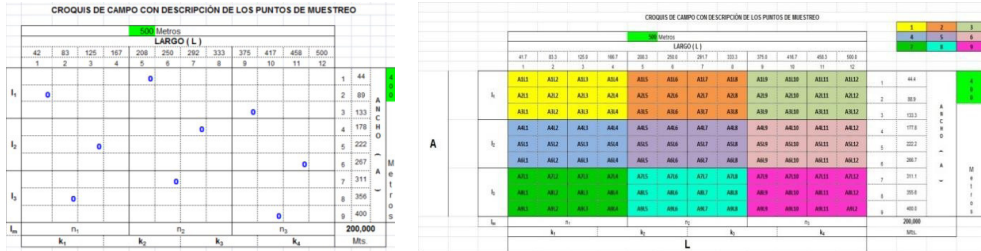


Figura 1: Método de Muestreo Bidimensional sistematizado aleatorio. Esquema de malla de muestreo y método de codificación de cada uno de los 9 puntos de muestreo.

El desarrollo de los Sistemas de posicionamiento satelital, GPS facilitan la implementación de este método.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Península de Yucatán durante el ciclo primavera verano 2013 en 49 sitios mecanizables de superficies mayores a 10 ha, distribuidos: 17 en Campeche, 15 en Yucatán y 17 en Quintana Roo (Figura 2). Los suelos

predominantes de la zona son los Vertisoles y *Luvisoles ródicos*. En los cuales se siembra Maíz de temporal (primavera-verano) continuamente. En cada uno de estos sitios se aplicaron 4 métodos de muestreo de suelos, (MBSA), “zig-zag”, cinco de oros y cruz. Para el presente trabajo se focalizó el análisis del elemento fósforo (P) en los sitios de suelos *Luvisoles ródicos*. (3 en Quintana Roo, 11 en Campeche y 13 en Yucatán), considerando 27 sitios.

En MBSA se colectaron 441 muestras de suelo, el zig-zag 288, el cinco de oros y el método de cruz 240 muestras respectivamente. Las muestras se tomaron a una profundidad de 30 cm. Las muestras de suelo fueron analizadas en el Laboratorio de suelos del Campo Experimental Edzna del INIFAP en el estado de Campeche, mediante la metodología de Álvarez y Marín, (2011) la cual se fundamenta en la NOM-021-RECNAT-2000. Los resultados se reportaron en partes por millón (ppm) para N y P mientras que K se reportó en meq/100 g.

Se realizó la prueba de T para muestras independientes por tipo de muestreo para comparar el MBSA con cada uno de los muestreos alternativos. Este se realizó con el paquete estadístico Predictive Analytical Software and Solut (PASS) versión 21.

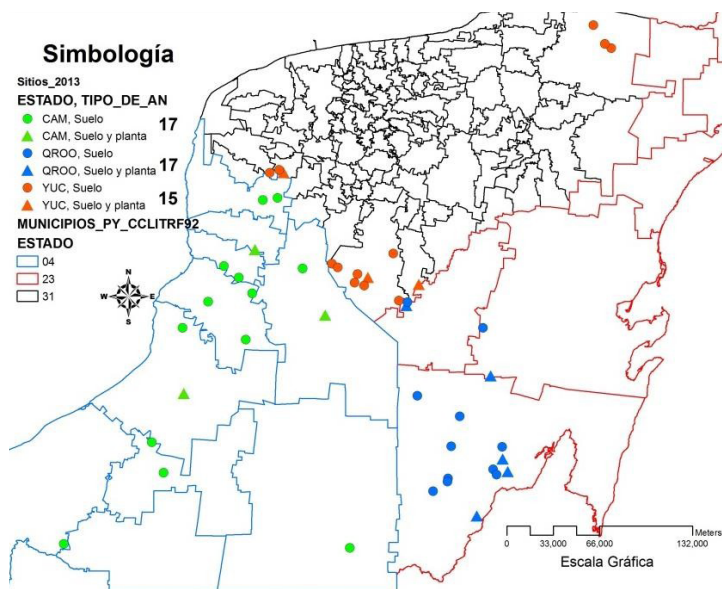


Figura 2: Distribución espacial de los 49 sitios de muestreo en la Península de Yucatán donde se colectaron las muestras de los cuatro métodos de muestreo de suelos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis estadístico indican que el valor de T no es significativo por los valores del nivel crítico encontrado en cada una de las pruebas. Por lo tanto las medias de fosforo por tipo de muestreo son iguales (MBSA: $\mu=7.08$; Zig-zag: $\mu=6.87$; Cinco de oros: $\mu=6.79$ y Cruz: $\mu=7.66$) (Cuadro 1). Lo cual coincide con lo observado por Fleming and Westfall (2001) quienes mencionan que tanto el muestreo con mallas sistematizadas como el muestreo basado en zonas de manejo son útiles para la generación de mapas de requerimientos de fertilizante dado que ambos métodos no presentaron diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 1

Estadísticos descriptivos por tipo de muestreo

P (ppm)	N	Media	Desviación estándar	CV (%)
MBSA	243	7.089	12.16	171.49
Zig-zag	156	6.875	12.46	181.25
Cinco de oros	130	6.798	12.73	187.32
Cruz	129	7.668	12.58	164.04

El MBSA permite describir la variabilidad de los elementos del suelo y no es limitativo a un tamaño máximo de la malla. Lo que coincide con los resultados obtenidos por Fanzen y Peck (1994). Así mismo (Kravchenko y Bullock, (1998) mencionan que el mejor método geoestadístico dependerá de propiedades únicas del sitio de muestreo y no pueden ser definidas con antelación.

CONCLUSIONES

Al no haber diferencia significativa entre las medias del fosforo por tipo de muestreo, es indiferente el método seleccionado a utilizar para la toma de muestras de suelo, sin embargo es importante considerar que no se recomienda mezclar las submuestras para conformar una sola muestra compuesta. Lo que permitirá ubicar los puntos de muestreo en un arreglo de malla que conlleva a la conformación de mapas de suelos dentro de la unidad de producción.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Sánchez M. E., Marín-Campos A. 2011. Manual de procedimientos analíticos de suelo y planta Laboratorio de Química, Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Bullock D. G., Hoelt R.G., Dorman P., Macy T. y Olson R. 1994. Nutrient management with intensive soil sampling and differential fertilizer spreading. *Better Crops Plant Food*, 78, 10-12.
- Castellanos J. Z., Uvalle-Bueno J.X. y Aguilar-Santelises A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. ed. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Colección INCAPA. Celaya, Guanajuato, México.
- Fleming K.L. y Westfall D.G. 2001. Evaluating management zone technology and grid soil sampling for variable rate nitrogen application. Soil and Crop Science Department Colorado State University. Pp. 179 a 184.
- Franzen, D.W. y Peck T.R. 1995. Field soil sampling density for variable rate fertilization. *Journal of Production Agriculture*, 8, 568- 574.
- Kravchenko, A.N. y Bullock, D.G. 1998. Comparison of interpolation methods for mapping soil P and K contents. The 4th Int'l. Conf. on Prec. Agric. St. Paul, MN, p. 19.
- Mulla D. J. y McBratney A.B. 2000. Soil spatial variability. In: M. E. Sumner (ed.). *Handbook of soil science*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. A321-A352 pp.
- Rodríguez F., H. y J. Rodríguez A. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación. Trillas. México, D.F.
- Van Groenigen J. W., Gandah M. y Bouma J. 2000. Soil sampling strategies for precision agriculture research under Sahelian conditions. *Soil Science Society American Journal*, 64, 1674-1680.
- Wollenhaupt N.C. y Wolkowski R.P. 1994. Grid Soil Sampling. *Better Crops*. Department of Soil Science, University of Wisconsin, Madison, 78, 6-9.

Plantaciones

ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE DIÁMETRO NORMAL Y DIÁMETRO DEL TOCÓN EN PLANTACIONES DE *Pinus greggii* Engelm. EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

EQUATIONS ALLOMETRIC DIAMETER DIAMETER NORMAL AND STUMP IN *Pinus greggii* Engelm. IN THE STATE OF HIDALGO, MEXICO

Hernández RJ¹, García CX¹, García MJJ², Muñoz FHJ¹, Velarde RJC³ y Olvera DEH⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). ³Asesoría Técnica Forestal (ATF). ⁴ Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). INIFAP. Campo Experimental Chetumal. Carretera Chetumal-Bacalar Km. 25, Chetumal, Quintana Roo, México. C.P. 77000. Tel. Oficina 01 (983) 83-20-167 y Tel. Cel. (045) 983 7 33 17 95.

RESUMEN

Cuando no se cuenta con las dimensiones del diámetro normal (dn) de los árboles para realizar cálculos de volumen, como en las talas ilegales o auditorías forestales, conocer la relación funcional entre dn y diámetro de tocón (dt) es de gran utilidad. Por la relación alométrica entre el dn y dt , el objetivo fue ajustar ecuaciones de dn - dt en plantaciones de *Pinus greggii* del Ejido Fontezuelas, municipio de Metztlán, Hidalgo. Con 621 árboles, se ajustaron cuatro modelos que representan la relación dn - dt . Con PROC MODEL del paquete estadístico SAS 9.1 y el procedimiento *gmm*, se seleccionó el mejor modelo a través de los valores del Coeficiente de Determinación Ajustada (R^2_{adj}), la Raíz del Error Medio Cuadrático ($REMC$), el análisis gráfico de los residuales y las pruebas de Durbin-Watson (DW) y normalidad. La capacidad de predicción se hizo con el Sesgo (\bar{E}), la Desviación Agregada (DA) y la DA en porcentaje ($DA\%$), además la estimación de los valores predichos contra los observados. Por los valores de $R^2_{adj}=0.9486$, $REMC=1.5273$, $DW=1.5921$, Shapiro-Wilk ($W=0.9977$) y los residuales sin tendencia evidente, el $\bar{E}=-0.0352$, $DA=-0.0353$ y la $DA\%=0.2032$, el modelo M2 que incluye la altura del tocón (ht):

$$d_n = 0.123649d_t \left(\frac{1.3}{h_t} \right) + 1.146955 + e$$

es el mejor. Esta información es una herramienta confiable para la estimación del dn y podrá ser aplicada como base en la estimación de volumen, biomasa o carbono en las plantaciones de *P. greggii* del estado de Hidalgo.

Palabras clave: Alométrica, corta clandestina, auditoría forestal.

INTRODUCCIÓN

Las leyes alométricas como medio para representar la relación potencial entre dos o más variables de forma en un individuo (Núñez *et al.*, 2010) son útiles en la comprensión de la dinámica del crecimiento total de un árbol con respecto a alguna de sus partes o componentes (Gayon, 2000). El uso de esta herramienta en la biología vegetal ha sido aplicada para desarrollar las relaciones entre variables de tamaño, para su posterior aplicación al manejo forestal o en la comprensión del ecosistema (Niklas y Enquist, 2002).

Ejemplo de estos estudios son las relaciones del diámetro normal (dn) con respecto al volumen (V), biomasa (B), índice de área foliar (IAF) o carbono (C) (Martin *et al.*, 1998), las relaciones de dn con la altura total (H) (Zeide y Vanderschaaf, 2002), las funciones de $dn-H$ para los estudios de crecimiento (Delgado *et al.*, 2005) o la relación funcional entre el diámetro de tocón (dt) con el dn , H , V (Martínez-López y Acosta-Ramos, 2014), B o C . Conocer la relación entre dt y dn puede ser referencia de predicciones en variables como H (Martínez-López y Acosta-Ramos, 2014) que posterior pueden ser tomadas como base para realizar estimaciones de volumen (Aigbe *et al.*, 2012).

Debido a que no siempre se cuenta con las dimensiones del dn para realizar cálculos de volumen, por ejemplo, cuando ocurren talas o desmontes ilegales, en la cuantificación de los aprovechamientos en grandes extensiones, en la evaluación de las prácticas silvícolas aplicadas en el bosque después del aprovechamiento o simplemente por extravío de la información del inventario; el conocer la relación entre dn y el dt es de gran utilidad para cuantificar el volumen removido (Benítez-Naranjo *et al.*, 2004), se planteó el objetivo de ajustar modelos que permitan predecir el dn

a partir del dt en plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. en el Ejido Fontezuelas, municipio de Metztlán, Hidalgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las plantaciones del Ejido Fontezuelas se encuentran en un clima templado semi-seco ($BS_1 Sw_1$) (García, 1988), a una altitud que oscila entre los 2,000 y 2,500 m y se ubica entre las coordenadas $98^{\circ}54'$ W y $20^{\circ} 29'$ N; establecidas en suelos de tipo Feozem háplico y Regosol eútrico de acuerdo con la clasificación del INEGI (1992).

Se utilizó información proveniente de 621 árboles con categorías diamétricas en el dt de 15 a 45 cm y en el dn de 5 y 35 cm. La medición del dn a la altura de 1.30 m, y dt a una altura variable dependiendo de la técnica de corte utilizada para árboles derribados, por lo cual, se realizó con una cinta métrica (Bava y López, 2006).

Los modelos utilizados fueron los propuesto por Quiñonez *et al.* (2012) y Pompa *et al.* (2011) para la estimación del dn a partir del dt , debido a que esta sección tiene una forma de tipo neiloide truncado. Los modelos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Modelos para estimar el diámetro normal a partir del diámetro del tocón

Modelo	Expresión matemática
M1	$d_n = b_0 + b_1(d_t) + e$
M2	$d_n = b_0 d_t \left[\frac{1.3}{h_t} \right]^b + e$
M3	$d_n = b_0 + b_1(b_1 d_t) + e$
M4	$d_n = b_0 + b_1(d_t)^2 + e$

El ajuste de los modelos se realizó en el paquete estadístico SAS (SAS Institute INC, 2003) con la función MODEL y el procedimiento *gmm*, este ajuste mejora la eficiencia

de la estimación de parámetros en la presencia de errores heterocedásticos (SAS Institute INC, 2015) por la naturaleza de la información. Se usó el método de ajuste de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) (Dieguez *et al.*, 2003; Pompa-García *et al.*, 2011).

La capacidad de ajuste y la exactitud en la predicción, se realizó mediante estadísticos comúnmente utilizados en los estudios forestales (Prodan *et al.*, 1997; Castedo y Álvarez, 2000; Corral-Rivas *et al.*, 2007) como lo son el Coeficiente de Determinación Ajustado (R^2_{adj}), la Raíz del Error Medio Cuadrático (REMC), el Sesgo (E), la Desviación Agregada (DA) y la DA en porcentaje (DA%) (Prodan *et al.*, 1997).

Se realizó el análisis gráfico de los valores estimados por cada modelo para verificar la tendencia hacia una línea recta con respecto a los datos utilizados, la prueba de Durbin-Watson (DW) para verificar la independencia de las frecuencias de los residuales (Autocorrelación) (Posada y Rosero 2007; Augusto *et al.*, 2009) y el análisis de ellos para identificar problemas de heterocedasticidad (Huang, 2002).

Para verificar estadísticamente la normalidad de los datos empleados, se realizó la prueba de Shapiro-Wilk que verifica la estimación lineal insesgada de la desviación standard dividida por la varianza muestral (Molinero, 2003). Se graficaron las tendencias de los modelos con respecto a los observados para observar la desviación y el ajuste de ellos a la información utilizada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2, se muestran los parámetros y los estadísticos de bondad de ajuste de los modelos empleados para la estimación del dn a través del dt en plantaciones de *P. greggii* en el Ejido Fontezuelas, Mpio. de Metztlán, Hidalgo.

Cuadro 2

Valores de los estadísticos de bondad de ajuste y parámetros obtenidos para los modelos utilizados

Modelo	SSE	MSE	Raíz MSE	R ²	R ² ajustada	Parámetro	Estimador	E. std. aprox.	Valor t	Pr> t
M1	1381.9	2.3422	1.5304	0.9485	0.9484	b_0	-2.3176	0.1921	-12.07	<.0001
						b_1	0.8812	0.0092	95.4	<.0001
M2	1376.3	2.3327	1.5273	0.9487	0.9486	b_0	0.1236	0.0033	37.48	<.0001
						b_1	1.1469	0.0114	100.17	<.0001
M3	1381.9	2.3422	1.5304	0.9485	0.9484	b_0	-2.3176	0.1921	-12.07	<.0001
						b_1	0.9387	0.0049	190.8	<.0001
M4	2243.5	3.8026	1.95	0.9163	0.9162	b_0	7.2433	0.2924	24.77	<.0001
						b_1	0.0182	0.0005	34.51	<.0001

SSE=Suma de cuadrados. MSE=Error Cuadrático Medio. R²=Coeficiente de determinación. E. stad. aprox.=Error estándar aproximado.

En el Cuadro 2, se observa que en los modelos M1 y M3, el parámetro b_0 es idéntico debido a la estructura matemática de las ecuaciones, este valor indica el intercepto entre el dt y el dn . Además, se observa que los valores de los errores estándar aproximados de los parámetros en promedio son superiores en comparación con el valor de mismo parámetro del modelo M2 que tiene una interpretación diferente, por considerar la altura a la cual fue tomada la medición del dt .

La evaluación de bondad de ajuste de los modelos, se realizó mediante la comparación de los valores de R^2_{adj} , el cual explica el porcentaje de ajuste del modelo a los datos, teniendo en cuenta el número de parámetros utilizados (Martínez-González *et al.*, 2007; Pompa-García *et al.*, 2011), considerando con este criterio el M2 que tiene mayor ajuste todos los demás por presentar un valor de R^2_{adj} de 0.9486, situación que de acuerdo con Alder (1980) y Guajarati (1999), quienes mencionan que valores superiores a 0.7 y 0.8 respectivamente, en este coeficiente los modelos son satisfactorios en sus estimaciones.

Esta condición del R^2_{adj} coincide con el menor valor del REMC, que evalúa la exactitud de las estimaciones a través del Error Medio Cuadrático (EMC) (Pompa-García *et al.*, 2011), indicando que los mejores modelos son los que presentan valores más bajos.

En el Cuadro 3 se muestran los valores de los estadísticos que evalúan la capacidad predictiva del modelo M2, su desviación en las estimaciones y los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos.

Cuadro 3

Estadísticos de evaluación de la capacidad predictiva del modelo M2

Modelo	Sesgo (\bar{E})	Dif. Agregada	Dif. Agregada %	Shapiro-Wilk (W)	Durbin-Watson
M2	0.0353	-0.0353	-0.2032	0.9977	1.5921

En el Cuadro 3, se observan como medidas de exactitud en las estimaciones realizadas, la desviación del modelo M2, respecto de los valores observados contra los predichos (\bar{E}) que es baja, al igual que los valores de la media de los residuales (DA). Situación semejante a lo reportado por Benítez-Naranjo *et al.* (2004) y Barreto-Medel *et al.* (2011) al utilizar la DA. El valor negativo de la DA y la DA%, se debe a que se tiene una ligera sobrestimación en los valores del dn predichos a partir del dt para plantaciones de *P. greggii*.

La prueba de Shapiro-Wilk demuestra la normalidad de la información por presentar un valor de $W=0.9977$, la forma de campana en los datos y la tendencia hacia una línea recta de los valores (Figura 1) y la prueba de Durbin-Watson confirma que los residuos son independientemente distribuidos, por el valor $DW=1.5921$ que es cercano a 2 (Augusto *et al.*, 2009).

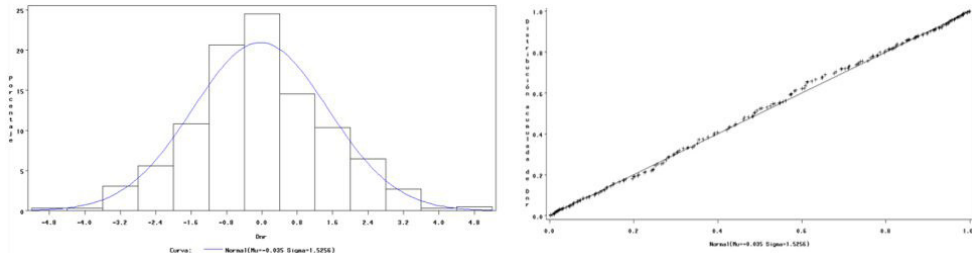


Figura 1. Prueba de normalidad de Sapiro-Wilk.

En el análisis grafico de los residuales, la dispersión no se presenta problemas de heterocedasticidad, debido a que se corrigió con el procedimiento *gmm* de SAS al ajustar el modelo (SAS Institute INC, 2015). La tendencia es semejante a lo obtenido por Bava y López (2006), Pompa-García *et al.* (2011) y Quiñonez *et al.* (2012) y se ratifica la homogeneidad de los residuales y que el mejor modelo es el M2, mismo que utilizaron Diéguez *et al.* (2003) y Pompa-García *et al.* (2011).

En la Figura 2, se observa la tendencia de los valores estimados con el M2 y los datos observados para *P. greggii* en plantaciones forestales en Metztlán, Hidalgo.

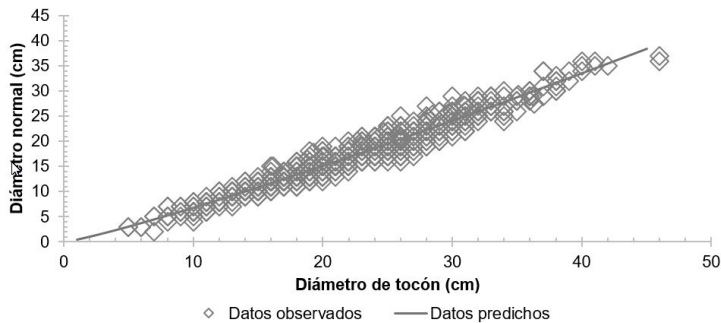


Figura 2. Estimaciones del dn en función del dt con el M2 para plantaciones de *P. greggii* en el Ejido Fontezuelas, municipio de Metztlán, Hidalgo.

La tendencia de las estimaciones hacia una línea recta (Diéguez *et al.*, 2003; Benítez-Naranjo *et al.*, 2004) y los valores de los estadísticos de bondad de ajuste del modelo, además de los resultados en las pruebas de exactitud de M2, hacen confiable su aplicación dentro del rango de los datos utilizados para predecir el dn a través del dt en plantaciones de *P. greggii* en el Ejido Fontezuelas. Sin embargo, tal como lo menciona Benítez-Naranjo *et al.* (2004), los resultados obtenidos y de acuerdo con la tendencia lineal de la función y de la geometría del modelo, esta ecuación puede ser aplicable como referencia fuera del rango de datos usados en el ajuste, sin ser específicos a la muestra empleada.

El uso del modelo M2 para la predicción del dn a partir del dt , incluye como variable independiente la altura del tocón, situación que recomienda Diéguez *et al.* (2003), debido a que el fuste distorsiona su forma circular a medida que la altura aumenta, sin embargo, Corral-Rivas *et al.* (2007) mencionan que se deberá realizar mayor investigación cuando las cortas se realizan a una altura diferente a los 0.30 m.

Para ejemplificar la aplicación de este modelo de manera práctica, se plantea el supuesto de una tala clandestina en una superficie de 0.5 hectáreas y 300 árboles derribados, en la cual, de acuerdo con la altura de los árboles aledaños, se clasifica en un índice de sitio (IS) de 16 m (Hernández *et al.*, 2014) y el promedio de los diámetros de los tocones residuales es de 25 cm con una altura del tocón aproximadamente a 0.3 m.

Por lo tanto, al aplicar la ecuación M2 propuesta, se tiene que

$$d_n = 0.249414(25)\left(\frac{1.3}{0.30}\right)^{0.925046} + e$$

el diámetro normal promedio es de 19.71 cm. Con este valor de d_n estimado, y al aplicar la ecuación de volumen total propuesta por Muñoz *et al.* (2012) para esta región y especies en particular, obtenemos que

$$Vol = 0.382849697((0.25^2)(16))^{0.866278861}$$

resultando un volumen total promedio de 0.382849697 m³ por árbol, representando un aproximado de volumen extraído por la corta ilegal de 114.8549091 m³.

CONCLUSIONES

El ajuste del modelo M2 muestra una tendencia lineal entre las variables utilizadas, un adecuado ajuste estadístico, una predicción confiable de la variable dependiente y un sesgo en la estimación muy bajo.

La inclusión de la altura de tocón (ht) como variable independiente en los modelos de estimación del d_n a través del dt , mejora significativamente las predicciones realizadas y por las innumerables técnicas de derribo aplicadas en México y la forma topográfica accidentada del país y justifica la medición de esta variable en los inventarios forestales.

Con la estimación correcta del diámetro normal a partir del diámetro de tocón, se puede realizar la cuantificación y evaluación confiable por cortas o talas clandestinas, desastres naturales, la reconstrucción de la estructura del bosque antes de una intervención o la evaluación de las prácticas de aprovechamiento aplicadas por una pérdida de información. Además, es posible realizar estimaciones de la altura total, volumen, biomasa o carbono de manera confiable.

LITERATURA CITADA

Aigbe, H. I., Modogu W. W. y Oyebade B. A.. 2012. Modeling volume from stump diameter of *Terminalia ivorensis* (A. CHEV) in Sokponba Forest Reserve,

Edo State, Nigeria. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science 7(3):146-151.

- Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial en los trópicos. *In*: Predicción del Rendimiento. FAO Montes Estudio 22/2. Vol. 2. Roma Italia. 118 p.
- Augusto, C. T., J., Vargas M. O. y Escalier H. M. 2009. Ajuste y selección de modelos de regresión para estimar el volumen total de árboles. Documento Técnico No. 5. Escuela de Ciencia Forestales de la Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 27 p.
- Barreto-Medel, H., Frederic, M., Nepveu, G., y Álvarez-Lazo, C. D. 2011. Curvas anamórficas de Índice de Sitio para Plantaciones de *Pinus caribea* Morelet var. *Caribea* Barret y Golfari de la empresa forestal integral MACURIJE (IFI) en la provincia de Pinar del Río, Cuba. Revista Chapingo: Serie de Ciencias Forestales, 17(2), 245-252.
- Bava, J. O. y P. M. López B. 2006. Predicción del diámetro a la altura de pecho en función de los dimensiones del tocón de árboles de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Tierra del Fuego, Argentina. Quebracho 15:87-92.
- Benítez-Naranjo, J. Y., Rivero-Vega, M. Vidal-Corona, A. Rodríguez-Rodríguez J. y Álvarez-Rivera R.C. 2004. Estimación del diámetro normal a partir del diámetro del tocón en plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Forst. en la provincia Camaquëy, Cuba. Revista Chapingo Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente 10(1):25-30.
- Castedo, F. y Álvarez, J.G. 2000. Construcción de una tarifa de cubicación con clasificación de productos para *Pinus radiata* D. Don en Galicia basado en una función de perfil del tronco. Invest. Agrar. Recur. For. 9 (2): 253-268.
- Corral-Rivas, J. J., Barrio-Anta, M. Aguirre-Calderón, O. A. and Diéguez-Aranda U. 2007. Use of stump diameter to estimate diameter at breast height and tree volumen for major pine species in El Salto, Durango (México). Forestry 80 (1): 29 - 40.
- 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.
- Diéguez, A. U., Barrio A. M., Castedo D. F. y Balboa M. M. 2003. Estimación del diámetro normal y del volumen del tronco a partir de las dimensiones del tocón para seis especies forestales comerciales de Galicia. Invest. Agrar.:

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios S.A. México D.F. p.46-52.
- Gayon, J. 2000. History of the concept of allometry. *Am. Zool.* 40: 748-758.
- Guajarati, D. N. 1999. *Econometría*. 2ª. Parte. N/S. Estados Unidos. Pp. 127 – 131.
- Hernández-Ramos, J., García-Magaña, J.J., Olvera-Delgadillo, E. H., Velarde-Ramírez, J.C., García-Cuevas X. y Muñoz-Flores, H. J. 2014. Índice de sitio para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. en Metztlán, Hidalgo, México. *Rev. Chapingo Serie Ciencias For. y del Ambiente* 29(2):167-176.
- Huang, S. 2002. Validating and localizing growth and yield models: procedures, problems and prospects. *In: Proceedings of IUFRO Workshop on Reality, Models and Parameter Estimation: the Forestry Scenario*. Sesimbra, Portugal (2-5 de junio de 2002).
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI). 1992. Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. México, D. F.: Autor.
- Martin, J. G., Kloeppel B. D., Schaefer T. L., Kimbler D.L. and McNulty S. G. 1998. Aboveground biomass and nitrogen allocation of ten deciduous southern Appalachian tree species. *Can. J. Forest Res.* 28: 1648-1659.
- Martínez-López, L. y Acosta-Ramos, A. 2014. Estimación del diámetro, altura y volumen a partir del diámetro del tocón para *Quercus laurina* en Ixtlán, Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 20 (1):59-70.
- Molinero, M. L. 2003. ¿Y si los datos no siguen una distribución normal?. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Publicación digital. <http://www.seh-lelha.org/stat1.htm>
- Muñoz, F. H. J., Velarde R. J.C., García M. J.J., Sáenz R. J.T., Olvera D. E. H. y Hernández R. J. 2012. Predicción de volúmenes de fuste total para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. *Rev. Mexicana de Ciencias Forestales*. 3(14): 11-22.
- Niklas, K. J. and Enquist B. J. 2002. On the vegetative biomass partitioning of seed plant leaves, stems, and roots. *Am. Naturalist* 159: 482-497.
- Núñez, P., Calderón, S.E. y Gil, S. 2010. Búsqueda de orden y armonía en la naturaleza, descubriendo leyes de escala en el aula. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 4(1):118-126.

-
- Pompa-García, M., De los Santos-Posadas, H. M., Zepeda-Bautista, M.E. y Corral-Rivas, J.J. 2011. Un modelo dendrométrico para estimación del diámetro normal a partir de las dimensiones del tocón. *Agrociencia* 45(3):379-387.
- Prodan, M., Peters R., Cox F. y Real P. 1997. *Mensura forestal. Serie de investigación y evaluación en desarrollo sostenible*. San José, Costa Rica. IICA, GTZ. 561 p.
- Posada, S. L. y Rosero N. R. 2007. Comparación de modelos matemáticos: una aplicación en la evaluación de alimentos para animales. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 20:141.148.
- Quiñonez, B. G., Cruz C. F., Vargas L. B. y Hernández F. J. 2012. Diámetro, altura y volumen a partir del tocón para especies forestales de Durango. *Rev. Mex. Cien. For.* 3(9):23-39.
- Quiñonez-Barraza, G., De los Santos-Posadas, H.M. Álvarez-González J. G. y Velázquez-Martínez A. 2014. Sistema compatible de ahusamiento y volumen comercial para las principales especies de *Pinus* en Durango, México. *Agrociencia* 48(5):553-567.
- Statistical Analysis System Institute INC. (SAS) 2003. *SAS/STATTM User's guide*, Release 9.1 Edition. Cary, NC. USA. 409 p.
- SAS Institute INC, 2015. *SAS/STATTM User's guide*, Release 9.2 Edition Publicación digital. http://support.sas.com/documentation/cdl/en/etsug/60372/HTML/default/viewer.htm#etsug_model_sect043.htm
- Zeide, B. and Vanderschaaf C. 2002. The effect of density on the height-diameter relationship. En Outcalt KW (Ed.) *Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference*. Gen. Tech. Rep. SRS-48. USDA. Ashville, NC, EEUU. p: 463-466.

SISTEMA COMPATIBLE DE AHUSAMIENTO Y VOLUMEN COMERCIAL PARA PLANTACIONES COMERCIALES DE *Pinus greggii* Engelm. EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

TAPER COMPATIBLE SYSTEM AND TRADE VOLUME FOR *Pinus greggii* Engelm. COMMERCIAL PLANTATIONS IN HIDALGO STATE, MEXICO

Hernández RJ^{1*}, Hernández RA², García MJJ³, García CX¹, Muñoz HJ¹, García EGG⁴ y Olvera DEH⁵

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

²Estudiante de Maestría Colegio de Postgraduados (COLPOS). ³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). ⁴Estudiante de Maestría Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). ⁵ Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). INIFAP. Campo Experimental Chetumal. Carretera Chetumal-Bacalar Km. 25, Chetumal, Quintana Roo, México. C.P. 77000. Tel. Oficina 01 (983) 83-20-167 y Tel. Cel. (045) 983 7 33 17 95.

RESUMEN

La determinación de manera precisa del ahusamiento (d) y volumen comercial (V_m) en plantaciones forestales, es fundamental en la planeación del manejo forestal. Con el ajuste simultáneo de ecuaciones compatibles de d - V_m se reduce la incertidumbre de la estimación. El objetivo fue, ajustar modelos compatibles de d - V_m para plantaciones forestales comerciales de *Pinus greggii* Engelm. en Metztlán, Hidalgo, México. Con datos de altura total (H), diámetro normal (D_n), altura y diámetro a diferentes alturas (hm y d) de 24 árboles (232 pares de valores), se calculó el volumen por método de trozas traslapadas. Se utilizó el modelo de volumen total (V_t) de Schumacher-Hall y los modelos compatibles de d - V_m de Fang y Bailey (1999), Fang y Bailey (1999) caso 1-a y Lenhart (1971), donde $h=H-hm$ es el volumen de punta no comercial y $k=3.1416/40000$. Se utilizó el programa estadístico SAS 9.4 y el procedimiento MODEL con la opción FIML, se ajustaron los modelos simultáneamente. El mejor modelo fue el de Fang y Bailey (1999);

$$V_m = 0.000062 D n^{2.105294} H^{0.668833} + 0.000033 d^{1.853462} h^{1.164595}$$

donde

$$d = \frac{0.853462 \cdot 2 \cdot k}{0.853462 \cdot 2 \cdot 1.164595 + 0.000033} h^{1.164595/1.853462} + H^{0.668833/1.853462} h^{1.164595/1.853462}$$

por una $R^2_{ajustada}$ superior a 0.95 y los valores más bajos en la Raíz del Error Cuadrático Medio (*RECM*), tanto en el d , como el V_m . Al ajustar los valores predichos contra los observados se tuvo una línea recta y una tendencia lógica de la información. El modelo es confiable para estimar de forma directa el diámetro a cualquier altura y la altura a cualquier diámetro, por consiguiente el volumen a cualquier altura y diámetro deseados.

Palabras clave: Volumen total, aprovechamiento, distribución de productos.

INTRODUCCIÓN

En el cálculo del volumen total o por tipo de producto en cada unidad de superficie previo a la cosecha, es indispensable contar con un sistema preciso de cubicación del arbolado en pie y una ecuación que determine el patrón de troceado, todo ello, para maximizar el volumen o el valor de los productos obtenidos (Cancino, 1993; De la Fuente *et al.*, 1998; Tamarit, 2013) en las plantaciones forestales comerciales (PFC). Además, es una herramienta básica en los inventarios forestales y en la planeación de las actividades de manejo (Corral-Rivas y Nívar-Cháidez, 2009). Las funciones de ahusamiento permiten describir la forma del fuste, calcular la altura comercial para cualquier diámetro límite deseado, estimar el volumen total y comercial, además de obtener el volumen por trozas individuales (Clutter *et*

al., 1983; Cobos *et al.*, 2008) por árbol, o bien, pueden describir y estimar estas variables de manera general para una especie o plantación forestal, y permiten realizar estimaciones de las existencias volumétricas por hectárea.

Los modelos exponenciales al ajustar de manera simultánea el ahusamiento con el volumen total, el resultado es la estimación del volumen comercial de forma compatible, ya que los valores de los parámetros obtenidos integran la forma del árbol y el volumen correspondiente a este a diferentes secciones (Demaerschalk, 1972; Clutter, 1980).

Por la importancia que tienen las proyecciones de distribución de productos en la planeación del manejo y la valoración económica de las PFC, además por la solidez matemática de los modelos al ajustarlos de forma simultánea, el objetivo fue ajustar de modelos compatibles de volumen comercial (V_m) para árboles individuales para plantaciones forestales comerciales de *Pinus greggii* Engelm. en Metztitlán, Hidalgo, México, integrado por un modelo de volumen total (V_t), y comercial variable generados a partir de funciones de ahusamiento (d).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las PFC de *P. greggii* se encuentra ubicadas en el Ejido Fontezuelas, municipio de Metztitlán, Hidalgo entre los 98° 54' de longitud oeste y los 20° 29' de latitud norte a una altitud que oscila entre 2,000 y 2,500 m. Están localizadas dentro de la provincia del Eje Neo-volcánico Transversal y la sub-provincia del Carso Huasteco (INEGI, 1985) con suelos de tipo Feozem háplico y Regosol eútrico (INEGI, 1992). El tipo de clima es BS₁ Kw₁ (templado semi-seco) (García, 1988) y la Región Hidrológica es RH26 correspondiente al Río Pánuco, sub cuenca del río Moctezuma y la micro-cuenca Hermosillo-Fontezuelas (INEGI, 1985).

Se obtuvo información de 24 árboles en PFC de *P. greggii* distribuidos estratégicamente para cubrir toda la variabilidad de formas y tamaños resultado del crecimiento de estos árboles, como lo indica Torres y Magaña (2001) en la metodología propuesta para mejorar el intervalo de aplicación de los modelos.

La toma de datos se realizó mediante un muestreo destructivo, semejante a lo realizado por Tamarit *et al.* (2013) y Hernández *et al.* (2013) donde se derribó y troceo el arbolado tomando mediciones de diámetro normal (D_n), diámetro con corteza (d) y alturas (H_m) a distancias de 1, 1.5 y 2 metros de acuerdo con las condiciones de forma del árbol, a partir de la altura del tocón (H_t) hasta la altura total (H).

En el caso de la cubicación de trozas individuales se utilizó la fórmula de Newton y la del cono para la punta, mientras que el volumen total por individuo se estimó con el método de trozas traslapadas propuesto por Bailey en 1995.

Se auditó, corrigió y depuró la base de datos a través de graficar las variables de ahusamiento y volumen acumulado, observando el comportamiento de la información y la tendencia lógica (Figura 1a y 1b) como lo realizó Pompa-García *et al.* (2009), Tamarit *et al.* (2013) y Hernández *et al.* (2013)

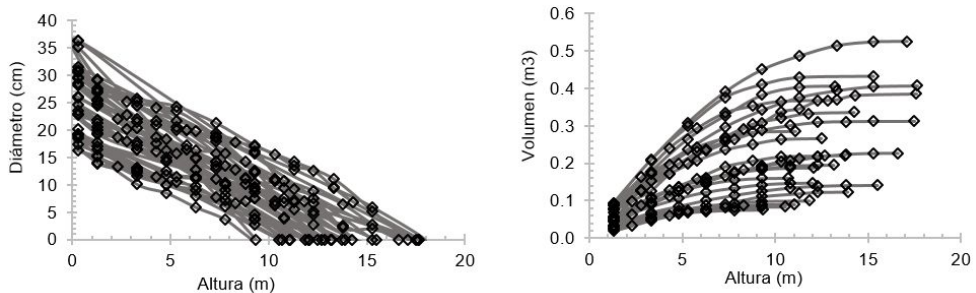


Figura 1. Comportamiento del diámetro (Izquierda) y del volumen acumulado con respecto a la altura sobre el fuste (Derecha).

Se analizaron tres sistemas compatibles de ahusamiento-volumen comercial seleccionados de la literatura, los cuales se probaron y evaluaron para describir el perfil fustal en árboles de *P. greggii* (Cuadro 1).

Cuadro 1

Sistemas compatibles de ahusamiento-volumen comercial analizados.

Función de ahusamiento	Función de volumen comercial
Modelo de Fang y Bailey (1999) caso 1-a	
$d = \sqrt{\frac{a_0 D n^{a_1} H^{a_2} \frac{k}{b_0} h^{\frac{k}{b_0}}}{b_0}}$	$V_m = a_0 D n^{a_1} H^{a_2} \frac{k}{b_0} d^2 h$
Modelo General de Fang y Bailey (1999)	
$d = \frac{\frac{k}{b_0} H^{2k/b_0}}{\frac{k}{b_0} H^{2k/b_0} + \frac{D n^{a_1} H^{a_2}}{b_0} h^{k/b_0}}$	$V_m = a_0 D n^{a_1} H^{a_2} \frac{k}{b_0} d^{b_1} h^{b_2}$ <p style="text-align: center;">donde $h = H - M$</p>
Modelo de Lenhart (1971)	

$$d = Dn \left[\frac{H \cdot M}{H \cdot 1.3} \right]^{\frac{1}{b_1 \cdot D^2}}$$

$$V_m = a_0 D n^{a_1} H^{a_2} \left[\frac{d^{b_1}}{D n^{b_1 \cdot D^2}} \right] \quad (1.3)$$

Estos sistemas compatibles de ahusamiento-volumen comercial utilizados cumplen con la condición en donde $h=H$ cuando $d=0$, por lo cual, pueden ser utilizados para la predicción del diámetro a cualquier altura en el árbol.

En el ajuste de los sistemas empleados, se realizó como lo indican Fang y Bailey (1999) y Fang *et al.* (2000), utilizando el modelo de volumen total de Schumacher-Hall para mejorar la estimación, obtener de manera más rápida la convergencia del sistema y mejorar la significancia de los estimadores. Para evitar problemas en la estimación de los parámetros en el ajuste estadístico se empleó un valor de $\Delta=0.1$ (un milímetro en el diámetro), junto con una variable indicadora en la punta del árbol para $h=H$, cuando $d=0$.

El ajuste estadístico de los modelos se efectuó por medio de máxima verosimilitud (FIML) con el procedimiento MODEL del paquete estadístico SAS/ETS® (Statistical Analysis System, 2008), ajuste apropiado para la estimación de los parámetros de manera simultánea. Con este procedimiento se muestra normalidad en las asintotas, mínima la varianza y asume una media igual a cero (Gujarati, 2004), considerando una distribución normal e independencia en los errores (Bruce *et al.*, 2003).

La evaluación y selección del mejor modelo se realizó utilizando los estadísticos de bondad de ajuste comúnmente utilizados, como lo son el coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros ($R^2_{ajustada}$) y la raíz del error cuadrático medio (RECM). (Prodan *et al.*, 1997; Corral *et al.*, 2007). Las fórmulas utilizadas son 9, 10 y 11. Además, se graficaron los datos observados contra los predichos de ahusamiento y volumen comercial para verificar la tendencia de una línea recta y la lógica de la información.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los valores estimados de los parámetros a_0 , a_1 y a_2 para volumen comercial y b_0 , b_1 y b_2 para el ahusamiento, y su significancia en los

modelos, los cuales resultaron altamente significativos con un nivel de confiabilidad mayor al 95 %, situación semejante a lo obtenido por Hernández *et al.* (2013) al utilizar estos mismos sistemas; con excepción del parámetro a_0 del modelo de Lenhart y Clutter (1971) que solamente fue significativo de manera marginal.

Cuadro 2

Valores de los parámetros en los sistemas compatibles de ahusamiento-volumen comercial utilizados para PFC de *P. greggii*.

Modelo	Parámetros	Estimación	Error Std. Aproximado	Valor t	Pr > t
Fang y Bailey (1999) caso 1-a	a_0	0.000066	7.96E-06	8.24	<.0001
	a_1	2.164311	0.0369	58.71	<.0001
	a_2	0.577799	0.0282	20.52	<.0001
	b_0	0.000031	2.92E-07	106.64	<.0001
Fang y Bailey (1999)	a_0	0.000062	8.52E-06	7.27	<.0001
	a_1	2.105294	0.0405	51.95	<.0001
	a_2	0.668833	0.0329	20.35	<.0001
	b_0	0.000033	3.11E-06	10.54	<.0001
	b_1	1.853462	0.0498	37.19	<.0001
Lenhart y Clutter (1971)	b_2	1.164595	0.0449	25.96	<.0001
	a_0	0.000063	7.85E-06	8.09	<.0001
	a_1	2.135902	0.0362	59.02	<.0001
	a_2	0.624908	0.028	22.33	<.0001
	b_0	0.000031	5.42E-07	57.39	<.0001
	b_1	3.282505	0.0161	203.5	<.0001

Como se puede observar en el Cuadro 2, el modelo implícito de volumen total (Schumacher-Hall) para los tres sistemas compatibles tuvieron valores en los parámetros muy semejantes y todos resultaron significativos, diferencia atribuible al ajuste simultaneo de los modelos. Al comparar la estimación del volumen total con este modelo y los parámetros obtenidos en los tres ajustes, con los resultados reportados por Muñoz *et al.* (2012) para *P. greggii* la diferencia entre las predicciones es en promedio de 4.4 %, por ejemplo en un árbol de 30 cm de d y una altura total de 11 m.

Por otro lado, con base a los criterios de bondad de ajuste de los sistemas compatibles se puede apreciar que el modelo de Fang y Bailey (1999) es el que

presentó mejor ajuste para los datos utilizados en el volumen comercial y total (Cuadro 3). Este modelo explica de mayor manera la variabilidad total del volumen comercial representada con la $R^2_{ajustada}$ más alta de todos y el menor valores en la $RECM=2.2937$, indicando una alta precisión en los estimadores, estos valores de ajuste son semejante a los reportados por Pompa-García *et al.* (2009) (Cuadro 3).

Cuadro 3

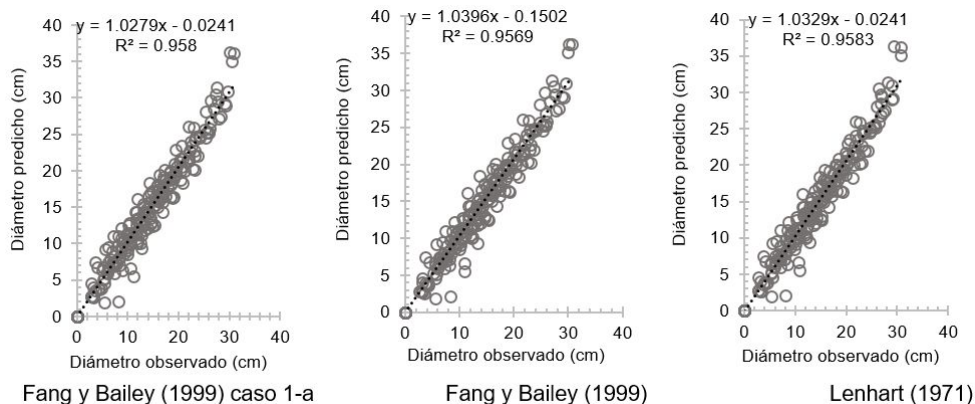
Estadísticos de bondad de ajuste de los tres sistemas de ahusamiento-volumen comercial utilizados para P. greggii

Modelo	Variable dependiente	SSE	ECM	RECM	R ²	R ² -adj
Fang y Bailey (1999) caso 1-a	Vol. Comercial	473.2	2.4020	1.5499	0.9572	0.9570
	Ahusamiento	0.1227	0.000623	0.0250	0.9551	0.9549
Fang y Bailey (1999)	Vol. Comercial	449.6	2.2937	1.5145	0.9594	0.9589
	Ahusamiento	0.119	0.000607	0.0246	0.9564	0.9560
Lenhart (1971)	Vol. Comercial	470.2	2.3687	1.5391	0.9575	0.9576
	Ahusamiento	0.1761	0.000905	0.0301	0.9356	0.9344

SSE=Suma de cuadrados. *ECM*=Error Cuadrático Medio. *R²*=Coeficiente de determinación.

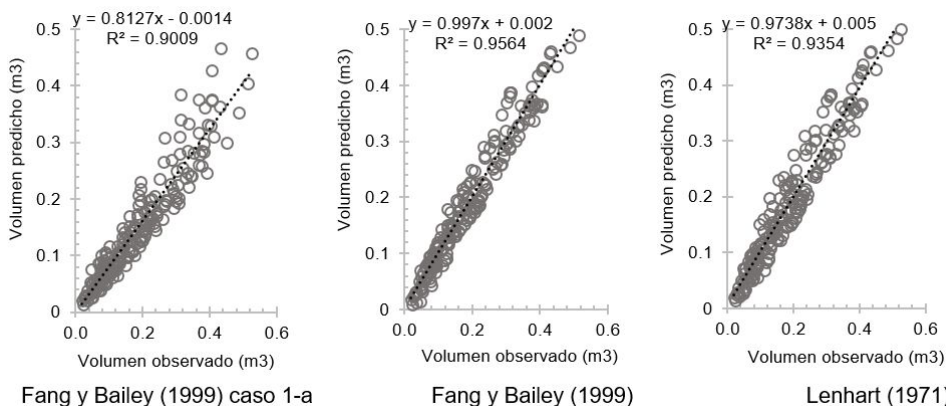
Por los valores de bondad de ajuste mencionados anteriormente, el modelo de Fang y Bailey propuesto en 1999, fue el que mejor estima el volumen total y describe el perfil de los árboles de *P. greggii* en función con las variables incluidas dentro de la expresión matemática.

Para corroborar las predicciones hechas con los tres sistemas compatibles con respecto a los datos observados se graficaron las estimaciones de diámetro y volumen comercial con respecto a las observadas (Figura 2 y 3).



Fang y Bailey (1999) caso 1-a Fang y Bailey (1999) Lenhart (1971)

Figura 2. Comparación del diámetro observado contra los predichos de los tres sistemas compatibles utilizados.



Fang y Bailey (1999) caso 1-a Fang y Bailey (1999) Lenhart (1971)

Figura 3. Comparación del volumen comercial observado contra los predichos de los tres sistemas.

En las Figuras 2 y 3 se observar una adecuada predicción de las variables de ahusamiento (Fassola *et al.*, 2007; Lara, 2011) y volumen comercial, además de una tendencia de los valores hacia una línea recta, teniendo que en el modelo de Lenhart (1971) es el que menos desviaciones presenta, seguido del modelo de

Fang y Bailey (1999) caso 1-a y por último el de Fang y Bailey (1999), sin embargo, para predecir de manera conjunta el volumen comercial y ahusamiento, el sistema de Fang y Bailey (1999) fue el de mejor predicción, debido a que al ajustar de manera lineal los datos observados y los predichos, el Coeficiente de determinación (R^2) tuvo el mayor valor que los otros sistemas utilizados.

Al graficar las estimaciones realizadas con el modelo se observa una tendencia adecuada de los datos (Figura 2a y 2b), semejante a lo reportado por otros autores (Rodríguez y Broto, 2003; Fassola *et al.*, 2007; Lara, 2011).

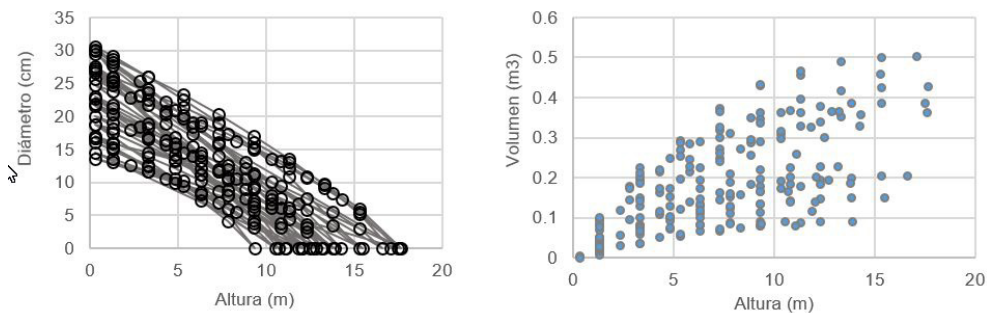


Figura 2. Comportamiento del diámetro (Izquierda) y del volumen acumulado con respecto a la altura sobre el fuste (Derecha) estimados.

En los resultados del estudio a pesar del buen ajuste en los estadísticos para los sistemas compatibles utilizados, se observó que la predicción del diámetro a diferentes alturas tiende a tener algunos problemas en alturas menores o iguales a 0.3 m (Altura de tocón) en el sistema seleccionado de Fang y Bailey (1999) y a subestimar en general los diámetros por debajo del primer tercio del árbol, situación semejante a la obtenida en Ecuador por Lara (2011) y Tamarit *et al.* (2013) en México, y por lo cual, se deberá tener cuidado en la aplicación en los casos mencionados de forma particular.

Las partes bajas del arbolado pueden ser medidas de manera directa con precisión y lo fundamental es contar con herramientas que realicen estas estimaciones en las partes altas de manera exacta para conocer la distribución

de productos, el diámetro mínimo y el volumen arrojado (Rodríguez y Broto, 2003; Tamarit *et al.*, 2013).

Considerando un árbol que crece en una Calidad de estación II, Índice de Sitio (*IS*) de 18 m (Hernández *et al.*, 2014) con un *Dn* de 30 cm, se estima el volumen total utilizando los parámetros de la ecuación de Schumacher-Hall que integramos en el sistema compatible y es igual a 0.592 m³, valor semejante al obtenido por Muñoz *et al.* (2012) para esta especie en esta región. Posteriormente y tomando como referencia un diámetro mínimo de 20 cm como trocería de largas dimensiones para la industria del aserrío, se tiene que la altura del fuste a la cual se alcanza el *d* mínimo establecido, y el volumen comercial será de 7.8 m y 0.405 m³, respectivamente, además, si el diámetro base para productos de cortas dimensiones es de 10 cm, se tiene una longitud de fuste de 3.1 m para secundarios y un volumen de 0.114 m³, por consiguiente se tendrá una longitud de punta igual a 4.7 m y un volumen para celulósicos de 0.032 m³.

Con los resultados obtenidos en el estudio se pueden realizar estimaciones precisas del volumen total y volumen comercial en plantaciones de *P. greggii* para la proyección en la distribución de productos a obtener por hectárea, destinados a un mercado diferenciado maderable y no maderable.

CONCLUSIONES

El sistema compatible de ahusamiento y volumen comercial de Fang y Bailey (1999) bajo el ajuste de la técnica FIML, es el que mejores estimaciones presenta para describir el perfil de los árboles de *P. greggii* en las PFC evaluadas, por ello, podrá ser utilizado de manera confiable para predecir el diámetro a cualquier altura y su respectivo volumen, además de que es compatible con las ecuaciones de volumen total hechas para esta región y especie.

Además, la información generada, es una herramienta valiosa para ser utilizada en la estimación del tamaño de muestra de los inventarios forestales, en la predicción de la distribución de productos esperada por árbol o hectárea de las plantaciones y la valoración económica dentro de un mercado diferenciado de los productos maderables o no maderables obtenidos del aprovechamiento forestal.

Debido a que las actividades silvícolas aplicadas en las PFC afectan la forma del árbol y por consiguiente la distribución de productos, la constante actualización de esta información es fundamental en la planeación del manejo forestal sostenible para esta especie.

LITERATURA CITADA

- Bailey, L. R. 1995. Upper stem volumes from stem analysis data: an overlapping bolts method. *Can. J. For. Res.* 25(1): 170-173.
- Bruce, H. P., A. Tomer and Alexander V. E. 2003. Structural Equation Modeling: Applications in Ecological and evolutionary Biology. Cambridge University Press. England. 393 p.
- Cancino, C. J. O. 1993. Modelo optimizador de trozado de árboles basado en funciones de ahusamiento y Programación Dinámica. Tesis de Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 230 p.
- Clutter, J.L., 1980. Development of taper functions from variable-top merchantable volume equations. *For. Sci.* 26: 117-120.
- Clutter, J. L., C. Fortson J., V. Piennar L., H. Brister G. and L. Bailey R. 1983. Development of taper functions from variable-top merchantable volumen equations. *For. Sci.* 26(1):117-120.
- Corral, R., J. J., M. Barrio A., A. O. Aguirre C. and U. Diéguez A. 2007. Use of stump diameter to estimate diameter at breast height and tree volume for major pine species in El Salto, Durango (México). *Forestry* 80: 29-40.
- Corral-Rivas, S., y J. J. Návar-Chaidez. 2009. Comparación de técnicas de estimación de volumen fustal total para cinco especies de Durango, México. *Rev. Chapingo Serie Ciencias For. y del Ambiente* 15(1): 5-13.
- Cruz-Cobos, F., H. M. De los Santos-Posadas, y J. R. Valdéz- Lazalde, 2008. Sistema compatible de ahusamiento– volumen para *Pinus cooperi* Blanco en Durango México. *Agrociencia* 42(4): 473-485.
- De la Fuente, E. A., A. Velázquez M., J. M. Torres R., H. Ramírez M., C. Rodríguez F. y A. Trinidad S. 1998. *Rev. Mex. Cien. For.* 23(84):3-8.
- Demaerschalk, J. 1972. Converting volumen equations to compatible taper equations. *For. Sci.* 18: 241-245.
- Fang, Z. and R. L. Bailey. 1999. Compatible volume and taper models with coefficients for tropical species on Hainan Island in Southern China. *For. Sci.* 45(1): 85–100.
- Fang, Z., B. E. Borders and R. L. Bailey. 2000. Compatible volume-taper models for loblolly and slash pine based on a system with segmented-stem form factors. *For. Sci.* 46(1):1-12.

-
- Fassola, H. E., Crechi E., Keller A. y Barth S. 2007. Funciones de forma de exponente variable para la estimación de diámetros a distintas alturas en *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. cultivado en la Mesopotamia, Argentina. *RIA* 36(2): 109-128.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. México: Offset Larios.
- Gómez-Aparicio, L., J. M. Ávila y L. Cayuela. 2013. Métodos de máxima verosimilitud en ecología y su aplicación en modelos de vecindad. *Ecosistemas* 22(3):12-20.
- Gujarati, N. D. 2004. Violación de los supuestos del modelo clásico. Traducción al español por Garmendia G., D., Arago M. G. y M. Misas A. *In: McGraw Hill Interamericana de México* (ed.). *Econometria*. 4th ed. México. pp. 327-538.
- Hernández-Ramos, J., J. J. García-Magaña, E. H. Olvera-Delgadillo, J. C. Velarde-Ramírez, X. Gacia-Cuevas y H. J. Muñoz-Flores. Índice de sitio para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. en Metztlán, Hidalgo, México. *Rev. Chapingo Serie Ciencias For. y del Ambiente* 29(2):167-176.
- Hernández, P. D., H. M. De los Santos P., G. Ángeles P., J. R. Valdez L. y V. H. Volke Haller. 2013. Funciones de ahusamiento y volumen comercial para *Pinus patula* Schltdl. et Cham. en Zacualtipán, Hidalgo. *Rev. Mex. Cien. For.* 4(16):33-45.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1985. Cartas topográficas y edafológicas. INEGI. SPP. México, D.F. México.
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI). 1992. Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. México, D. F.: Autor.
- 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.
- Muñoz, F. H. J., J. Cosme V. R., J. J. García M., J. T. Sáenz R., E. H. Olvera D. y J. Hernández R. 2012. Predicción de volúmenes de fuste total para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. *Rev. Mex. Cien. For.* 3(14): 11-22.
- Pompa-García, M., C. Hernández, J. A. Prieto-Ruiz y R. Dávalos S. 2009. Modelación del volumen fustal de *Pinus durangensis* en Guachochi, Chihuahua, México. *Madera y Bosques* 15(1):61-73.
- Posada, S. L. y R. Rosero N. 2007. Comparación de modelos matemáticos: una aplicación en la evaluación de alimentos para animales. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 20:141-148.

-
- Prodan, M., R. Peters, F. Cox and P. Real. 1997. Mensura forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Costa Rica. 561 p.
- Rodríguez, P. y M. Broto. 2003. Ecuaciones de volumen comercial para las principales especies maderables de Castilla y León. Junta de Castilla y León. CESEFOR. Soria, España. 33 p.
- Quiñonez-Barraza, G., H. M. De los Santos-Posadas, J. G. Álvarez-González y A. Velázquez-Martínez. 2014. Sistema compatible de ahusamiento y volumen comercial para las principales especies de *Pinus* en Durango, México. *Agrociencia* 48(5):553-567.
- Tamarit, U. J. C. 2013. Cubicación, crecimiento y rendimiento maderable e inventario operativo para *Tectona grandis* en el sureste de México. Tesis Doctorado. Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Edo. de México. 97 p.
- Tamarit U., J. C., H. M. De los Santos P., A. Aldrete, J. R. Valdez-Lazalde, H. Ramírez M. y V. Guerra C. 2013. Sistema de cubicación para árboles individuales de *Tectona grandis* L. f. mediante funciones compatibles de ahusamiento – volumen. *Rev. Mex. Cien. For.* 5(21):58-74.
- Torres R, J. M. y O. S. Magaña T. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa. México, D. F. 472 p.
- Wintle, B. A., McCarthy, M. A., Volinsky, C. T. & Kavanagh, R. P. 2003. The use of Bayesian model averaging to better represent uncertainty in ecological models. *Conservation Biology* 17:1579-1590.
- Zepeda, B. E. M. y M. Acosta M. 2000. Incremento y rendimiento maderable de *Pinus montezumae* Lamb., en San Juan Tetla, Puebla. *Madera y Bosques* 6(1):15-27.

SISTEMA DE CUBICACIÓN PARA TECA ESTABLECIDA EN PLANTACIONES COMERCIALES EN EL SURESTE DE MÉXICO

VOLUME ESTIMATION SYSTEM FOR TEAK IN FOREST PLANTATIONS ESTABLISHED IN SOUTHEAST OF MEXICO

Tamarit UJC^{1*} y De los Santos PHM²

¹INIFAP CIRGOC Campo Experimental San Martinito. Carretera Federal México-Puebla km 56.5 San Martinito, Tlahuapan, Puebla C.P. 74100, Autor para correspondencia: tamarit.juan@inifap.gob.mx. ²Colegio de Postgraduados. Programa Forestal. Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México C.P. 56230.

RESUMEN

Ante la escasez de ecuaciones locales para estimar el volumen total y comercial para plantaciones forestales comerciales (PFC) de *Tectona grandis* L. f. (Teca) establecidas en el Sureste de México, se estableció el objetivo de generar para esta especie un sistema de cubicación a nivel de árbol individual (SCAI), conformado por modelos de volumen total y comercial variable, obtenido a partir de modelos de ahusamiento. La muestra que se trabajó fue de 144 árboles obtenida de PFC localizadas en Campeche, Tabasco y Chiapas. En cada árbol se tomaron mediciones de diámetros con corteza y alturas tomadas cada metro a partir de la altura que corresponde al tocón hasta la altura total. Se reunieron 2,846 pares de observaciones diámetro-altura. Se evaluó el ajuste estadístico por regresión de seis modelos de ahusamiento de tipo segmentados, se seleccionó como el mejor al modelo de Fang *et al.* (2000), que posteriormente se ajustó en forma simultánea y compatible con su respectiva función de volumen comercial usando máxima verosimilitud y aplicando la técnica de modelo de efectos mixtos, se corrigieron los problemas de heterocedasticidad y autocorrelación. El sistema de cubicación generado, quedó conformado por ecuaciones que describen con precisión el perfil fustal y estiman el volumen comercial y total, así como la altura comercial a un diámetro mínimo y viceversa, lo que permite cubicar y estimar el volumen por tipo de producto de acuerdo al uso industrial requerido. El SCAI hace posible realizar valoraciones económicas de las PFC con esta especie, constituye una herramienta

técnica para aplicar silvicultura cuantitativa y, es de utilidad práctica y operativa como apoyo para el tomador de decisiones encargado del manejo de las plantaciones.

Palabras clave: *Tectona grandis*, modelos de ahusamiento segmentados, volumen por tipo de producto.

INTRODUCCIÓN

Tectona grandis L. f. (Teca) en México es una especie forestal exótica de rápido crecimiento y alto valor económico de su madera, se ha introducido principalmente en el sureste para establecer plantaciones forestales comerciales (PFC). Pese al esfuerzo técnico y de inversión por el gobierno e iniciativa privada para el establecimiento de PFC con esta especie, hacen falta realizar estudios específicos enfocados a generar herramientas técnicas que sean de utilidad práctica y operativa en la toma de decisiones para el manejo silvícola a cargo del administrador forestal. Contar con una herramienta que permita estimar el volumen total y comercial de arbolado individual en forma precisa, es una de las necesidades primarias en todo proyecto de inversión en PFC.

Aun cuando en la literatura se reportan ecuaciones que estiman volumen total árbol para plantaciones de Teca, estas se han generado para otras regiones y países bajo condiciones edafo-climáticas y silvícolas diferentes a las prevalecientes en el sureste Mexicano, por lo que urge desarrollar un sistema de cubicación de arbolado individual, más aún cuando la superficie establecida con esta especie va en aumento.

Los modelos de ahusamiento describen el perfil diamétrico del fuste y facilitan estimar el volumen por distribución de productos a cualquier límite en diámetro o altura comercial (Diéguez et al., 2009). Con un modelo de este tipo también se puede estimar la altura a un determinado diámetro mínimo o viceversa y con ello el volumen respectivo, el resultado de utilidad práctica es una tabla de cubicación por tipo de producto, lo que las convierte en una valiosa herramienta técnica de apoyo para el manejo del recurso forestal con fines maderables (Sakici et al., 2008). Los modelos de ahusamiento de tipo segmentado han resultado ser los más precisos para estimar el volumen, toman en cuenta los cuerpos dendrométricos del árbol, neiloide en la parte basal, paraboloide en la sección central y cono en la parte superior. El objetivo del presente trabajo fue generar un sistema de cubicación

de árbol individual para plantaciones de Teca, integrado por modelos de volumen total y comercial variable, generados a partir de un modelo de ahusamiento de tipo segmentado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra analizada consistió en 144 árboles que representaron las diferentes edades, categorías de diámetro y altura en que están establecidas las PFC de Teca en Campeche, Tabasco y Chiapas. Cada árbol fue derribado y troceado efectuándose mediciones de diámetros con corteza (d) y alturas (HM) tomadas cada 30 cm en árboles adultos y cada metro en árboles jóvenes a partir de una altura inicial que corresponde al tocón (hb) hasta la altura total (H), además del diámetro normal (D). En total se colectaron 2,846 pares de observaciones diámetro-altura distribuidos a lo largo de los fustes. La cubicación de las trozas se realizó usando la fórmula de Newton y el método del centroide (Wiant et al. 1992), para la punta del fuste se usó la fórmula del cono. El volumen total del fuste de cada árbol se calculó usando el método de trozas traslapadas (Bailey, 1995).

Los modelos de ahusamiento de tipo segmentado que se evaluaron fueron: 1 de Zhang et al. (2002), 2 de Parresol et al. (1987), 3 de Fang *et al.*, (2000), 4 de Max y Burkhart (1976), 5 de Cao *et al.* (1980) y 6 de Zepeda y Domínguez (1997) (Cuadro 1).

Cuadro 1

Modelos de ahusamiento de tipo segmentado evaluados

Función	Modelo
$d = DH^{(k_1-B_1)/2B_1} \left[a^{I_1} (1-q)^{(k_1-B_1)^{1-I_1} B_2^{I_1}} / (B_1^{1-I_1} B_2^{I_1}) \right]^{1/2}$ $I_1 = 1 \text{ si } q > p_1 \text{ y } 0 \text{ si } q \leq p_1$	1
$d = D[z^2(B_1 + B_2z) + (z - p_1)^2(B_3 + B_4(z + 2p_1))]I_1^{1/2}$ $I_1 = 1 \text{ si } z \geq p_1; 0 \text{ de otra forma}$	2
$d = c_1 \left[H^{\frac{k-B_1}{B_1}} (1-q)^{\frac{k-\beta}{\beta}} \alpha_1^{I_1+I_2} \alpha_2^{I_2} \right]^{1/2}$ $I_1 = 1 \text{ si } p_1 \leq q \leq p_2; 0 \text{ de otra forma}$ $I_2 = 1 \text{ si } p_2 \leq q \leq 1; 0 \text{ de otra forma}$	3
$d = D[B_1(q-1) + B_2(q^2-1) + B_3(p_1-q)^2 I_1 + B_4(p_2-q)^2 I_2]^{1/2}$ $I_1 = 1 \text{ si } q \leq p_1; 0 \text{ de otra forma}$ $I_2 = 1 \text{ si } q \leq p_2; 0 \text{ de otra forma}$	4
$d = D \frac{C_0}{k} [2z + B_1(3z^2 - 2z) + B_2(z - p_1)^2 I_1 + B_3(z - p_2)^2 I_2]^{1/2}$ $I_1 = 1 \text{ si } z \geq p_1; 0 \text{ de otra forma}$ $I_2 = 1 \text{ si } z \geq p_2; 0 \text{ de otra forma}$	5
$d = D[B_1X + B_2X^2 + B_3(p_1 - X)I_1 + B_4(p_2 - X)^2 I_2]$ $I_1 = 1 \text{ si } X \geq p_1; 0 \text{ de otra forma}$ $I_2 = 1 \text{ si } X \geq p_2; 0 \text{ de otra forma}$	6

Dónde:

$$\begin{aligned} a &= (1-p_1)^{k(B_2-B_1)/B_1B_2}, H' = H/(H-1.3), k = \pi/40000, k_1 = \pi/8 \\ q &= HM/H, r_0 = (1-hb/H)^{k/B_1}, r_1 = (1-p_1)^{k/B_1}, r_2 = (1-p_2)^{k/B_2} \\ X &= (H-HM)/(H-1.3), z = (H-HM)/H \\ c_1 &= \left(a_0 D^{\alpha_1} H^{\alpha_2 - \frac{k}{B_1}} / B_1 (r_0 - r_1) + B_2 (r_1 - \alpha_1 r_2) + B_3 \alpha_1 r_2 \right)^{1/2} \\ \alpha_1 &= (1-p_1)^{k(B_2-B_1)/B_1B_2}, \alpha_2 = (1-p_2)^{k(B_3-B_2)/B_2B_3}, \beta = B_1^{1-(I_1+I_2)} B_2^{I_1} B_3^{I_2} \end{aligned}$$

a_0 - a_2 , B_1 - B_4 , c_0 , p_1 , p_2 son parámetros a ser estimados.

I_1 , I_2 : son variables indicadoras sobre el cambio de cuerpo dendrométrico del fuste.

El ajuste estadístico de los modelos se efectuó por máxima verosimilitud (ML) utilizando el procedimiento MODEL del paquete estadístico SAS/ETS® (Statistical Analysis System Institute Inc., 2009). La evaluación y selección del mejor modelo se realizó utilizando el coeficiente de determinación corregido por el número de parámetros (R2adj), el sesgo, la raíz del error cuadrático medio (RECM) y el criterio de información de Akaike (AIC). También se consideró la suma de cuadrados del error (SCE), el cuadrado medio del error (CME), el valor de verosimilitud (logLik) y se generó un criterio de calificación con base en Sakici et al. (2008). El mejor modelo de ahusamiento seleccionado posteriormente se ajustó en forma simultánea y compatible con su respectiva función de volumen comercial usando regresión no lineal mediante ML, de acuerdo con Pinheiro y Bates (2000) y Hall y Clutter (2004) se utilizó una formulación bajo el enfoque de modelo de efectos mixtos (MEM). El ajuste se efectuó con el programa estadístico libre R versión 2.14.0 (<http://www.r-project.org>, R Development Core Team 2009). Por la naturaleza de los datos de tipo longitudinal, irregularmente espaciados y no balanceados, se corrigió el problema de heterocedasticidad y el de autocorrelación (Zimmerman y Núñez-Antón, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los valores de los parámetros de los modelos ajustados, todos resultaron altamente significativos un nivel de significancia del 5%, excepto el parámetro B2 para el modelo 6 que fue no significativo. El modelo 2 presentó problemas de convergencia. Los modelos 3 y 4 estiman el primer punto de inflexión en donde ocurre el cambio de neiloide a paraboloide al 7 % de la altura total, en tanto que el segundo punto de inflexión en que sucede el cambio de paraboloide a cono lo estiman al 58 % y 68 % respectivamente. En el Cuadro 3 se observa que el modelo 3 que corresponde al de Fang *et al.*, (2000) tiene el mejor ajuste, ya que comparativamente presentó el valor más alto de R2adj, el menor CME, la más baja SCE, el menor sesgo, la más alta precisión dado su menor valor de la RECM, el menor valor en el AIC y el mayor valor de verosimilitud, además de una alta significancia en cada uno de sus parámetros, por lo que se considera como el apropiado para estimar el perfil diamétrico del fuste para los árboles de Teca.

Cuadro 2

Valores de los parámetros de los modelos de ahusamiento segmentados

Modelo	Parámetros de los modelos ajustados								
	a_0	a_1	a_2	B_1	B_2	B_3	B_4	p_1	p_2
1				0.06046	0.146891			0.084543	
2				1.816952	-0.90475	-918.732	352.4087	0.860866	
3	0.000056	1.832793	0.987849	0.00000911	0.000031	0.000026		0.078421	0.584001
4				-3.02206	1.511058	130.0702	-1.1035	0.078792	0.685058
5**				1.001502	-2.19351	257.5969		0.31635	0.921991
6				1.125800	0.072999*	-0.57610	9.341892	0.283357	0.891331

*No significativo. **Valor del parámetro $c_0=0.000039$

El modelo seleccionado tiene en forma explícita una ecuación de volumen total que corresponde al modelo de Schumacher-Hall y en forma implícita una ecuación de volumen comercial que es compatible con la función de ahusamiento, por lo que forman un sistema que puede ajustarse de manera simultánea.

Cuadro 3

Estadísticas de bondad de ajuste de los modelos segmentados de ahusamiento

Modelo	Valores de los estadísticos en el ajuste						
	SCE	CME	RECM	R^2_{adj}	Sesgo	AIC	logLik
1	4,941.9	1.8684	1.3668	0.9839	-0.00196	1,658.20	-4,583
2	4,985.3	1.8862	1.3734	0.9838	0.18632	1,685.36	-4,595
3	3,897.7	1.4764	1.2150	0.9873	0.01256	1,039.66	-4,269
4	4,877.3	1.8461	1.3586	0.9841	0.21022	1,629.36	-4,566
5	4,877.6	1.8462	1.3587	0.9841	0.20999	1,629.52	-4,566
6	4418.6	1.6724	1.2932	0.9856	0.08554	1,367.82	-4,435

La función que estima el volumen comercial (V_c) generada por Fang et al. (2000) que es compatible para su ajuste con la del ahusamiento, así como la correspondiente ecuación de volumen total (V) y la expresión para estimar la altura comercial (H_m) a un diámetro mínimo comercial (d) se presentan enseguida. Junto con la expresión de ahusamiento (modelo 3), queda así conformado el sistema de cubicación para árbol individual de Teca, en donde es posible estimar el volumen total o bien el volumen comercial a un diámetro o altura mínimo requerido, así como estimar el diámetro mínimo a una determinada altura comercial y viceversa.

$$Vc = c_1^2 H^{k/B_1} [B_1 r_0 + (I_1 + I_2)(B_2 - B_1)r_1 + I_2(B_3 - B_2)\alpha_1 r_2 - \beta(1 - q)^{k/\beta} \alpha_1^{I_1+I_2} \alpha_2^{I_2}]$$

$$HM = H[1 - ((d^2 / (c_1^2 H^{k-B_1/B_1} \alpha_1^{I_1+I_2} \alpha_2^{I_2}))^{\beta/(k-\beta)})]$$

$$V = a_0 D^{a_1} H^{a_2}$$

En el Cuadro 4 se presenta el resultado del ajuste del sistema al usar ML y la técnica MEM. El parámetro que se tomó con efectos mixtos fue B1. El modelo etiquetado como MEM-C que corresponde al sistema ahusamiento – volumen comercial corregido tanto por heterocedasticidad como por autocorrelación es comparativamente mejor ya que estadísticamente resultó significativo con respecto al MEM-A sin corregir y al MEM-B solo corregido por heterocedasticidad, dados los menores valores en los criterios AIC y BIC, así como el mayor valor de verosimilitud. El hecho de adicionar efectos aleatorios al usar MEM, además de permitir un uso más eficiente de los datos ya que se controla la variación aleatoria individual, es posible minimizar los problemas de heterocedasticidad y autocorrelación; sin embargo, para su completa corrección y de acuerdo con Garber y Maguire (2003) es necesario recurrir a los métodos antes referidos. Así, después de la corrección citada los residuos del MEM-C son ahora mucho más homogéneos como demuestra la estacionariedad y no significancia en los primeros retardos (Figura 2).

Cuadro 4

Estadísticos de ajuste del sistema compatible ajustado como MEM

Modelo	gl	AIC	BIC	logLik	Prueba	L.Ratio	Valor de p
MEM-A	10	13050.629	13116.376	-6515.315			
MEM-B	11	7764.171	7836.493	-3871.086	2 vs 3	5288.458	<.0001
MEM-C	12	1808.541	1887.438	-892.271	3 vs 4	5957.630	<.0001

En el Cuadro 5 se muestran los valores de los parámetros, la bondad del ajuste y los intervalos para los efectos fijos resultado del ajuste del modelo corregido por heterocedasticidad y autocorrelación. Fang y Bailey (2001) indican que bajo el enfoque MEM es posible mejorar las características de los parámetros al compensar por el efecto de variables tomadas en una misma unidad experimental, agregan que este enfoque considera la correlación contemporánea lo que ayuda a reducir considerablemente el error estándar de los parámetros del modelo y a que los valores por componente se unifiquen. Con relación al parámetro B1 con efecto aleatorio a nivel de árbol, se estimó una desviación estándar de 0.0000017, el error

estándar dentro de grupo fue de 1.724956. El valor de phi para la estructura de correlación fue de 0.915212 y el valor de la función de varianza fue de -0.2144176.

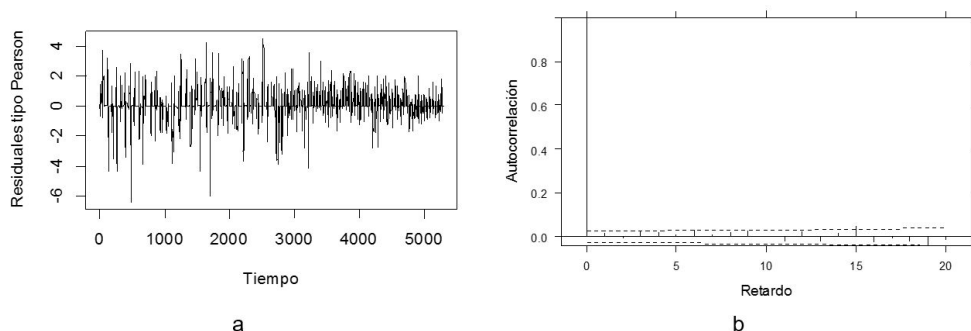


Figura 1: Comportamiento gráfico de los residuos (a) y de retardos (b) ante la corrección por autocorrelación usando una estructura tipo ARMA($p=1$, $q=0$).

Cuadro 5

Parámetros estimados y bondad de ajuste del modelo 7 usando MEM corregido

Parámetro	Valores de los parámetros				Intervalo efectos fijos	
	Estimador	Error Estándar	Valor de t	Significancia	Inferior	Superior
a0	0.000043	0.0000026	16.25806	<.0001	0.000038	0.000048
a1	1.857931	0.0156744	118.53275	<.0001	1.827225	1.888636
a2	1.041967	0.0248644	41.90599	<.0001	0.993259	1.090675
B1	0.000008	0.0000002	44.74921	<.0001	0.000007	0.000008
B2	0.000031	0.0000002	124.58794	<.0001	0.000030	0.000031
B3	0.000025	0.0000002	113.51315	<.0001	0.000024	0.000025
p1	0.062788	0.0006581	95.40379	<.0001	0.061499	0.064078
p2	0.583021	0.0057264	101.81230	<.0001	0.571803	0.594239

CONCLUSIONES

El modelo de ahusamiento de tipo segmentado de Fang et al. (2000) fue seleccionado para describir el perfil diamétrico del fuste, la función de volumen comercial que se obtiene al integrarlo permite cubicar árboles individuales de Teca establecidos en PFC. Ambas funciones junto con la expresión volumen total y la de altura comercial

conforman un sistema completo de cubicación a nivel de árbol individual. El ajuste simultáneo de la función de ahusamiento y de volumen comercial mediante la técnica de modelos de efectos mixtos ofrece estimaciones precisas tanto del volumen comercial y total como de diámetros mínimos comerciales a diferentes alturas y viceversa. El modelo de volumen total implícito en la función de ahusamiento, realiza estimaciones que tienden ser ligeramente conservadoras comparadas con las que reporta la literatura para esta especie en otros países de América tropical, pero más próximas a los volúmenes observados en la zona de estudio, lo cual refuerza su validez.

LITERATURA CITADA

- Bailey L. R. 1995. Upper stem volumes from stem analysis data: an overlapping bolts method. *Can. J. For. Res.* 25, 170-173.
- Cao Q. V., Burkhart H. E., & Max, T. A. 1980. Evaluation of two methods for cubic-volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. *Forest Science* 26, 71-80.
- Diéguez-A. U., A. Rojo A., F. Castedo-D., J. G. Álvarez G., M. Barrio-A., F. Crecente-C., J. M. González, C. Pérez-C., R. Rodríguez S., C. A. López-S., M. Á. Balboa-M., J. J. Gorgoso V., & F. Sánchez R. 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia, España. 259 p.
- Fang, Z., & R. L. Bailey. 2001. Nonlinear mixed effects modeling for slash pine dominant height growth following intensive silvicultural treatments. *Forest Science* 47(3), 287-300.
- Fang Z., Borders B. E., & Bailey R. L. 2000. Compatible volume-taper models for loblolly and slash pine based on a system with segmented-stem form factors. *Forest Science* 46, 1-12.
- Garber, S. M. & D. A. Maguire. 2003. Modeling stem taper of three central Oregon species using nonlinear mixed effects models and autoregressive error structures. *For. Ecol. Manage.* 179(1-3), 507-522.
- Hall D. B., & J. L. Clutter. 2004. Multivariate multilevel nonlinear mixed effects models for timber yield predictions. *Biometrics* 60, 16-24.
- Max, T. A., & Burkhart, H. E. 1976. Segmented polynomial regression applied to taper equations. *Forest Science* 22, 283-289.

-
- Parresol B., Hotvedt J., & Cao Q. 1987. A volume and taper prediction system for bald cypress. *Canadian Journal Forest Research* 17, 250-259.
- Pinheiro, J. C., & D. M. Bates. 2000. *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. Springer, New York.
- R Development Core Team. 2006. *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sakici, O. E., N. Misira, H. Yavuz, & M. Misira. 2008. Stem taper functions for *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* in Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 522-533.
- Statistical Analysis System (SAS). 2008. *SAS/STAT® 9.2 User's Guide*. SAS Institute Inc. Raleigh, NC. USA. s/p.
- Wiant Jr. H. V., Wood G. B., & Furnival G. M. 1992. Estimating log volume using the centroid position. *Forest Science* 38(1), 187-191.
- Zepeda B. E. M., & A. Domínguez P. 1997. Ecuaciones de ahusamiento para tres especies de pino, del ejido El Largo, Chihuahua. In: *Memoria de resúmenes de ponencias del III Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales*. Linares, NL. pp 43.
- Zhang Y., Borders B. E., & Bailey R. L. 2002. Derivation, fitting, and implication of a compatible stem taper-volume-weight system for intensively managed, fast growing loblolly pine. *Forest Science* 48(3), 595-607.
- Zimmerman, D. L., & Núñez-Antón, V. 2001. Parametric modelling of growth curve data: an overview (with discussion). *Test* 10, 1-73.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE *Tectona grandis* L, BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN TABASCO

PRODUCTION POTENTIAL OF *Tectona grandis* L, UNDER CONDITIONS OF TEMPORARY IN TABASCO

Ramírez J. G.^{1*}

¹Centro de Investigación Regional Sureste-INIFAP. Mérida, Yucatán. México. Calle 6 (Av. Correa Racho) Núm. 398, Col. Díaz Ordaz, Mérida, Yucatán. México. CP 97000; Tel. +52(800)-088-2222 Ext. 88512. gramirez0458@hotmail.com

RESUMEN

La determinación del potencial productivo de especies vegetales es fundamental para planear el desarrollo de un determinado cultivo en las regiones donde los factores de clima y suelo interaccionan para su mejor crecimiento y producción. En la región sureste de México se han fomentado las plantaciones forestales y en particular en el estado de Tabasco, por lo anterior se planteó la necesidad de determinar si en el estado existen áreas que presenten las condiciones óptimas para establecer plantaciones forestales de Teca *Tectona grandis* L. Se determinaron los requerimientos de la especie y con las bases de datos de clima, suelo y elevación digital se reclasificaron y se analizaron espacialmente a través del SIG Arc/Gis 9.3 y al considerar solo las áreas abiertas al cultivo se encontró que en Tabasco se cuenta con 89,356 hectáreas de alto potencial y 3,266 hectáreas de Mediano Potencial bajo condiciones de temporal, por lo que es fundamental orientar las plantaciones de Teca a los municipios con potencial para mejorar su desarrollo y producción.

Palabras clave: Regionalización, Plantaciones, Forestales.

INTRODUCCIÓN

La selección de especies es fundamental para establecer una plantación forestal comercial en un área determinada, es decir, al plantar una especie en un lugar es

importante que se le proporcionen las condiciones adecuadas, las cuales favorecerán su óptimo crecimiento. Cada especie forestal tiene sus propios requerimientos para su desarrollo, por lo que las principales condiciones agroecológicas que deben considerarse son tipo de suelo, clima, factores de riesgo ecológico y eventos extremos (precipitaciones excesivas, inundaciones, sequías, ciclones), entre otros. 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. Por lo anterior, en el estudio se describe cuáles son los principales requerimientos agroecológicos de *T. grandis* L., su regionalización para conocer su distribución geográfica en la entidad y si existen zonas de alto o mediano potencial, o simplemente las condiciones no son apropiadas para su desarrollo.

Teca es una especie introducida de rápido crecimiento. Se distribuye naturalmente en el sureste asiático. Se adapta fácilmente a las condiciones tropicales de México, especialmente en aquellas regiones de suelos profundos, con buen drenaje y con precipitaciones superiores a los 1600 mm anuales. Actualmente existen plantaciones en los estados de Campeche, Colima, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Tabasco y Veracruz, principalmente. Árbol caducifolio que puede alcanzar hasta 45 m, pero por lo general mide de 20 a 30 m de altura; su diámetro normal puede ser de hasta 100 cm. Presenta fustes rectos, con poca ramificación, desarrolla contrafuertes bien formados con corteza lisa de color marrón. Hojas simples, oblongas, de hasta 60 cm de largo por 40 cm de ancho. Inflorescencias en panículas erectas y ramificadas terminalmente de 50 cm de largo. Especie de polinización cruzada, el fruto es una baya de forma esférica o casi redonda, de hasta 30 mm de diámetro. La semilla es semiesférica con un diámetro de 11 a 14 mm (Conafor, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el área de Potencial Productivo y Tecnologías en el Centro de Cooperación para el Desarrollo de los Trópicos (CECODET), ubicado en las Oficinas del Centro de Investigación Regional Sureste de INIFAP localizado en la Ciudad de Mérida, Yucatán.

Determinación de los Requerimientos Agroecológicos. Partiendo de la información revisada, en el INIFAP se consideraron los siguientes criterios para determinar las áreas potenciales para plantaciones de *T. grandis* L., bajo condiciones de temporal, por lo que en el **cuadro 1** se indican las condiciones óptimas para su desarrollo en donde interaccionan todas las variables consideradas como favorables para su crecimiento, subóptimos donde interaccionan características climáticas y edafológicas apropiadas con alguna limitante y finalmente las no aptas.

Cuadro 1

Requerimientos agroecológicos de Tectona grandis L.

Variable	Unidades	Óptimo	Subóptimo	No Apto
Temperatura	°C	22 - 32	14-22 32-40	Menor de 14 Mayor de 40
Altitud	msnm	0 - 500	500 – 1200	Mayor de 1200
Precipitación	mm	1500-4000	1200-1500 4000 a 4500	Menor de 1200 Mayor de 4500
Suelo	Tipo	Andosoles Fluvisoles Luvisoles Nitisoles	Cambisoles Kastañozems	Acrisoles Planosoles Vertisoles Gleysoles Histosoles Leptosoles Solonchaks Regosoles
Profundidad	m	Mayor de 1.5	1.5 – 1.0	Menor de 1.0
pH	Nivel	6.0 – 7.5	5.0 a 5.9 7.5 – 8.0	Menor de 5.0 Mayor de 8.0
Drenaje	Tipo	Bueno	Bueno	Deficiente
Latitud Norte	Grados	11-24	9 – 10 25 - 26	Menor de 9 Mayor de 26
Ciclo del Cultivo	Días	270 - 365	200 - 270	Menor de 200

Fuente: Consulta a investigadores forestales y FAO-ECOCROP 2014.

Determinación de las Zonas Potenciales. Para procesar y analizar la información se optó por utilizar el software Arc Gis versión 9.3., programa desarrollado por la empresa estadounidense ESRI. Con él se pueden representar datos georreferenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis (Caso, 2010).

Toda la actividad en Arc Gis tiene lugar dentro del proyecto, una colección de documentos asociados con los que se trabaja durante la sesión de Arc Gis. Los proyectos pueden contener cinco tipos de documentos: vistas, tablas, gráficos, layouts (o salidas impresas) y scripts.

Se identificaron los requerimientos de las principales especies establecidas en las PFC, y se seleccionaron aquellas características adecuadas al desarrollo de las especies vegetales estudiadas 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 Teca (Ver ejemplo en Figura 1).

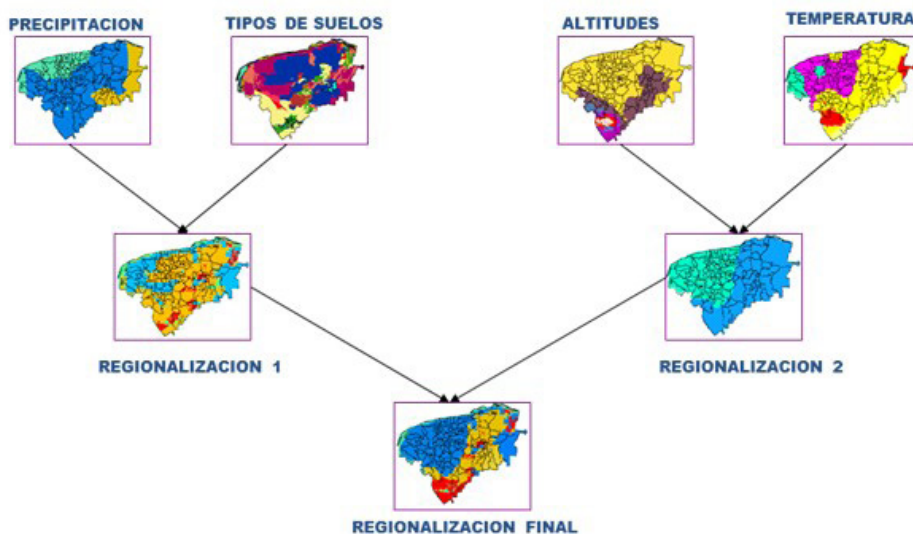


Figura 1. Ejemplo del Proceso de Reclasificación e Intersección para Regionalizar Especies

Respecto a los criterios de regionalización se clasificaron las Zonas Potenciales en Alto, Mediano y No Aptas. Las de Alto Potencial son aquellas en donde interaccionan todas las variables agroclimáticas en su condición óptima para que el cultivo 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 (INIFAP 1993; Ramírez, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La zonas de Alto Potencial se identifican en la figura 2 en color verde y las de Mediano Potencial en color naranja, las No Aptas sin color.

Superficie Actual y superficies potenciales de Teca. En el estado de Tabasco actualmente se tienen establecidas 6 mil hectáreas de Teca principalmente en los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Balancán, Tenosique, Emiliano Zapata y Centro. En base al estudio se determinó que en el estado de Tabasco existen áreas que presenten las condiciones óptimas para establecer Plantaciones Forestales de Teca. De acuerdo a los resultados se encontró, que tan solo en las áreas abiertas al cultivo se disponen de 89,356 hectáreas de Alto Potencial y 3,266 de Mediano Potencial para establecer *T.grandis* L, bajo condiciones de temporal.

Es importante indicar que uno de los principales factores limitativos es la precipitación media anual y sobre todo, su distribución, ya que prácticamente donde se tienen de 4 a 6 meses secos (menores de 100 mm) su desarrollo se detiene. El otro factor limitativo para las plantaciones forestales comerciales de teca son los suelos con drenaje deficiente, ya que requieren suelos con buen drenaje.

Distribución de las Zonas Potenciales para Teca. *T.grandis* L es una de las especies forestales que para su desarrollo óptimo sus requerimientos agroecológicos son más demandantes, ya que requiere suelos profundos y una precipitación superior a las de Melina y Cedro. Es esta una de las causas de que en el estudio solo se identificaron zonas de alto potencial que se localizan en los municipios de Macuspana, Jalapa, Teapa, Tacotalpa, Centro, Nacajuca, Huimanguillo y Tenosique y zonas de mediano potencial muy limitadas localizadas en los municipios de Cárdenas y Balancán (Figura 2).

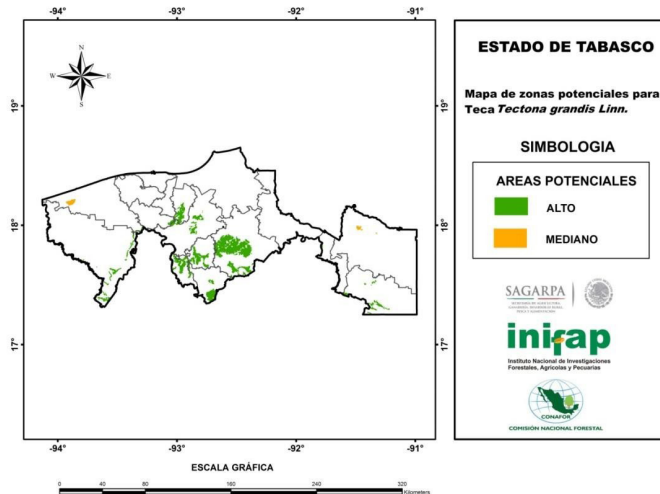


Figura 2. Distribución de las Zonas Potenciales para *Tectona grandis* L., en Tabasco

CONCLUSIONES

1. El estado de Tabasco cuenta con las condiciones para el desarrollo óptimo de plantaciones comerciales de *T. grandis* L., bajo condiciones de temporal.
2. La principal limitante para su desarrollo en la entidad son los suelos inundables que se presentan en algunos municipios de la entidad.
3. Su mejor desarrollo se manifiesta en suelos profundos, lo que implica competir con áreas agropecuarias para su reconversión productiva.
4. El estado cuenta con las condiciones de altitud y temperatura óptimas en la mayor parte de la geografía del estado para el establecimiento y crecimiento de Teca.
5. Las zonas de alto y mediano potencial superan a la superficie actual que se tiene de plantaciones forestales comerciales de Teca.
6. Las plantaciones forestales comerciales en el estado de Tabasco se deben de orientar a las áreas con alto potencial donde se presentan las mejores condiciones de clima y suelo para su desarrollo.

-
7. En 8 de los 17 municipios de la entidad se cuenta con condiciones para producir la *T.grandis* L., bajo condiciones de temporal con alto potencial productivo.

LITERATURA CITADA

- Caso O, E. E; 2010. Manual de Arc Gis 9.3 Básico. Descripción de la Suit ArcGis, Representación de Consulta y de Datos, Primera Guía. Edición: Región Junin. Integrando el Cambio, Huancayo, Perú. 3 p.
- CONAFOR. 2011. Situación Actual y Perspectivas de las Plantaciones Forestales Comerciales en México. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de México. 448 p.
- FAO, 2014. Ecocrop, Requerimientos ecológicos de las especies vegetales, base de datos. Roma, Italia.
- INIFAP-SARH, 1993. Determinación del Potencial Productivo de Especies Vegetales por Distrito de Desarrollo Rural en Campeche, SARH – INIFAP. Mérida, Yuc.
- Ramírez J, G. 1995. Áreas con Potencial para el Cultivo de Palma Aceitera en Campeche. INIFAP – Campo Experimental Edzná. Campeche, Camp.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE *Gmelina arborea* Roxb, BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN TABASCO

PRODUCTION POTENTIAL OF *Gmelina arborea* Roxb, UNDER CONDITIONS OF TEMPORARY IN TABASCO

Ramírez J. G.^{1*}

¹Centro de Investigación Regional Sureste-INIFAP. Mérida, Yucatán. México. Calle 6 (Av. Correa Racho) Núm. 398, Col. Díaz Ordaz, Mérida, Yucatán. México. CP 97000; Tel. +52(800)-088-2222 Ext. 88512. gramirez0458@hotmail.com

RESUMEN

La determinación del potencial productivo de especies vegetales es fundamental para planear el desarrollo de un determinado cultivo en las regiones donde los factores de clima y suelo interaccionan para su mejor crecimiento y producción. En la región sureste de México se han fomentado las plantaciones forestales y en particular en el estado de Tabasco, por lo anterior se planteó la necesidad de determinar si en el estado existen áreas que presenten las condiciones óptimas para establecer plantaciones forestales de Melina *Gmelina arborea* Roxb. Se determinaron los requerimientos de la especie y con las bases de datos de clima, suelo y elevación digital se reclasificaron y se analizaron espacialmente a través del SIG Arc/Gis 9.3 y al considerar solo las áreas abiertas al cultivo se encontró que en Tabasco se cuenta con 191,532 hectáreas de alto potencial y 542,573 hectáreas de Mediano Potencial bajo condiciones de temporal, por lo que es fundamental orientar las plantaciones de Melina a los municipios con potencial para mejorar su desarrollo y producción.

Palabras clave: Regionalización, Plantaciones, Forestales.

INTRODUCCIÓN

La selección de especies es fundamental para establecer una plantación forestal comercial en un área determinada, es decir, al plantar una especie en un lugar es

importante que se le proporcionen las condiciones adecuadas, las cuales favorecerán su óptimo crecimiento. Cada especie forestal tiene sus propios requerimientos para su desarrollo, por lo que las principales condiciones agroecológicas que deben considerarse son tipo de suelo, clima, factores de riesgo ecológico y eventos extremos (precipitaciones excesivas, inundaciones, sequías, ciclones), entre otros. 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.

Por lo anterior, en el estudio se describe cuáles son los principales requerimientos agroecológicos de *G. arborea Roxb*, su regionalización para conocer su distribución geográfica en la entidad y si existen zonas de alto o mediano potencial, o simplemente las condiciones no son apropiadas para su desarrollo.

Melina es una especie introducida a México; es de rápido crecimiento y se desarrolla en selvas de clima tropical húmedo y subhúmedo. Se distribuye naturalmente en todo el sureste asiático. En México se tienen plantaciones en los estados de Campeche, Chiapas, Michoacán, Jalisco, Oaxaca, Sinaloa, Tabasco y Veracruz principalmente. Es un árbol caducifolio que llega a medir hasta 20 m de altura, en forma general presenta un fuste recto con contrafuertes que puede medir de 50 a 60 cm de diámetro normal. Si crece en espacios abiertos, se hace un árbol muy ramificado y con una copa muy amplia; sus hojas son simples, opuestas, cordiformes, con ápice acuminado; su inflorescencia es una panícula con flores tubulares de color amarillo; las flores caen rápidamente del árbol. El fruto es una drupa carnosa, esférica u ovoide que mide de 2 a 5 cm de diámetro, que contiene una semilla, la cual mide de 12 a 25 mm y presenta de uno a cuatro carpelos, de cada uno de los cuales se puede originar una planta (CONAFOR, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el área de Potencial Productivo y Tecnologías en el Centro de Cooperación para el Desarrollo de los Trópicos (CECODET), ubicado en las Oficinas del Centro de Investigación Regional Sureste de INIFAP localizado en la Ciudad de Mérida, Yucatán.

Determinación de los Requerimientos Agroecológicos. Partiendo de la información revisada, en el INIFAP se consideraron los siguientes criterios para determinar las áreas potenciales para plantaciones de *G.arborea Roxb*, bajo condiciones de temporal, por lo que en el **cuadro 1** se indican las condiciones óptimas para su desarrollo en donde interaccionan todas las variables consideradas como favorables para su crecimiento, subóptimos donde interaccionan características climáticas y edafológicas apropiadas con alguna limitante y finalmente las no aptas.

Cuadro 1

Requerimientos agroecológicos de Gmelina arborea Roxb.

Variable	Unidades	Óptimo	Subóptimo	No Apto
Temperatura	°C	22 - 34	16-22 34-40	Menor de 16 Mayor de 40
Altitud	msnm	0 - 1000	1000 – 1800	Mayor de 1800
Precipitación	mm	1200-3000	800-1200 3000 a 4000	Menor de 800 Mayor de 4000
Suelo	Tipo	Andosoles Fluvisoles Luvisoles Nitisoles Acrisoles	Cambisoles Kastañozems Gleysoles Vertisoles	Acrisoles Planosoles Histosoles Leptosoles Solonchaks Regosoles
Profundidad	m	Mayor de 1.0	0.5 – 1.0	Menor de 0.5
pH	Nivel	5.0 – 6.0	4.0 a 5.0 6.0 – 7.5	Menor de 4.0 Mayor de 7.5
Drenaje	Tipo	Bueno	Bueno a Deficiente	Deficiente
Latitud Norte	Grados	5-30	4 – 5 30 - 31	Menor de 5 Mayor de 31
Ciclo del Cultivo	Días	300 - 365	240 - 300	Menor de 240

Fuente: Consulta a investigadores forestales y FAO-ECOCROP 2014.

Determinación de las Zonas Potenciales. Para procesar y analizar la información se optó por utilizar el software Arc Gis versión 9.3., programa desarrollado por la empresa estadounidense ESRI. Con él se pueden representar datos georreferenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis (Caso, 2010).

Toda la actividad en Arc Gis tiene lugar dentro del proyecto, una colección de documentos asociados con los que se trabaja durante la sesión de Arc Gis. Los

proyectos pueden contener cinco tipos de documentos: vistas, tablas, gráficos, layouts (o salidas impresas) y scripts.

Se identificaron los requerimientos de las principales especies establecidas en las PFC, y se seleccionaron aquellas características adecuadas al desarrollo de las especies vegetales estudiadas 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 *G.arborea Roxb* (Ver ejemplo en Figura 1).

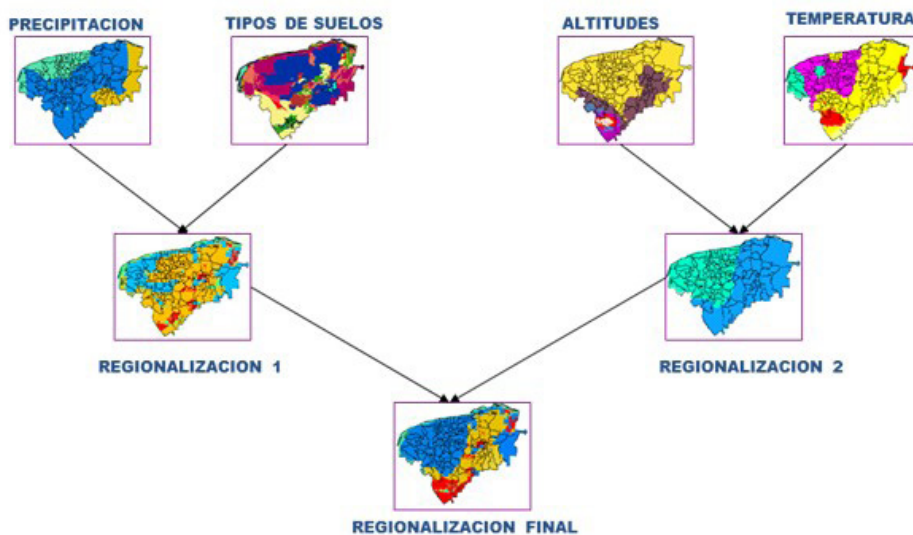


Figura 1. Ejemplo del Proceso de Reclasificación e Intersección para Regionalizar Especies

Respecto a los criterios de regionalización se clasificaron las Zonas Potenciales en Alto, Mediano y No Aptas. Las de Alto Potencial son aquellas en donde interaccionan todas las variables agroclimáticas en su condición óptima para que el cultivo 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 (INIFAP 1993;Ramírez, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La zonas de Alto Potencial se identifican en la figura 2 en color verde y las de Mediano Potencial en color naranja, las No Aptas sin color.

Superficie Actual y superficies potenciales de Melina. En México el estado de Tabasco actualmente es el que presenta las mayores superficies de plantaciones forestales comerciales y una de las especies es Melina. En 2008 se indicaba que Tabasco disponía de más de 19 mil hectáreas sembradas con plantaciones forestales comerciales que representaban el 19.2 % de la superficie nacional (Conafor, 2011) y tan solo en 2015 el plan es sembrar entre 7 a 8 mil hectáreas con especies como teca, melina, eucalipto, acacia y caoba con una proyección de llegar a 44 mil hectáreas en la entidad (www.oem.com.mx). En base al estudio se determinó que en el estado de Tabasco existen áreas que presenten las condiciones óptimas para establecer plantaciones forestales comerciales de melina. De acuerdo a los resultados se encontró, que tan solo en las áreas abiertas al cultivo se disponen de 191,532 hectáreas de Alto Potencial y 542,573 de Mediano Potencial para establecer *G.arborea Roxb*, bajo condiciones de temporal.

Es importante indicar que uno de los principales factores limitativos es la precipitación media anual y sobre todo su distribución, ya que prácticamente donde se tienen de 4 a 6 meses secos (menores de 100 mm) su desarrollo se detiene.

Distribución de las Zonas Potenciales para Melina. Las zonas de alto potencial para melina se ubican en los municipios de Huimanguillo, Tacotalpa, Teapa, Jalapa, Macuspana, Centro, Nacajuca, y Tenosique; para el caso de las zonas de Mediano Potencial hay una distribución por toda la geografía del estado, donde sobresalen los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Conduacán, Jalpa de Méndez, Nacajuca, Centro, Balancán y Emiliano Zapata. Los municipios ubicados en la zona de alto potencial se ubican en el tipo de clima Af y Am que son de los más húmedos de los cálidos donde mejor puede desarrollar esta especie (Figura 2).

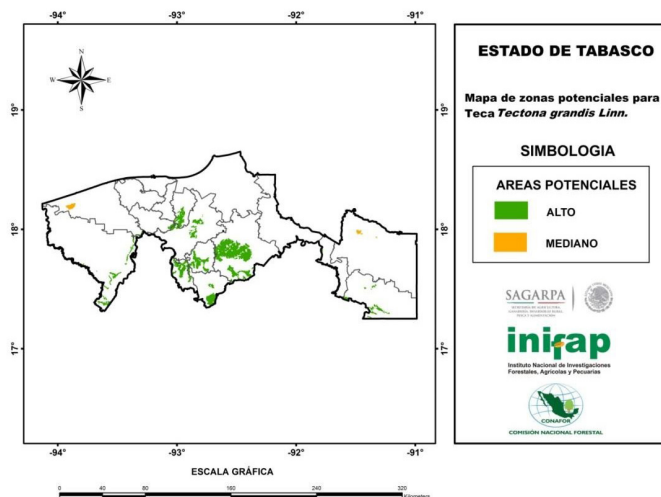


Figura 2. Distribución de las Zonas Potenciales para *Gmelina arborea* Roxb., en Tabasco

CONCLUSIONES

1. El estado de Tabasco cuenta con las condiciones para el desarrollo óptimo de plantaciones forestales comerciales de *Gmelina arborea* Roxb., bajo condiciones de temporal.
2. La principal limitante para su desarrollo en la entidad en algunas áreas es la distribución de la precipitación y suelos delgados que se presentan en algunos municipios de la entidad.
3. Su mejor desarrollo se manifiesta en suelos profundos, lo que implica competir con áreas agropecuarias para su reconversión productiva.
4. El estado cuenta con las condiciones de altitud y temperatura óptimas en la mayor parte de la geografía del estado para el establecimiento y crecimiento de melina.
5. Las zonas de alto y mediano potencial superan a la superficie actual que se tiene de plantaciones forestales comerciales de melina.
6. Las plantaciones forestales comerciales en el estado de Tabasco se deben de orientar a las áreas con alto potencial donde se presentan las mejores condiciones de clima y suelo para su desarrollo.

-
7. En 8 de los 17 municipios de la entidad se cuenta con condiciones para producir *Gmelina arborea* Roxb., bajo condiciones de temporal con alto potencial productivo.

LITERATURA CITADA

- Caso O, E. E. 2010. Manual de Arc Gis 9.3 Básico. Descripción de la Suit ArcGis, Representación de Consulta y de Datos, Primera Guía. Edición: Región Junin. Integrando el Cambio, Huancayo, Perú. 3 p.
- CONAFOR. 2011. Situación Actual y Perspectivas de las Plantaciones Forestales Comerciales en México. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de México. 448 p.
- FAO, 2014. Ecocrop, Requerimientos ecológicos de las especies vegetales, base de datos. Roma, Italia.
- INIFAP-SARH. 1993. Determinación del Potencial Productivo de Especies Vegetales por Distrito de Desarrollo Rural en Campeche, SARH – INIFAP. Mérida, Yuc.
- Ramírez J, G. 1995. Áreas con Potencial para el Cultivo de Palma Aceitera en Campeche. INIFAP – Campo Experimental Edzná. Campeche, Camp.

Referencias informáticas

- www.oem.com.mx/elmexicano/notas/n3654156.htm. Consultado el 8 de junio de 2015.

DIAGNÓSTICO MACRO-NUTRICIONAL DE 11 CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO AZSUREMEX, TENOSIQUE, TABASCO

MACRO-NUTRITIONAL DIAGNOSIS OF 11 CULTIVARS OF SUGARCANE IN THE INGENIO AZSUREMEX, TENOSIQUE, TABASCO

Espinosa SJO¹, Salgado GS², Rodríguez VNJ¹, Santos ARG³, Córdova SS^{3*}

¹Universidad Autónoma de Chiapas-Escuela Maya de Estudios Agropecuarios. Carretera Catazajá-Palenque Km. 4 C.P. 29980, Catazajá, Chiapas, México.

²Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Grupo MASCA.A-LPI-2: AESS. Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina S/N. H. Cárdenas, Tabasco. CP 86500. México.

³Universidad Popular de la Chontalpa. Cuerpo Académico de Ingeniería y Medio Ambiente (CAIyMA). Carretera Cárdenas - Huimanguillo, Km. 2.0 Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86500: *sacorsa_1976@hotmail.com.

RESUMEN

La caña de azúcar es el segundo cultivo de gran importancia económica después de la Palma de Aceite en Tenosique, Tabasco. El objetivo de esta investigación fue realizar el diagnóstico nutricional de nueve cultivares de caña de azúcar introducidos, más dos convencionales en la zona de abastecimiento del Ingenio Azsuremex. El experimento se estableció en campo con 11 tratamientos y tres repeticiones, bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Se aplicó la dosis de fertilización 100-80-60 (NPK), así mismo, se realizó el análisis foliar para determinar las concentraciones de macro-nutrientes de los cultivares. Los resultados muestran que todos los cultivares presentaron concentraciones medias de nitrógeno. El cultivar MEX 69-290 presentó concentraciones medias de fósforo y el resto concentraciones bajas. Los 11 cultivares presentaron concentraciones medias de potasio y magnesio. Se observó concentraciones medias de calcio. La concentración foliar de S fue alta en todos los cultivares. Los cultivares con excepción de MEX 69-290 que presentó concentración media de P, presentan similar requerimiento nutricional.

Palabras clave: Dosis, cultivar, fertilizante

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), es el segundo cultivo de importancia por su impacto económico y social en Tenosique, Tabasco. En la zafra 2013/14 se cosecharon 3, 936 Ha con un rendimiento promedio de 51.049 t ha⁻¹ y con un total de caña molida de 200,934.00 toneladas y una producción de azúcar de 194.610 toneladas en el Ingenio Azsuremex (Cañeros, 2014). Estos bajos rendimientos indican, entre otras causas, que la fertilización recomendada para esta región no se está aplicando correctamente, ya que la fertilización es una práctica que contribuye de forma rápida a incrementar el rendimiento de la caña (Salgado-García *et al.*, 2009). Aunque, durante las fases iniciales los requerimientos son bajos, una vez que comienza la formación de raíces y el desarrollo de la parte aérea, las necesidades aumentan, debido a su elevada capacidad de producción (tallos, follaje, cepa y raíces) aparte de que es un cultivo perenne con elevada extracción de nutrientes, por esta razón es recomendable llevar a cabo un plan de fertilización que restituya lo extraído por cultivo (Subirós, 1995; Cruz, 2010; Alcántar y Trejo 2007). Y uno de los métodos de diagnóstico más utilizados para conocer en una edad determinada las concentraciones nutrimentales en caña de azúcar, ha sido el análisis de tejidos de plantas (foliar); cuyo resultado suministra un nivel puntual de la concentración de los nutrimentos (Marsomner, 1990). Ya que las concentraciones de cada de estos se relacionan directamente con la producción (Subirós y Salas, 1999). El objetivo de este trabajo es conocer el estado nutricional de nueve cultivares de caña de azúcar introducidos, comparándolos con dos variedades establecidas en la zona de abastecimiento del Ingenio Azsuremex.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de experimento. El trabajo se realizo de diciembre 2013 a mayo 2014 en el ciclo plantilla.El área de estudio se ubica en las coordenadas UTM X 0660258 y Y 1928058 en el ejido Boca del Cerro, municipio de Tenosique, Tabasco, forma parte del área de abastecimiento del ingenios Azsuremex.

Tratamientos y Diseño experimental. El sitio experimental se estableció en un suelo Gleysol Haplico (Arcilloso, Eutrico, Húmico) GLha (eeuhu) (Salgado *et al.*, 2009). La preparación del suelo consto de un barbecho cruzado, dos pasos de rastra, surcado a 1.35 m, y la siembra se hizo a doble cordón punta cola.

Se establecieron 11 tratamientos en campo (Cuadro 1), bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela constó de 6 surcos de 21 m de largo y 1.35 m de ancho. La parcela útil estuvo conformada por los 4 surcos centrales de 17 m de largo para eliminar el efecto orilla, teniendo una superficie útil de 91.8 m². La superficie total del experimento fue de 4,158 m² (Martínez, 1988).

Control de maleza y Fertilización. El control de maleza se realizó de forma química y manual mediante la aplicación de herbicidas post-emergente al cultivo (Picloram + 2,4 de Amina y Atrazina, pre-emergente a las malezas y pos-emergente al cultivo), a los 2 y 5 meses después de la siembra.

Se fertilizó con una dosis base, que consistió en la fórmula 100-80-60 kg ha⁻¹ (N, P₂O₅ y K₂O), respectivamente, las fuentes de fertilizantes empleadas fueron: urea (46-0-0), superfosfato triple (0-46-0 SPT) y el complejo (20-10-20), se aplicó en las primeras horas de la mañana para cada una de las repeticiones, dos meses después de la siembra (Salgado *et al.*, 2009).

Variables de estudio

Muestreo de suelo. Con el propósito de conocer las propiedades físicas y químicas del suelo (Salgado *et al.*, 2009; Salgado *et al.*, 2013), previo al establecimiento del experimento se realizó el muestreo de suelo de 0 a 30 cm de profundidad, se tomaron 6 sub-muestras para conformar una muestra compuesta, con una barrena de acero inoxidable en un recorrido de zig-zag. Las determinaciones físicas y químicas se realizaron en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agroindustrial del Campus Tabasco (LASPA) con los procedimientos de la NOM-021-RECNAT (2001).

Muestreo foliar y contenido nutrimental. A los cuatro meses de edad del cultivo, se realizó el muestreo foliar en las 33 repeticiones, tomando la hoja número cuatro, se colectaron 15 hojas en total en un recorrido en zig-zag dentro de la parcela útil. Tomando 20 cm de la parte central de la hoja, eliminando la base, la punta y la nervadura central (Salgado *et al.*, 2013). Y analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agroindustrial del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco (LASPA - CP) (Mabry *et al.*, 2013; Ambachew *et al.*, 2012; Flores *et al.*, 2011).

Análisis estadístico. Se realizó el análisis de varianza con el diseño de bloques completos al azar y la prueba de comparación múltiples de medias de Tukey (P≤0.05), usando el paquete SAS 9.1 para Windows (SAS Institute, 1998).

Cuadro 1

Cultivares de caña de azúcar evaluados en para el diagnóstico nutricional, en ciclo plantilla, Ingenio Azsuremex, Tenosique, Tabasco

Tratamiento	Cultivares
1	MÉX SFC 95- 46
2	LT MÉX 94- 2
3	M 1658-78
4	LT MÉX 96-10
5	MÉX 96- 35
6	MOTZ MÉX 00- 3461
7	MOTZ MÉX 01- 403
8	V 71- 39
9	CP 94- 1100
10*	MÉX 68- P-23
11*	MÉX 69- 290

*Cultivares testigos y que se cultivan en el IA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interpretación de la fertilidad del suelo

De acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 el pH es neutro, la conductividad eléctrica (CE) baja y bajo contenido de materia orgánica (MO); presenta contenidos altos de Nitrógeno total, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeseo y contenidos deficiente de Zinc y Boro. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es media. La textura del suelo arcillosa (Sudduth *et al.*, 2003) (Cuadro 2).

Concentración foliar de macronutrientes primarios

Concentración foliar de Nitrógeno (N). De acuerdo con los resultados del análisis de varianza no se observaron diferencias significativas para la concentración foliar de N (Cuadro 3). Las concentraciones de N en los 11 cultivares fueron iguales estadísticamente Tukey ($P \leq 0.05$), con una media de 1.97% de N. El coeficiente de variación de 6.96% indica una aceptable variabilidad en la determinación de esta variable.

Al comparar los rangos de concentración para N se observan discrepancias, Jones *et al.* (1991) y Mabry McCray *et al.* (2013) son similares entre ambos y con valores mayores a los rangos de Halliday y Trenkel (1991). La interpretación puede variar y llevar a diferentes clasificaciones.

Por ejemplo los cultivares LT-MEX 69-10, MEX 69-P23, MEX96-35, V71-39, CP94-1100, LT-MEX 94-2, M 1658-78, MEX 69-290, MEX SFC 95-46, MOZT MEX 00-3461 y MOZT MEX 01-403 presentaron porcentajes medios según, (Halliday y Trenkel, 1991). Con los rangos de Jones *et al.* (1991) y Mabry McCray *et al.* (2013) los cultivares LT-MEX 69-10, MEX 69-P23, MEX96-35 y V71-39 se clasifican en rangos medios y el resto como deficiente. El buen desarrollo de los cultivares, indica que los rangos propuestos por Halliday y Trenkel (1991) se ajustan mejor a las condiciones de la zona de Boca del Cerro. Esto indica que los cultivares, fueron eficientes en la absorción del N del fertilizante. Presentaron rangos medios, que se consideran adecuados para el desarrollo del cultivo.

Concentración foliar de Fósforo (P). Los resultados del análisis de varianza muestran no muestran diferencias significativas para la concentración foliar de P (Cuadro 3). De acuerdo con Tukey las concentraciones de P en los 11 cultivares son iguales estadísticamente, con una media de 0.06%. El coeficiente de variación de 106.89% indica alta variabilidad en las concentraciones foliares de este elemento.

El cultivar MEX 69-290 presentó porcentajes medios, los cultivares MEX SFC 95-10, LT-MEX 96-10, CP 94-1100, LT-MEX 94-2, M1658-78, MEX 68-P23, MEX96-35, MOZT MEX 00-3461, MOZT MEX 01-403 y V71-39 porcentajes bajos en el tejido foliar (Halliday y Trenkel *et al.*, 1991). Esto significa que estos últimos cultivares tienen baja eficiencia en la absorción de este elemento, ya que de acuerdo al análisis de suelo se determinó que los contenidos de P son altos (Cuadro 3). Es posible que el Ca este formando fosfato de calcio, lo cual reduce la disponibilidad, lo anterior indica que se debe aumentar 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para contrarrestar este efecto.

Concentración foliar de Potasio (K). En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza de K, no observándose diferencia significativas para la concentración foliar de este elemento en los 11 cultivares. Las concentraciones de K en los 11 cultivares son iguales estadísticamente (Tukey $P \leq 0.05$), con una media de 1.50 %. El coeficiente de variación de 16.18% indica una aceptable variabilidad en la determinación de esta variable.

Los cultivares CP 94-1100, LT MEX 96 10, LT MEX 94 2, M 1658-78, MEX 68-P23, MEX 69-290, MEX 96-35, MEX-SFC 95-46, MOZT MEX 00-3461, MOZT MEX 01-403 y V71-39 presentaron concentraciones medias de K según Jones *et al.* (1991) y Mabry McCray *et al.* (2013) y bajos según Halliday y Trenkel *et al.* (1991). Esto indica que la aplicación de la dosis de 60 kg K cubrió las necesidades de los cultivares y que fueron eficientes en absorber el K aplicado a través del fertilizante (KCl).

Concentración foliar de macronutrientes secundarios

Concentración foliar de Calcio (Ca). De acuerdo con los resultados del análisis de varianza no se observaron diferencias significativas para la concentración foliar de Ca (Cuadro 4). Las concentraciones de Ca en los 11 cultivares son iguales estadísticamente Tukey ($P \leq 0.05$), presentando una media general de 0.37 %, la cual, se encuentra en los rangos medios de Jones *et al.* (1991) y Mabry-McCray *et al.* (2013). El coeficiente de variación de 29.9% indica alta variabilidad en la determinación de esta variable.

Los cultivares difieren en la concentración de Ca, el cultivar LTMEX 9610 presentó la menor concentración y MEX 69-290 la mayor concentración. Lo cual se sugiere seguir estudiando este elemento. Las altas concentraciones de algunos cultivares pueden ser explicados por la alta disponibilidad Ca en el complejo de intercambio del suelo.

Concentración foliar de Magnesio (Mg). De acuerdo con los resultados del análisis de varianza no se observaron diferencias significativas para la concentración foliar de Mg (Cuadro 4). Las concentraciones de Mg en los 11 cultivares son iguales estadísticamente (Tukey $P \leq 0.05$), presentando una media general de 0.24 %. El coeficiente de variación de 20.33% indica una variabilidad considerable en esta variable.

La concentración de Mg de los 11 cultivares se clasifican como media según los rangos de Jones *et al.* (1991) y Mabry McCray *et al.* (2013), que indica buena nutrición y se explica por la alta disponibilidad de Mg en el complejo de intercambio del suelo.

Concentración foliar de Azufre (S). Con base en los resultados del análisis de varianza no se observaron diferencias significativas para la concentración foliar de S (Cuadro 4). Las concentraciones de S en los 11 cultivares son iguales

estadísticamente Tukey ($P \leq 0.05$), presentando una media de 0.34%. El coeficiente de variación de 11.1% indica poca variabilidad en la determinación de esta variable. El contenido foliar de azufre (S) en los 11 cultivares, fue alto, lo que indica que el suelo aportó este nutrimento en cantidades adecuadas (Jones *et al.*, 1991; Mabry McCray *et al.*, 2013).

Cuadro 2

Promedios de las propiedades químicas y físicas del suelo durante el diagnóstico nutrimental de 11 cultivares de caña de azúcar

pH (H ₂ O)	CE	MO	Nt	P Olsen	B	K	Ca	Mg	Na	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	A*	L*	*A	Textura
rel. 1:2	dS cm ⁻¹	%		mg kg ⁻¹		cmol kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				%			
6.26	85.6	1.87	0.22	12.03	0.25	3.04	15.77	4.58	0.35	19.67	23.86	0.71	0.36	27.46	36	25	39	Arcilla

Nota: A*-Arcilla, L*-Limo y A*-Arena

Cuadro 3

Concentración foliar de N, P y K de 11 cultivares de caña de azúcar en el área de abastecimiento del Ingenio Azsuremex, Tenosique, Tabasco

CULTIVARES	N	P	K
	(%)		
CP 94-1100	1.93a	0.05a	1.57a
LT MEX 96-10	2.13a	0.07a	1.69a
LT-MEX 94-2	1.86a	0.05a	1.30a
M 1658-78	1.92a	0.05a	1.57a
MEX 68-P23	2.10a	0.05a	1.58a
MEX 69-290	1.83a	0.18a	1.41a
MEX96-35	2.04a	0.05a	1.52a
MEX-SFC 95-46	1.95a	0.06a	1.45a
MOZT MEX 00-3461	1.85a	0.05a	1.60a
MOZT MEX 01-403	1.91a	0.05a	1.49a
V 71 - 39	2.18a	0.04a	1.29a
Media	1.97	0.06	1.50
C.V. (%)	6.96	106.89	16.18
Prob. de F.	0.05	0.50	0.64
DMS	0.40	0.20	0.71
Rangos medios de Jones <i>et al.</i> (1991)	2.00-2.60	0.18-0.30	1.10-1.80
Rangos medios de Mabry McCray <i>et al.</i> 2013	2.00-2.60	0.22-0.30	1.00-1.60
Rangos medios de Halliday y Trenkel (1991)	1.5-1.7	0.16-0.18	1.6-1.8

Datos con la misma literal significa que no existe diferencia significativa al 0.05%

Cuadro 4

Concentración foliar de Ca, Mg y S de 11 cultivares de caña de azúcar en el área de abastecimiento del Ingenio Azsuremex, Tenosique, Tabasco

CULTIVARES	Ca	Mg	S
	(%)		
CP 94-1100	0.35a	0.21a	0.33
LT MEX 96-10	0.25a	0.26a	0.33a
LT-MEX 94-2	0.32a	0.24a	0.34a
M 1658-78	0.35a	0.27a	0.38a
MEX 68-P23	0.40a	0.24a	0.38a
MEX 69-290	0.56a	0.30a	0.34a
MEX96-35	0.31a	0.19a	0.33a
MEX-SFC 95-46	0.35a	0.22a	0.33a
MOZT MEX 00-3461	0.37a	0.25a	0.33a
MOZT MEX 01-403	0.41a	0.22a	0.32a
V 71 - 39	0.39a	0.23a	0.33a
Media	0.37	0.24	0.34
C.V. (%)	29.90	20.33	11.1
Prob. de F.	0.20NS	0.31NS	0.60NS
DMS	0.32	0.14	0.11
Rangos medios de Jones <i>et al.</i> (1991)	0.20-0.50	0.10-0.35	0.14-0.20
Rangos medios de Mabry McCray <i>et al.</i> (2013)	0.20-0.45	0.15-0.32	0.13-0.18

Datos con la misma literal significa que no existe diferencia significativa al 0.05%

CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico nutricional de 11 cultivares de caña de azúcar en el área de abastecimiento del ingenio Azsuremex, donde se aplicó la dosis de fertilización 100-80-60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O.
- Todos los cultivares presentaron concentraciones nutrimentales medias de Nitrógeno foliar.
- El cultivar MEX 69-290 presentó una concentración media de Fósforo y los cultivares CP 94-1100, LT MEX 96-10, LT- MEX 94-2, M 1658-78, MEX 68-P23, MEX 96-35, MEX-SFC 95-46, MOZT MEX 00- 3461, MOZT MEX 01-403 y V71-39 presentaron concentraciones bajas.
- El cultivar MEX 69-290 presentó concentraciones altas de Ca. Los cultivares CP 94-1100, LT MEX 96-10, LT MEX 94-2, M 1658-78, MEX 96-35, MEX-

SFC 95-46 MOZT MEX 00-3461, MOZT MEX 01-403, MEX 68-P23 y V71-39, presentaron concentraciones medias.

- Los cultivares presentaron concentraciones medias de Potasio y Magnesio lo cual asegura la nutrición del cultivo de caña de azúcar, y concentraciones altas de Azufre.

LITERATURA CITADA

- Alcántar, G.G. y Trejo, T.L. 2007. Nutrición de Cultivos. Editorial: Mundi Prensa. México. 451 p.
- Ambachew, D., Abiy, F. and Zeleke, T. 2012. Correlation of foliar nutrient status with yield of sugarcane varieties at different crop stages and nitrogen levels at Wonji-Shoa and Finchaa sugarcane plantations of Ethiopia. Ethiopia. 9: 22 p.
- Cañeros 2014. Unión Nacional de Cañeros, A.C. (CNPR). Estadística de la Agroindustria de la caña de azúcar 2010-2014. http://www.caneros.org.mx/site_caneros/estadisticas/tabasco.pdf. Consultado el 24 de enero del 2015.
- Cruz, S.F. 2010. Abatimiento nutrimental en el cultivo *in vitro* de la caña de azúcar. Var. Méx 69-290 y CP 72-2086.Orizaba. Veracruz. México. p: 1-59.
- Flores, D., Hernández, F. y Pérez, O. 2011. Épocas de muestreo y posesión de la hoja en el análisis foliar para diagnóstico de nitrógeno en variedades de caña de azúcar en Guatemala. Agronomía de CENGICAÑA2. p: 1-10.
- Halliday y Trenkel, 1991 citado por, Salgado, G.S., Castelán, E.M., Aranda, I. E.M., Ortiz, G.C.F., Ortiz, L.H., Lagunés, E.L.C., Mendoza, H.J.R.H. y Córdova, S.S. 2008. Validación de dosis generados por el sistema de fertilización SIRDF para caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Para el ingenio Pujiltic, Chiapas, México. p: 49-56.
- Jones, J.B J., Wolf, B. and Mills, A.H. 1991. Plant analysis handbook. Methods of plant analysis and interpretation. Micro–macro publishing Athens, GA, USA.
- Mabry, J.M., Ronald, W.R., Ike, V.E., Timothy, A.L. and Les, B. 2013. Sugarcane Plant Nutrient Diagnosis. Institute of food and Agriculture Sciences, University of Florida.1:12.
- Marsomner, H. 1990. Mineral nutrition of higher plants. 4ª ed. Academic Press. London. p. 391-4.

-
- Martínez, G.A. 1988. Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas. México, D. F. 756 p.
- NOM-021-RECNAT. 2001. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. SEMARNAT. México. 88 p
- Salgado, G.S., Palma, L.D., Lagunés, E.L.C., Castelán, E.M. y Ortiz, L.H. 2013. Manual para muestreos de suelos, plantas y agua e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 101 p.
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Zavala- Cruz, J., Lagunés-Espinosa, L.C., Armida-Alcudia, L., y Rincón-Ramírez, J.A. 2009. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes en caña de azúcar (SIRDF): ingenio presidente Benito Juárez. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco México. 84 p.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1621 p.
- Subirós, J.F. y Salas, R. 1999. Obtención .de las normas DRIS en una zona productora de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 23(2): 137-147.
- Subirós, J. F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. Editorial universidad estatal a distancia. Costa Rica. p: 150-180.
- Sudduth, K.A., Kitchen, N.R., Bollero, G.A., Bullock, D.G. y Wiebold, W.J. 2003. Comparison of electromagnetic induction and direct sensing of soil electrical conductivity. *Agronomy Journal* 95: 472-482.

ESTUDIOS PRELIMINARES DE INSECTOS Y ÁCAROS DEPRADADORES COMO ENEMIGOS NATURALES DEL ÁCARO ROJO DE LAS PALMAS

(*Raoiella indica* Hirst)

Ruiz JKZ^{1*} osorio OR¹; Hernández HLU¹; Santillan GMT²

División Académica de Ciencias Agropecuarias¹. UJAT, carretera Villahermosa–Teapa, km 25 R/a la Huasteca Villahermosa, Tabasco, México. Laboratorio de Sanidad vegetal¹. Colegio de postgraduados². Laboratorio de Entomología y Acarología²

Autor para correspondencia: manaaa_94@hotmail.com

RESUMEN

El ácaro rojo (*Raoiella indica* Hirst 1924) es una plaga invasiva, recientemente registrada en el trópico del Continente Americano (Flechtmann y Etienne, 2004). Es una plaga cuarentenaria y en situación de manejo, es considerada como una plaga exótica, por lo que constituye una amenaza para la biodiversidad de los ecosistemas naturales y para la agricultura mundial por su gran adaptabilidad, alta supervivencia, rápido crecimiento poblacional y mecanismo de dispersión (Estrada-Venegas *et al.*, 2013). Se seleccionaron 4 plantaciones para la búsqueda de enemigos naturales en dos municipios Centla, y Paraíso. Se muestreo cada 15 días desde Febrero-Mayo del 2015. Se hizo bajo la metodología de 5 de oros se tomaron 5 plantas de cada predio la cual de cada planta se tomaba una hoja de cada punto cardinal y de cada hoja se tomaron 3 folíolos a revisar. Para la fluctuación poblacional solo se muestreo una plantación, Aquiles Serdán paraíso usando la misma metodología 5 de oros tomando 1cm² a cada folíolo para contabilizar los ácaros presentes esta actividad se realizó in situ. Como resultado de los insectos depredadores se encontraron a tres especies del orden coleóptera y uno del orden Thysanoptera en cuanto a ácaros depredadores se encontró con más frecuencia a la familia Phytoseiidae. Con respecto a la fluctuación poblacional de la plaga se presentó la mayor incidencia en los meses de Marzo y Abril disminuyendo las poblaciones en el mes de Febrero y Mayo.

PALABRAS CLAVE: (*Raoiella indica*, *Phytoseiidae*.)

INTRODUCCIÓN

El ácaro rojo (*Raoiella indica* Hirst) es una especie polífaga y fitófaga con una amplia gama de plantas hospederas, no solo ataca las Arecaceae sino también a plantas de las familias Pandanaceae, Musaceae, Zingiberaceae, Heliconiaceae y Strelitziaceae (Carrillo *et al.*, 2012a). Esta especie invasora causa severas afectaciones en cultivos de interés económico como el cocotero y el plátano, así como en diversas plantas ornamentales (Rodríguez *et al.*, 2007; Peña *et al.*, 2012). En el 2004, *R. indica* se detectó en Martinica, y en pocos años se extendió a través del Caribe y llegó a América del Norte (SENASICA, 2012). En México el ácaro rojo de las palmas se detectó por primera vez en noviembre de 2009 en Islas Mujeres y Cancún, Estado de Quintana Roo (NAPPO, 2009) y actualmente se encuentra distribuido en Campeche, Yucatán, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Jalisco y Nayarit (SAGARPA, 2014).

Los efectos de esta plaga en las palmas se manifiestan en daños al follaje en forma de manchas amarillentas y dispersas en el haz y envés de la hoja; además, cuando la planta tiene un grado de infestación se presenta el aborto de flores o frutos pequeños, lo que provoca una reducción de hasta el 70% de la producción (Flores-Galano *et al.*, 2010)

Actualmente el combate del ácaro rojo se realiza a través de aplicaciones periódicas de acaricidas (SENASICA, 2013); sin embargo la utilización de productos químicos son costosas (González y Ramos, 2010) y tienen un impacto ecológico negativo (Hastie *et al.*, 2010). En investigaciones realizadas se han reportado a varias especies de la familia Phytoseiidae como los principales depredadores del ácaro rojo de las palmas y son considerados promisoros agentes de control biológico (Hastie *et al.*, 2012).

El control biológico se considera una alternativa viable dentro del contexto del manejo integrado de plagas (MIP), ya que la acción de los enemigos naturales permite una importante función al disminuir tanto las poblaciones de plagas como la aplicación de insecticidas en los cultivos (Araya *et al.*, 2004). Esto ha motivado el interés de evaluar el potencial de enemigos naturales como una alternativa viable para el control de *R. indica* (De Assis *et al.*, 2013). La presente investigación tiene como objetivo detectar e identificar los insectos y ácaros depredadores presentes en el área de estudio, para generar conocimientos que contribuyen al manejo integrado de esta plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron las plantaciones de coco híbrido a evaluar. Dos plantaciones en el Ejido Cuauhtémoc, una en Nuevo Centla, Municipio de Centla y otra en la localidad Aquiles Serdán, municipio de Paraíso. Los predios de palma de coco híbrido seleccionados oscilan entre 4 y 8 años de edad, de una extensión de 2 a 3 hectáreas por predio, sin antecedentes de aplicación de acaricidas,

Diseño y periodicidad del muestreo

Para la búsqueda de insectos y ácaros depredadores en poblaciones de *R. indica* se realizaron muestreos periódicos en las plantaciones seleccionadas, cada 15 días desde el mes de Febrero hasta el mes de Mayo bajo el siguiente esquema: en cada plantación se utilizó la metodología de cinco de oros, la cual consiste en revisar cinco puntos dentro del predio, uno al centro y los cuatro restantes en los extremos del predio, por cada punto de muestreo se procederá a revisar las plantas correspondientes que SAGARPA (2012) indica que si la superficie de los predios es de menos de 5 hectáreas se tomara 1 planta por punto de muestreo haciendo un total de 5 plantas a muestrear. De cada planta se tomaron cuatro hojas con base a cada punto cardinal, en las que se tomaron 3 folíolos por hoja. Para estimar la abundancia poblacional de *R. indica* se tomaron las mismas plantas y se revisaron la misma cantidad de folíolos solo se tomó un área de 1 cm² por cada folíolo para el conteo de acaro rojo este procedimiento se llevó en situ en la plantación. Cabe mencionar que para llevar esta metodología de acuerdo a los protocolos establecidos por las dependencias correspondientes.

Traslado y manejo de muestras en el laboratorio

Los folíolos colectados fueron depositados en alcohol al 70 % y en bolsas de cierres herméticos y colocados en una nevera convencional, se anotaron los datos correspondientes con el fin de ubicar el sitio de muestreo, posteriormente se trasladaron al laboratorio de sanidad vegetal de la división de ciencias agropecuarias de la universidad Juárez autónoma de Tabasco. Ya en laboratorio fueron revisadas cada muestra minuciosamente con la ayuda de un microscopio estereoscópico Carl Zeiss 40x. Una vez que se encontraban a los ácaros eran puestos en ácido láctico y los insectos depredadores eran puestos en alcohol al 70 %. Por otra parte los

ácaros depredadores fueron montados con las técnicas de (Krantz y Walter, 2009, primero se aclararon en el ácido láctico durante diez minutos a una temperatura de 60°C, posteriormente se montaron entre porta y cubre objetos con líquido de hoyo una vez realizadas las preparaciones, se mantuvieron a una temperatura de 40°C durante 15 días. posteriormente, se limpiaron y se sellaron con pintura anticorrosiva automotriz (comex®). Y fueron colocados en cajas histológicas para su conservación.

Identificación taxonómica de los enemigos naturales

Una vez que los insectos se encontraban en el alcohol y los ácaros montados se procedieron a la identificación de cada uno de ellos para el caso de los insectos depredadores se utilizó el libro de Triplehorn y Johnson (2005) y para los ácaros depredadores el de Krantz y Walter (2009) de igual manera se utilizaron claves dicotómicas.

RESULTADOS

Insectos y ácaros depredadores

En los meses de Febrero – Mayo se revisaron un total de 540 folíolos para la búsqueda de los enemigos naturales. Para el caso de los ácaros depredadores se encontraron en las 4 plantaciones muestreadas en el periodo Febrero- Mayo la presencia de la familia Phytoseiidae. Con la ayuda de las claves taxonómicas de cada grupo se determinó que se trata del género *Amblyseius*. Estudios realizados por Gonzales (2013) reporta la presencia de este mismo género en diferentes plantas hospedantes del acaro rojo de las palmas por otra parte Hastie *et al.*, (2010) también reportan a esta misma familia y género. En los muestreos realizados del mes de febrero al primer muestreo del mes de abril se pudo encontrar de 10 a 15 phytoseidos en cada folíolo colectado de ambas plantaciones, sin embargo se pudo observar que en el último muestreo del mes de abril y todo el mes de mayo se obtuvo una disminución de este acaro depredador ya que solo se encontraban de 5 a 8 phytoseidos por folíolo. La familia Phytoseiidae se encontró con mayor frecuencia en las 4 plantaciones muestreadas de los municipios de Paraíso y Centla.

En cuanto a insectos depredadores se encontraron 4 especies del orden coleóptero de la familia coccinellidae, 1 del orden thysanoptera familia Phlaeothripidae .Carrillo et al (2011) reportan que estudios realizados en la India y Florida la familia coccinellidae se encontró depredando a *Raoiella indica*. Peña (2009) reporta que en Trinidad y Tobago y puerto rico se reportan a la familia Thysanoptera en asociación con *Raoiella indica*.

Fluctuacion poblacional de *Raoiella indica*

Durante el tiempo de muestreo de los foliolos *Raoiella indica* estuvo presente en todos los meses de muestreo de Febrero a Mayo del 2015 en ambas plantaciones (figura 1). Los resultados obtenidos demuestran que el comportamiento poblacional del acaro rojo de las palmas en la comunidad Aquiles Serdán, Paraíso presenta una tendencia de mayor poblacional para los meses de Marzo y Abril y disminuyendo en los meses de Febrero y Mayo. La literatura reporta que las temperaturas altas favorecen al acaro rojo sin embargo las temperaturas bajas pueden influir en la disminución de esta plaga.



Figura 1. Fluctuación poblacional del ácaro rojo de las palmas

CONCLUSIONES

Se ha detectado la presencia de depredadores en nuestra área de estudio esto nos ayudara a buscar mejores estrategias de control del acaro rojo de las palmas. Cabe mencionar que se seguirá con la investigación hasta finales de este año sin embargo podremos decir que existen enemigos naturales de este acaro que pueden ser utilizados como agentes de control biológico y que pueden ayudar a disminuir las densidades de población de esta plaga. En cuanto a la fluctuación poblacional de este ácaro se ven afectado en cuanto a la temperatura, y la precipitación influye sobre las densidades de población de *Raoiella indica*.

LITERATURA CITADA

- Araya, M.N., B.J.E., M.A. Guerrero.2004. Efectos de algunos insecticidas en dosis subletales. San. Veg. Plagas. 30: 247.254.
- Carrillo, D., J.F. Howard, V.J. Carlos, Rodrigues & J.E. Peña. 2012b. Review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Experimental & Applied Ácarology 57:347–360.
- De Assis, C.P.O., E.G.F. de Moraes & M.G.C. Gondim. 2013. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae: Phytoseiidae). Experimental & Applied Ácarology 60: 357–365.
- Flores-Galano, G., A. Montoya y H. Rodríguez. 2010. Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca catechu* L. Revista de Protección Vegetal 25 (1): 11-16.
- Florida. 1970.Vol. 6, Contribution No. 148. Bureau of Entomology, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry.149pp
- Hastie, E., A. Benegas-Avalos y H. Rodríguez. 2010. Inventario de los ácaros depredadores asociados a especies fitófagas en plantas de las familias *Arecaceae* y *Musaceae* en el municipio de San José de las Lajas. Revista de Protección Vegetal 25(1): 11-16.
- Peña J.E., J. Bruin & W.M. Sabelis. 2012. Biology and control of the red palm mite, *Raoiella indica*: an introduction. Experimental & Applied Ácarology 57: 211–213.

-
- Rodriguez, J.C.V. & J.E. Peña. 2010. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. *Experimental and Applied Ácarology* 57: 317-329.
- SAGARPA. 2012. Dirección General de Sanidad Vegetal. Lineamientos por los que se establecen las acciones fitosanitarias que deberán aplicarse en el control de la movilización de los hospedantes del ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica* Hirst), en el territorio nacional. México, D.F. a 30 de octubre de 2014.

Referencias informáticas

- NAPPO. 2009. Organización Norte Americana de Protección de las Plantas. Detecciones del ácaro rojo de la palma (*Raoiella indica*) en Islas mujeres y Cancún, Quintana Roo, México. Sistema alerta fitosanitaria NAPPO. Consultado en línea el 2 de abril de 2013; <http://www.pestlert.org/spanol/oprDentail.cfm?oprID=406>
- SENASICA. 2012. Ficha técnica ácaro rojo de la palma *Raoiella indica* Hirst. Dirección General de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de sanidad Inocuidad y Calidad Alimentaria (SENASICA) de la SAGARPA. Con la colaboración de la Dra. Edith G. Estrada-Venegas, profesora investigadora del Colegio de Postgraduados. Consultado en línea el 2 de agosto de 2014; <http://www.senasica.gob.mx/?id=4583>

INTRODUCCIÓN Y COMPORTAMIENTO DE CULTIVARES DE COCOTERO (*Cocos nucifera* L.) EN MÉXICO

INTRODUCTION AND BEHAVIOR OF CULTIVARS OF COCONUT PALM (*Cocos nucifera* L.) IN MEXICO

Cortazar RM^{1*}, Ramírez SJH², Oropeza SCM³, Narváez CMS³ y Chan RJL³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Chetumal, Km 25 carretera Chetumal-Bacalar, Chetumal, Quintana Roo, México. cortazar.matilde@inifap.gob.mx. ²INIFAP. Centro Regional del Sureste, Calle 6 No. 398 X 13, Av. Correa Rachó, Col. Díaz Ordaz, Mérida, Yucatán, México. ³Unidad de Biotecnología. Centro de Investigación Científica de Yucatán, Calle 43 No. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo, CP 97200, Mérida, Yucatán, México.

RESUMEN

Con la finalidad de ampliar la base genética del cocotero en México, el INIFAP y el CICY, en 2010 introdujeron al país embriones de 12 cultivares con origen de la Estación Experimental Marc Delorme en Costa de Marfil. Cabe mencionar que estos cultivares fueron elegidos con base en los niveles de resistencia al Amarillamiento Letal que han presentado en otras regiones del mundo, siendo de 52 hasta 90 %, además algunos de ellos se eligieron por ser buenos productores de agua, tuba y/o copra. Los embriones se procesaron *in vitro* en el laboratorio del CICY para obtener las vitroplantas. En el 2012 se estableció en campo el primer ensayo de vitroplantas de los cultivares introducidos con el objetivo de evaluar su comportamiento agronómico en una región endémica de la enfermedad Amarillamiento Letal. En este trabajo se presentan los primeros resultados del comportamiento que han presentado los cultivares introducidos. Con respecto a la etapa reproductiva, todo el grupo de cultivares enanos ya la inició, entre los 25.9 y 26.8 meses después del trasplante, mientras que en el grupo de los altos, únicamente solo dos han comenzado. A Junio de 2015, los porcentajes de vitroplantas en etapa reproductiva fluctúan de 24 a 82.61 % en los cultivares enanos y de 9.09 a 10 % en los altos. El Enano Café de Madang fue el más precoz, siguiéndole el Enano Verde de Brasil

y el Enano Verde de Pilipog. En un período de 7.7 meses los cultivares enanos emitieron un promedio de 9.56 hojas mientras que los altos emitieron 7.91, pero en el perímetro de la base del tallo y la altura de la planta el crecimiento fue ligeramente mayor en los altos, en especial el Alto de Tagnanán y el Alto del Valle de Markham. A los 2.5 años de su establecimiento en campo, las vitroplantas de los diferentes cultivares introducidos han mostrado un buen desempeño agronómico con apenas un 5.38% de mortandad.

Palabras clave: Introducción, cocotero, comportamiento

INTRODUCCIÓN

La problemática del cocotero en México es amplia, sin embargo, sobresalen la vejez de las plantaciones y los problemas fitosanitarios, algunos de ellos considerados de alto riesgo como el Amarillamiento Letal. Esta enfermedad, se encontró por primera vez en palmas de cocotero en la Isla de Cozumel, Q. Roo en 1977 (Romney y Harries, 1978; citados por Howard, 1983); en 1982 Mc Coy *et al.*, confirmaron la presencia de los organismos tipo micoplasma (actualmente fitoplasma) causantes de ella.

El Amarillamiento Letal en un período de 13 años invadió prácticamente a toda la Península de Yucatán (Carrillo y Piña, 1992), para 1995 la enfermedad ya estaba presente en Tabasco (SAGAR, 1996; Núñez *et al.*, 1999) y actualmente está devastando las plantaciones comerciales de cocotero alto del Atlántico en Veracruz. En el Pacífico Mexicano se reportó su presencia en Colima en el 2001 y posteriormente en Oaxaca. Su efecto en el Sureste de México fue devastador, ocasionando la muerte de más de un millón de palmas de cocotero, afectando tanto al sector turístico como los ingresos económicos de unas 10 mil familias dedicadas a este cultivo.

La alternativa que ha resultado más económica, efectiva y prometedora para enfrentar el Amarillamiento Letal del Cocotero a mediano y largo plazo es el uso de germoplasma resistente (Dollet, 1994).

La diversidad genética ayuda a reducir la dispersión de enfermedades (Dang y Jones, 2001; Stukenbrock y Mc Donald, 2008), por lo que es importante incrementar la base genética de cocotero en México introduciendo genotipos de otras partes del mundo. De esta forma, además de palmas resistentes se podrán tener palmas con mejores características agronómicas.

La colecta e intercambio del germoplasma de cocotero por método convencional es difícil y costosa en virtud del volumen y peso de las semillas. Las semillas no soportan el almacenamiento y pueden germinar durante el transporte. Además se corren riesgos de la introducción de plagas y enfermedades. Es entonces cuando el transporte y cultivo *in vitro* de embriones cigóticos representa una buena solución para esos problemas, pues es una forma segura desde un punto de vista fitosanitario. Investigaciones sobre este tópico fueron realizadas por Cuter y Wilson, (1954); Habrans y Thomas (1962) y Ventura *et al* (1966); citados por Ramos *et al.* (1998). En cocotero, la técnica consiste en la germinación y crecimiento de embriones cigóticos en condiciones *in vitro* y su conversión a plántula en un ambiente altamente controlado.

La base genética de cocotero en México está circunscrita prácticamente a dos grandes poblaciones, la del Golfo-Caribe (Criollo Alto del Atlántico) y la del Pacífico (Criollo Alto del Pacífico), pero lo más grave es que la primera está a punto de extinguirse debido a su alta susceptibilidad al Amarillamiento Letal. Por otro lado, la población del Pacífico aunque tiene una tolerancia entre un 45 a 75 % a la enfermedad, ya es muy vieja, rebasando los 60 años, lo que desencadena problemas de baja producción, altos costos de cosecha, susceptibilidad a otros problemas fitosanitarios, bajos ingresos, una industria insatisfecha de materia prima, entre otros.

Esta reducida base genética, la amenaza del Amarillamiento Letal que está latente y la vejez de las plantaciones hacen más vulnerable el futuro del cocotero en nuestro país.

Ante este panorama, es prioritaria la renovación de esas plantaciones con material genético de calidad, altamente productivo, resistente al Amarillamiento Letal y de uso versátil (agua, copra, aceite virgen, tuba, fibra, carbón, etc.). En consecuencia, es mandatorio y urgente buscar y/o desarrollar el material genético que reúna esas características para así tener la capacidad de contribuir al fortalecimiento del cocotero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Introducción de cultivares de cocotero vía embriones. En Noviembre de 2010 se introdujeron a México, embriones de cocotero de 12 cultivares (5 enanos y 7 altos, Cuadro 1) procedentes de la Estación de Investigación “Marc Delorme” del Centre

National de Recherche Agronomique (CNRA), en Costa de Marfil, África. Estos cultivares fueron elegidos con base en su presunta resistencia al Amarillamiento Letal y otros aspectos agronómicos favorables como su buena producción y calidad del agua.

Cultivo *in vitro* de embriones y producción de vitroplantas. Los embriones introducidos se procesaron en el laboratorio de Biotecnología del CICY, ubicado en la Ciudad de Mérida, Yucatán. La siembra de embriones para su germinación y de plúmulas para la inducción de callo embriogénico se efectuó entre el 1 y 8 de Diciembre de 2010. Antes de introducirlos a las campanas de flujo laminar para su esterilización y siembra, se procedió a seleccionar los cilindros de endospermo con el embrión cigótico, eliminándose aquéllos que presentaron contaminación por bacteria, pudrición del embrión, daño en la parte apical del embrión, aquéllos cilindros que no contenían embrión y los embriones sueltos (que no estaban dentro del cilindro de endospermo).

Una vez seleccionados los cilindros con los embriones, se procedió a esterilizarlos en la campana de flujo laminar, para esto todos los materiales que se utilizaron fueron esterilizados en un autoclave horizontal a 120 °C durante 15 minutos.

Cuadro 1

Cultivares de cocotero introducidos de Costa de Marfil, África en 2010 y número de vitroplantas sembradas en campo en Quintana Roo, México

No.	Cultivar	Código Internacional	No. de vitroplantas sembradas
1	Brazil Green Dwarf (Enano Verde de Brasil)	BGD	25
2	Aromatic Green Dwarf (Enano Verde Aromático)	AROD	25
3	Madang Brown Dwarf (Enano Café de Madang)	MBD	24
4	Catigan Green Dwarf (Enano Verde de Catigan)	CATD	25
5	Pilipog Green Dwarf (Enano Verde de Pilipog)	PILD	25
6	Cambodia Tall (Alto de Camboya)	KAT	24
7	Tagnanan Tall (Alto de Tagnanán)	TAGT	25
8	Vanuatu Tall (Alto de Vanuatú)	VTT	12
9	Thailand Tall (Alto de Tailandia)	THT	12
10	Malayan Tall (Alto Malayo)	MLT	13
11	Markhan Valley Tall (Alto del Valle de Markhan)	MVT	25
12	Rotuma Tall (Alto de Rotuma)	RTMT	25

Luego fueron extraídos los embriones de los cilindros, y se esterilizaron con cloro al 0.6 % durante 10 minutos. Después de haber realizado todo el proceso de esterilización, se procedió a sembrar los embriones en el medio de cultivo semi-sólido Eeuwens sin fitorreguladores, y fueron depositados en un cuarto de cultivo en obscuridad a $27\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Una vez que germinaron los embriones, inició el proceso de subcultivo, transfiriendo a medio líquido y en condición de fotoperiodo, los embriones germinados, los brotes y las plántulas.

Se registró el porcentaje de germinación de los embriones en los 12 cultivares, a los 30, 60 y 90 días de su siembra *in vitro*.

En Julio de 2011, las vitroplantas obtenidas que alcanzaron poco más de 15 cm de altura fueron transferidas a condición *ex vitro* para su adaptación, primero en invernadero y posteriormente en vivero.

Establecimiento y evaluación en campo de vitroplantas. Entre Junio y Diciembre de 2012, se realizó la preparación del suelo en la localidad Luis Echeverría Álvarez, Quintana Roo, México, consistiendo en la tumba de un huamil, rastreos agrícolas, trazo de la superficie bajo un diseño topológico de marco real 8 X 8 m y excavación de las pocetas con dimensiones de 40 X 40 X 40 cm. El productor cooperante es el Sr. Oswaldo Murrieta y Soto. El trasplante se realizó el 20 de Diciembre de 2012, se plantaron 260 vitroplantas de 12 diferentes cultivares (Cuadro 1). La siembra de cada cultivar se hizo en bloque.

Se aplicó el paquete tecnológico generado por el INIFAP para proteger el estado fitosanitario y nutricional de las plantas. Este paquete consiste de actividades de mantenimiento como control de malezas (manual, mecánico y químico), despalape, fertilización, riego y control fitosanitario.

Para el registro de las variables de crecimiento y descriptores varietales en las diferentes etapas fenológicas, se ha tomado como referencia la “Guía técnica para la descripción varietal de cocotero” (SNICS, 2014), misma que está basada en el “Manual sobre técnicas estandarizadas para la investigación del mejoramiento del cocotero” (Santos *et al*, 1992). Las variables se analizaron con medidas de dispersión, prueba de T y análisis de correlación. Se muestreó y analizó física y químicamente el suelo de la parcela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De 6,650 embriones introducidos a México, se desecharon en el laboratorio 964 por estar rotos, necróticos u otro tipo de daño, 5,368 se sembraron *in vitro* y a 318 se les extrajo la plúmula para inducción de callo embriogénico; desafortunadamente al tercer día de haber iniciado la siembra *in vitro*, se presentó una contaminación por bacteria perdiéndose 2,600 embriones y 33 plúmulas sembradas. Para los embriones sin haber iniciado el proceso, se utilizó un protocolo modificado de esterilización con cuya acción se controló el desarrollo de la bacteria.

Con respecto a la germinación de los embriones, en el Cuadro 2, se muestran las cuantificaciones de germinación en cada cultivar a los 30, 60 y 90 días después de haber sido introducidos *in vitro*. Se observa que los máximos porcentajes de germinación los presentaron los cultivares Enano Café de Madang y Enano Verde Aromático mientras que el menor porcentaje correspondió al cultivar Alto Malayo. Después de 90 días en cultivo no hubo cambios en los porcentajes de germinación, a ese tiempo la germinación general alcanzada fue de 45 %.

Cuadro 2

Germinación de embriones de 12 cultivares de cocotero a los 30, 60 y 90 días después de haber sido introducidos in vitro

Cultivar	No. de embriones cultivados <i>in vitro</i> sin contaminación	Germinación a los 30 días		Germinación a los 60 días		Germinación a los 90 días	
		No. de embriones	%	No. de embriones	%	No. de embriones	%
Enano Café de Madang	65	45	69.2 ± 9.7	50	76.9 ± 2.9	59	90.8 ± 3.7
Enano Verde Aromático	81	55	67.9 ± 11.8	61	75.3 ± 6.2	61	75.3 ± 6.2
Enano Verde de Pilipog	457	229	50.1 ± 1.3	264	57.8 ± 1.1	279	61.1 ± 0.1
Alto de Vanuatu	50	25	50.0 ± 9.1	30	60.0 ± 3.6	30	60.0 ± 3.6
Alto de Tagnanán	108	39	36.1 ± 2	44	40.7 ± 1.7	59	54.6 ± 1.3
Enano Verde de Catigan	385	112	29.1 ± 6.6	161	41.8 ± 1.8	171	44.4 ± 6.7
Alto de Rotuma	376	137	36.4 ± 3	163	43.4 ± 5.2	163	43.4 ± 5.2
Alto de Tailandia	71	23	32.4 ± 2.4	29	40.8 ± 10.2	30	42.3 ± 5.5
Enano Verde de Brasil	508	132	26.0 ± 11.4	182	35.8 ± 1.7	182	35.8 ± 1.7
Alto del Valle de Markhan	421	95	22.6 ± 3.2	134	31.8 ± 2.4	144	34.2 ± 9.4
Alto de Camboya	121	35	28.9 ± 3.8	35	28.9 ± 3.8	35	28.9 ± 3.8
Alto Malayo	125	19	15.2 ± 4.7	33	26.4 ± 4.6	33	26.4 ± 4.6
Total	2,768	946		1,186		1,246	

Del material biológico obtenido a los tres meses después de cultivo en condiciones *in vitro* (1,246), todavía ocurrió una reducción causada por necrosis y contaminación, de tal forma que a junio de 2011 se contaba con sólo 1,174 plantitas en desarrollo (Cuadro 3).

Cuadro 3

Cantidad de material biológico obtenido y sus distintos tamaños a los seis meses de cultivo *in vitro* en los diferentes cultivares

Cultivar	Tamaño (cm) y número del material con que se contaba a Junio de 2011				Total
	0-5	5.1-10	10.1-15	> 15	
Enano Verde de Pilipog	150	14	69	33	266
Enano Verde de Brasil	75	9	64	16	164
Alto de Rotuma	106	0	56	0	162
Enano Verde de Catigan	75	1	73	9	158
Alto del Valle de Markhan	98	8	21	15	142
Enano Verde Aromático	15	7	17	20	59
Alto de Tagnanán	33	5	4	10	52
Enano Café de Madang	17	2	12	19	50
Alto Malayo	35	1	0	4	40
Alto de Tailandia	24	4	6	1	35
Alto de Camboya	15	1	7	1	24
Alto de Vanuatú	11	3	7	1	22
Total	654	55	336	129	1,174

Las plantas con más talla (> 15 cm), que tenían 3 ó 4 hojas y que presentaban raíces primarias y secundarias ya estaban listas para ser sembradas a condición *ex vitro* en macetas (bolsas) con sustrato, sin embargo, esta actividad se realizó a partir de julio de 2011 cuando la temperatura del invernadero bajó de 36-40°C a 27-33°C, este requerimiento térmico fue para no afectar el desarrollo de las plantas ya que en condiciones *in vitro* en los cuartos de cultivo éstas se encuentran a temperaturas controladas que fluctúan entre 25 y 29°C. Las vitroplantas pasaron por dos fases de adaptación *ex vitro*, primero en invernadero y después en vivero (Figura 1). El destino de las vitroplantas conforme iban quedando listas fue para establecerlas en ensayos de evaluación y un Banco de Germoplasma.

El primer ensayo en campo con los 12 cultivares de cocotero introducidos de Costa de Marfil se estableció en diciembre de 2012 en Quintana Roo, la cantidad de vitroplantas sembradas por cultivar dependió de la disponibilidad en ese momento por lo que fluctuó desde 12 hasta 25. La edad de las vitroplantas al momento del trasplante era de 1 año y 11 meses, para junio de 2015 la edad después del trasplante era de 2 años y 6 meses, así que la edad total a este tiempo es de 4 años y 5 meses.



Figura 1. Vitroplantas de cocotero en adaptación *ex vitro*.

No obstante de estar regando las vitroplantas de manera regular en el ensayo de campo, al principio éstas resintieron el trasplante y el sol las afectó, manifestándose quemaduras en el follaje, así que para vigorizarlas y ayudarlas a que se recuperaran de este efecto, se realizó una aplicación del fertilizante foliar Gro-Green.

La etapa reproductiva de las vitroplantas inició el 16 de febrero de 2015. En el Cuadro 4 se puede observar que el cultivar que resultó más precoz fue el Enano Café de Madang, quien comenzó a emitir espatas a los 25.9 meses de edad después del trasplante, además su avance ha sido muy rápido. Todos los cultivares enanos han iniciado su etapa reproductiva, en un rango de 25.9 a 26.8 meses después del trasplante, con una diferencia de casi un mes entre el primero (Enano Café de Madang) y los últimos (Enano Verde Aromático y Enano Verde de Catigan); mientras que sólo dos altos lo han hecho. Hasta el momento, sólo los cultivares que han alcanzado o están muy cerca de lograr el 50 % de sus plantas en etapa reproductiva quedan catalogados como precoces.

Por otro lado, a los 2.5 años del trasplante ha ocurrido una mortandad general del 5.38 %, causada principalmente por efectos de suelo (deficiencias de Boro) y el ataque de enfermedades foliares. En 9 de los 12 cultivares se ha muerto entre 1 y 3 vitroplantas (Alto Malayo y Alto de Tagnanán).

En el Cuadro 5, se observa que en un periodo de 7.7 meses el grupo de cultivares enanos emitió un mayor número de hojas que el grupo de altos, esta variable está estrechamente asociada con la estimación preliminar de la producción

de racimos ($r=0.99^{**}$); con base en resultados sobre la producción anual de inflorescencias en varios cultivares de cocotero, obtenidos entre 2004 y 2006 en el Campo Experimental Chetumal (Cortazar, 2009) se puede esperar que los cultivares altos produzcan hasta 14 ó 16 racimos al año y los enanos entre 18 y 19, en uno o dos años más. Con respecto al crecimiento del perímetro de la base del tallo y la altura total de la planta, fue ligeramente mayor en los cultivares altos, este comportamiento concuerda con lo esperado, considerando la genética de estos dos grandes grupos; entre estas dos variables se encontró cierto grado de asociación pero no significativa ($r=0.54$).

Cuadro 4

Inicio de la etapa reproductiva y porcentaje de vitroplantas de cocotero en etapa vegetativa y reproductiva. Luis Echeverría Álvarez, Quintana Roo

Cultivar	No. de plantas sembradas el 20-Dic-12	No. de plantas vivas al 2-Jun-15	Inicio de etapa reproductiva		Al 2-Jun-15 No. de plantas en:		Al 2-Jun-15 Porcentaje de plantas	
			Fecha	Meses después del trasplante	Etapa vegetativa	Etapa reproductiva	Etapa vegetativa	Etapa reproductiva
Enano Café de Madang (MBD)	24	23	16-feb-15	25.9	4	19	17.39	82.61
Enano Verde de Brasil (BGD)	25	25	02-mar-15	26.3	10	15	40.00	60.00
Enano Verde de Pilipog (PILD)	25	24	02-mar-15	26.3	13	11	54.17	45.83
Enano Verde Aromático (AROD)	25	24	16-mar-15	26.8	14	10	58.33	41.67
Enano Verde de Catigan (CATD)	25	25	16-mar-15	26.8	19	6	76.00	24.00
Alto de Vanuatú (VTT)	12	10	02-mar-15	26.3	9	1	90.00	10.00
Alto de Tailandia (THT)	12	11	14-abr-15	27.8	10	1	90.91	9.09
Alto del Valle de Markham (MVT)	25	24			24		100.00	0.00
Alto Malayo (MLT)	13	10			10		100.00	0.00
Alto de Tagnanán (TAGT)	25	22			22		100.00	0.00
Alto de Camboya* (KAT)	24	23			23		100.00	0.00
Alto de Rotuma (RTMT)	25	24			24		100.00	0.00
	260	245			182	63	74.29	25.71
* 1 planta fue robada								

Cuadro 5

Variables de crecimiento en cultivares de cocotero introducidos. Luis Echeverría Álvarez, Quintana Roo

No.	Cultivar	# de hojas emitidas en 7.7 meses	Estimación preliminar de producción de racimos al año	Perímetro de la base del tallo (cm)			Altura total (m)		
				12-ago-14	02-abr-15	Crecimiento en 7.7 meses	12-ago-14	02-abr-15	Crecimiento en 7.7 meses
1	Enano Café de Madang	9.89	15.41	69.00	103.33	34.33	3.61	4.92	1.32
2	Enano Verde Aromático	9.89	15.41	93.67	148.44	54.78	4.00	5.19	1.20
3	Enano Verde de Brasil	9.67	15.06	65.67	103.67	38.00	3.20	4.04	0.84
4	Enano Verde de Catigan	9.33	14.55	61.78	100.44	38.67	3.44	4.67	1.24
5	Enano Verde de Pilipog	9.00	14.03	56.78	104.78	48.00	3.08	4.33	1.24
Promedio de enanos		9.56	14.89	69.38	112.13	42.76	3.46	4.63	1.17
Desviación estándar		0.38490018	0.599844436			8.400984657			0.18610597
6	Alto de Tailandia	8.78	13.68	92.00	144.33	52.33	4.37	5.81	1.44
7	Alto Malayo	8.38	13.05	92.38	138.00	45.63	4.16	5.53	1.37
8	Alto de Tagnanán	8.11	12.64	62.22	119.00	56.78	3.43	4.87	1.44
9	Alto del Valle de Markham	8.00	12.47	83.78	137.67	53.89	4.07	5.65	1.58
10	Alto de Rotuma	7.89	12.29	76.78	127.44	50.67	3.95	5.37	1.42
11	Alto de Vanuatú	7.56	11.77	69.78	112.89	43.11	3.38	4.66	1.28
12	Alto de Camboya	6.67	10.39	71.44	116.44	45.00	3.52	4.62	1.10
Promedio de altos		7.91	12.33	78.34	127.97	49.63	3.84	5.22	1.38
Desviación estándar		0.66954707	1.043449984			5.124847648			0.150224015
Prueba de T		0.00062021	0.000620206			0.107173543			0.057588032

Como resultado de un diagnóstico visual realizado sobre las vitroplantas en campo, en Abril de 2015, se encontraron 234 con un buen desarrollo, nueve con un aspecto regular y dos en malas condiciones, éstas últimas no se recuperaron a la deficiencia de Boro y al ataque de *Helminthosporium* en el follaje.

CONCLUSIONES

Los cinco cultivares que integran el grupo de enanos introducidos, iniciaron su etapa reproductiva entre los 25.9 y 26.8 meses después del trasplante; su avance está siendo rápido.

De los siete cultivares que integran el grupo de altos introducidos, sólo dos han iniciado la etapa reproductiva, Alto de Vanuatú y Alto de Tailandia, a los 26.3 y 27.8 meses después del trasplante, respectivamente; su avance está siendo lento.

El Enano Café de Madang fue el más precoz, seguido del Enano Verde de Brasil y el Enano Verde de Pilipog.

A los 2.5 años de su establecimiento en campo, los porcentajes de vitroplantas en etapa reproductiva fluctúan de 24 a 82.61 % en los cultivares enanos y de 9.09 a 10 % en los altos.

El comportamiento agronómico de los cultivares enanos y altos, concuerda con lo esperado, considerando la genética de estos dos grandes grupos.

LITERATURA CITADA

- Carrillo, R.H. y J. Piña R. 1992. Investigación y estrategias de control sobre el amarillamiento letal del cocotero en la Península de Yucatán. Mimeógrafo. INIFAP-CIRSE. C.E. Chetumal.
- Cortazar, R.M. 2009. Protección fitosanitaria y determinación de los parámetros que influyen en la calidad del fruto del cocotero. Informe final.
- Dang, J.L. and Jones J.D.G., 2001. Plant pathogens and integrated defence responses to infection. *Nature*, 411: 826-833.
- Dollet, M. 1994. Acta del taller de trabajo sobre el amarillamiento letal del cocotero en México. CICY. Mérida, Yucatán. 15-20 de noviembre de 1993. *Oléagineux* 49: 259-262.
- Howard, F.W. 1983. World distribution and possible geographic origin of palm lethal yellowing disease and its vectors. *FAO Plant Prot. Bull.* Vol. 31. No. 3: 101-113.
- Mc Coy, R.E., R.C. Norris, G. Vieyra and S. Delgado. 1982. Mexico: lethal yellowing disease of coconut palms. *FAO Plant Prot. Bull.* Vol. 30: 79-80.
- Núñez, B.R., L.F. Zermeño, M. Zetina L. y Alejandro, A. 1999. Amarillamiento letal del cocotero en el estado de Tabasco. En: Segunda Reunión Nacional sobre la Campaña contra el Amarillamiento Letal del Cocotero. Puerto Escondido, Oaxaca. p: 23-29.
- Ramos, E., F. Elías R., W. Meneses A., e. Almeida T. 1998. Melhoramento genético do coqueiro. In: *A cultura do coqueiro no Brasil.* p:73-98.
- SAGAR. 1996. Situación de la campaña contra el amarillamiento letal del cocotero. En: *Curso de actualización/capacitación en normatividad fitosanitaria.* Villahermosa, Tabasco. Pág: 54-62.
- Santos G.A., Batugal P.A., Othman A., Baudouin L. y Labouisse J.P. 1992. Manual sobre técnicas estandarizadas para la investigación del mejoramiento del

cocotero. IPGRI. COGENT. 94 pp.
SNICS, 2014. Guía técnica para la descripción varietal de cocotero.
Stukenbrock E.H. and Mc Donald B.A. 2008. The Origins of Plant Pathogens in
Agro-Ecosystems. Annu. Rev. Phytopathol. 46: 75-100.

PROPAGACIÓN DE *Lippia dulcis* Trevir, ESPECIE MEDICINAL Y AROMÁTICA DE AMPLIA DEMANDA

PROPAGATION OF *Lippia dulcis* Trevir, MEDICINAL AND AROMATIC SPECIES OF WIDE DEMAND

* Fierro AA¹; González LMM¹; López LR²; Monsalvo CCA³

¹Profesores Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana. Correo electrónico: andresfierro_agro@yahoo.com.mx; mglopez@correo.xoc.uam.mx y ²Investigador Campo Experimental Huimanguillo-INIFAP, Tabasco. ³Productor de plantas Medicinales y Colaborador del Proyecto Aclimatación, domesticación agronómica de especies medicinales, aromáticas y/o condimentarias de zonas templadas.

RESUMEN

Se evaluó la propagación vegetativa de *Lippia dulce* Trevir, (hierba dulce, falsa estevia, orozú) especie medicinal de alta demanda en Xochimilco, D. F., utilizando esquejes herbáceos, variando la posición para su propagación con y sin fitohormonas, de acuerdo con los resultados obtenidos los esquejes herbáceos sembrados horizontalmente tuvieron mejor prendimiento que los sembrados verticalmente, el uso de Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm, incrementó el prendimiento en comparación con su no uso, el mejor tratamiento fue en esquejes sembrados horizontalmente con aplicación de Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm, se presentaron raíces en todos los esquejes con brotes.

Palabras Clave: Esquejes, hierba dulce, aromática, propagación vegetativa

INTRODUCCIÓN

Lippia dulcis Trev, conocida como orozú o hierba dulce, es una especie vegetal perteneciente a la familia *Verbenaceae*, sinonimia: *Phyla scaberrima* (Juss.) Moldenke; *Zapania scaberrima* Juss.; *Phyla dulcis* (Trev.) Moldenke. Es originaria de Cuba, es una especie tropical, presente en climas cálido y semicálido desde el

nivel del mar hasta los 1800 m. Habita en terrenos de cultivo abandonados, también asociada a bosques tropicales subperennifolio y perennifolio (Compadre *et al.*, 1986). Fue llevada a Europa después de la llegada de los españoles, en Italia, simplemente se llama *Lippia* (Orellana *et al.*, 2000) y es considerado como un azúcar herbácea; se comercializa en el centro de México, como si fuera *Stevia*, dada la demanda de la *Stevia rebaudiana*.

La *Lippia dulcis* es una hierba erecta o a veces postrada sobre el suelo, de 40 a 60 cm de altura. Tiene las hojas con la parte central más ancha, se ven arrugadas y son aromáticas. Los agrupamientos de las flores blancas se encuentran en la unión del tallo con las hojas. Los frutos están encerrados en un cáliz persistente. Es una especie vegetal medicinal y aromática, forma parte pese a no ser originaria de México de la herbolaria en Guerrero (Hersch *et al.* 2013), Tabasco (es usada contra enfermedades respiratorias, gastrointestinales (Pascual *et al.* 2001), hepáticas, como antihipertensivo, antiproliferativo (Abe *et al.* 2002) y antiinflamatorio (Pérez *et al.*, 2005), contiene compuestos fenólicos, flavonoides de distintos tipos (Masateru *et al.* 2005) y sesquiterpenos, principalmente del tipo bisabolenos (Souto *et al.* 1997), entre otros. La hernandulcina es el bisabolenos que le confiere a la planta su gran capacidad edulcorante (Compadre *et al.* 1985, 1987), que llega a ser de 1 000 a 1 500 veces más dulce que el azúcar (Compadre *et al.* 1986, Kaneda *et al.* 1992, Pascual *et al.* 2001). Otras propiedades que hacen la hernandulcina especialmente interesante son su carácter no tóxico ni mutagénico (Kinghorn *et al.* 1998). Adicionalmente, su alta solubilidad y estabilidad térmica en un amplio rango de pH, aunado a que es no calórico, perfilan este compuesto como una alternativa de uso en gran variedad de aplicaciones alimenticias, productos farmacéuticos y de higiene oral. Sin embargo, el rendimiento en la producción de la hernandulcina a partir de hojas y flores es bastante bajo, los porcentajes de rendimiento obtenidos fluctúan entre 0,004-0,154 % (Kinghorn *et al.*, 2002). De otro lado, su significativo contenido de alcanfor (Pascual *et al.* 2001), aunque puede ser el responsable de muchas de sus aplicaciones en medicina tradicional, ha limitado su uso alimenticio ya que confiere un sabor que no a todos agrada.

La toxicidad se describe en la literatura que la ingestión o inyección del alcanfor, componente importante del aceite esencial, produce en el hombre náusea, vómito, vértigo, confusión mental, delirio, convulsiones, asma, falla respiratoria y hasta la muerte. La dosis letal media del alcanfor en ratón es de 3000mg/kg por vía intraperitoneal. Como ya se mencionó *Lippia dulcis*, es una planta de origen americano, de uso muy antiguo en México. Se ha comprobado experimentalmente

la acción expectorante en el hombre que ejerce la tintura obtenida de sus ramas. Este hecho valida en gran parte el uso popular de la planta, sin embargo, el aceite esencial provoca el aborto al inducir contracciones uterinas, por lo que es importante evitar el uso de la planta por mujeres embarazadas y en niños.

Es una especie vegetal que se reporta en jardines y hueros familiares (Gómez, 2012), su cultivo comercial es a pequeña escala, muy reciente, dado que se vende como *Stevís* (no siéndolo), los datos e información sobre su cultivo en México son inexistentes, se encontró un reportes sobre su propagación por cultivo de tejidos (Urrea *et al*, 2009), pero fuera de este la información sobre su propagación y cultivo es inexistente, es de poco interés agronómico, ya que se ha considerado más el uso medicinal tradicional, por lo que es necesario general esta información.

Objetivo. Propagar asexualmente la especie medicinal hierba dulce (*Lippia dulcis*, Trevir) utilizando esquejes colocados en dos tipos posiciones, con y sin fitohormona de enraizamiento, en los meses de marzo, abril y mayo de 2015 en el Molino, Iztapalapa, D. F.

Hipótesis. Los esquejes colocados horizontalmente y con Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm, tienen mejor prendimiento que los esquejes en posición vertical con y sin Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm.

METODOLOGÍA

El trabajo de investigación se realizó en los meses de marzo a mayo de 2015, en el Molino, Iztapalapa, D. F., bajo cubierta plástica.

Las plantas madre presentaron las siguientes características: estar en su etapa fenológica de madurez, no presentar plagas o síntomas de alguna enfermedad visible y presentar un estado vigoroso.

El sustrato utilizado fue una relación 1:1:1:1, un mezcla de de turba, tezontle, fibra de coco y tepojal, se desinfectó con el producto comercial Anibac 580 ingredientes activos: Cuaternario de amonio (doble cadena 8.6 % y Cuaternario de amonio 1ª Generación 3.7 %) se mezclaron con una pala perfectamente para llenar los contenedores de polietileno negro de 6 x 6 x 6 cm. Los esquejes se obtuvieron de plantas de seis meses de edad. Se cortaron 600 esquejes herbáceos, los tratamientos (T) fueron: 1) (T1) en este los esquejes se colocaron en posición

horizontal con dos yemas dejando dos pares de hojas por yema, sin la aplicación de la auxina sintética (AIB) comercial RADIX 1500 polvo (Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm); 2) (T2) los esquejes herbáceos se colocaron verticalmente con una yema enterrada dejando dos pares de hojas por yema y una aérea, no se les aplicó la auxina sintética (AIB) comercial RADIX 1500 polvo; 3) (T3) los esquejes se colocaron horizontalmente con dos yemas dejando dos pares de hojas por yema con la adición de Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm y por último 4) (T4) los esquejes fueron colocados verticalmente con dos yemas dejando dos pares de hojas por yema y se les adicionó Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm en polvo. En cada contenedor se colocó un esqueje, de estos en los T2 y T3 a cada esqueje se aplicó polvo de la auxina sintética (AIB) comercial RADIX 1500, para inducir a la generación de raíces adventicias, una vez que se colocó en el contenedor. Los esquejes fueron regados manualmente tres veces a la semana, un riego fue solo con agua y en el siguiente se aplicó también el producto comercial RAIZAL 400, que contiene 400 ppm de Auxina, Nitrógeno (9 %) , Fosforo (45 %) , Potasio (11 %) , Magnesio (0.6 %) , Azufre (0.8 %) , la dosis variaron semanalmente, de 0.5 g en los primer semana hasta 5g/L en las semanas finales, se aplicaron micro elementos al riego una vez cada 15 días. Además se realizaron cuidados preventivos contra hongos e insectos, se utilizó Azufre mineral y Piretroides.

En los tratamientos, se evaluaron dos formas de colocar el esqueje en el contenedor con y sin aplicación de enraizador, estos se muestran en el Cuadro 1. Los contenedores se colocaron bajo una cubierta plástica, los riego fueron manuales cercanas a saturación del sustrato. Cada tratamiento consta de 150 esquejes, con tres repeticiones por tratamiento en donde cada unidad experimental constó de 50 esquejes, sembrando un esqueje por contenedor de polietileno. Los cuales se colocaron bajo una cubierta plástica en un diseño experimental de bloques al azar. A los 50 días, se realizaron las mediciones, se tomaron 10 macetas por repetición, dando un total de 30 plántulas por tratamiento, en los que se evaluó el prendimiento (enraizamiento), número de plántulas con hojas. Finalmente las medias de todos los datos y variables se pasaron a un paquete estadístico denominado diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5 hecho por la Universidad Autónoma de Nuevo León, facultad de agronomía (Olivares, 1994).

Cuadro 1

Tratamiento y número de unidades experimentales para la propagación de *Lippia dulcis* Trevir

Tratamiento Esqueje herbáceo (forma de como se colocó el esqueje)	Aplicación de Auxinas sintéticas	No. de Repeticiones por tratamientos	Total de esquejes
T1 colocados horizontalmente	No	3	150
T2 colocados verticalmente	No	3	150
T3 colocados horizontalmente	Si	3	150
T4 colocados verticalmente	Si	3	150

RESULTADOS

A los 50 días después de la siembra se evaluaron los esquejes, para ver su formación de raíces secundarias, y plántulas con brotes. En el Cuadro 2, se muestra el número de esquejes que se convirtieron en plántulas al presentar brotes con hojas vivas.

Cuadro 2

Resultados generales en cuanto a prendimiento y número de brotes generados por cada esqueje en cada tipo de esqueje

Tratamiento	Forma de colocación del Esqueje	Uso de auxina sintéticas	Esquejes que presentaron enraizamiento adecuado por tratamiento	Esquejes con raíz en Porcentaje	Número de brotes con hojas vivas por esqueje
T1	Horizontal	No	123 a	82 a	4.0 a
T2	Vertical	No	99 b	66 b	2.5 b
T3	Horizontal	Si	137 a	91 a	4.0 a
T4	Vertical	Si	108 b	72 b	2.3 b

Nota: Letras diferentes en la columna indican diferencia significativa por medio de la prueba de Tukey con nivel de significancia de 0.05.

En el Cuadro 3 se muestra la altura de plántula en cm y cobertura del diámetro foliar en cm para los diferentes tipos de esquejes y cuantificados a los 50 días después de la siembra.

Cuadro 3

Resultados de altura de plántula en cm y cobertura del diámetro foliar en cm para los diferentes tipos de esquejes y cuantificados a los 50 días después de la siembra

Tratamientos tipo de esqueje	Posición del esqueje	Uso de auxina sintéticas	Altura de planta en cm	Diámetro de cobertura foliar en cm
T1	Horizontal	No	7.3 a	10.3 a
T2	Vertical	No	8.3 a	9.2 b
T3	Horizontal	Si	8.8 a	11.5 a
T4	Vertical	Si	9.0 a	9.7 b

*Diferencia significativa prueba de Tukey nivel de significancia 0.05.

DISCUSIÓN

Se observa en el Cuadro 2 que los esquejes herbáceos colocados horizontalmente presentaron mejor prendimiento, debido a que las yemas radicales se encontraron mejores condiciones para su desarrollo, mientras que los esquejes herbáceos colocados verticalmente los valores de prendimiento fueron más bajos, de igual forma el número de yemas que se desarrolló fue mayor en los esquejes colocados verticalmente. El número de días en los meses de primavera fue de 22 días.

La multiplicación a partir de esquejes explota la habilidad de algunas plantas en las que un fragmento de tejido vegetal (de tallo, hoja, raíz o yema) puede convertirse en una nueva planta totalmente desarrollada, con sus propias raíces y yemas. En este proceso regenerativo las raíces desarrolladas a partir de un fragmento de tallo, hoja o tejido de yema se denominan raíces adventicias. (Molano 2007).

Por último, es de resaltar que no se presentaron diferencias entre tratamientos en relación con la altura de planta, pero en el diámetro de la cobertura foliar los mejores tratamientos fueron en la que los esquejes se colocaron horizontalmente con y sin auxinas aplicadas, esto se puede deber a que en estos esquejes se dejaron dos yemas, mientras que en los colocados horizontales solo uno, por lo que se tuvieron dos puntos de crecimiento.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos los esquejes herbáceos colocados horizontalmente con y sin auxinas presentaron mejor prendimiento y mayor número de brotes con el mismo sustrato y tratamiento que los esquejes colocados verticalmente con y sin auxinas, el mayor desarrollo vegetal fue en los esquejes colocados horizontalmente.

LITERATURA CITADA

- Abe, Fumiko, Nagao T, Okabe H. 2002. Antiproliferative constituents in plants 9.1) aerial parts of *Lippia dulcis* and *Lippia canescens*. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 25 (7): 920-922.
- Orellana, A. D, Martínez, J. V, Cáceres, A. 2000. Agrotecnología para el cultivo del orozuz o hierba dulce. En: Martínez JV, Bernal HY, Cáceres A, editores. *Fundamentos de agrotecnología de cultivo de plantas medicinales Iberoamericanas*. Publicación del Convenio Andrés Bello (CAB) y Tecnología para el desarrollo (CYTED). Santafé de Bogotá, D. C., Colombia. p: 269-276.
- Compadre CM, Hussain R. A, López de Compadre R.L, Pezzuto J.M, Kinghorn D.A. 1987. The intensely sweet sesquiterpene hernandulcin: isolation, sintesis, characterization, and preliminary safety evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35: 273-279.
- Compadre C.M., Pezzuto J.M., Kinghorn A.D. 1985. Hernandulcin: an intensely sweet compound discovered by review of ancient literature. *Science*, 227: 417-419.
- Compadre C.M, Robbins E.F, Kinghoran A.D. 1986. The intensely sweet herb, *Lippia dulcis* Trev.: Historical uses, field inquiries and constituents. *Journal of Ethnopharmacology*, 15 (1): 89-106.
- Gómez, Á. R. 2012. Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. 35(1): 43-49
- Hersch, M. P., González, L. García I., Garduño, E., Vázquez M. Ibarra D., Sedano C. y Bestard, M. 2013. *Plantas Medicinales de San Luís Acatlan, Guerrero*. Serie Patrimonio Vivo 12. Actores Sociales de la Flora Medicinal en México.

-
- Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 44 p.
- Kinghorn AD, Ito Aiko, Kennelly E, Kim NC, Wetenburg. 1998. Studies on some edible and medicinal plants of Mesoamerica. Proceedings of the Western Pharmacology Society, 41: 253-258.
- Kinghorn AD, Soejarto DD. 2002. Discovery of terpenoid and phenolic sweeteners from plants. Pure and Applied Chemistry, 74 (7): 1169-1179.
- Masateru O, Morinaga H, Masuoka C, Ikeda T, Okawa M, Kinjo J, Nohara T. 2005. New Bisabolane-Type Sesquiterpenes from the Aerial Parts of *Lippia dulcis*. Notes. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 53 (9): 1175-1177.
- Molano, D. 2007. Propagación de plantas medicinales y aromáticas. CPR de Trujillo.
- Olivares, E. 1994. Paquete de diseños experimentales, FAUANL Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL.
- Pascual ME, Slowing K, Carretero E, Sánchez M, Villar A. 2001. *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. Journal of Ethnopharmacology, 76: 201-214.
- Pérez S, Meckes C, Pérez C, Susunaga A, Zavala MA. 2005. Anti-inflammatory activity of *Lippia dulcis*. Journal of Ethnopharmacology, 102: 1-4.
- Souto F.A., Echeverría M., Cárdenas O., Acuña M., Meléndez P., Romero L. 1997. Terpenoid composition of *Lippia dulcis*. Phytochemistry, 44 (6): 1077-1086.
- Urrea, A. I., Paula A. Castrillón, P. A., y Monsalvo, Z. 2009. Propagación *in vitro* y desdiferenciación tisular en *Lippia dulcis*. *Actual Biology* 31 (90): 21-29, 2009.

PROPAGACIÓN DE *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Bosse, (MATALÍ) EN EL D.F., ESPECIE ORNAMENTAL Y MEDICINAL

PROPAGATION OF *Tradescantia zebrina* Heynh. Ex Bosse (MATALI) IN MEXICO CITY, ORNAMENTAL AND MEDICINAL SPECIE

Fierro AA¹; González LMM¹; López LR²; Monsalvo CCA³

¹Profesores Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana. Correo electrónico: andresfierro_agro@yahoo.com.mx; mglopez@correo.xoc.uam.mx; ²Investigador Campo Experimental Huimanguillo-INIFAP, Tabasco., ³Productor de plantas Medicinales y Colaborador del Proyecto Aclimatación, domesticación agronómica de especies medicinales, aromáticas y/o condimentarias de zonas templadas.

RESUMEN

Se evaluó la propagación vegetativa de *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Bosse (matalí), especie medicinal y ornamental de amplio uso en Tabasco. Utilizando esquejes herbáceos, los fragmentos de tallos decumbentes o rastreros, se seleccionaron por presentar raíces en los nudos, los cuales se colocaron en dos tipos de tratamientos, con y sin fitohormona de enraizamiento. De acuerdo con los resultados obtenidos los esquejes herbáceos enraizados no presentaron diferencias significativas con y sin la aplicación de Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm, se mostraron raíces en todos los esquejes con brotes.

Palabras clave: Esquejes, matalí, propagación vegetativa, medicinal.

INTRODUCCIÓN

Tradescantia zebrina Heynh. ex Bosse, familia: *Commelinaceae*, sus nombres comunes son: cucaracha, hierba de la cucaracha, hierba del pollo, sinvergüenza, cortina de sala, plateada pamplinas, panameña, cola de pollo, hoja de gallo, hola de plata, lluvia, pico de gallo, hoja milagrosa, judío errante, judío de vaga, su sinonimia:

Tradescantia pendula (Schinz) D.R. Hunt; *Tradescantia zebrina* Bosse; *Zebrina pendula* Schinz; *Zebrina pendula* var. *quadrifolia* L.H. Bailey; *Zebrina purpusii* G. Brückn. La *Zebrina pendula* pertenece a la familia de las Commelináceas. Esta familia se compone de especies herbáceas, trepadoras, sus hojas se encuentran alternas a lo largo del tallo, delgadas, expandidas y planas, con pequeñas flores hermafroditas discretas, de tres pétalos alternos, sus colores pueden ser blandos o rosas según sus especies. Las flores solo están abiertas por un solo día y son frecuentemente azules o rosas, algunas de estas especies se autopolinizan. Es una planta extremadamente resistente y de fácil propagación, por lo que se le considera una hierba invasiva en muchos sitios, aunque se emplea en cultivos comerciales como cobertura y en jardinería (http://es.wikipedia.org/wiki/Tradescantia_pendula).

Planta de interior perenne, se desarrollan en lugares templados y tropicales, crecen sin ningún problema y son utilizadas como ornamental. Requiere de buena iluminación pero no de la luz directa del sol, con temperaturas menores a los 30 °C pero mayores que 10 °C. Crece de manera silvestre en bosques húmedo, laderas de las montañas, y márgenes de los ríos (Pérez *et al.*, 2012). Sus propiedades medicinales: malestares ginecológicos, dolores después del parto, disentería, mal de aire, torzón ocasionado por comer alimentos que no digiere el estómago, dolor de muela, erisipela, gastritis, mal de orín “micción escasa”, dolor de cabeza, contra picadura de alacrán; también con propiedades analgésicas, antihemorrágicas y antidiabéticas.

Las hojas de *Zebrina pendula* contiene flavonoides como el zebrinín y el compuesto mono-decafeilado (<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7177>). Las forma de uso: hojas, savia de la planta y tallos. Uso externo: aplicar la planta en forma de fricciones; para lavados, se pone a hervir parte de sus ramas para uso local. Como repelente contra mosquitos, zancudos, pulgas y contra picadura de alacrán. Las hojas machacadas son un eficaz antihemorrágico. Uso interno: es útil para aliviar cólicos y dolores menstruales, se le atribuye propiedades antidiabéticas. Vía oral: en infusión: se prepara frotando la hoja y la savia de la planta. El cocimiento de las hojas es un analgésico, en caso de neuralgia facial y colitis (Sosa, 2005). Toxicidad, se han realizado estudios que indican que dosis de: 555 mg/kg no ha causado efectos tóxicos (Sosa, 2005). Su uso y contacto puede causar irritación en la piel (<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7177>).

En el sureste de México, en los estados de Tabasco y Chiapas donde se le conoce con el nombre común de Matalí, se prepara una bebida refrescante cociendo

las hojas de esta planta, el cocimiento resultante se cuele para retirar las hojas y al agua se le agrega jugo de limón y azúcar. Se le atribuyen propiedades diuréticas y desintoxicantes del riñón, así también se utiliza como cura contra la disentería, mal de orín y dolor de estomago (Maldonado, 2012).

Es una especie vegetal que se reporta en jardines y huertos familiares (Guadarrama, 2010), existen vivero que las cultivan a nivel comercial, pero en las zonas urbanas ya no se cultiva en las casa, aunque se puede comparar en los mercados para sus usos. Los datos e información sobre su cultivo en México son limitados, es una especie vegetal de poco interés agronómico, ya que se ha considerado más el uso medicinal tradicional, por lo que es necesario generar información.

Objetivo. Propagación asexual de *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Bosse, especie medicinal, utilizando esquejes herbáceos, colocados en dos posiciones, con y sin fitohormona de enraizamiento, en los meses de marzo, abril y mayo de 2015 en el Molino, Iztapalapa, D. F.

Hipótesis. Los esquejes colocados horizontalmente y con Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm, tienen mejor prendimiento que los esquejes en posición vertical con y sin Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en los meses de marzo a mayo de 2015, en el Molino, Iztapalapa, D. F., bajo cubierta plástica. Las plantas madre presentaron las siguientes características: estar en su etapa fenológica de madurez, no presentar plagas o síntomas de enfermedades visibles y un estado vigoroso. Estos fueron obtenidos en el poblado de Cuanacaxtitln, del Municipio de San Luis Acatlán, Guerrero, se cortaron a las 7:00 h y se transportaron a la ciudad de México para ser sembrados ese mismo día a las 18:00 h.

El sustrato utilizado fue una relación 1:1:1:1, un mezcla de turba, tezontle, fibra de coco y tepojal, se desinfecto con el producto comercial Anibac 580 ingredientes activos: Cuaternario de amonio (doble cadena 8.6 % y Cuaternario de amonio 1ª Generación 3.7 %) se mezclaron con una pala perfectamente para llenar los contenedores de bolsas negras de polietileno negro de 17 X 16 cm. Los

esquejes de obtuvieron de plantas de seis meses de edad. Se cortaron 600 esquejes herbáceos.

Los tratamiento (T) fueron: **T1** en este los esquejes se colocaron en posición horizontal con dos yemas dejando dos pares de hojas por yema y una aérea, sin la aplicación de la auxina sintética (AIB) comercial RADIX 1500 polvo (Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm); **T2**: los esquejes herbáceos se colocaron verticalmente con una yema enterrada y una aérea dejando dos pares de hojas por yema, no se les aplicó la auxina sintética (AIB) comercial RADIX 1500 polvo; en el **T3**: los esquejes se colocaron horizontalmente dejando dos pares de hojas por yema, con la adición de Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm y por último en el **T4**: los esquejes fueron colocados verticalmente dejando dos pares de hojas por yema y una aérea, se les adicióno Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm en polvo.

En cada contenedor se colocó un esqueje, los cuales fueron regados manualmente tres veces a la semana, un riego fue solo con agua y en el siguiente se aplicó también el producto comercial RAIZAL 400, que contiene 400 ppm de Auxina, Nitrógeno (9 %), Fosforo (45 %), Potasio (11 %), Magnesio (0.6 %), Azufre (0.8 %), las dosis variaron semanalmente, de 0.5 g/L en las primeras semana hasta 5 g/L en las semanas finales, se aplicaron micro elementos al riego una vez cada 15 días. Además se realizaron cuidados preventivos contra hongos e insectos, se utilizó Azufre mineral y Piretroides.

Los contenedores fueron colocaron bajo una cubierta plásticas. Cada tratamiento consta de 150 esquejes, con tres repeticiones por tratamiento en donde cada unidad experimental consto de 50 esquejes, sembrando un esqueje por contenedor de polietileno. Los tratamientos obedecieron a un diseño experimental de bloques al azar. A los 50 días, se realizaron las mediciones, tomando 10 macetas por repetición, dando un total de 30 plántulas por tratamiento, en los que se evaluó el prendimiento (enraizamiento), número de plántulas con hojas. Finalmente las medias de todos los datos y variables se pasaron al paquete estadístico FAUANL. Versión 2.5 de la Universidad Autónoma de Nuevo León, facultad de agronomía (Olivares, 1994).

Cuadro 1

Tratamiento y número de unidades experimentales para la propagación de *Tradescantia zebrina*.

Tratamiento Colocación del esqueje	Aplicación de Auxinas sintéticas	Total de esquejes
T1 Horizontal	No	150
T2 Vertical	No	150
T3 Horizontal	Si	150
T4 Vertical	Si	150

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 50 días después de la siembra se evaluaron los esquejes, para ver su formación de raíces secundarias y plántulas con brotes. En el Cuadro 2, se muestra el número de esquejes que se convirtieron en plántulas al presentar brotes con hojas vivas, así mismo se observa que los esquejes herbáceos colocados horizontalmente presentaron mejor prendimiento, debido a que las yemas radicales se encontraron mejores condiciones para su desarrollo, mientras que los esquejes herbáceos colocados verticalmente los valores de prendimiento fueron más bajos, de igual forma el número de yemas que se desarrollo fue mayor en los esquejes colocados verticalmente. El número de días en los esquejes presentaron raíces completas para los meses de primavera fue de 22 días.

Cuadro 2

Resultados generales en cuanto a prendimiento y número de brotes generados por cada esqueje en cada tipo de esqueje *Tradescantia zebrina* Heynh., ex Bosse, (Matali).

Tratamientos	Forma de colocación del Esqueje	Uso de auxina sintéticas	Esquejes que con enraizamiento adecuado	Esquejes con raíz en Porcentaje	Número de brotes con hojas vivas por esqueje
T1	Horizontal	No	132 a	88 a	4.2 a
T2	Vertical	No	118 b	79 b	3.5 b
T3	Horizontal	Si	142 a	93 a	4.5 a
T4	Vertical	Si	122 b	81 b	3.3 b

Nota: Letras diferentes en las columnas indican diferencia significativa mediante prueba de Tukey con nivel de significancia de 0.05.

En el Cuadro 3 se muestra la altura de plántula en cm y cobertura del diámetro foliar en cm para los diferentes tipos de esquejes, cuantificados a los 50 días después de la siembra. La multiplicación a partir de esquejes expresa la habilidad de algunas plantas en las que un fragmento de tejido vegetal (de tallo, hoja, raíz o yema) puede convertirse en una nueva planta totalmente desarrollada, con sus propias raíces y yemas. En este proceso regenerativo, las raíces desarrolladas a partir de un fragmento de tallo, hoja o tejido de yema se denominan raíces adventicias (Molano, 2007).

Cuadro 3

Resultados de altura de plántula en cm y cobertura del diámetro foliar en cm para los diferentes tipos de esquejes y cuantificados a los 50 días después de la siembra Tradescantia zebrina Heynh., ex Bosse, (Matalí)

Tratamientos tipo de esqueje	Posición del esqueje	Uso de auxina sintéticas	Altura de planta en cm	Diámetro de cobertura foliar en cm
T1	Horizontal	No	7.3 a	10.3 a
T2	Vertical	No	8.3 a	9.2 b
T3	Horizontal	Si	8.8 a	11.5 a
T4	Vertical	Si	9.0 a	9.7 b

Nota: Letras diferentes en las columnas indican Diferencia significativa mediante la prueba de Tukey con nivel de significancia 0.05.

Por último es de resaltar que no se presentaron diferencias entre tratamientos en relación con la altura de planta, pero en el diámetro de la cobertura foliar los mejores tratamientos fueron en la que los esquejes se colocaron horizontalmente con y sin auxinas aplicadas, esto se puede deber a que en estos esquejes se dejaron dos yemas, mientras que en los colocados horizontales solo uno, por lo que se tuvieron dos puntos de crecimiento.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos los esquejes herbáceos colocados horizontalmente con y sin auxinas presentaron mejor prendimiento y mayor número de brotes con el mismo sustrato y tratamiento que los esquejes colocados verticalmente con y sin auxinas, el mayor desarrollo vegetal fue en los esquejes colocados horizontalmente.

LITERATURA CITADA

- Guadarrama, O. M. de los A. 2010. De los “Matalis”, “señoritas embarcadas” y OTRAS COMMELINACEAS en Tabasco. Kuxulkab. Revista de Divulgación Académica de Ciencias Biológicas. 17(31):79-86.
- Maldonado, M. F. 2005. Flora Medicinal del Estado de Tabasco: Uso, Manejo y Conservación. UJAT. Tabasco.
- Molano, D. 2007. Propagación de plantas medicinales y aromáticas. CPR de Trujillo.
- Olivares, E. 1994. Paquete de diseños experimentales, FAUANL Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL.
- Pérez R. I., Hans Van Der, W. H. y Ishiki I. M. 2012. Plantas en recipientes en los huertos familiares de Tabasco. Edición del Gobierno del Estado de Tabasco, Secretaria de Recursos Naturales Y Protección Ambiental, El Colegio de la Frontera Sur, Petróleos Mexicanos. Villahermosa, Tabasco, México. 141 p.
- Rojas A. M. 2010. *Libros electrónicos del diplomado de herbolaria y medicina tradicional mexicana*. Tlahui.

Referencias informáticas

- Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Tradescantia_pendula, en Wikipedia enciclopedia libre. *Tradescantia pendula*. Consultado el 30 de mayo de 2015.
- Medicina Tradicional Mexicana: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7177>. En *Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana*, Consultado el 30 de Mayo de 2015.

PROPAGACIÓN DE *Plectanthus oloroso* (VAPORUB) EN MÉXICO D.F., ESPECIE MEDICINAL Y AROMÁTICA

PROPAGATION OF *Plectanthus oloroso* (VAPORUB) IN MEXICO CITY, MEDICINAL AND AROMATIC SPECIE

González LMaM¹; Fierro ÁA¹; López LR²; Monsalvo CCA³

¹Profesores Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana. Correo electrónico: andresfierro_agro@yahoo.com.mx; mglopez@correo.xoc.uam.mx y ²Investigador Campo Experimental Huimanguillo-INIFAP, Tabasco. ³Productor de plantas Medicinales y Colaborador del Proyecto Aclimatación, domesticación agronómica de especies medicinales, aromáticas y/o condimentarias de zonas templadas.

RESUMEN

Se evaluó la propagación vegetativa de *Plectanthus oloroso* (Vaporub) especie medicinal de uso medicinal en la ciudad de México, para su propagación se utilizaron esquejes herbáceos, con fragmentos de los tallos de las plantas y puntas de ramas, dejando tres nudos y yemas, con y sin fitohormonas, de acuerdo con los resultados obtenidos los esquejes herbáceos de fragmentos de tallos enraizaron no presentaron diferencias significativas con y sin la aplicación de Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm, en esquejes de parte terminal de ramas, mientras que los tallos presentaron valores menores en enraizamiento y tamaño de plántula.

Palabras clave: Esquejes, vaporub, propagación, medicinal.

INTRODUCCIÓN

La planta llamada vaporub, pertenece a la familia de las Labiadas. El género *Plectanthus* posee más de 350 especies entre anuales, perennes y arbustos. Es un género particularmente difícil de manejar por la falta de coincidencia en el uso de los nombres científicos de las variedades entre los botánicos alrededor del mundo. La

pomada mundialmente famosa que se utiliza para congestiones nasales, no tiene incluida esta planta en su formulación. El nombre de la planta deriva porque al estrujarla tiene un aroma casi idéntico a la pomada. Es complicado comparar los resultados que se han obtenido de esta planta dado que alrededor del mundo le han dado distinto nombre botánico. Sin embargo, el género *Plectranthus* ha sido ampliamente estudiado y es utilizado en todo el mundo por su intenso olor. Como referencia en su utilización, podemos considerar que las variedades del género *Plectranthus* que sean enredaderas, con hojas y flores similares, y contengan ese característico olor nos producirán el mismo efecto al prepararlas en Microdosis sin importar la variedad utilizada.

Es una especie vegetal de tipo herbácea, su altura puede ser de 0.5 a 0.6 m, su cobertura vegetal de 13 a 15 cm de diámetro, tiene forma colgante, florece en verano y requiere luz brillante, puede soportar el estrés hídrico, su requerimiento hídrico es regular, la temperatura adecuada es de 18 a 20 °C. Produce pequeñas flores de produce pequeñas flores de color rosa-lila en verano, en la mayoría de las otras especies, las flores son insignificantes y no especialmente atractivas. El estudio fitoquímico se ocupa de la composición química de la planta y de la naturaleza de sus principios activos, los ensayos para su caracterización y valoración, así como lo necesario para determinar su actividad farmacológica. Se conoce con los nombres comunes de vaporub o mentol. Las pruebas fitoquímicas preliminares dieron positivas para: fenoles, esteroides, alcaloides, carbohidratos, flavonoides, y negativa para saponinas. Un ensayo fitoquímico mostró la presencia de los siguientes metabolitos secundarios: compuestos fenólicos, flavonoides, esteroides, alcaloides y carbohidratos. El extracto metanólico de las hojas de *Plectranthus oloroso* presenta actividad antibiótica contra *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis* además de actividad antioxidante. Los extractos de *P. oloroso* muestra un amplio espectro de acciones farmacológicas por lo que se puede considerar como fuente para futuros fármacos y/o fitofármacos (Galicia *et al*, 2009). De acuerdo con publicaciones especializadas, para aliviar ciertos tipos de molestias generalmente se emplea como ungüento frotando el pecho con las hojas previamente calentadas en tratamientos para descongestionar las vías respiratorias.

Es una especie vegetal que se reporta en jardines y hueros familiares, en la ciudad de México, existen vivero que las cultivan a nivel comercial, se puede comparar en los mercados para sus usos, los datos e información sobre su cultivo en México son limitados, es una especie vegetal de poco interés agronómico, ya que se ha considerado más el uso medicinal tradicional, por lo que es necesario general esta información.

Objetivo. Propagación asexual de la especie medicinal *Plectanthis oloroso* (Vaporub) utilizando esquejes herbáceos, de dos tipos obtenidos de tallos con cuatro yemas, tres externa y una bajo el sustrato, el segundo de partes terminales de ramas con cuatro yemas, en ambos tipos con y sin fitohormona de enraizamiento, en los meses de marzo a mayo de 2015 en el Molino, Iztapalapa, D. F.

Hipótesis. Los esquejes de punta de ramas con y sin Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm, tienen mejor prendimiento que los esquejes de tallo con y sin Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en los meses de marzo a mayo de 2015, en el Molino, Iztapalapa, D. F., bajo cubierta plástica. Las plantas madre presentaron las siguientes características: estar en su etapa fenológica de madurez, no presentar de plagas o síntomas de alguna enfermedad visible y presentar un estado vigoroso, de plantas madre de dos años de edad.

El sustrato utilizado fue una relación 1:1:1:1 un mezcla de de turba, tezontle, fibra de coco y tepojal, se desinfecto con el producto comercial Anibac 580 ingredientes activos: Cuaternario de amonio (doble cadena 8.6 % y Cuaternario de amonio 1ª Generación 3.7 %) se mezclaron con una pala perfectamente para llenar las contenedores de polietileno negro de 6 x6 x 6 cm.

Los esquejes de obtuvieron de plantas de dos años de edad. Se cortaron 600 esquejes herbáceos, los tratamiento fueron: tratamiento uno (T1) en este los esquejes fueron de tallos con cuatro yemas, tres al aire y una bajo tierra, dejando dos pares de hojas por yema, sin la aplicación de la auxina sintética (AIB) comercial RADIX 1500 polvo (Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm); en el tratamiento dos (T2) los esquejes herbáceos de tallos con cuatro yemas, tres al aire y una bajo tierra, dejando dos pares de hojas por yema, no se les aplicó la auxina sintética (AIB) comercial RADIX 1500 polvo; en el tercer tratamiento (T3) los esquejes herbáceos fueron de puntas apicales de ramas con cuatro yemas, tres al aire y una bajo tierra, con la adición de Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm y por último en el tratamiento cuatro (T4) los esquejes fueron herbáceos de puntas apicales de rama, con cuatro yemas, tres se colocaron al aire y una bajo tierra, dejando dos pares de hojas por yema, con la adición de Ácido indol-3-butírico en 1500 ppm en

polvo. En cada contenedor se colocó un esqueje, de estos en los tratamientos T2 y T3 a cada esqueje se aplicó polvo de la auxina sintética (AIB) comercial RADIX 1500, para inducir a la generación de raíces adventicias, una vez que se colocó en el contenedor. Los esquejes fueron regados manualmente tres veces a la semana, un riego fue solo con agua y en el siguiente se aplicó también el producto comercial RAIZAL 400, que contiene 400 ppm de Auxina, Nitrógeno (9 %), Fósforo (45 %), Potasio (11 %), Magnesio (0.6 %), Azufre (0.8 %), la dosis variaron semanalmente, de 0.5 g en la primera semana hasta 5 g/L en las semanas finales, se aplicaron micro elementos al riego una vez cada 15 días. Además se realizaron cuidados preventivos contra hongos e insectos, se utilizó azufre mineral y Piretroides.

En los tratamientos, se evaluaron dos formas de colocar el esqueje en el contenedor con y sin aplicación de enraizador, estos se muestran en el Cuadro 1. Los contenedores se colocaron bajo una cubierta plástica, los riegos fueron manuales. Cada tratamiento consta de 150 esquejes, con tres repeticiones por tratamiento en donde cada unidad experimental constó de 50 esquejes, sembrando un esqueje por contenedor de polietileno. Los cuales se colocaron bajo una cubierta plástica en un diseño experimental de bloques al azar. A los 50 días, se realizaron las mediciones, se tomaron 10 macetas por repetición, dando un total de 30 plántulas por tratamiento, en los que se evaluó el prendimiento (enraizamiento), número de plántulas con hojas. Finalmente las medias de todos los datos y variables se pasaron a un paquete estadístico denominado diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5 hecho por la Universidad Autónoma de Nuevo León, facultad de agronomía (Olivares, 1994).

Cuadro 1

*Tratamiento y cantidad de unidades experimentales para la propagación de *Plectanhus oloroso**

Tratamiento Esqueje herbáceo	Aplicación de Auxinas sintéticas	Total de esquejes
T1 de tallos	No	150
T2 de tallos	Si	150
T3 Punta apicales de ramas	No	150
T4 Punta apicales de ramas	Si	150

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 50 días después de la siembra se evaluaron los esquejes, para ver su formación de raíces secundarias, y plántulas con brotes. En el Cuadro 2, se muestra el número de esquejes que se convirtieron en plántulas al presentar brotes con hojas vivas.

Cuadro 2. Prendimiento y número de brotes generados por cada tipo de esqueje tratado con y sin auxinas sintéticas

Tratamiento	Tipo de Esqueje	Uso de auxina sintéticas	Esquejes que presentaron enraizamiento adecuado	Esquejes con raíz en Porcentaje	Número de brotes con hojas vivas por esqueje
T1	De tallos	No	124 b	83 b	4.2 a
T2	De tallos	Si	132 b	88 b	4.5 a
T3	Puntas apicales de ramas	No	133 b	89 b	5.5 a
T4	Puntas apicales de ramas	Si	141 a	94 a	5.7 a

Nota: Letras diferentes en las columnas significan que existen diferencia significativa mediante la prueba de Tukey con nivel de significancia de 0.05.

Se observa en el Cuadro 2 que los esquejes herbáceos de punta de ramas con y sin la aplicación de auxinas presentaron mejor prendimiento, mientras que los esquejes herbáceos obtenidos de tallos presentaron valores de prendimiento más bajos, con y sin la aplicación de auxinas, de igual forma el número de yemas que se desarrollo fue mayor en los esquejes herbáceos de puntas de ramas. El número de días en los meses de primavera fue de 30 días.

En el Cuadro 3 se muestra la altura de plántula en cm y cobertura del diámetro foliar en cm para los diferentes tipos de esquejes y cuantificados a los 50 días después de la siembra.

Cuadro 3

Altura de plántula en cm y cobertura del diámetro foliar en cm para los diferentes tipos de esquejes y cuantificados a los 50 días después de la siembra

No. de tratamiento	Tipo de esqueje	Uso de auxina sintéticas	Altura de planta en cm	Diámetro de cobertura foliar en cm
T1	De tallo	No	8.1 b	10.0 b
T2	De tallo	Si	8.7 b	10.3 b
T3	Puntas de rama	No	10.7 a	11.5 a
T4	Puntas de rama	Si	11.2 a	11.7 a

Nota: Letras diferentes en las columnas significan Diferencia significativa mediante la prueba de Tukey con nivel de significancia de 0.05.

La multiplicación a partir de esquejes explota la habilidad de algunas plantas en las que un fragmento de tejido vegetal (de tallo, hoja, raíz o yema) puede convertirse en una nueva planta totalmente desarrollada, con sus propias raíces y yemas. En este proceso regenerativo las raíces desarrolladas a partir de un fragmento de tallo, hoja o tejido de yema se denominan raíces adventicias. (Molano 2007).

Por último es de resaltar que de igual forma los esquejes obtenidos de puntas de ramas presentaron mayor tamaño, número de yemas y cobertura con y sin la aplicación de auxinas (Cuadro 3), mientras que esquejes de ramas con y sin auxinas aplicadas, presentaron valores menores.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos los esquejes herbáceos de puntas de ramas con y sin auxinas presentaron mejor prendimiento y mayor número de brotes con el mismo sustrato y tratamiento que los esquejes herbáceos de ramas.

LITERATURA CITADA

Galicia L. C., Bautista R. E., Franco H. O. y Gómez y G. Y. 2009. Evaluación fitoquímica y antimicrobiana del *Plectranthus oloroso*. XIII Congreso Nacional de Bioquímica y Biotecnología.

Molano, D. 2007. Propagación de plantas medicinales y aromáticas. CPR de Trujillo.
Olivares, E. 1994. Paquete de diseños experimentales, FAUANL Versión 2.5.
Facultad de Agronomía UANL.

Referencias informáticas

Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce: http://www.cofupro.org.mx/cofupro/cofupro_web.php?idseccion=958. En Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A.C. 30 de mayo 2015.

Medicina Tradicional Mexicana: <http://> 30 mayo2015.

Academia Educativa: http://www.academia.edu/7254740/Compendio_de_plantas_mtra_lilian_con_avances_de_bibliografia_numerado-1111. Consultado el 30 mayo 2015.

CULTIVO DE *Plecthranthus amboinicus*, L (OREGANÓN) EN LA ZONA TROPICAL DE MÉXICO

Plecthranthus amboinicus L. CROP (OREGANON) IN THE TROPICAL AREA MEXICO

González LMaM¹; Fierro ÁA¹; López LR²; Monsalvo CCA³

¹Profesores Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana. Correo electrónico: andresfierro_agro@yahoo.com.mx mglopez@correo.xoc.uam.mx; ²Investigador Campo Experimental Huimanguillo-INIFAP, Tabasco. ³Productor de plantas Medicinales y Colaborador del Proyecto Aclimatación, domesticación agronómica de especies medicinales, aromáticas y/o condimentarias de zonas templadas.

RESUMEN

Se realizó una investigación documental sobre la propagación y cultivo potencial en México, para la elaboración de remedios herbolarios y fitomedicamentos, de la especie vegetal condimentaria, aromática y medicinal, Oreganón *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng familia *Lamiaceae*, conocido en el Caribe, centro y sur América como “Orégano francés”, procedente de Asia y África se ha utilizado como condimento para carnes, frijoles, garbanzos, lentejas, etc., por su fuerte aroma. Además presenta propiedades antisépticas utilizadas en la elaboración de desinfectantes y como antimicótico, siendo las mismas también usadas en la medicina tradicional contra la epilepsia, el cólera, asma, artritis, como estimulante muscular, para el dolor de oído. Pero su consumo en altas dosis puede ser tóxico. Es una planta que sirve como ornamental y se reproduce por medio de esquejes, constituye un potencial valioso para la fabricación de medicamentos, este ha tomado gran importancia por presentar una amplia gama de principios activos en las hojas, encontrándose aceites esenciales, taninos, glucósidos. Se presente una panorámica general del uso de esta planta medicinal, sus características botánicas, propiedades medicinales, contraindicaciones, usos, propagación y cultivo.

Palabras clave: usos medicinales, oreganón, potencial, aromático.

INTRODUCCIÓN

El *Plecthranthus amboinicus* (Lour), Spreng, es una planta medicinal, aromática y condimentaria, es ampliamente usado en las zonas tropicales de América, conocido como en Tabasco y el Sureste Mexicano como oreganón, orégano orejón y en América tropical como Orégano francés, es nativo de las regiones tropicales de Asia Oriental (Kantún et al, 2013) y es cultivado de forma comercial desde hace muchos años en Cuba (Roig, 1974), no así en el trópico mexicano en el que solo se cultiva en espacios pequeños jardines y huertos familiares del campo y la ciudad. Se encuentra distribuida en América Tropical, su cultivo se extiende a Puerto Rico, Islas Vírgenes, Jamaica, Haití, Santo Domingo, Antillas Menores y Venezuela (Roig, 1974).

Desde tiempos inmemoriales, los grupos humanos han utilizado plantas como medicamentos, actualmente, el 80 % de la población en los países subdesarrollados utilizan remedios herbolarios para el tratamiento de algunas enfermedades. Por otra parte los costos de los medicamentos de patentes son elevados para poblaciones de muchos países del mundo, por lo que recurren a la compra de plantas medicinales a un menor costos (Fuentes, 1997). Así, las plantas medicinales desempeñan un importante papel debido a sus propiedades curativas y terapéuticas y constituyen un acervo cultural de cada región y país. Estas son una fuente fundamental de materia prima para la elaboración de remedios herbolarios y fitofármacos certificados. Este tipo de medicina, también conocida como herbolaria. Actualidad, pese al desarrollo científico alcanzado, un porcentaje importante de la población mundial, no tiene acceso al sistema moderno de salud, así como a los medicamentos de síntesis, siendo las plantas medicinales base de remedios herbolarios, que han sido utilizadas desde tiempos remotos en el tratamiento y prevención de enfermedades, además de ser fuente de un sin número de compuestos químicos biológicamente activos que le confieren propiedades terapéuticas (Roersch, 1994).

La producción extensiva e intensiva de especies medicinales es una de las vías que se han aplicado las sociedades para darle solución a los problemas de las especies medicinales silvestres, que cada día presentan problemas de disponibilidad, calidad e higiene en su recolecta y manejo pos cosecha, debido a que no realiza con criterio de sostenibilidad e inocuidad. Por lo que una producción agrícola adecuada, así como la calidad de los fármacos y los demás recursos naturales, resulta una visión más que necesaria, imprescindible para el desarrollo de la misma (Villalba y Joaquín, 1993).

Objetivo. Realizar una revisión de literatura sobre el potencial que representa para la propagación y cultivo de la especie medicinal de *Plecthranthus amboinicus*, (Lour), Spreng, conocido popularmente en Tabasco como Oreganón, Orégano orejón, especie con potencial valioso para la elaboración de remedios herbolarios y fitomedicamentos certificados, debido a que esta especie medicinal, aromática y condimentaria presenta una amplia gama de principios activos en las hojas, encontrándose aceites esenciales, taninos y glucósidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de literatura relacionada con su origen, sus características botánicas, usos medicinales, usos condimentarios y aromáticos, por sus propiedades y usos medicinales, composición química e ingredientes activos, aceites esenciales, contraindicaciones, propagación y cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es una especie condimentaria conocida comúnmente como: oreganón, orégano de la tierra, orégano francés, su nombre científico es *Plecthranthus amboinicus* L., sinónimos; *Coleus amboinicus* Lour, *Coleus aromaticus* Familia botánica: *Lamiaceae* (FITOMET, 1993). Es una hierba perenne, suculenta, de hojas anchamente aovadas de bordes dentados, pecíolos gruesos y flores violáceas en espigas terminales con fuerte olor característico a orégano de donde deriva su nombre común (Acosta ,1996). Es una planta ramosa, fragante, de tallos angulosos y frágiles, que puede alcanzar hasta 1 m de altura, las hojas son carnosas, tomentosas en ambas caras, de base sub acorazonada y pecíolos gruesos, sus flores con estambres de dinamos, declinados, filamentosos a veces unidos debajo, sus flores son bilabiales de color violáceo, se encuentran agrupadas en verticilos que forman espigas terminales (Acosta ,1996 y Fuentes, 1997). Se cultiva con abundancia a escala doméstica en poblaciones rurales urbanas (Pérez *et al.* 2012). Este es un largo género que comprende cerca de 200 especies e innumerables híbridos pertenecientes al mismo; se distribuyen en regiones tropicales y sub-tropicales de Asia, África, Australia e Islas del Pacífico. En la India alrededor de ocho especies son registradas y cultivadas con propósitos ornamentales y comestibles. Algunas encontradas en México son usadas en mezclas con drogas sicotrópicas (Baslas, 1981).

Es una planta herbácea, perenne, ramosa, fragante, de tallos angulosos y frágiles, que puede alcanzar hasta un m de altura (Figura 1); las hojas son carnosas, tomentosas en ambas caras, anchamente ovada, de base sub acorazonada y pecíolos gruesos, sus flores con estambres de dinamos, declinados, filamentosos a veces unidos debajo, sus flores son bilabiales de color violáceo, se encuentran agrupadas en verticilos que forman espigas terminales con fuerte olor característico a orégano donde deriva su nombre común (Acosta *et al.*, 1996 y Fuentes, 1997).



Figuras 1. Plantas de *Plectranthus amboinicus*, (Lour), Spreng, cultivada en suelo y en contenedores.

En la medicina tradicional se emplea la decocción de las hojas frescas en afecciones respiratorias como broncodilatador y en catarros comunes, como digestivo. En dolores de oídos se utilizan las hojas salteadas en aceite, antiinflamatoria y sedante. Se recomienda su uso oral en forma de droga seca o en jarabe para tratamiento del catarro como expectorante antitusivo y en la fabricación de formulaciones de las que forma parte las hojas, en gotas antitusivas para la bronquitis y faringoamigdalitis (Roig, 1974).

En la India, el jugo de las hojas tiene propiedades específicas contra el cólera y secadas a vapor, combinada con otras plantas medicinales, es administrada por vía oral en el tratamiento de enfermedades digestivas y fiebres en niños (John, 1984).

Las extracciones en agua caliente de las partes aéreas de la planta son utilizadas en Asia en el tratamiento de asma, tos crónica, epilepsias y otras afecciones convulsivas siendo administrada por vía oral (Asprey, 1989). En otros países como Viet Nam, adjudican propiedades específicas contra el cólera, asma, epilepsias y otras afecciones convulsivas (Fuentes, 1997). En México, Cuba, Puerto Rico,

es muy utilizado como condimento, remedios caseros y para fines ornamentales (Acosta, 1997). Aunque su uso más común ha sido en el campo de la medicina, es un excelente condimento para aderezar cualquier tipo de carne, caldos, sopas y hasta proporciona un exquisito gusto a los potajes de frijoles, chícharos, lentejas, garbanzos y otros granos (Sáez, 2003).

Estudios farmacológicos, demuestran las propiedades antiepilépticas de la decocción de las hojas del Oreganón (Menéndez y Pavón, 1999). En relación con su composición química del *Plecthranthus amboinicus*, los aceites esenciales son mezclas complejas de componentes orgánicos insolubles en agua que se encuentran distribuidos en el reino vegetal y son los principios aromáticos que existen en las diversas partes de las plantas (Bello, 1999).

Las hojas contienen aceites esenciales, azúcares reductores, fenoles, triterpenos y esteroides, flavonoides, principios amargos y aminas. La evaluación físico-química del aceite de las hojas arrojó que el principal componente era el carvacrol, el cual se considera uno de los responsables de su acción bacteriostática, se presenta con valores superiores al 40 % (Timor *et al.* 1991).

La dinámica de acumulación arrojó que los mejores contenidos del aceite (0,30 % y 79,48 kg/ha) se presentan en el primer corte de las plantas de 5 meses de edad y que su principal constituyente, el carvacrol, se muestra en alta proporción 58,9 %, (Acosta, 1996). En relación con la misma especie se han identificado otros compuestos en los aceites esenciales, Haque, (1988) que el orégano Frances *Plecthranthus amboinicus*, L., en especies cultivadas en Pakistán determinados por cromatografía gaseosa acoplada a espectrómetro de masa, en el análisis se encontró: cariotileno (1,8 %), p-cimeno (1,0 %), tetrahidroxi verbenona (1,3 %), 4 terpinenol (2,9 %), terbutil anisol (1,3 %), timol (79,69 %). Además se determinó por Timor, (1991) que en especies cultivadas en Cuba posee alfa terpinoleno (4,01 %), 1,8 cineol (8,72 %), salicilato de etilo. En especies cultivadas en Hungría: eugenol (8,4 %) (Brieskorn, 1977). En especies cultivadas en México se refiere la presencia de vitaminas como B-1 (tiamina), B-2 (riboflavina) y C (ácido ascórbico) (Morton, 1992).

Los aceites esenciales son mezclas complejas de componentes orgánicos insolubles en agua que se encuentran distribuidos en el reino vegetal y son los principios aromáticos que existen en las diversas partes de las plantas (Bello, 1999).

Estos están constituidos por una mezcla compleja de sustancias volátiles, entre los que destacan compuestos terpénicos y terpenoides, ácidos orgánicos, cetonas, etc. Pueden estar presentes en varias partes de la planta siendo su

margen terapéutico muy estrecho y en ocasiones, cercanos al tóxico. Así un g de aceite esencial representa 100 g de la planta seca. No son recomendables en niños, ni en pacientes con trastornos neurológicos, muchos de los componentes de los aceites esenciales (por ejemplo tuyona) pueden resultar neurotóxicos en altas dosis, broncoespalmos (*Eucalyptus glóbulus*), abortivos (ruda). El aceite esencial del orégano francés presenta un alto índice de compuestos aromáticos y oxigenados, los cuales varían según la procedencia de la planta. En extracto de la especie cultivada en Hungría se encontró un 8.4 % de eugenol, en México se reporta la presencia de canfor y limoneno, además de vitaminas como B-1(Tiamina), B-2(riboflavina), y C (ácido ascórbico) por citar algunos ejemplos. Desde el punto de vista fisiológico, la especie que produce flores pero no produce semillas (estéril), por lo que su propagación es de forma vegetativa mediante esquejes herbáceos de yemas terminales de ramas, el tamaño adecuado va de 15 a 20 cm de longitud, dejando de dos a tres pares nudos y de 2 a 3 pares de hojas, estas se deben de obtener de plantas madres de más de un año, de cada planta se puede obtener de 15 a 20 esquejes, también se pueden obtener esquejes herbáceos de tallos leñosos y semileñosos dejando de dos a tres pares de nudos al aire y un par bajo tierra, su prendimiento es de 20 a 30 % menor que de yemas terminales (FITOMET, 1993).

Su cultivo en el trópico mexicano, se realiza a muy pequeña escala, a nivel doméstico en huertos y jardines rurales urbanos (Pérez *et al.* 2012). Para su cultivo comercial. La época, distancia y forma de plantación por sus exigencias biológicas, la especie no requiere de una época específica del año para brotar y crecer, puede cultivarse durante todo el año, en climas tropicales húmedos con lluvias todo el años, pero en secos tropicales requiere de riego, su cultivo se hace con semilla obtenida de esquejes los cuales se pueden cultivan en viveros o en contenedores, una vez hechas la plántulas se trasplantan para su cultivo, o los esquejes se siembran directamente en los surcos de un m, a una distancia de 0.40 m equivalente a 25 000 plantas/ha, a plena exposición solar, enterrándolas 2/3 de su longitud (Acosta, 1996). Es una planta muy resistente, ocasionalmente puede ser atacada por hongos.

Su cultivo en vivero, es una técnica adecuada para su cultivo intensivo en pequeñas superficies en camas o en contenedores, en el primer caso es una técnica de cultivo establecida en camas o bancales sobre sustratos preparados con mezclas de materia orgánica y capa vegetal de suelo, con buen drenaje y protegidos contra corrientes de agua y vientos, Ricaurte, (2008), menciona que la materia orgánica aplicada dependencia de la fertilidad del suelo, a razón de 3 a 4 kg/m², en forma

de compostas o estiércol fermentado, la fertilidad del sustrato y el suelo se puede mantener adicionando materia orgánica cada 2 o 3 cosechas, fraccionada las dosis, hasta que se alcance como mínimo 10 kg/m² al año (Lazo, 1999 y Ricaurte, 2008).

Para su cultivo en contenedores, se deberán sustratos, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical de la planta y puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta. Canovas *et al.*, (2000) indica que las condiciones físicas del suelo del campo no son iguales a las existentes en invernadero o bajo cubierta plástica. Existe un elevado número de materiales aptos para la formación de sustratos, de los cuales, los más conocidos son: Las turbas, los residuos forestales (hojas, aserrín y cortezas), las arenas, los materiales sintéticos (perlita, vermiculita, lana de roca, poliestireno), estiércoles, mantillos, tierra vegetal, y otros (Calderón y Cevallos, 2003), en tal sentido Alvarado y Solano (2002) mencionan que para obtener buenos resultados se requiere que un sustrato tenga las siguientes características: Ser denso y firme, que sostenga las plantas o estacas durante la germinación o el enraizamiento; Su volumen debe ser constante tanto si está húmedo como seco; retener suficiente humedad, para que el riego no sea muy frecuente; poroso con buen drenaje para facilitar la entrada de oxígeno a las raíces y bajo contenido de sales.

Su ciclo vegetativo en cultivo es de un año, no así para jardines y huertos en donde se maneja como perene, aunque la cosecha se realiza después de los cuatro meses de sembrado a una altura de 20 cm. Se pueden ejecutar alrededor de 5 cortes a través de año, realizando riego abundante y fertilización mineral y orgánica después que se realiza cada corte. Cuando se siembra en los huertos familiares, ya sea en la tierra directamente o en el contenedor o recipientes es preferible ir cortando sus hojas y ramas, a medida que se va utilizando. Es posible lograr alrededor de 7 kg de masa verde por metro cuadrado. La parte útil de la planta es sus hojas que se pueden utilizar frescas o secarlas. Sin embargo, recomendamos su uso fresco, ya que el secado es algo demorado.

En cuanto sus usos culinario, se utilizan las hojas por sus propiedades aromatizantes, de amplio uso en países tropicales, con su continua presencia en huertos, patios y jardines, es debido a sus propiedades condimentarias, parecidas al orégano europeo (*Oreganum vulgares* L.) el cual es sustituido por esta especie el orégano francés, es muy empleado en la cocina popular tabasqueña para la preparación de todo tipo de platos de cocina: sopas, guisos, potajes, vegetales, salsas, pescados, huevos y carnes.

CONCLUSIONES

Es una especie condimentaria, medicinal, aromática y ornamental, de amplio uso en Trópico Mexicano, es un especie vegetal con gran potencial de cultivo comercial, independientemente de su cultivo comercial, seguirá siendo cultivada a pequeña escala en huertos, y jardines rurales y urbanos, para abastecer los requerimientos condimentarios y medicinales de las poblaciones rurales y urbanas.

LITERATURA CITADA

- Acosta L., Rodríguez C., Menéndez R., Fuentes V., Pino J., y Echevarría I. 1996. Cultivo del orégano francés (*Plecthranthus amboinicus*, L) para la producción de fitofármacos. Rev Cubana Plantas Medicinales.
- Acosta, L.1996. Cultivo del Orégano francés para la producción de Fitofármacos. Revista Plantas Medicinales (1).
- Baslas. R. y Pradeep K.1981. Phytochemical studies of plants of *Coleus* genera. Herba Hung : 20: 1-2.
- Bello A. 1999. Estudios de aceites esenciales de especie Myrtaceae de la flora de Pinar del Río. Tesis de Maestría en Ciencias Químicas.
- Brieskorn, C, Riedel W.1977. Triterpene acids from *Coleus amboinicus* toureiro. Arch Pharm; 310(11): 910-916.
- FITOMET II.1993. Plantas medicinales. Editorial ciencias médicas. 230 p.
- Fuentes, V. 1997. Conozca las plantas medicinales. Editorial Científica- Técnica. Ciudad de la Habana. 244: 2- 7.
- Haque V.1988. Analysis of volatile constituents of Pakistani *Coleus aromaticus* plant oil by capillary gas chromatography/mass spectrometry. Journal Chemical Society Pak 1988; 10(3):369-371.
- John D. 1984. One hundred useful raw drugs of the Kami tribes of Triwaandrom forest division. Kerala. India International Journal Crude Drug Research, p: 17- 39.
- Kantún B. J., Flores J. S., Garrido J. T., Navarro A. J., Arias R. L. y Martínez C. J. 2013. Diversidad y origen geográfico del recurso vegetal en los huertos familiares de Quintana Roo, México. Departamento de Botánica. México, D. F. Polibotánica, núm. 36, agosto, 2013, p: 163-196.
- Lazo, R.1999. Manual de Organopónico. Cuba. 28 p.

-
- Mabberley D. J. 1997. The plant-book. A portable dictionary of the vascular plants, 2ª Ed. Cambridge.
- Menéndez C. R. A. y Pavón G. V. 1999. *Plecthranthus amboinicus* (Lour). Spren. Revista Cubana de Plantas Medicinales. 3(3):110-15.
- Morton, J. 1992. Country horage (*Coleus amboinicus* Lour) A potent flavoring and medicinal plant. Journal Herbs Spices Medicinal, Plants (1 1/2). P.77-90.
- Muñoz A. A., Martínez R. J. y Stashenko E. E. 2009. Cromatografía de gases herramienta de estudio de la composición química y capacidad antioxidante de especies vegetales ricas en timol y caravicol, cultivadas en colombia. Revista Scientia Chromatographia. 1: 67-78.
- Pérez R. I., Hans Van Der, W. H. y Ishiki I. M. 2012. Plantas en recipientes en los huertos familiares de Tabasco. Edición del Gobierno del Estado de Tabasco, Secretaria de Recursos Naturales Y Protección Ambiental, El Colegio de la Frontera Sur, Petróleos Mexicanos. Villahermosa, Tabasco, México. 141 p.
- Roig, J. 1974. Plantas medicinales, aromáticas y venenosas de Cuba. Ciencia y técnica. La Habana: Instituto cubano del Libro, 449 p.
- Roersch, C. 1994. Plantas medicinales en el sur andino del Perú. (s.l): Edición Koettz Scientific Books Koenigstein.
- Roig, J. 1974. Plantas medicinales, aromáticas y venenosas de Cuba. Ciencia y técnica. La Habana: Instituto cubano del Libro, 455p.
- Tillán C. J., Bueno P. V., Menéndez C. R., Carmen Carrillo D. C. y Ortiz I. M. 2008. Toxicología subcrónica del extracto acuoso de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. Subchronic toxicology of the aqueous extract of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. Revista Cubana de Plantas Medicinales. Versión On-line ISSN 1028-4796. Revista Cubana Plantas Medicinales 3(1), enero-marzo. Ciudad de la Habana, Cuba.
- Villalva, Q., Joaquín, F. 1993: Agricultura Sostenible. Instituto Nacional de Agraria. Madrid. No. 7, 31 p.
- Timor, C., Manzini, M., Fernández, A. y González, M. 2003. Evaluación físico-química del aceite de las hojas de *Plecthranthus amboinicus* (Lour) Spreng. Revista Cubana Farm. 25: 63-8.

Referencias informáticas

- Alvarado, M. y Solano, J. 2002. Medios o sustratos en la producción de viveros y plantas, en: Manual de producción de sustratos para vivero. [En línea] junio. Disponible en: <http://ns1.oirsa.org.s> . [Consulta: 30 de mayo 2015].

-
- Calderón, M. y Cevallos J. 2003. Los sustratos. [En línea] Febrero. Disponible en: http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm [Consulta: 30 de mayo 2015].
- Saez, A. 2003. El Orégano. <http://www.5septiembre.cu/verde23.htm>. Consultado 30 mayo 2105.
- Vizoso A, Ramos A, Edreira A., Betancourt J, Décalo M. 1999. *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng (orégano francés). Estudio toxicogenético de un extracto fluido y del aceite esencial. *Revista Cubana Plantas Medicinales*. 3(2):68-73. URL disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/pla/vol4_2_99/pla05299.htm [fecha de acceso 30 de mayo 2015].

SELECCIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE ÁRBOLES PARA SOMBRA EN LA ZONA CAFETALERA DE COATEPEC, VERACRUZ

Quintanar OJ¹ y Roa DR¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Martinito. Km 56.5 carretera federal México– Puebla, Tlahuapan, Puebla, México. quintanar.juan@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El café es un cultivo que requiere de un ambiente fresco para su crecimiento, floración y fructificación. Para generar estas condiciones se establecen árboles intercalados dentro del cafetal, para mediante el sombreado cumplir con esta función. Para determinar que árboles plantar, es necesario investigar que atributos debe poseer un árbol para ser considerado apropiado para el sombreado del café. Los resultados muestran que los criterios que mayor valor tienen en la región para los productores, en la selección de árboles para sombra, son: copa o ramas extendidas, no perder las hojas por completo, raíces profundas y fuertes (no extendidas) y copa abierta o ligera. La especie mejor valorada para ser utilizada como sombra de café fue Chalahuite, y la especie madeble mejor valorada fue Cedro nogal, especie que además presentó el mejor comportamiento al establecer en campo una plantación con fines de sombra para café.

Palabras clave: Conocimiento local, investigación participativa, establecimiento de plantación.

INTRODUCCIÓN

Por su importancia económica, el café se cultiva en una amplia gama de zonas agroecológicas y condiciones socioeconómicas, requiere de poca luz y un ambiente fresco para su crecimiento, floración y fructificación. Por su origen en los bosques nublados y por sus características fisiológicas, el cultivo de café requiere de condiciones semejantes a las de su área de distribución natural, siendo el sombreado, una opción apropiada para generar estas condiciones y los árboles, quienes

mejor cumplen esta función. Así, el establecimiento de la sombra, se fundamenta básicamente en los efectos directos de los árboles sobre factores ambientales como la radiación, la temperatura y la humedad relativa (Beer *et al.*, 1998), ya que las copas de los árboles reducen la radiación y la temperatura durante el día.

Por otro lado, en la actualidad existe la demanda social de una agricultura más amigable con el ambiente, pero al mismo tiempo más rentable, por lo que es urgente generar estrategias de manejo sustentable de los cafetales. Así, el café bajo la sombra de especies forestales conforma un sistema agroforestal de alta relevancia debido a la potencialidad que representa, toda vez que contribuye al desarrollo y a la diversificación económica de los cafeticultores debido a la producción de madera, leña y otros subproductos (Martínez, 2005).

Bajo estas consideraciones, la inclusión o exclusión de alguna especie forestal maderable para conformar un dosel de sombra es un tema complejo. En México, existe una diversidad de prácticas tradicionales del uso de diversos árboles dentro de los cafetales, predominando los del género *Inga*, que fueron promovidos por la asesoría técnica que ofreció el INMECAFÉ en los años ochentas (Parraguirre *et al.*, 2010). Sin embargo, los cafeticultores con base en la observación y su experiencia en campo, tienen identificado el potencial de ciertas especies arbóreas para ser usadas como sombra, utilizando aquellas que benefician ó dificultan el desarrollo del café.

Bellow y Muschler (1999) indican que el potencial de una especie como árbol de sombra depende de un conjunto de características, donde se toma en cuenta su fenología, arquitectura de copa, tasa de crecimiento, desarrollo radical y otros aspectos como sus usos, adaptación ecológica y compatibilidad con el cultivo de café. Además, con base en el conocimiento local en las zonas cafetaleras del país, los atributos generales más apreciados en los árboles para sombra, son: la capacidad para generar biomasa y la velocidad en que esta se degrada, requerimientos de agua, así como la capacidad para inhibir la presencia de “maleza” en sus cercanías, lo cual representa para ellos un ahorro en mano de obra para “limpiar” la finca (Alcántara, 2009; Parraguirre *et al.*, 2010). Otros criterios importantes en la selección de árboles para sombra de cafetales son: la familiaridad, facilidad de propagación y manejo, la interacción benéfica con los cultivos, los usos o beneficios y el valor económico en el mercado (Yépez *et al.*, 2002). Por lo tanto, se eligen como árboles para sombra, a especies multipropósito, que además de cumplir con el papel principal de proteger y mejorar los cafetales, tiene la ventaja de producir alguna cosecha (Escobar, 2008).

Debido a que no existen criterios universales para seleccionar las especies apropiadas para el sombreado del café, el objetivo de este estudio fue determinar los criterios que se utilizan a nivel local en la zona cafetalera de Coatepec, Veracruz, para seleccionar especies forestales promisorias de ser utilizadas para el sombreado del cultivo del café y la facilidad para establecer una plantación con ellas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con productores de los municipios de Coatepec, Emiliano Zapata, Mundo Nuevo, Tenampa, Teocelo, Totutla y Jalapa, en los meses de mayo y junio de 2006. La recolección de datos se inició con la realización de un taller participativo por invitación abierta a todos los productores de la región, donde se les explicó el proceso de ponderación de los atributos propuestos y se generó una lista de especies maderables locales que pueden ser utilizadas como sombra. De los asistentes, se escogieron 34 productores al azar, para aplicarles una entrevista semiestructurada directamente en su cafetal, para que valoraran los atributos o características mencionados durante el taller y que debe poseer un árbol para sombra, así como cuales de estos atributos están presentes en los árboles del listado generado.

Con el listado de atributos deseables generado, se realizó la construcción de un índice de importancia del atributo (IA), mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$IA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Vip \frac{n}{N}$$

Donde:

IA = Índice de importancia de un atributo o característica deseable en un árbol para sombra en una zona cafetalera específica, de acuerdo a los productores entrevistados. Su valor puede variar entre 0 y 3.

Vip Valor individual que cada uno de los productores entrevistados asigna a un atributo en específico, cuyo valor fue de 0 a 3; donde: 0 = nulo, 1 = bajo, 2 = medio, 3 = alto.

n Número de productores entrevistados que mencionan el atributo.

N Número total de productores entrevistados.

También, durante la entrevista en su cafetal, se les pidió que valoraran cual de los atributos determinados en el taller, están presentes en los árboles del listado generado. Luego se suman los valores del índice de importancia (IA) de los atributos que se menciona que tiene cada especie maderable y se selecciona como más apropiada para sombra de café, aquellas que tengan el mayor puntaje.

De las especies seleccionadas como aptas a ser utilizadas como sombra de café, se procedió a su establecimiento en campo, mediante el desarrollo de una plantación en lotes con un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones. Los árboles fueron plantados a una distancia de 3 o 4 m entre plantas y 4 y 6 m entre hileras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características deseables o atributos señalados por los productores en la zona cafetalera de Coatepec, Veracruz. Se presentan en el cuadro 1. Estas características deseables en los árboles a utilizar para sombra consideran la experiencia del productor y es una manifestación local, ya que difieren según la zona cafetalera donde se realice esta valoración (Parraguirre *et al.*, 2010). Con los resultados de las entrevistas realizadas a 34 productores de la región de Coatepec, Ver., se obtuvo el índice de importancia del atributo (IA), donde los atributos mejor calificados en un árbol que se utilice como sombra, son los relacionados con la copa: copa o ramas extendidas, no perder las hojas por completo y copa abierta o ligera, y uno relacionado con el anclaje del árbol: raíces profundas y fuertes (no extendidas). Estos resultados contrastan con los valores reportados para los municipios de Ixhutan y Tapalapa, Chiapas, por Yépes *et al.*, (2002), donde los atributos relacionados con una alta producción de follaje que a la vez permita una alta incorporación de materia orgánica, sistema radicular profundo y que no sean árboles susceptibles a plagas y enfermedades, son los atributos de un árbol para sombra mejor calificados a nivel local. Sin embargo, también para Chiapas, Soto-Pinto *et al.* (2006) reportan que los atributos principales para seleccionar árboles para sombra de café, son la fenología de la hoja y su estructura, ya que son aspectos asociados con el beneficio económico (influencia en producción de café) o servicios ecológicos (rol en el ciclo de nutrientes, control de malezas y enfermedades). En Brasil, Souza *et al.* (2010) identificaron como atributos principales para seleccionar especies arbóreas compatibles con el café, los que se basan en la cantidad de biomasa generada, la producción y el trabajo necesario para la gestión de los árboles.

Cuadro 1

Atributos deseables de los árboles de sombra, según criterios locales en los cafetales de Coatepec, Veracruz

ATRIBUTOS	IA
I. Copas o ramas extendidas	2.6
II. No perder las hojas por completo (conserva hojas todo el año)	1.7
III. Raíces profundas y fuertes (no extendidas)	1.3
IV. Copa abierta (ligera)	1.1.
V. Alto aporte de materia prima orgánica, hojarasca y control de malezas	1.0
VI. Descomposición rápida de hojarasca	0.9
VII. Productos comerciales (madera de alto valor)	0.8
VIII. Altura de 21 a 30 m	0.7
IX. No quebradizo, resistente a vientos	0.7
X. Hoja pequeña	0.4
XI. No susceptible a plagas y enfermedades	0.3
XII. Tolerante a podas	0.3
XIII. Tóxico al humano	0.3
XIV. No compite con el café (efectos tóxicos, no sequen el suelo)	0.2

Considerando los atributos señalados por los productores y determinada la importancia que le asignaron a cada uno de los atributos, reflejada en el índice de atributo (IA), se sumaron los valores respectivos a cada especie, siendo *Inga* sp. (Cuil, Chalahuite), la especie local mejor valorada en el área. La especie maderable mejor calificada fue cedro nogal y con menor calificación se encontró a *Tapirira mexicana* (Cuadro 2).

Cuadro 2

Calificación de los atributos deseables en árboles de sombra, según criterios locales en los cafetales de Coatepec, Veracruz

Característica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	IA
Nombre científico	2.6	1.7	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	12.13
Chalahuite															
<i>Inga</i> sp.	2.6	1.7	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.4	0.3		0,3		12.0
Cedro nogal															
<i>Juglans pyriformis</i>	2.6	1.7	1.3	1.1	1.0		0.8	0.7				0.3	0,3	0,2	10,0
Bienvenido															
<i>Tapirira mexicana</i>	2.6		1.3					0.7						0,2	4.8

Estos resultados son consistentes con la presencia de estas especies arbóreas en los cafetales, ya que *Inga* sp., fue promovida como la mejor especie para sombra del café, en la asesoría técnica que ofreció el INMECAFÉ en los años ochentas (Parraguirre *et al*, 2010).

Respecto a facilidad de establecimiento, la especie que tuvo el mejor prendimiento fue cedro nogal, ya que de los 45 árboles que se sembraron en los tres bloques todos sobrevivieron. En cambio de Bienvenido y Chalahuite, una planta no resistió (Romero, 2010). En cuanto a crecimiento en altura, fue el cedro nogal la especie que más creció seguida de Bienvenido y Chalahuite. Lo mismo sucedió respecto al crecimiento en diámetro, donde el mayor incremento se observó en cedro nogal seguido Chalahuite y Bienvenido resistió (Romero, 2010).

CONCLUSIONES

Los principales criterios para la selección de especies para sombra de cafetales, fueron: copa o ramas extendidas, no perder las hojas por completo, raíces profundas y fuertes (no extendidas) y copa abierta o ligera. A nivel local, los productores conocen la fenología y rapidez de crecimiento de las especies más utilizadas y frecuentes en las fincas. Sin embargo, estas características en esta región, no son valoradas como importantes en los criterios para seleccionar especies forestales para usar como sombra.

En relación al establecimiento, cedro nogal fue la especie con mejor compartimiento, tanto en prendimiento como en crecimiento en altura y diámetro

LITERATURA CITADA

- Alcántara, M.O. 2009. Conocimiento ecológico local relacionado con el manejo de agroecosistemas cafetaleros en el centro de Veracruz. Tesis de Lic. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 93.
- Beer, J., Muschler, R., Kass, D. y Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- Bellow, J. y Muschler, R. 1999. Screening for promising tree associates for coffee in Central America. p. 171-174. *In*: Jiménez, F. and J. Beer (eds.). Multi-strata agroforestry systems with perennial crops. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

-
- Escobar, B.G. 2008. El sombrío en los cafetales: un sistema, una estrategia para la seguridad alimentaria. *In*: Memorias Concurso redSan 2007. Iniciativa Americalatina y Caribe sin hambre. FAO. Santiago, Chile. 258-296.
- Martínez, A.M.H. 2005. Contribución económica del componente forestal en diferentes tipos de fincas cafetaleras en la bocacosta pacífica de Guatemala. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 103.
- Parraguirre, L., J.C., Quintanar, O.J., Roa, D.R. y Melchor, M.J.I. 2010. Selección de especies forestales maderables para sombra de café en los estados de Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas. INIFAP – CIRGOC – C. E. San Martinito. Folleto Técnico N. 51. Tlahuapan, Puebla. México. 56.
- Romero, H.A. 2010. Especies forestales maderables asociadas al cafetal en el estrato de sombreado: etapa de establecimiento. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias agrícolas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 61.
- Soto-Pinto, L., Villalvazo-López, V., Jiménez-Ferrer, G., Ramírez-Marcial, N., Montoya y Sinclair, G.F.L. 2007. The role of local knowledge in determining shade composition of multistrata coffee systems in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 2:419-436.
- Souza, H.N., Cardoso, I.M., Fernandez, J.M., García, F.C.P., Bonfim, V.R., Santos, A.C., Carvalho, A.F., Mendoca y E.S. 2010. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. *Agroforestry Systems* 1:1-16.
- Yépez, C., Muschler, R., Benjamín, T., y Musálem, M. 2002. Selección de especies para sombra en cafetales diversificados de Chiapas, México. *Agroforestería en las Américas*. 9:35-36.

SUSCEPTIBILIDAD DE TRES CULTIVARES DE *Musa* spp. A INFESTACIONES DEL ÁCARO ROJO *Raoiella indica*

SUSCEPTIBILITY OF THREE CULTIVARS *Musa* spp. FROM THE RED MITE INFESTATIONS *Raoiella indica*

Polanco ACA^{1*}, Osorio OR², Hernández HLU²

¹Estudiante de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, UJAT. ²Profesor Investigador de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, UJAT, Km 25, Carretera Villahermosa –Teapa, Tabasco.

Autor para correspondencia: car_polarjo@hotmail.com

RESUMEN

El ácaro rojo *Raoiella indica* es una plaga invasiva, que recientemente se registró en el trópico del Continente Americano. Su principal hospedero es el cocotero, aunque es una especie polífaga que ataca a una amplia gama de plantas monocotiledóneas. *R. indica* es capaz de atacar y causar daños importantes a cultivares de plátano en los países del Caribe; pero en las nuevas áreas de invasión el status de esta plaga en cultivos de importancia económica, incluyendo plátanos es desconocido. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la susceptibilidad de tres cultivares de plátano cultivadas en el estado de Tabasco, México a infestaciones del ácaro rojo *R. indica*. El experimento se llevó acabo en el área agrícola experimental de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la UJAT. Como tratamientos se evaluaron plantas de banano enano gigante *Musa* AAA Cavendish, plátano macho *Musa* AAB plantain y plátano dátil *Musa* AA Sucrier y el cocotero (*Cocos nucifera*) como tratamiento testigo. Se emplearon seis repeticiones por tratamiento en un diseño de bloques completamente al azar. A cada hoja se le colocó una porción de lámina foliar de cocotero infestado con 30 ácaros adultos, para un total 90 ácaros por planta. Posteriormente, a intervalos de cada 15 días, se realizaron tres reinfestaciones mediante el mismo procedimiento aplicando 90, 120 y 300 ácaros adultos por planta, respectivamente. A partir de la primera infestación se realizaron evaluaciones cada siete días, realizando el conteo de ácaros vivos residentes en cada uno de los tratamientos. De acuerdo con resultados preliminares, el ácaro rojo

es capaz de sobrevivir en los cultivares de plátano banano enano gigante *Musa* AAA Cavendish, plátano macho *Musa* AAB Plantain y plátano dátil *Musa* AA Sucrier, pero no es capaz de incrementar sus poblaciones como sucede en las plantas de cocotero. Por lo tanto los daños encontrados en los cultivares de plátano son menores comparados con los que se presentan en el cocotero.

Palabras clave: *Raoiella indica*, *Musa* spp. *Cocos nucifera*

INTRODUCCIÓN

En México el término “plátano” hace referencia tanto a los bananos como a los plátanos; mientras que en otros países del mundo los bananos son aquellos que se consumen como fruta fresca o cruda y los plátanos después de alguna forma de cocción. A nivel mundial, los plátanos y bananos son las principales frutas de consumo, solo superados por los cítricos. Entre los bananos comerciales, el grupo Cavendish es el de mayor producción en el mundo, con un 47%, principalmente de los cultivares de banano enano gigante y valery (Soto, 2011). México es uno de los principales países productores de los cultivares: enano gigante con 28,709 ha, plátano macho con 18,834.16 ha y plátano dátil con 7,449 ha (SIAP, 2014). Los principales productores en México son los estados de Chiapas, Veracruz, Tabasco, Michoacán y Colima; los cuales aportan el 86.2% de la producción total, la cual es de 2 203 861 t. En Tabasco la superficie sembrada es de 73 315 ha, con una producción anual de 554 374 t y con un rendimiento de 49.2 t/ha, lo que genera un valor de 1787 651 millones de pesos, siendo los principales municipios productores de plátano en Tabasco: Teapa, Cunduacán y Tacotalpa (SIAP, 2014).

El ácaro rojo *Raoiella indica* Hirst 1924 es una plaga invasiva, que recientemente se registró en el trópico del Continente Americano (Flechtmann y Etienne, 2004). Actualmente, es una plaga de importancia cuarentenaria y en situación de manejo. En el 2007 se reportó la presencia de *R. indica* en el Hemisferio occidental, la cual se extendió hacia el Caribe reportándose como huésped en ornamentales y especies de palmeras, así como en los bananos y plátanos (Hoy et al., 2012).

En el caso de México, fue detectado oficialmente en noviembre de 2009, en los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez, Quintana Roo (NAPPO, 2009; Estrada-Venegas et al., 2010). Actualmente, según reportes de SENASICA (2013),

en México se encuentra presente en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Tabasco, en este último se han detectado daños en el cultivo de cocotero (CESVETAB, 2013). El principal hospedero del ácaro rojo es la palma de coco, aunque es una especie polífaga que ataca a una amplia gama de especies de plantas monocotiledóneas de las familias Arecaceae, Pandanácea, Musaceae, Zingiberaceae, Heliconiaceae y Strelitziaceae (Carrillo *et al.*, 2011). Cocco y Hoy (2009), reportaron a 72 especies de plantas hospederas de *R. indica*, incluyendo a siete especies de plantas dicotiledóneas de las familias Aceraceae, Celastraceae, Myrtaceae, Lamiaceae, Oleaceae y Fabacaeae. Esta cantidad de especies incrementó a 91 para el 2012 (Carrillo *et al.*, 2012).

Rodríguez *et al.* (2007) mencionan que *R. indica* es capaz de atacar y causar importantes daños a especies de plátanos; mientras que Cocco y Hoy (2009) establecen que este ácaro no es capaz de atacar plátano ni causarle daños. De acuerdo a Carrillo *et al.* (2012), el status de esta plaga en cultivos de importancia económica, incluyendo bananas, heliconias y ave del paraíso es desconocido. Por lo tanto es urgente, realizar estudios para determinar el efecto potencial *R. Indica* en las nuevas áreas de invasión. Los estudios susceptibilidad de hospederos a las plagas constituyen uno de los elementos de base fundamentales para la implementación de programas de manejo; permiten conocer la respuesta biológica de las especies sobre determinados hospedantes en condiciones climáticas específicas, lo que proporciona información importante para el pronóstico y la consecuente toma de decisiones en cuanto a las medidas de control. La aparición explosiva del ácaro rojo en el estado de Tabasco representa un alto riesgo para la producción bananera (CESVETAB, 2013), lo que justifica la ejecución de diferentes estudios. Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar la susceptibilidad de los cultivares de plátano: banano enano gigante *Musa* AAA Cavendish, plátano macho *Musa* AAB Plantain y plátano dátil *Musa* AA Sucrier a infestaciones inducidas del ácaro rojo *R. indica*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental. El experimento se llevó acabo en el área agrícola experimental de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la UJAT, localizado en el km 25+2 de la carretera Villahermosa-Teapa, en la ranchería La Huasteca segunda sección, municipio de Centro, Tabasco. El área experimental fue cubierta en su

periferia con tela tul a una altura de 2 m para evitar la diseminación del ácaro rojo y el ingreso de otras plagas que pudieran alterar el experimento.

Obtención del material vegetal. Las semillas (cormos) se obtuvieron de diferentes plantaciones comerciales del municipio de Teapa, Tabasco. Inicialmente, estas semillas fueron sembradas en macetas de polietileno de 40 cm de diámetro para su adaptación y posteriormente fueron establecidas directamente al suelo a una distancia de dos metros entre hilera y entre planta. Las plantas de cocotero híbrido (*Cocos nucifera*) se obtuvieron del vivero Hacienda Campo Real de Comalcalco, Tabasco.

Tratamientos y diseño del experimento. Los cultivares evaluados fueron: plantas de banano enano gigante *Musa* AAA Cavendish, plátano macho *Musa* AAB plantain y plátano dátil *Musa* AA Sucrier y como tratamiento testigo plantas de cocotero. Se emplearon seis repeticiones por tratamiento, en un diseño de bloques completamente al azar.

Material de infestación. La colecta de ejemplares de *R. indica* se realizó en cocoteros aledaños al sitio experimental. Se colectaron folíolos infestados de manera periódica al momento de realizar la infestación a los cultivares de plátanos y cocotero híbrido.

Procedimiento de infestación. Al inicio de la infestación las plantas tenían una edad aproximada de seis meses. Se etiquetaron tres hojas por cada planta iniciando desde las hojas basales. A cada hoja se le colocó una porción de lámina foliar de cocotero infestado con 30 ácaros adultos. Posteriormente, a intervalos de cada 15 días, se realizaron tres reinfestaciones mediante el mismo procedimiento aplicando 30, 40 y 100 ácaros adultos por hoja, respectivamente. La primera infestación se realizó el 3 de marzo de 2015.

Procedimiento de evaluación poblaciones y daños. A partir de la primera infestación se realizaron evaluaciones cada siete días, realizando el conteo de ácaros vivos residentes en cada una de las plantas infestadas, mediante observación directa con una lupa de 20X. Los datos se registraron en una bitácora para su análisis posterior. En cada evaluación también se realizaron capturas fotográficas en las hojas para documentar el daño causado por el ácaro rojo en las diferentes cultivares de plátano y el cocotero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con resultados obtenidos hasta la fecha actual, el ácaro rojo tiene una marcada preferencia por establecerse en el cocotero *Cocos nucifera*. En la Figura 1, se observa que el crecimiento poblacional del ácaro en los cultivares de plátanos es muy baja a diferencia de lo ocurre en las plantas de cocotero, en el cual se observa el aumento de la población de ácaros con relación al tiempo. De acuerdo a los resultados de la última evaluación, efectuada el 2 de junio de 2015, el número promedio de ácaros por hoja (promedio de las tres hojas infestadas por planta) fue el siguiente: Enano gigante 398.6 ácaros, plátano dátil 233 ácaros y plátano macho 179.3 ácaros. En el tratamiento testigo (cocotero híbrido) se encontraron 6,272 ácaros en promedio. Lo anterior, coincide con lo encontrado por Cocco y Hoy (2009) en la que establecen que este ácaro no es capaz de establecerse en plátano ni causarle daños a los cultivares Dwarf Cavendish, Gran enano, Enano Zan Moreno, Enano Verde, Musa sumatrana × Gran enano, Enano puertorriqueño, Rose, Nang Phaya, Misi Luki , Manzano, Lady Finger, glui Kai, y Ebn Musak.

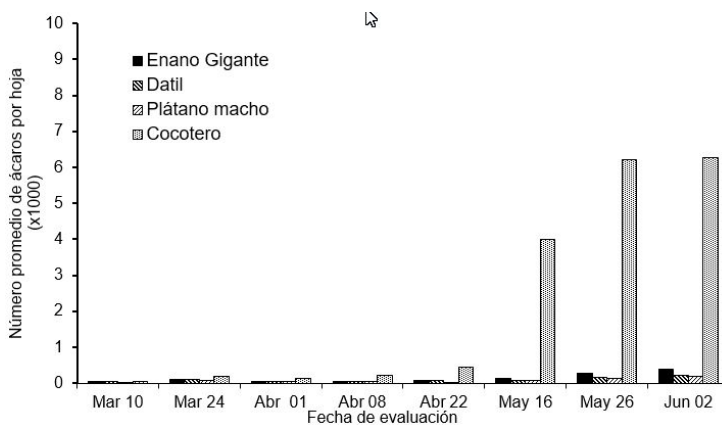


Figura 1: Abundancia poblacional del ácaro rojo *R. indica* en diferentes cultivares de plátano *Musa* spp. y cocotero híbrido *C. nucifera*, del 10 de marzo al 02 de junio de 2015.

Es necesario mencionar que durante las evaluaciones se presentaron días lluviosos, en los cuales hubo una disminución de las poblaciones del ácaro. Las fechas en las cuales se presentaron lluvias fueron: 05, 06, 08, 10, 11, 12, 15, 16 y 27 de marzo, en el mes de abril el día 30, en mayo se presentó lluvia el 01, 30 y 31 y en el mes de

junio 01, 02. De acuerdo a investigaciones previas, Moutia (1958) reportó que las poblaciones de *R. indica* disminuyen durante los periodos lluviosos. Con respecto a la evaluación de los daños, éstos son más severos en el cocotero híbrido que en los cultivares de plátano. Los foliolos presentan áreas cloróticas generalizadas, con los ápices secos; mientras que, en las hojas de los cultivares de plátano sólo pequeñas manchas cloróticas, menos de un centímetro de diámetro. Es necesario realizar estudios sobre la composición y fisiología de las hojas de los plátanos que permitan esclarecer los factores que impiden el establecimiento del ácaro del ácaro rojo e incremento de sus poblaciones.

CONCLUSIONES

De acuerdo con resultados preliminares, el ácaro rojo es capaz de sobrevivir en los cultivares de plátano banano enano gigante *Musa* AAA Cavendish, plátano macho *Musa* AAB Plantain y plátano dátil *Musa* AA Sucrier, pero no es capaz de incrementar sus poblaciones como sucede en las plantas de cocotero. Por lo tanto los daños encontrados en estos cultivares son menores comparados con los que se presentan en el cocotero.

LITERATURA CITADA

- Carrillo, D., Navia, D., Ferragut, F. y Peña, J.E. 2011. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. Florida Entomologist 94:370-371.
- Carrillo, D., Amalin, D., Hosein, F., Roda, A., Duncan, R.E. y Peña, J.E. 2012. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. Experimental and Applied Acarology 57:271–289.
- Carballo, M. (2001) Opciones para el manejo del picudo negro del plátano. Hoja técnica No 36. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 59:1-4.
- CESVETAB (2013) Campaña contra el ácaro rojo de las palmas. Consultado en línea el 20 de agosto de 2013; <http://www.cesvetab.com/acercade.php?cont=arp>
- Cocco, A. y Hoy, A.M. 2009. Feeding, reproduction, and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. Florida Entomologist 92:276-291.

-
- Estrada-Venegas, E.G., Martínez-Morales, H.J., Villa-Castillo, J. 2010. *Raoiella indica* Hirst. (Acari: Tenuipalpidae): First record and threat in Mexico. In: XII International Congress of Acarology Abstracts. p 77.
- Flechtmann, C.H.W. y Etienne, J. 2004. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). Syst. Appl. Acarol. 9:109-110.
- Hoy, M.A., Peña, J.E. y Nguyen, R. 2012. Red Palm Mite, *Raoiella indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae). Departamento de Entomología y Nematología de la Universidad de Florida. 5 p.
- Moutia, L. A. 1958. Contribution to study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. Bull. Entomol. Research 49:59-75.
- NAPPO, 2009. Detección del ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica*) en Isla Mujeres y Cancún, Quintana Roo, México. Sistema de Alerta Fitosanitaria-NAPPO (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas). Consultado en línea el 2 de abril de 2013; <http://www.pestalert.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=406>.
- Rodrigues, J.C.V., Ochoa, R. y Kane, E.C. 2007. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. Internat J. Acarol. 33:3-5.
- SENASICA, 2013. Campaña contra ácaro rojo de las palmas. Informe mensual No. 1, enero de 2013. Dirección General de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de sanidad Inocuidad y Calidad Alimentaria (SENASICA) de la SAGARPA. Consultado en línea el 2 de abril de 2013; <http://www.senasica.gob.mx/?id=4584>.
- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Soto, M. 2011. Situación y avances tecnológicos en la producción bananera mundial. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal 2:13-28.

GENOTIPOS HOMOCIGOTOS DE CACAO FORASTERO EN PLANTACIONES DE TABASCO, MÉXICO

HOMOCIGOCITY GENOTYPE OF FORASTERO CACAO IN PLANTATION OF TABASCO, MEXICO

Ramírez-Guillermo MA^{1*}, Gutierrez OA², Lagunes-Espinoza LC³, Ortiz-García CF³, de la Rosa SR³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Tabasco. CP 86400 Ap. 17. ²Departamento de Agricultura de los Estados Unidos-Servicio de Investigación Agrícola (USDA-ARS), 13601 Old Cutler Road, Miami, FL. 33158. ³Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, periférico Carlos A. Molina S/N, Cárdenas, Tabasco. Autor para correspondencia: ramirez.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Theobroma cacao L. desde tiempos antiguos ha sido uno de los cultivos de importancia en Tabasco. Sin embargo, se desconoce la fecha precisa de la introducción del cacao forastero a México, los cuales tienen su origen en la Región del Bajo Amazonas, particularmente a los estados de Chiapas y Tabasco. En el presente trabajo a través de análisis moleculares con microsatélites de tipo (SSR) se identificó la presencia de seis genotipos forasteros en plantaciones de la Región de la Chontalpa, Tabasco, notándose las formas: amelonado descrito como *T. cacao* subs. *sphaerocarpum* (Chevalier) Cuatr. y la forma calabacillo *T. cacao* subs. *Cacao* forma *leiocarpum*. Estos seis genotipos fueron homocigotos para los 19 SSR, identificándose una diversidad de 16 alelos similares en los seis genotipos. Lo que permite establecer que el complejo de cacao cultivado en Tabasco, está constituido parcialmente por el cruzamiento del criollo regional y éste forastero.

Palabras clave: amelonado, calabacillo, forastero del bajo amazonas, SSR

INTRODUCCIÓN

El cacao *Theobroma cacao* L. es un árbol neotropical perenne, cauliflora de polinización entomófila; pertenece a la familia *Malvaceae* (Alverson *et al.*, 1999). Dentro del género *Theobroma* se reconocen 22 especies (Cuatrecasas, 1964); las semillas son útiles en la elaboración del chocolate, confitería y en la industria cosmética. *T. cacao* se desarrolla desde los 20°N y 20°S hasta una altura de 1250 msnm, tolerando un rango de temperatura de 20°C a 30°C y lluvias de hasta 8000 mm anuales.

Los Olmecas y Mokayas fueron los primeros en consumir y domesticar la planta de cacao en el sur de México hace uno 3,800 años (1800-1000 a.C.) (Hurst *et al.*, 2002; Henderson *et al.*, 2007; Powis *et al.*, 2011). Después de la conquista de México ocurrida en 1521 (Díaz, 2006), el cacao producido en la Región de la Chontalpa y el Soconusco continuaba abasteciendo la demanda de México pero a medida que se popularizó su consumo en Europa las áreas productoras no lograron abastecer la demanda. Entre 1620 a 1740 la producción de cacao en México entró en un proceso de semiabandono; iniciándose el cultivo y producción en Ecuador (Guayaquil) el cual comercializó su cacao en el puerto de Acapulco desde 1595 y las cargas provenientes de Venezuela (Maracaibo y Caracas) se comercializaron en los puertos de Tabasco y Veracruz, México y de ahí eran transportados a Europa (León y Szászdi, 1964; Ruiz, 1989; Hernández, 2008; de la Cruz y Pereira, 2009). Tabasco no dejó de producir cacao, para 1778 su producción creció alcanzando volúmenes de consideración pero insuficiente ante el elevado consumo, así entre 1784 a 1821 Tabasco ocupó la tercera posición en cuanto a producción con 153,482 fanegas (1 fanega=50kg), Maracaibo, la segunda con 250,278 fanegas y Guayaquil, el primer lugar con un total de 344,552 y la cuarta posición lo ocupó Caracas con 80,012 fanegas (Ruiz, 1994; Ruiz, 2001).

La calidad del cacao producido en México fue catalogado como excelente, el de Tabasco se consideró de alta calidad y el del Soconusco muy fino (van Hall, 1914), el cacao de Caracas se consideró también de calidad, contrario a los de Guayaquil por su sabor amargo (Hernández, 2008). Martínez (1894) indica que el tipo de cacao *Theobroma ovalifolium* fue el de mayor cultivo en Tabasco y *Theobroma angustifolium* en la región del Soconusco, Chiapas (Standley, 1920; Standley y Steyermark, 1940). Según Martínez (1894) los bajos rendimientos de las plantaciones en Tabasco se debían a la infertilidad de los suelos, presencia de plantas parásitas en los árboles de cacao y al daño de la enfermedad conocida

como mancha negruzca del tronco y las ramas, además del daños por mamíferos, aves e insectos; por lo que gran parte de la población de la Chontalpa, se mantenía ocupada en las labores del cultivo (Ruiz, 1994). Morris (1882) agrupó al cacao en dos grupos: forasteros y criollos; los morfotipos representativos del cacao forastero son el cundeamor, liso, amelonado y calabacillo. Los cuales han sido clasificados como *Theobroma leiocarpum*, de frutos ovoides y *Theobroma cacao* L. subespecie *sphaerocarpum* (Chev.) Cuatr. de frutos elipsoides algunas veces globosos u oblongo, que comúnmente son nombrados calabacillo, amelonado o forastero amazónico (Cuatrecasas, 1964). El criollo es clasificado como *Theobroma cacao* L. subespecie *cacao*, del cual se conocen las subespecies “Cacao Lagarto” (*Theobroma cacao* L. subespecie *cacao* forma *pentagonum*) (Bernoulli) Cuatr., cultivado en México y Guatemala y el “Criollo Lacandón” (*Theobroma cacao* L. subespecie *cacao* forma *lacandonense* Cuatr.) descubierto en la Selva Lacandona, Chiapas, México por Miranda (1962) y clasificado por Cuatrecasas (1964).

Recientemente se ha identificado en el Alto Amazonas la mayor diversidad genética del cacao (Zhang *et al.*, 2006; Motamayor *et al.*, 2008) y actualmente se han agrupado en diez grupos genéticos: el criollo, distribuido desde México, Centroamérica y el norte de Sudamérica; el Marañón, Curaray, Iquitos, Nanay, Contamana, Purús y Nacional, corresponden al grupo más diverso ubicados en el alto amazonas, y el Amelonado y Guiana distribuidos en el bajo amazonas (Motamayor *et al.*, 2008) en donde el tipo conocido como Matina, es el amelonado típico más cultivado a nivel mundial y su genoma tiene un tamaño de 445 Mbp (Motamayor *et al.*, 2013).

En México, el estado de Tabasco cuenta con 40,782.70 hectáreas cultivadas de cacao en donde más de 31 mil pequeños agricultores produjeron 18,550.64 toneladas de cacao en el ciclo agrícola 2012-2013, con un rendimiento promedio de 0.45 tha^{-1} . Tabasco contribuye con el 66.6% de la producción nacional, en donde Chiapas aporta el 32.6% y Guerrero el 0.8% (SIAP, 2014). El presente trabajo forma parte del estudio de diversidad genética del cacao emprendido por el INIFAP, que busca conocer la diversidad genética de cacao en las plantaciones e identificar genotipos con características sobresalientes para su integración en los programas de mejoramiento genético. En este sentido, el objetivo planteado en el estudio fue conocer la estructura genética de los cacaos tipo forastero e identificarlos para ampliar el conocimiento sobre este grupo genético de cacao presente en las plantaciones de Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron 331 muestras foliares de *T. cacao*, provenientes de 10 municipios del estado de Tabasco, México a los cuales se les extrajo el ADN genómico con el kit FastDNA®Spin a partir de 40 mg de hojas secas que se colocaron en tubos Lysing Matrix A. En el tubo se colocó una esfera cerámica de 0.64 cm, seguido de los discos de hojas y nuevamente se añadió otra esfera. El pulverizado de las muestras se realizó en el equipo FastPrep™ FP 120 a una velocidad de 5 por 30 s, proceso que se repitió tres veces y en cada intervalo los tubos se incubaron en hielo por 5 min; la última incubación fue de dos horas, posteriormente se continuó con el procedimiento de extracción de acuerdo al protocolo del kit, lo descrito por Schnell *et al.*, (2005) y las modificaciones realizadas por el Laboratorio de Genética del USDA-ARS.

El ADN extraído y suspendido en 100 µL de DES se consideró puro. La cuantificación del ADN se realizó a partir de 1 µL de la extracción original a través del espectrofotómetro NANODROP 2000. De acuerdo a la concentración de cada muestra se realizó la dilución 1:10 para una concentración final de 10 ng•µL⁻¹ con ayuda del robot MultiPROBE II Plus HT EX. El genotipado de las muestras se realizó con un juego de 19 marcadores moleculares SSRs o microsatélites diseñados para cacao (Lanaud *et al.*, 1999; Saunders *et al.*, 2004; Pugh *et al.*, 2004). El sentido forward de los iniciadores contenía un marcador fluorescente HEX (color virtual verde), 6-FAM (color virtual azul) y NED (color virtual amarillo/negro). La amplificación del ADN se realizó a través de PCR en el equipo DNA Engine tetrad thermal cycler. Para ello se cargó en los pozos del plato PCR un volumen total de 10 µL, el cual contenía lo siguiente: 1 µL de ADN genómico (de la dilución 1:10). Todas las reacciones PCR contenían 0.05 U•µL⁻¹ Taq DNA Polymerase, 0.02 mM dNTPs, 0.5 µM de forward y reverse de cada cebador, 1 mg•mL⁻¹ de BSA, 1 µL de 10X ThermoPol Reaction Buffer (20 mM Tris-HCl, 10 mM (NH₄)₂SO₄, 10 mM KCl, 2 mM MgSO₄, 0.1% Triton® X-100, pH 8.8) y 7.75 µL H₂O molecular. El ciclo térmico fue: una desnaturalización del ADN genómico a 94°C por 4 minutos, seguido por 32 ciclos de desnaturalización a 94°C por 30 segundos, 1 minuto para la alineación del primer de acuerdo a su temperatura, 1 minuto para la extensión a 72°C y 5 minutos a 72°C para finalizar la extensión. Las muestras se conservaron a 4°C hasta el momento de ser utilizadas. La electroforesis capilar se realizó de acuerdo a lo descrito por Schnell *et al.* (2005) y Boza *et al.* (2014) con modificaciones, utilizando el equipo ABI 3730 DNAAnalyzer. En cada pozo del plato se colocó un volumen total

de 21 μL , el cual contenía 1 μL de la muestra PCR y 20 μL de la mezcla siguiente: 20 μL de H_2O molecular y 0.1 μL de 400HD [ROX] Size Standard. Primeramente se realizó una desnaturalización a 95°C por 3 minutos y al finalizar una incubación en hielo por 5 minutos; posteriormente las muestras se cargaron en el equipo de electroforesis, utilizando la corrida de análisis default con capilares de 50 cm de longitud, temperatura de 63°C , tiempo de inyección de 15 s, voltaje de inyección 1.6 kV, voltaje de corrida 15 kV por un tiempo de corrida de 1600 segundos. Con el software GenMapper™ versión 4.0 se analizó y determino el tamaño estándar del fragmento interno y la designación del alelo para cada muestra. Se realizó el análisis de coordenadas principales (PCoA) para determinar la estructura de la población, a partir del análisis de distancia genética con el software GenAlEx versión 6.5 (Peakall y Smouse, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 331 muestras de cacao que se genotiparon para el estado de Tabasco, destacan seis muestras provenientes de la Región de la Chontalpa. De acuerdo con los 19 SSR estas muestras son afines al grupo Forastero; ya que se encuentran genéticamente cercanos a la muestra Tc-23069; genotipado por el USDA-ARS que corresponde a un forastero amelonado (Matina 1-6), el cual puede apreciarse en la Figura 1. Las seis muestras fueron altamente homocigóticas en los marcadores SSR empleados, en donde los alelos de las muestras coinciden al 100% con la muestra Tc-23069. El número total de alelos fue de 16, con un rango en tamaño de 153bp a 344bp.

Las características de los genotipos se muestran en el Cuadro 1 y la Figura 2 en donde destaca la forma amelonado y una forma del tipo calabacillo. Así mismo en la Figura 1 en el cuadrante I se pueden apreciar genotipos criollos, en donde las muestras provenientes de Tabasco se encuentran un tanto distantes y más cercas al cuadrante II, posible a lo conocido como criollos modernos. En el cuadrante II, se aprecian genotipos híbridos que proceden del cruce del cacao nativo de Tabasco y los forasteros introducidos. El cuadrante III muestra los genotipos afines a los forasteros (tomados como referencias) en donde se ubican seis muestras de Tabasco con afinidad a los forasteros del Bajo Amazonas; además, de un número importante de estas muestras son afines a este grupo. En el cuadrante IV se muestra los genotipos que genéticamente corresponden a los Forasteros del

Alto Amazonas, evidenciándose que estos no se encuentran emparentados con las muestras procedentes de Tabasco.

Pittier (1930) nombró al cacao forastero como *Theobroma leiocarpum* y Cuatrecasas (1964) lo clasificó como (*Theobroma cacao* L. subespecie *sphaerocarpum*). De acuerdo con Motamayor *et al.* (2003) el tipo amelonado es el más cultivado desde 1950, y proviene del Bajo Amazonas posiblemente del Orinoco o de Guyana; geográficamente se encuentra presente en Costa Rica en donde es conocido como Matina (Motamayor *et al.*, 2008). El resultado genético indica que los forasteros identificados en las muestras de Tabasco (Cuadro 1 y Figura 2) corresponden genéticamente a Forasteros de la Región del Bajo Amazonas. Se desconoce el (los) lugar (es) preciso (s) de donde fue tomado y el éxodo de estas plantas hasta las plantaciones de Tabasco y Chiapas aun es desconocido debido a que no hay datos precisos sobre cuándo, quienes y en donde se realizó la primera introducción. Según SEN (1934) en 1930 se realizó una introducción de cacao Forastero Amazónico a México, que se estableció en la finca “Las Palmas” en el municipio de Ostuacán, Chiapas; a este tipo se le denominó “Ceilán”; a lo cual Mora (1958) indica que a la región del Soconusco en Chiapas se introdujeron de Costa Rica semillas de un tipo de cacao llamado “Costa Rica” nombre con el que también se denomina al “Matina” y a un tipo semejante al calabacillo de color morado oscuro procedente de Nicaragua y que el tipo “Costa Rica” es común en plantaciones del Soconusco pero no en plantaciones de Tabasco como el tipo “Ceilán”. Por su parte Soria (1961) menciona que el “Ceilán”, fue primeramente introducido a la región del Soconusco en Chiapas, conocido como “Sánchez” o “Costa Rica” y posteriormente llevado a Tabasco en 1930 por los señores Rau quienes trataron de evitar a toda costa la salida del material de sus fincas, acción que no pudo realizar, ya que entre sus mozos y productores propagaron el material, valorado por su alta productividad. Por su parte, Enríquez (1983) asevera que el “Ceilán” no es una variedad pura y que es el mismo conocido como “Sánchez” o “Costa Rica” y que se trata de la variedad “Matina” cultivado en Costa Rica. Pero las observaciones de López (1983) en plantaciones de Tabasco, encontró que al cacao denominado “Ceilán” es de mazorca grande, alargada con ápice en punta, en ocasiones con constricción basal, y el color es blanquecino, verde colorado y rojo, de surcos pronunciados, rugosos, de pericarpio grueso pero poco lignificado, con granos grandes y redondos de color blanco y/o morado.

Morfológicamente la descripción del tipo “Ceilán” no corresponden a la de nuestras muestras, como puede observarse en el Cuadro 1 y Figura 2. Estas

descripciones coinciden mas bien con el material denominado “Guayaquil o amelonados” en Tabasco. Pittier *et al.* (1926) y Chevalier (1946) indican que *T. leiocarpum* es un fruto de forma ovoide o globosa y *T. sphaerocarpum* un fruto redondo “Calabacillo”; fácilmente diferenciables morfológicamente. Entonces, en el estudio las muestra Tc-29523 y Tc-29534 corresponderían a *T. leiocarpum* y la muestra Tc-29625 a la forma *T. sphaerocarpum*. Según Chevalier y Pittier (1925), Pittier (1926) y Pittier (1935) *T. sphaerocarpum* es la forma extrema o intermedia de *T. leiocarpa* causado por hibridación. En este sentido, el resto de las seis muestras corresponderían entonces a las formas intermedias (híbridos), lo cual no tiene sustento genético de acuerdo con los SSR. Los SSR revelaron que las seis muestras son genotipos homocigotos con 100 % de homología con el forastero tipo Matina. Por lo que las diferencias morfológicas observadas por Chevalier y Pittier (1925), Pittier (1926) y Pittier (1935) pueden estar influidas por el ambiente (Figura 2).

López *et al.* (2013) indica que el tipo amelonado o “Guayaquil” se encuentra comercialmente presente en un 80 % de las plantaciones de Tabasco, en tanto que Ramírez (2014) en su colecta encontró que las formas dominantes en plantaciones de Tabasco son el cundeamor (26.8), amelonado (22.1), elíptico (20.1) y angoleta (20.1). Estos representan el 89.1 % y otras formas el 10.9 %. En cuanto a calidad, López *et al.* (2013) encontró que el tipo cundeamor es menos ácido y no tiene sabor astringente; en cuanto al amelonado tiene fuerte sabor a chocolate, menos ácido y ligeramente amargo.

Por otro lado, en 1942 en Tabasco se iniciaron los primeros trabajos encaminados al combate de las enfermedades del cacao, como la pudrición negra de la mazorca, el cáncer del tronco y ramas causadas por *Phytophthora faberi* o *P. palmivora* (Limón, 1945). Posiblemente al introducir el cacao Forastero a México haya traído consigo a la *Phytophthora*. Ya que datos anteriores no indican la presencia de la pudrición negra de la mazorca, solo afectaciones por mamíferos, aves e insectos (langostas) (Cárdenas, 1811; Gil y Sáenz, 1872; Martínez, 1894; Díaz, 2006). Ortiz-García (1996) determinó que *Phytophthora capsici* es la única especie causante de la pudrición negra de la mazorca en plantaciones de Tabasco. *P. capsici* es la especie que también afecta al cacao en la región del Bajo Amazonas. Es posible que *P. capsici* se introdujo a México con los Forasteros del Bajo Amazonas. Más aun, Ortiz-García, (1996) observó que los genotipos electroforéticos de la *P. capsici* de Tabasco son idénticos a los de aislamientos realizados en Trinidad y semejantes a los de aislamientos realizados en colectas naturales en la Guyana. Lo que coincide con el origen del cacao forastero bajo amazoniano reportado en este Trabajo.

Cuadro 1

Características morfológicas de los genotipos Forasteros presentes en Tabasco

Características	Muestras					
	Tc-29502	Tc-29523	Tc-29524	Tc-29534	Tc-29625	Tc-29725
Forma	Oblongo	Amelonado	Amelonado	Amelonado	Calabacillo	Amelonado
Constricción	Ausente	Fuerte	Ausente	Fuerte	Ausente	Intermedio
Apice	Obtuso	Obtuso	Obtuso	Obtuso	Redondo	Redondo
Rugocidad	Liso	Intermedio	Liso	Intermedio	Liso	Intermedio
Color del cotiledon	Púrpura	Púrpura	Morado	Morado	Púrpura	Púrpura

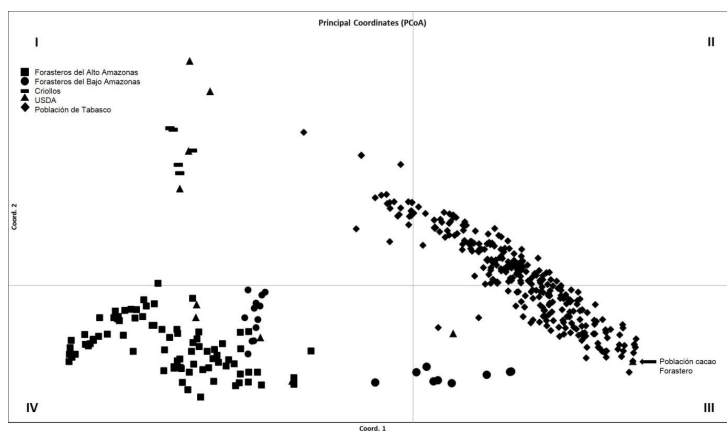


Figura 1. PCoA de 331 muestras de cacao correspondientes al estado de Tabasco, en contraste con los diez grupos genéticos existentes de acuerdo a 19 SSRs. El primer eje explica el 23.4 % de la información total y el segundo el 13 %.



Figura 2. Frutos de genotipos Forasteros del Bajo Amazonas presentes en plantaciones de la Región de la Chontalpa, Tabasco, México. De izquierda a derecha Tc-29502, Tc-29523, Tc-29524, Tc-29534, Tc-29625 y Tc-29725.

CONCLUSIONES

Se confirma que los cacaos tipo forasteros identificados en plantaciones de Tabasco son genotipos homocigotos, 100 % homólogos al genotipo Matina y cercanos genéticamente a los del Bajo Amazonas, que muestran que la constitución del complejo de cacao cultivado en Tabasco están constituidos de criollo y Forasteros bajos amazónicos. Además, que el “cacao de montaña”, “cacao dulce” o “cacao lagarto”, fue el tipo originalmente cultivado en las plantaciones de Tabasco, México; posiblemente hasta 1930, cuando se cree que se introdujeron los forasteros actuales.

LITERATURA CITADA

- Alverson, W. S., B. A. Whitlock, R. Nyfeller, C. Bayer y D. A. Baum. 1999. Phylogeny of the core Malvales: Evidence from ndhF sequence data. *Amer. J. Bot.* 86: 1474-1486.
- Boza, E. J., B. M. Irish, A. W. Meerow, C. L. Tondo, O. A. Rodríguez, M. Ventura-López, J. A. Gómez, J. M. Moore, D. Zhang, J. C. Motamayor y R. J. Schnell. 2014. Genetic diversity, conservation, and utilization of *Theobroma cacao* L.: genetic resources in the Dominican Republic. *Genet. Resour. Crop Evol.* DOI 10.1007/s10722-012-9860-4.
- Cárdenas, J. E. de. 1811. Memoria a favor de la provincia de Tabasco, en la nueva España, presentada a S. M. las cortes generales y extraordinaria. 90 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.
- Chevalier, A. 1946. Révision du genre *Theobroma*, d'après l'Herbier du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (2 planches). In: *Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale. bulletin n°285-286*, p: 265-285.
- Chevalier, A. y H. Pittier. 1925. L'origine hybride des Cacaoyers cultivés. Note de M. H. Pittier. In: *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale. bulletin* 52, p: 908-915.
- 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.
- De la Cruz, E. y I. Pereira. 2009. Historias, saberes y sabores en torno al cacao (*Theobroma cacao* L.) en la subregión de Barlovento, Estado Miranda. *Sapiens. Rev. Univ. de Inv.* 10(2): 97-120.

-
- Enríquez, G. A. 1983. El cultivo de cacao. CATIE y W. K. Kellogg, Turrialba, Costa Rica. 162 p.
- Gil y Saenz, M. 1872. Compendio histórico, geográfico y estadístico del estado de Tabasco. 255 p.
- Hall, C. J. J. van. 1914. Cocoa. Second edition (entitled Cacao) London, Macmillan & Co., 515 p.
- Hernández, J. J. 2008. El fruto prohibido. El cacao de Guayaquil y el mercado Novohispano, siglos XVI-XVII. Rev. Estudios de historia Novohispana 39(39): 43-79.
- Henderson, J. S., R. A. Joyce., G. R. Hurst y P. E. McGovern. 2007. Chemical and archeological evidence for the earliest cacao beverage. PNS 104(48): 18937-18940.
- Hurst, W. J., M. Stanley, Jr. Tarka, T. G. Powis F. Valdez y Thomas R. Hester. 2002. Archaeology: cacao use by the earliest maya civilization. Nature. 418. 289-290.
- Lanaud, C., M. A. Risterucci, I. Pieretti, M. Falque, A. Bouet, P. J. L. Lagoda. 1999. Isolation and characterization of microsatellites in *Theobroma cacao* L. Mol. Ecol. 8: 2141-2143.
- León, B. D. y A. Szászdi N. 1964. El comercio del cacao de Guayaquil. Rev. His. de Amer. 56.59:1-50.
- Limón, B. B. 1945. Algunas enfermedades fungosas del cacaotero en Tabasco. Tesis ENA, Chapingo, México. 125 p.
- López, M. R. 1983. El cacao en Tabasco. Tesis, Universidad Autónoma Chapingo. 356 p.
- López, A. P. A., C. Hernández H. y M. A. Ramírez G. 2013. Caracterización de las variedades de cacao en Tabasco. SAGARPA, INIFAP. Folleto técnico 74. 25 p.
- Martínez, L. 1894. Cultivo y beneficio del cacao. Secretaria de Fomento, México. 108p.
- Miranda, F. 1962. Wild cacao in the Lacandona forest, Chiapas, México. Cacao (Turrialba) 7:7.
- 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., A. M. Risterucci, M. Heath and C. Lanaud. 2003. Cacao domestication II: progenitor germplasm of the Trinitario cacao cultivar. Heredity 91: 322-330.

-
- Motamayor, J. C., P. Lachenaud, J. Wallace, G. Loor, D. N. Kuhn, J. S. Brown, y 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.
- Motamayor, J. C., K. Mockaitis, J. Schmutz, N. Haiminen, D. Livingstone, 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 y 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 Biology*. 14: 53.
- Ortiz, García. C. F. 1996. Etude de la diversité génétique de populations de *Phytophthora* pathogènes du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) et du cocotier (*Cocos nucifera* L.). Thèse du doctorat, Université Paul Sabatier. Toulouse, France. 85 p.
- Pittier, H. 1935. Degeneration of cacao through natural hybridization. *Heredity* 36: 385-390.
- Pittier, H., A. Duce y A. Chevalier. 1926. L'Origine géographique et botanique des Cacaoyers et l'utilité de leur greffage. In: *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*. bulletin 58, pp. 344-349.
- Pettier, H. 1930. A propos des Cacaoyers spontanés. In: *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*. 10e année, bulletin 110: 777-781.
- 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.
- Peakall, R. y P. E. Smouse. 2012. GenAEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics* 28: 2537-2539.
- Pugh, T., O. Fouet, A. M. Risterucci, P. Brottier, M. Abouladze, C. Deletrez, B. Courtois, D. Clement, P. Larmande, J. A. K. N'Goran y C. Lanaud. 2004. A new cacao linkage map based on codominant markers: development and integration of 201 new microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.* 108: 1151-1161.
- Ramírez, G. M. A. 2014. Caracterización morfológica y molecular de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en plantaciones de Tabasco, México. Tesis de Mc. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, Méx. 124 p.

-
- Ruiz, A. C. 1989. Comercio y milicias de Tabasco en la colonia. Gobierno del Estado de Tabasco, Instituto de Cultura de Tabasco. Serie: Lo de entonces. 386 p.
- Ruiz, A. C. E. 1994. Señores de la tierra y el agua: propiedad, comercio y trabajo en el Tabasco colonial. UJAT-DACSyH. 172 p.
- Ruiz, A. C. E. 2001. Tabasco en la época de los Borbones, comercio y mercado 1777-1811. UJAT, colección Manuel Mestre Ghigliazza, historia y pensamiento social. 390 p.
- Saunders, J. A., S. Mischke, E. A. Leamy y A. A. Hemeida. 2004. Selection of international molecular standards for DNA fingerprinting of *Theobroma cacao*. Theor. Appl. Genet. 110: 41-47.
- Secretaría de la Economía Nacional (SEN), 1934. El cacao. Departamento de Estudios Económicos. Talleres gráficos de la nación. México.
- SIAP, 2014. www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/. Consultado el 14/08/2014.
- Soria, V. J. 1961. Anotaciones sobre un viaje a las zonas productoras de cacao en México. IICA, Turrialba, Costa Rica. Informe No.44-E. 18 p.
- Schnell, R. J., C. T. Olano, J. S. Brown, A. W. Meerow, C. Cervantes-Martinez, C. Nagai y J. C. Motamayor. 2005. Retrospective determination of the parental population of superior cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings and association of microsatellite alleles with productivity. Journal. American Society Horticultural Science. 130: 181-190.
- Standley, P. C. 1920. Trees and shrubs of México. Contributions from the United State National Herbarium Vol.2, Part. 1. Smithsonian Institution, United State National Museum. 1721p.
- Standley, P. C. y J. Steyermark. 1940. Flora of Guatemala. Fieldiana: Botany. Vol 24, Part. VI. Chicago Natural History Museum. 440p.
- Zhang, D., E. Arevalo-Gardini, S. Mischke, L. Zuñiga-Cernades, A. Barreto-Chavez y J. Adriaola del Aguila. 2006. Genetic diversity and structure of managed and semi-natural populations of cacao (*Theobroma cacao*) in the Huallaga and Ucayali Valleys of Peru. Ann. Bot. 98: 647–655.

VARIACIÓN GEOGRÁFICA DE PROCEDENCIAS DE CEDRO ROJO EN EL GOLFO Y SURESTE DE MÉXICO

GEOGRAPHIC VARIATION OF PROVENANCES OF RED CEDAR AT GULF AND SOUTHEAST OF MEXICO

Salazar GJG^{1*} y Sánchez MV²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Km 34.5 Carretera Veracruz-Córdoba. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental El Palmar, Km 18 Carretera Tezonapa-El Palmar.

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

RESUMEN

Se colectaron 204 familias de *Cedrela odorata* para el establecimiento de un ensayo de procedencias, de las cuales se utilizaron para el análisis 168 familias, distribuidas principalmente en 93 familias de Veracruz, 20 de Tabasco, 2 de Chiapas, 6 de Oaxaca y 2 de Quintana Roo. El objetivo fue: 1) Determinar la variación entre procedencias y dentro de procedencias del cedro rojo que se distribuye en las planicies y montañas del Golfo de México hasta el Sureste de México y 2. Determinar las características ambientales y climáticas que se relacionan con la variación de la especie. El experimento se plantó en agosto de 2003 en el Campo Experimental El Palmar, el municipio de Tezonapa, Ver. Se utilizaron las mediciones de 6 años, de las variables del crecimiento como: altura total y fuste limpio, diámetro de tocón y normal, así como el volumen total y de fuste limpio. Se determinaron los componentes de varianza para determinar la variación entre y dentro procedencias. Se determinó que la variación de familias se debe a la variación procedencias en un 44 a 55%. Se calcularon las correlaciones genéticas de las variables con las varianzas de familias y de procedencias, esta última representa la variación de adaptativa que tiene la especie. Con la matriz de correlaciones en base a procedencias se realizó un análisis de componentes principales que concentraron la variación de todas las variables de crecimiento en solo un componente principal, que explica el 99% de la variación. Con los eigenvectores se calcularon los valores por familia de la primera

componente principal. Estos valores se utilizaron como variable dependiente para realizar un análisis de regresión múltiple donde se probaron: la latitud, longitud, precipitación media anual, número de días con lluvia al año, número de meses con arriba de 100 mm por año, así como temperatura máxima, mínima y promedio. Donde se determinó que con una regresión significativa ($<.0001$), el siguiente modelo de ajuste: $CP1 = -1202.69170 + 25.79334 * Longitud - 0.13730 * LON^2 - 0.11721 * NMES100^2 - 0.00002466 * (LON * ALTITUD) + 0.02157 * (LON * NMES100)$, el cual explica el 26.19 % de la variación.

Palabras clave: Variación genética, *Cedrela odorata*

INTRODUCCIÓN

La madera de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) después de la Caoba, es la madera de mayor valor comercial en México, es una especie secundaria presente en varios tipos de selvas, se distribuye ampliamente en México, y una parte significativa de la distribución natural en el oriente de México, a lo largo de la costa del Golfo de México, desde el Sur de Tamaulipas, Sureste de San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán, y también presente en selvas de la costa del pacífico (Pennington y Sarukhán, 1968), se le considera en riesgo, al estar dentro de la categoría de “especie sujeta a protección especial”, por la norma oficial NOM-ECOL-059 de la SEMARNAT (2010). En la actualidad las poblaciones naturales donde habita el Cedro se encuentran fuertemente fragmentadas. Pero existe suficiente variabilidad genética de las variables morfológicas entre procedencias para ser aprovechada en la selección de las mejores características de un programa de mejoramiento y definir las áreas prioritarias para su conservación (Whitmore, 1971; Ward *et al.*, 2008; Navarro *et al.*, 2004). La diversidad genética es esencial para la supervivencia a largo plazo de las especies forestales; sin esta, las especies no pueden adaptarse a los cambios ambientales y son más susceptibles a la extinción. La cantidad de variación genética disponible dentro de especies también determina el potencial de mejoramiento a través de los programas de mejoramiento genético. Los patrones geográficos de variación en caracteres cuantitativos con frecuencia están asociados con los patrones espaciales de la variación ambiental y/o geográfica, sugiriendo que esos patrones son el resultado primario de la selección natural (White *et al.*, 2007). Sin embargo de los ensayos de procedencia de más de 50 especies arbóreas de

clima templado, existe evidencia de que las diferencias genéticas asociadas con otros orígenes, con frecuencia han sido muchas veces tan grandes como aquellas entre árboles individuales en el mismo rodal (Wright, 1976). La selección natural es la fuerza más importante que determina la variación geográfica de los árboles forestales. Si la variación ambiental es continua entonces el tipo de variación que se presenta es clinal. Si existen diferencias ambientales más fuertes entonces se producen variaciones genéticas más pronunciadas entre procedencias. Entonces se tiene la variación de tipo ecotípica. Sin embargo la variación clinal es la más común (White *et al.*, 2007). El tamaño de la distribución natural de la especie es el principal factor que influye en la cantidad de variación geográfica. Las especies que tienen grandes rangos de distribución natural contienen mucha mayor diversidad genética que especies con rangos reducidos. Otro factor importante es la cantidad de diversidad ambiental encontrada dentro del rango de dispersión de la especie, ya sea geográfica como climática. El tercer factor es la extensión del rango de discontinuidades. En especies con una distribución continua, hay grandes posibilidades de abundante intercambio genético. Las presiones de selección pueden diferir de un lugar a otro, pero si los dos lugares intercambian polen y semillas constantemente los dos segmentos de la población podrían no ser tan diferentes genéticamente. Sin embargo, en una especie de zonas montañosas, diferentes partes de la población pueden estar geográficamente aisladas por cientos de generaciones. Hay varios ejemplos en los cuales razas que son razas vecinas separadas por 50 a 100 millas son totalmente diferentes genéticamente. Y cuarto factor, factores aun sin explicar. (Wright, 1976). Es importante tener la información suficiente para satisfacer la demanda de madera siempre en aumento de esta especie para que la presión sobre las áreas naturales se disminuya y se apoye la conservación con las plantaciones forestales. Los objetivos del presente son: 1. Determinar la variación entre procedencias y dentro de procedencias del cedro rojo que se distribuye en las planicies y montañas del Golfo de México hasta el Sureste de México y 2. Determinar las características ambientales y climáticas que se relacionan con la variación de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron 204 familias de cedro rojo a lo largo de la costa el Golfo de México, de las cuales solamente pudieron ser utilizadas en el experimento 168 familias, la

mayoría localizadas en el estado de Veracruz, otras en Tabasco, Chiapas, Oaxaca y Quintana Roo, las cuales se agruparon en 32 procedencias (Figura 1).

Con el objetivo de relacionar las características ambientales con el desarrollo de las procedencias, estas se fueron agrupando de acuerdo con la cercanía a una estación meteorológica, determinándose una cercanía de al menos 20 kilómetros de la familia colectada, las procedencias presentan diferente número de familias, ocho contienen una familia, nueve contiene dos familias, dos contiene tres familias, una contiene cuatro familias, dos contiene cinco familias, cuatro contiene siete familias, tres contiene nueve familias, y una contiene 12, 13 y 16 familias respectivamente. Son 20 procedencias con menos de 5 familias. Y las 12 restantes presentan de cinco a 16 familias. La asociación de pocas familias por procedencia la realizó Campbell (1979, 1986). Para estudiar la relación de la variación genética intraespecífica de una especie con el ambiente.

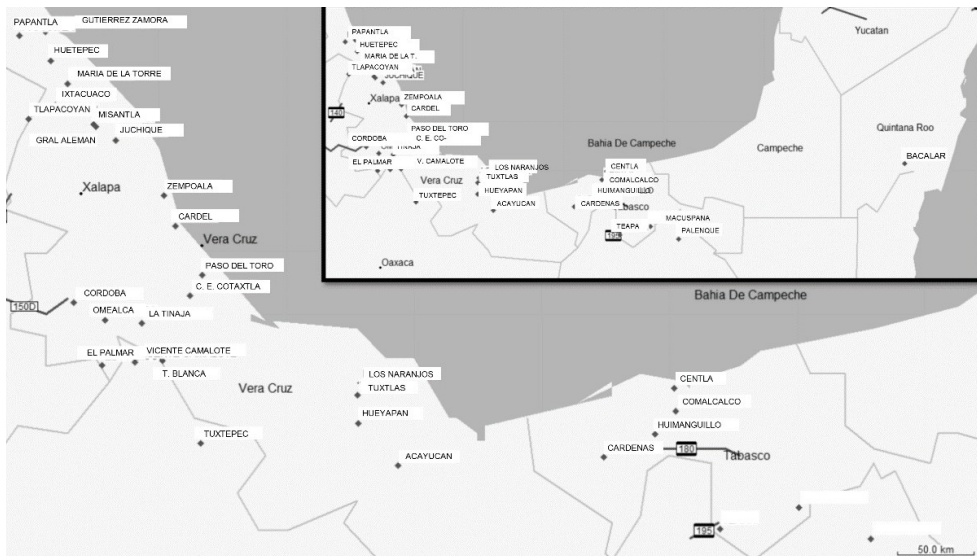


Figura 1: Ubicación de 32 procedencias de *Cedrela odorata* del Golfo y sureste de México.

El diseño experimental utilizado fue bloques completos completamente al azar, con 12 repeticiones y parcela experimental de un solo árbol. El experimento se plantó a 3 x 3 m en el campo Experimental El Palmar del INIFAP en el Municipio de Tezonapa en el estado de Veracruz. Se plantó en agosto de 2003 y se midió en septiembre

de 2008, a la edad de seis años con dos meses. En la colecta de semillas de los árboles se tomaron las coordenadas geográficas, así como la altitud. Con la información geográfica se localizaron las estaciones climatológicas más cercanas para determinar los datos del clima. Las variables que se midieron son: Crecimiento en altura (AT) a los 6 años medida en metros con una aproximación al decímetro; Crecimiento de altura de fuste limpio (AFL), considerando el fuste limpio desde la base del árbol hasta donde comienzan las ramas de la copa, medida en metros con aproximación al decímetro; Crecimiento de diámetro del tocón (DT), medido a 30 cm a partir de la base del árbol, medido en centímetros con aproximación al milímetro; Crecimiento en diámetro normal ó a 1.3 m a partir de la base del árbol (DAP), medido en centímetros con aproximación al milímetro; crecimiento del volumen de madera en la totalidad el fuste (VOLT), para esta variable se tomaron los valores de altura total y diámetro a la altura del pecho y se calculó el volumen total y de fuste limpio en decímetros cúbicos con las tablas generadas por García y Sánchez (2009); y por último se calculó el volumen de madera de fuste limpio con las tablas antes mencionadas pero ahora tomando en cuenta la altura de fuste limpio y el diámetro a la altura del pecho para dar sus resultados en decímetros cúbicos. Como los valores individuales son muy chicos a los seis años, el volumen se calculó en decímetros cúbicos. Todas las variables se revisaron para determinar su normalidad y efectuar los ajustes necesarios, el fuste limpio y el diámetro a la altura del pecho se transformaron usando la raíz cuadrada, así como para el volumen total y el volumen de fuste limpio reduciendo el sesgo de las variables mencionadas.

Para este análisis de procedencias y progenie el modelo lineal fue el siguiente:

$$y_{ijkl} = \mu + B_i + P_j + B^*P_{ij} + F(P)_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

En donde: y_{ijkl} es el valor observado de un individuo, μ es la media poblacional, B_i es el efecto de i-ésimo bloque, P_j es el efecto de la j-ésima procedencia, B^*P_{ij} es el efecto de la interacción del i-ésimo bloque y la j-ésima procedencia, $F(P)_{jk}$ es el efecto de la k-ésima familia de medios hermanos dentro de la j-ésima procedencia, y ε_{ijkl} es el error residual de la l-ésima observación.

Con las procedencias y familias dentro de procedencias consideradas aleatorias, se puede determinar el porcentaje de variación para cada fuente de variación. Se utilizó la aproximación de Satterthwaite para obtener los grados de libertad adecuados. Se estimaron los componentes de varianza de procedencias y

familias, así como de los efectos residuales del error que son efectos aleatorios por el método de Máxima verosimilitud restringida (REML). Los bloques se consideraron como efectos fijos. Se aplicó la prueba de Wald para determinar la significancia de los efectos aleatorios dentro y entre procedencias. En los ensayos de procedencia se prueban si hay diferencias significantes en los factores del modelo así como en las interacciones. Los componentes de varianza se estiman para cuantificar las cantidades de variación genética relativa entre procedencias comparada contra la variación genética de familias dentro de procedencias.

Con los componentes de varianza del análisis se calcularon las correlaciones genéticas de acuerdo con Falconer y Mackay (1996), aplicando la siguiente fórmula:

$$r_g = \frac{Cov_{xy}}{\sqrt{(Var_x * Var_y)}}$$

Donde:

Cov_{xy} es la covarianza de la variable x y la variable y ,
 Var_x es la varianza de la variable x , y
 Var_y es la varianza de la variable y .

Se calcula la covarianza al despejar esta, con la relación siguiente:

$$Var_{x+y} = Var_x + Var_y + 2Cov_{xy}$$

donde:

Var_{x+y} es la varianza de familias dentro de procedencia de la suma de la variable x y la variable y ;
 Var_x es la varianza de familias dentro de procedencia de la variable x ;
 Var_y es la varianza de familias dentro de procedencia de la variable y
 (Stonecypher, 1992)

De manera similar también se determinó la correlación genética en base a procedencias, que sirvió para realizar el análisis de componentes principales, con el fin expresar en

pocas variables la variación genética de procedencias. Posteriormente se calcularon los factores de cada familia utilizando el eigenvector del análisis de componente principal, para definir algún tipo de asociación entre los factores calculados por familia de los componentes principales que explican la variación debida a procedencia con las características geográficas y de clima. Con los datos promedio de 123 familias se conformó una base de datos donde se asociaron los datos geográficos: como latitud, longitud y altitud en promedio y la información climática: temperatura promedio anual, temperatura máxima y mínima promedio anual, precipitación promedio anual y número de días con lluvia en el año, número de meses con más de 100 mm de lluvia al año. La información climática se obtuvo de las estaciones más cercanas a las familias, proveniente de la red del servicio meteorológico nacional consultadas de la página de internet del Servicio Meteorológico Nacional en la sección de Normales climatológicas por estación (CNA-SMN, 2015) y García (1988). Con estos datos se procedió a un análisis exploratorio de las relaciones geográficas con las características de crecimiento del cedro expresadas mediante las componentes principales. Para poder definir algún tipo de relación de las procedencias con las características geoclimáticas, se procedió a realizar un análisis de regresión múltiple con la primera componente principal de familias, con todas las variables de la información geográfica y climática de procedencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En casi todas las variables se presentaron diferencias significativas entre y dentro de procedencias con excepción de la altura de fuste limpio, por lo tanto no será considerada en los análisis posteriores (Cuadro 1).

Después particionar la varianza en componentes se determinó que del total de variación el 11 al 50% es debido a la variación entre familias en todas las variables, y que del total de variación entre familias el 44 al 55 % se adjudica a procedencias. Se espera las procedencias expresen una variación entre 40% y 56 % de la variación genética. Navarro *et al.* (2002) presentó resultados mayores al presente, el 80 % de la varianza está entre procedencias y 20 % dentro de procedencia, para un ensayo de vivero en *Cedrela odorata*. Es posiblemente que la edad entre los experimentos influya en estos resultados.

Del análisis de componentes principales se deduce que la primera componente explica la mayor parte de la variación presente del crecimiento de cedro entre

procedencias, con un valor acumulado de 0.99 %, donde los valores del eigenvector de la primera componente principal son: $CP1 = AT * 0.4437 + 0.4522 * DT + 0.4442 * DN + 0.4482 * VOL + 0.4475 * VOLFL$. Que es utilizada para calcular los valores por familia de la primera componente principal, que sirven como la variable dependiente en el análisis de regresión múltiple con las variables geoclimáticas (Cuadro 2).

Cuadro 1

*Proporción de componentes de varianza de ^{a)}procedencia, ^{b)}interacción bloque x procedencias y ^{c)}familias dentro de procedencias y ^{d)}error, la proporción debida a ^{e)}familias y ^{f)}la proporción de la varianza entre familias debida a procedencia por variable de *C. odorata* de la región del Golfo de México*

Variable	^{a)} Procedencia	^{b)} Bloque*Proc	^{c)} Familia(Proc)	^{d)} Error	^{e)} Variación debida a familias	^{f)} Entre familias debida a procedencias
AT	7.78 **	0.55 NS	5.61**	86.05	13.95	55.80
AFL	0.58 NS	0.03 NS	1.84 NS	97.55	2.459	23.57
DT	5.52*	0.04 NS	6.76*	87.68	12.32	44.82
DN	5.79*	0.07 NS	5.57*	88.57	11.43	50.66
VOL	6.63*	0.17 NS	5.70**	87.50	12.50	53.05
VOLFL	3.8*	2.8	3.8*	89.7	50.00	50.00

Cuadro 2

*Análisis de regresión múltiple entre los factores de familia de la primera componente principal y las variables geoclimática de *C. odorata**

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Prob. > F
Modelo	5	111.37098	22.27420	8.30	<0.0001
Error	117	313.83278	2.68233		
Total	122	425.20375		R ²	0.2619

Variables	Parámetros ajustados	Error estándar	Valor de F	Prob. > F
Intercepto*	-1202.69170	285.88851	17.70	<.0001
LON	25.79334	6.07646	18.02	<.0001
LON ²	-0.13730	0.03231	18.05	<.0001
NMES100 ²	-0.11721	0.03031	14.95	0.0002
LONxALTITUD	-0.00002466	0.00000979	6.34	0.0131
LONxNMES100	0.02157	0.00502	18.50	<.0001

*LON=Longitud en grados, NMES100= Número de meses con más de 100 mm al año

Se ajustó un modelo altamente significativo, cuyo coeficiente de determinación no es muy alto solamente explica el 26 % de toda la variación. Esto indica que no se ha tomado en cuenta todos los factores que influyen la variación entre procedencias, pero que presenta una relación entre las características del crecimiento de procedencias con las variables de longitud, altitud y el número de meses con más de 100 mm de precipitación por año, esta última variable es un indicador de la distribución de las lluvias durante el año.

Se utilizó la hoja de cálculo de Excel, para generar una gráfica con los parámetros ajustados en la figura 2. Se observa variación de tipo clinal en relación a la longitud, la cual varía conforme se aumenta la longitud los crecimientos son mayores hasta que comienza de nuevo a disminuir cuando se llega a longitudes mayores. Así la procedencia de Bacalar con 88.430 grados de longitud es la de menor longitud y se presenta entre los crecimientos más bajos. En las procedencias medias como las procedencias de Tabasco, se presentan de los mejores crecimientos y al aumentar más la longitud se disminuye el crecimiento que tiende a reducirse después de los 94.2 grados de longitud.

El número de meses con más de 100 mm por año, tiene una relación con la distribución de la lluvia durante el año, por ejemplo el mejor número de meses con más de 100 mm es de 9 meses, el cual garantiza la distribución a lo largo del año con al menos 900 mm distribuidos en casi todo el año, pero si se aumenta a 12 meses el crecimiento se reduce un poco. Las mayores procedencias de acuerdo con el modelo ajustado son: Cárdenas, Huimanguillo, Comalcalco y Centla, en Tabasco, sus diferencias son menores de 5 % con respecto a Cárdenas. Las procedencias que van de 5 a 10 % de diferencia son: Ixtacuaco, Ver., Tuxtepec, Oax., Macuspana, Tab., Omeaca, Ver., Los Tuxtlas, Ver., Hueyapan de Ocampo, Ver., Acayucan, Ver., Palenque, Chis., Teapa, Tab., y El Palmar, Ver. Las procedencias que van de 10 a 20 % de diferencia con respecto a Cárdenas son: Hueyatepec, Gutiérrez Zamora, Paso del Toro, Juchique, Misantla, Papantla, Los naranjos, Campo Cotaxtla, Tierra Blanca, María de la Torre, Tlapacoyan, Vicente Camalote, Cardel, Zempoala, La Tinaja, General Alemán y Córdoba, todas en Veracruz. Y la que parece ser una raza diferente con una diferencia de 32.5 % en Bacalar, Quintana Roo.

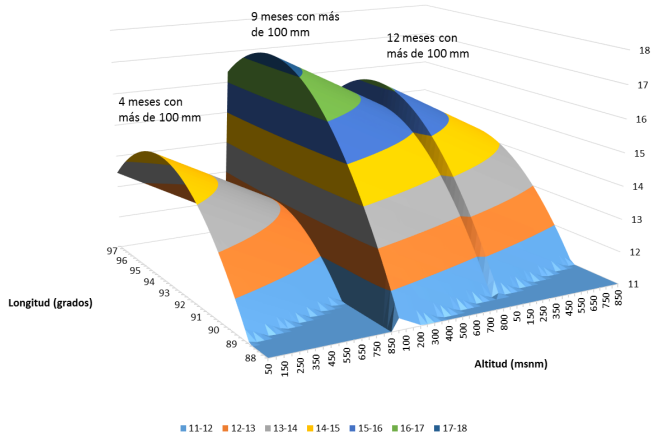


Figura 2. Variación geográfica del crecimiento de *Cedrela odorata* con relación a la longitud, altitud y número de meses con más de 100 mm de lluvia por año.

CONCLUSIONES

Del total de variación entre familias del 44 al 55% se adjudica a la variación entre procedencias. La especie de *Cedrela odorata* presenta variación significativa de tipo clinal en relación a la longitud, la altitud y al número de meses en los cuales llueve por lo menos 100 mm de lluvia al año, explicándose el 26.19% la variación.

LITERATURA CITADA

- Campbell, R.K. 1979. Genecology of Douglas-Fir in a watershed in the Oregon Cascades. *Ecology* 60:1036-1050.
- Campbell, R.K. 1986. Mapped genetic variation of Douglas-Fir to guide seed transfer in southwest Oregon. *Silvae Genetica* 35:85-96.
- Falconer, S.D., y T.F.C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4ª ed. Longman, Exxex. UK. 464 p.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen*, 4a ed. Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. México. 217 p.

-
- Navarro, C., F. Montagnini y G. Hernández. 2004. Genetic variability of *Cedrela odorata* Linnaeus: Results of early performance of provenance and families from Mesoamerica grown in association with coffee. *Forest Ecology of Management* 192:217-227.
- Stonecypher, R.W. 1992. Computation methods. En: Fins, L., S.T. Friedman, y J. V. Brotschol. Editors. *Handbook of Quantitative Forest genetics*. Kluwer Academic Publishers. Norwell, MA, USA. 195-228pp.
- Pennington, T.D. y J. Sarukhán. (1998): *Árboles tropicales de México*. UNAM, Fondo de Cultura Económica, D.F. México. 521 p.
- Ward, S.E., K.E. Wightman, B. Rodríguez S. 2008. Early results from genetic trials on the growth of Spanish cedar and its susceptibility to the shoot borer moth in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management*. 255:356-364.
- White, T.L., T.W. Adams, and D.B. Neale. 2007. *Forest Genetics*. CAB International, Oxford. 682 p.
- Whitmore, J.L. 1971. *Cedrela* provenance trial in Puerto Rico and St. Croix: Nursery phase assessment. *Turrialba* 21:343-349.
- Wright, J.W. 1976. *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, INC. San Diego, California, USA. 462 p.

Referencias informáticas

- CNA-SMN (Comisión Nacional del Agua y Servicio Meteorológico Nacional); url: http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=28; 13 de enero de 2015

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE JUGO DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO AZSUREMEX DE TENOSIQUE, TABASCO

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON YIELD AND JUICE QUALITY VARIETY OF SUGAR IN THE WIT AZSUREMEX IN TENOSIQUE , TABASCO

Izquierdo HJ¹, Salgado GS², Lagunes ELC², Palma LDJ², Ortiz LH³, Córdova SS⁴, Castelán EM².

¹Programa de Producción Agroalimentaria en el Trópico, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México.

²Áreas de Ciencia Ambiental y Vegetal. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS.
e-mail: salgados@colpos.mx

³ Área de Mecanización Agrícola. Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. 94946 Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS.

⁴ Academia de Agronomía, Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco, México. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS.

Autor para correspondencia: salgados@colpos.mx

RESUMEN

El rendimiento promedio de caña de azúcar en el área de abastecimiento del Ingenio Azsuremex es de 60 t ha⁻¹, menor a la media nacional (77.5 t ha⁻¹). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de jugo de 10 variedades de caña de azúcar. Las dosis utilizadas fueron 0, 120 y 180 kg N ha⁻¹ y se aplicaron a los dos meses después de emergido el cultivo. El diseño experimental fue un arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande fue las dosis de nitrógeno y la parcela chica fue las variedades de caña de azúcar. De acuerdo con el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa para la concentración de nitrógeno foliar con respecto a las dosis de nitrógeno (N), únicamente se observa diferencia significativa para el efecto de variedades. Los resultados indicaron que la aplicación de nitrógeno afectó positivamente el rendimiento de caña de azúcar, en ocho de diez variedades el rendimiento más alto

se obtuvo con la dosis 180 kg N ha⁻¹. Se concluyó que la aplicación de nitrógeno afectó positivamente el rendimiento de caña de las variedades en estudio.

Palabras clave: Nitrógeno, Rendimiento, Caña de azúcar.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento promedio de caña de azúcar en el área de abastecimiento del ingenio Azsuremex es de 60 t.ha⁻¹, que se considera menor a la media nacional de 77.5 t.ha⁻¹, lo que afecta los ingresos de los productores. Esta menor producción se atribuye a la reducción de la fertilidad de los suelos, al retraso en la época de aplicación del fertilizante y al envejecimiento de las plantaciones de caña de azúcar en campo (Salgado *et al.*, 2008), y las dosis de NPK que actualmente se aplican se generaron sin considerar la variedad (Salgado *et al.*, 2010), desconociéndose hasta el momento si el requerimiento de nitrógeno (N) es diferente entre variedades. Por ello el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de jugo de 10 variedades de caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en condiciones de temporal, en el ciclo plantilla 2014/2015, en el área de abastecimiento del Ingenio Azsuremex (IA) ubicado en el municipio de Tenosique, Tabasco. En un suelo Cambisolháplico (límico-éutrico-calcárico) (Salgado *et al.*, 2008).

Preparación del terreno. Esta labor consistió en volteo de cepa, con el uso de una rastra de discos se realizaron tres pases de rastra cruzada y el surcado a una separación entre hileras de 1.3 m. La siembra se realizó de forma manual. Las variedades utilizadas fueron: MEX 69-290, MEX 68-P-23, RD 75-11, ATEMEX 96-40, CP 72-1210, COLPOSCTMEX 06-039, COLPOSCTMEX 06-271, COLPOSCTMEX 06-2362, COLPOSCTMEX 06-474 y COLPOSCTMEX 05-223.

Manejo agronómico. Consistió en la aplicación de herbicida preemergente (Hexaxinona + Diuron), fertilización manual a los dos meses de edad del cultivo, realizar un pase de cultivo con ganchos, el aporque y un chapeo manual, de

acuerdo con el paquete tecnológico generado por el grupo MASCAÑA del Colegio de Postgraduados.

Diseño experimental y tratamientos. Se utilizó el diseño de parcelas divididas, donde la parcela grande fueron las 3 dosis de N: 0, 120 y 180 kg N ha⁻¹ usando como fuente Urea. La dosis de fertilizante nitrogenado se aplicó a los 2 meses de edad del cultivo, en una sola aplicación y fue complementada con 60 kg de P₂O₅ y 100 kg de K₂O por hectárea, con las fuentes SPT y KCl (Salgado y Núñez, 2010). La parcela chica corresponde a las 10 variedades de caña.

Variables de estudio

Diagnóstico foliar. A los 4 meses de edad del cultivo, se llevó a cabo el muestreo foliar, tomando la muestra en la hoja 4, a la cual se le eliminó la base, la punta y la nervadura foliar. La lamina foliar se depositó en un sobre de papel manila y se almacenó en una hielera a 4 °C, para su posterior procesamiento y análisis en el LASPA-Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. A las muestras se les determinó N, P, K por el método de Kjeldahl, HNO₃-HClO₄ cuantificación colorimétrica y HNO₃-HClO₄ Cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica, respectivamente, en el laboratorio agroindustrial de suelos, plantas y aguas de Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.

La calidad del jugo. A partir de los 12 meses para llevar un control de la madurez, se llevó un registro quincenal de los grados brix, para ello, en cada parcela se tomaron tres tallos a los cuales se les extrajo el jugo del primero, segundo, y tercer tercio utilizando para ello un punzón de acero inoxidable y las lecturas de grados brix se realizaron usando un refractómetro digital marca ATAGO. El muestreo se inició el 14 de diciembre de y culminó el 08 de marzo de 2015 debido a que el experimento sufrió quema accidentada. A la cosecha, se tomó una muestra de cada parcela con la metodología utilizada por el departamento de precosecha del Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ), las muestras se depositaron en una hielera para su posterior transporte al laboratorio de precosecha del IPBJ, donde se les determinó grados brix y el porcentaje de sacarosa, pol, fibra y azúcares reductores.

El rendimiento. La cosecha se llevó a cabo a los 14 meses de edad del cultivo debido a que este sufrió quema accidentada. Por lo tanto la determinación de la

calidad del jugo y el consumo de nitrógeno se llevaron a cabo en caña quemada. Se contaron los tallos molederos en 10 m lineales, se tomó una muestra de 10 tallos, los cuales se pesaron con punta y sin punta para obtener el peso promedio de los tallos y de la punta, con ello se obtuvo el rendimiento en toneladas de caña por hectárea.

Análisis estadístico

Para cada una de las variables se realizó el análisis de varianza con el diseño de parcelas divididas utilizando para ello el paquete estadístico SAS versión 9.0 y se realizó la prueba de Tukey para determinar las diferencias significativas entre variedades y dosis de N.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico nutricional

Concentración de nitrógeno foliar. De acuerdo a los resultados del análisis de varianza (ANOVA) se observa que no existe diferencia significativa para la concentración de nitrógeno foliar con respecto a las dosis de nitrógeno (N), únicamente se observa diferencia significativa para el efecto de variedades. El coeficiente de variación (C.V) de 7.8% nos indica alta precisión en la determinación de este parámetro (Cuadro 1). Estos resultados difieren a lo reportado por Kumara y Bandara (2001), quienes señalan que la aplicación de fertilizante nitrogenado incrementó significativamente la concentración de nitrógeno foliar en variedades de caña de azúcar, el tratamiento sin aplicación de N redujo esta variable 28 % en comparación con el tratamiento con aplicación de 200 kg N ha⁻¹.

A pesar de la significancia del ANOVA para el efecto de variedades, la prueba de Tukey indica que las concentraciones de nitrógeno foliar son iguales estadísticamente para todas las variedades, con una media de 1.79 % N. En la literatura existen diferentes estándares para interpretar las concentraciones foliares de N foliar en caña de azúcar, de acuerdo con Halliday y TrenKell (1992) la concentración de N se clasifica como adecuada (1.5-1.7% N). En este caso el volteo del cultivo anterior y la incorporación de sus residuos, favorecieron el proceso de mineralización de la materia orgánica del suelo con la consecuente liberación de N

en cantidad suficiente para satisfacer la demanda del cultivo, ya que la concentración foliar de N en las tres dosis de N aplicado fue similar, minimizando el efecto de la fertilización nitrogenada.

Concentración de fósforo foliar (%). El ANOVA muestra que para el contenido de fósforo foliar (P) no hubo diferencia significativa con respecto a la dosis de nitrógeno (N), variedades (V), ni para la interacción NxV, como habría de esperarse ya que la dosis de P_2O_5 aplicada fue igual para todos los tratamientos. El coeficiente de variación 14.3 se considera adecuado por tratarse de un experimento bajo condiciones de campo (Cuadro 1). El contenido promedio de fósforo foliar fue de 0.20% el cual, de acuerdo con Halliday y TrenKell (1992) es adecuado (0.18-0.22 % P). Estos resultados indican que la dosis de fertilizante fosforado para el área de estudio es adecuada (Salgado *et al.*, 2008).

Concentración de potasio foliar (%). Para el caso del potasio foliar (K) el ANOVA muestra diferencia altamente significativa para el efecto de variedades y no significativa para el efecto de dosis de N y la interacción NxV. El coeficiente de variación de 19.3 indica alta variabilidad en la determinación de esta variable (Cuadro 1). El valor promedio del contenido de potasio en hojas de las 10 variedades fue 0.64 %, considerado como un contenido bajo (Halliday y Trenkell, 1992). Estos resultados indican que la dosis de 100 kg K_2O ha⁻¹ aplicada no fue suficiente para suplir los requerimientos de este nutriente por las variedades de caña de azúcar en estudio, lo cual sugiere revisar la dosis de potasio recomendada para el Cambisol del área de abastecimiento del Ingenio Azsuremex. Este suelo presentó un bajo contenido de K, 0.12 cmol (+) kg⁻¹ y altas concentraciones de Ca y Mg, lo que podría haber ocasionado competencia de absorción de K a nivel radical (Salgado *et al.*, 2010).

Cuadro 1

Contenido de NPK foliar (%) en 10 variedades de caña de azúcar con diferentes dosis de nitrógeno en el Ingenio Azsuremex.

Variedades	Media de variedad		
	N	P	K
COLPOS CTMEX 06-039	1.89a	0.22a	0.63ab
COLPOS CTMEX 06-271	1.74a	0.21a	0.79a
COLPOS CTMEX 472	1.86a	0.21a	0.62ab
COLPOS CTMEX 06- 2362	1.70a	0.21a	0.51b
COLPOS CTMEX 05-0223	1.85a	0.20a	0.80a
ATEMEX 96-40	1.84a	0.23a	0.64ab
RD 75 11	1.73a	0.19a	0.64ab
MEX 69-290	1.78a	0.19a	0.58b
MEX 68 P23	1.80a	0.20a	0.64ab
CP 72-1210	1.72a	0.20a	0.55b
Media dosis (N)	1.79NS	0.2NS	0.64NS
C.V (%)	7.8	14.3	19.3
Prob. F:			
Dosis N (N)	0.71 NS	0.18NS	0.17NS
Variedades (V)	0.05*	0.1NS	0.01**
Interacción (N*V)	0.97 NS	0.32NS	0.95NS
DMS (N):	0.08	0.01	0.07
DMS (V):	0.21	0.04	0.19

†Medias con la misma literal dentro de la hilera o columna son iguales estadísticamente Tukey ($P \leq 0.05$). NS: no significativo, * significativo, ** Altamente significativo.

Seguimiento de madurez de variedades de caña de azúcar

De acuerdo a los resultados de los muestreos de grados brix, las variedades CP 72-1210 y COLPOSCTMEX 06-271 se consideran de madurez temprana (aunque de acuerdo con la ficha técnica de estas variedades son consideradas de madurez media), ya que los valores más altos de grados brix los presentaron de diciembre a enero, las variedades restantes se consideran de madurez media (coincidiendo con lo descrito en su ficha técnica a excepción de la MEX 67-P-23 que es considerada de madurez media-tardía), obteniendo los valores más altos para esta variable en los meses febrero-marzo (Figura 1).



Figura 1. Seguimiento de madurez de variedades de caña de azúcar con diferentes dosis de nitrógeno.

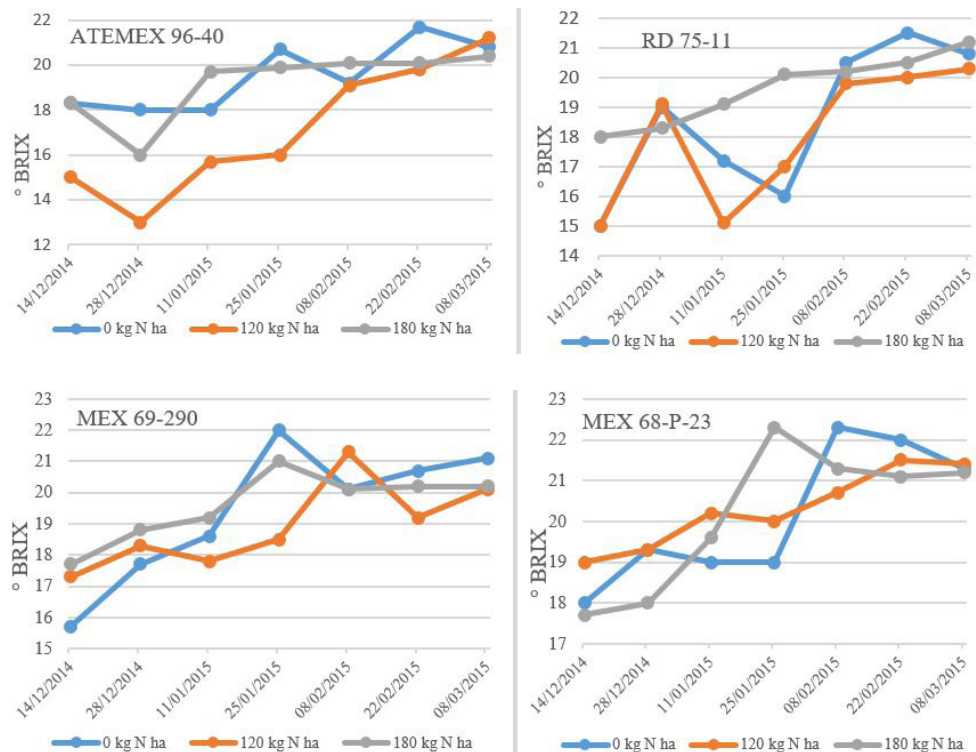


Figura 1. Seguimiento de madurez de variedades de caña de azúcar con diferentes dosis de nitrógeno.

Calidad de jugo de las variedades de caña de azúcar

En el tratamiento sin aplicación de nitrógeno la variedad MEX 69-290 presentó los valores más altos en % sacarosa y pol y los más bajos en cuanto a % fibra y azúcares reductores (Cuadro 2), mientras que la CP 72-1210, COLPOSCTMEX 05-223 y COLPOSCTMEX 06-271 lo hicieron con 120 kg ha⁻¹ N (Cuadro 3) y las demás variedades con la dosis más alta (Cuadro 4).

Cuadro 2*Calidad de jugo de 10 variedades de caña de azúcar sin aplicación de nitrógeno*

Variedades	Calidad de jugo (%)				
	Brix	Sacarosa	Pol	A. Reductores	Fibra
COLPOSCTMEX 06-039	16.81	14.19	16.5	0.414	13.73
COLPOSCTMEX 06-271	14.8	13.1	15.2	0.437	13.73
COLPOSCTMEX 472	11.78	10.42	12.04	0.562	13.55
COLPOSCTMEX 06-2362	10.75	10.05	11.62	0.544	14
COLPOSCTMEX 05-223	14.79	13.8	16.02	0.424	13.83
ATEMEX 96-40	15.49	14.35	16.64	0.327	13.18
RD 75-11	16.48	13.64	15.86	0.518	13.7
MEX 69-290	19.54	17.43	20.3	0.263	13.08
MEX 68-P23	17.3	15.8	18.2	0.336	14
CP 72-1210	14.8	12.43	14.42	0.545	13.75

Cuadro 3*Calidad de jugo de 10 variedades de caña de azúcar con 120 kg N ha⁻¹*

Variedades	Calidad de jugo (%)				
	Brix	Sacarosa	Pol	A. Reductores	Fibra
COLPOSCTMEX 06-039	14.8	13.15	15.26	0.437	13.68
COLPOSCTMEX 06-271	16.47	14.81	17.22	0.35	13.83
COLPOSCTMEX 472	14.11	12.62	14.64	0.487	13.98
COLPOSCTMEX 06-2362	14.48	13.54	15.68	0.438	13.33
COLPOSCTMEX 05-223	15.8	14.63	17	0.373	13.75
ATEMEX 96-40	16.49	14.08	16.36	0.437	13.5
RD 75-11	15.46	13.22	15.36	0.437	13.83
MEX 69-290	14.8	13.79	16	0.427	13.75
MEX 68-P23	17.81	16.65	19.4	0.373	14
CP 72-1210	17.15	15.13	17.6	0.366	13.78

Cuadro 4

Calidad de jugo de 10 variedades de caña de azúcar con 180 kg N ha⁻¹

Variedades	Calidad de jugo (%)				
	Brix	Sacarosa	Pol	A. Reductores	Fibra
COLPOSCTMEX 06-039	16.13	13.9	16.16	0.467	13.88
COLPOSCTMEX 06-271	12.78	10.92	12.64	0.424	13.7
COLPOSCTMEX 472	15.46	13.34	15.5	0.524	13.9
COLPOSCTMEX 06-2362	16.13	14.79	17.2	0.517	13.98
COLPOSCTMEX 05-223	14.79	13.2	15.32	0.403	13.8
ATEMEX 96-40	15.8	14.63	17	0.296	13.8
RD 75-11	18.53	16.76	19.5	0.253	13.15
MEX 69-290	17.86	15.99	18.58	0.367	13.1
MEX 68-P23	16.8	14.95	17.4	0.299	13.98
CP 72-1210	12.11	10.79	12.48	0.518	13.6

Rendimiento (TCH)

De acuerdo con el análisis de varianza, existe diferencia altamente significativa para esta variable con respecto a las dosis de nitrógeno (N), variedad (V) y la interacción NxV. La dosis de N con la que se obtuvo el mayor rendimiento fue 180 kg N ha⁻¹. La variedad COLPOSCTMEX 05-223 fue la que obtuvo el rendimiento más alto, seguida de la RD 75-11, mientras que la MEX 69-290 y COLPOSCTMEX 06-271 presentaron el rendimiento más bajo. Con respecto a la interacción NxV, 9 de las 10 variedades en estudio obtuvieron el rendimiento (TCH) más alto con la con la dosis más alta de N, solamente la MEX 69-290 mostró mayor rendimiento con 120 kg N ha⁻¹. 8 de las 10 variedades presentaron aumentos en rendimiento conforme se aumentó la dosis de N aplicada (Cuadro 5), estos resultados son similares a los obtenidos por Fortes *et al.* (2013), quienes concluyeron que la fertilización nitrogenada promovió aumentos en TCH durante el ciclo plantilla y socas 1-3, así como en el acumulado de los 4 ciclos de cultivo.

Cuadro 5

Rendimiento (TCH) de 10 variedades de caña de azúcar con diferentes dosis de nitrógeno en el Ingenio Azsuremex

Variedades	Dosis N (kg ha ⁻¹)			Media variedad
	0	120	180	
COLPOS CTMEX 06-039	95	92.3	123.3	103.5cd
COLPOS CTMEX 06-271	82.8	86.5	91.2	86.8e
COLPOS CTMEX 472	101.3	109.1	120.6	110.3bcd
COLPOS CTMEX 06- 2362	93.6	100.3	112.8	102.2cd
COLPOS CTMEX 05-0223	104.3	126.9	153	128a
ATEMEX 96-40	101.8	111.9	121.9	111.9bc
RD 75 11	101.5	124.2	133.3	119.7ab
MEX 69-290	70.7	93.2	88.2	84.1e
MEX 68 P23	103	108.7	129.2	113.6bc
CP 72-1210	85.3	101.1	106.2	97.5de
Media dosis (N)	93.6c	105.4b	118a	105.8
C.V (%)	8.3			
Prob. F:				
Dosis N (N)	0.01**			
Variedades (V)	0.01**			
Interacción (N*V)	0.02**			
DMS (N):	5.4			
DMS (V):	13.6			

†Medias con la misma literal dentro de la hilera o columna son iguales estadísticamente Tukey ($P \leq 0.05$). ** Altamente significativo.

CONCLUSIONES

- No se encontró diferencia significativa para la concentración de nitrógeno foliar con respecto a el efecto de las dosis de nitrógeno, ni la interacción nitrógeno por variedad.
- De acuerdo con el análisis de varianza existe diferencia altamente significativa para el rendimiento con respecto a las dosis de nitrógeno, las variedades y la interacción nitrógeno por variedad.
- La variedad COLPOSCTMEX 05-223 obtuvo el rendimiento más alto; mientras que la MEX 69-290 y COLPOSCTMEX 06-271 presentaron el más bajo, siendo 180 kg N ha⁻¹, la dosis con la que se obtuvo el mayor rendimiento.

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo MASCAÑA-LPI:AEES, a la Fundación Produce Tabasco, A.C., por el financiamiento del proyecto Validación de variedades de caña de azúcar en campo en ciclo plantilla en la zona de los ríos, Tabasco; la Asociación Local de productores de caña de azúcar CNPR del ingenio Azsuremex.

LITERATURA CITADA

- Fortes, C., Ocheuze T., P.C., Vitti A.C., Otto R., Junqueira F., E.C., Faroni C.E. (2013) Stalk and sucrose yield in response to nitrogen fertilization of sugar cane under reduced tillage. *Pesq. agropec. bras.* 48:88-96.
- Halliday D., H. and TrenKell, E. M. (1992) World Fertilizer Use Manual. International Fertilizer Industry Association. Germany. 632 p.
- Kumara, A.D.S. and Bandara, D. C. (2001) Influence of nitrogen application and varietal differences on selected physiological parameters of sugarcane. *Tropical Agricultural Research.* 13:220-230.
- Salgado-García S., Palma-López D.J., Zavala-Cruz J., Lagunes-Espinoza L.C., Ortiz-García C.F., Castelán-Estrada M., Guerrero-Peña A., Aranda-Ibáñez E.M., Moreno-Cáliz E., Rincón-Ramírez J.A. (2010) Lotificación del campo cañero: una metodología para iniciar la agricultura de precisión en ingenios de México. *Interciencia* 35:183-190.
- Salgado G., S., Palma L., D.J., Zavala C., J., Lagunes E., L.C., Ortiz G., C.F., Castelán E., M., Guerrero P., A., Moreno C., E., y Rincón R. J.A. (2008) Sistema Integrado para Recomendar Dosis de Fertilizantes (SIRDF) en Caña de Azúcar: Ingenio Azsuremex. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco. México. 101 p.
- Salgado G., S., y R. Nuñez E. (2010) Manejo de Fertilizantes Químicos y Orgánicos. Editorial del Colegio de Postgraduados Carretera México-Texcoco Km 36.5 Montecillo, Texcoco, Edo de México.
- Salgado-García, S., Palma-López, D. J., Zavala-Cruz, J., Lagunes-Espinoza, L. C., Castelán-Estrada, M., Ortiz-García, C. F., Juárez-López, J. F., Ruiz-Rosado, O., Armida-Alcudia, L., Rincón-Ramírez, J., y Córdova-Sánchez, S. (2011) Un programa de fertilización sustentable para el Ingenio “Presidente Benito Juárez” en Tabasco, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 15:45-65.

COMPORTAMIENTO Y TASA DE CRECIMIENTO DE *Hirsutella sp.* EN RELACION CON *Diaphorina citri* EN UNA PLANTACION DE LIMON PERSA DE HUIMANGUILLO TABASCO

BEHAVIOR AND GROWTH RATE OF *Hirsutella sp.* IN RELATION OF *Diaphorina citri* IN A PLANTATION OF PERSIAN LIME IN HUIMANGUILLO TABASCO.

¹*Sumano LD; ²Arias LVH; ³Mendoza MM; ³Miranda MR; ¹Rodríguez CM.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Municipio de Huimanguillo, Tabasco, CP. 86400²Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Componente Extensionista Agrícola CEIP 2015. Fraccionamiento Prados de Villahermosa, Villahermosa, Tabasco. CP.86030.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 Carretera federal Veracruz-Córdoba, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, CP. 94270.

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

RESUMEN

La enfermedad del Huanglongbing (HLB), es transmitida por el insecto *D. citri*, el cual causa daños en sus diferentes etapas de crecimiento. El estado de Tabasco cuenta con más de 15 mil hectáreas establecidas de cítricos, principalmente de limón persa. En el control biológico el uso de depredadores y hongos entomopatógenos es una de las prácticas utilizadas como alternativas para la disminución del uso de agentes químicos en la agricultura. El género *Hirsutella* spp. es un hongo entomopatógeno que parasita a *D. citri*, incrementado su actividad cuando existen altas tasas de humedad relativa. El objetivo de esta investigación es determinar la época de mayor incidencia de *Hirsutella citriformis*, durante un lapso de tiempo en la zona citrícola del municipio de Huimanguillo y su correlación con las condiciones meteorológicas. Se realizaron muestreos en una plantación de limón persa, ubicado en las coordenadas geográficas 17.71174 LN y -93.50876 LW. Los muestreos fueron quincenales colectando insectos parasitados y no parasitados. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de fitopatología del INIFAP, campo experimental Huimanguillo. Se

inoculó a partir de insectos parasitados en medio de cultivo PDA y PDA acidificado, la caracterización del hongo se llevó a cabo en base a estructuras y características de crecimiento. *D. citri* se presentó durante toda la época de muestreos realizados, principalmente de abril a julio de 2014, sin embargo la presencia de adultos parasitados por *Hirsutella* spp. inició en el mes de julio decreciendo hasta el mes de enero, concordando con las condiciones de alta humedad relativa ($r=0.72243$, $P=0.01828$) y precipitación ($r=0.66009$) ($P=0.03779$). Las cepas inoculadas en cajas petri presentaron conidios septados, con base gruesa, micelio desarrollado con diámetros de 1.6 a 3.1 mm, lo cual corresponde a las características del género *Hirsutella* spp.

Palabras clave: *Hirsutella* spp, Entomopatógeno, Huanglongbing.

INTRODUCCIÓN

La citricultura en México es una de las actividades socioeconómicas más importantes, por lo que cuenta con una superficie establecida de 546,406.71 has. El estado de Tabasco cuenta con una superficie establecida de 15,547.5 ha. La producción estatal de cítricos es de 166,339 t. (SIAP, 2013); de la cual el 95% se encuentra en el municipio de Huimanguillo (SIAP, 2013). La enfermedad llamada “Huanglongbing” o enverdecimiento (greening) es considerada la enfermedad más letal de los cítricos en el mundo, ya que una vez infectada la planta no existe cura. Esta es causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp, y está limitada al floema de la planta (Jagoueix *et al.*, 1994 y Bové, 2006). Existen varias especies reportadas distribuidas en diferentes continentes; para el caso de México, se encuentra la especie *Liberibacter Asiaticus*, y está presente en 16 de los 24 estados productores. Detectada por primera vez en Yucatán, en el municipio de Tizimín, en 2009. (NAAPO, 2008). En Tabasco fue detectada en 2012 en áreas de traspatio del municipio de Tenosique (SENASICA, 2014).

El insecto *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), conocido como Psílido asiático de los cítricos (PAC), es el vector de la enfermedad del Huanglongbing (HLB) en México. Detectado en el 2002, se encuentra diseminado en las principales zonas citricolas del país (López-Arroyo *et al.*, 2003). Se alimenta principalmente de brotes jóvenes, succionando la savia de las hojas. Los adultos ovipositan en las hojas, las ninfas se alimentan de las yemas apicales afectando el crecimiento. (Halbert

y Manjunath, 2004). Para el control del insecto, se han llevado a cabo diversas prácticas de control, una de ellas es el control biológico, a través del manejo de las poblaciones con enemigos naturales como depredadores, parasitoides y hongos entomopatógenos (Cabrera-Mireles *et al.*, 2010, Sánchez-González *et al.*, 2010 y Sánchez, 2010).

Algunos géneros de hongos entomopatógenos que se han sido reportados como patógenos de *Diaphorina citri* son: *Isaria fumosoroseae*, *Beauveria bassiana* e *Hirsutella citriformis* (Pérez-González *et al.*, 2012; Subandiyah *et al.*, 2000; Étienne *et al.*, 2001; Meyer *et al.*, 2007), este último reportado para el estado de Tabasco en condiciones *in situ* y laboratorio (Pérez-González *et al.*, 2014 y 2012). El desarrollo de hongos entomopatógenos es afectado de manera positiva cuando la humedad relativa se encuentra por encima del 80% (González-Cárdenas, 2010).

El uso de estos hongos en combinación con prácticas culturales ha dado buenos resultados en el manejo del psílido asiático de los cítricos.

OBJETIVO

El objetivo de esta investigación es determinar la época de mayor incidencia de *Hirsutella citriformis*, durante un lapso de tiempo en la zona citrícola del municipio de Huimanguillo, y su correlación con las condiciones meteorológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a en el municipio de Huimanguillo, durante los meses de abril de 2014 a enero de 2015, 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). Se seleccionó una plantación de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en base al padrón de productores del sistema producto cítricos, con una de edad de ocho años, la cual se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 17.71174 LN y -93.50876. LO. Figura 1.



Figura 1. Ubicación de zona de estudio en el Municipio de Huimanguillo

Se llevaron a cabo muestreos quincenales; el área de muestreo correspondió a diez árboles al azar, cada árbol se dividió en sectores en base a los puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste). En cada sector se buscó de manera visual y se tomaron los promedios por mes de números de insectos encontrados y parasitados. Se colectaron muestras completas (hoja-insecto-parasitado), con presencia de sinemas. Figura 2. Se colocaron en bolsas resellables y se trasladaron al Laboratorio de Fitopatología del INIFAP, Campo Experimental Huimanguillo. Se realizaron correlaciones de Pearson para comparar la relación de adultos parasitados en relación a las condiciones meteorológicas.

Para los aislamientos de las cepas, se tomaron los insectos parasitados, y se pusieron en una caja Petri. Se tomó una aguja esterilizada a la flama y se tomó una fracción muy pequeña y se colocó en caja Petri con medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA), y se pusieron en una incubadora a una temperatura de $27^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante 48-72-96 horas. Posteriormente, a partir de las cepas aisladas, se vuelven a sembrar en medio PDA acidificado, PDA: 200 μL de ácido láctico al 85 %, el cual es añadido antes de verter en las cajas petri (Sánchez-García *et al.*, 2006), para volver a ser incubadas a la temperatura anterior, durante 48-72-96 horas.

Para la caracterización, se tomaron pequeñas muestras con un estilete esterilizado a la flama, colocando pequeñas fracciones en un portaobjetos, al cual se le añade unas gotas de lactofenol azul como colorante, y se coloca un cubre objetos. Se observa en el microscopio las estructuras para analizar morfología, características de crecimiento (Samson *et al.*, 1980 y Humber, 1998). Los datos de

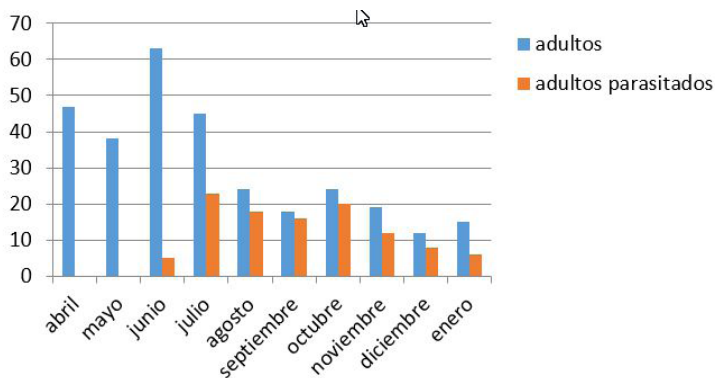
temperatura y humedad relativa se tomaron con un equipo Data Logger MIC Meter, los datos de temperatura fueron proporcionados por la estación Meteorológica del INIFAP. El análisis estadístico se llevó a cabo con el paquete estadístico R. Commander 2.10.1



Figura 2. Insectos parasitados en hoja con presencia de sinemas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El insecto *D. citri* se presentó durante toda la época de muestreos realizados. El mayor número de adultos encontrados se presentó en los meses de Abril a Julio de 2014, lo cual concuerda con lo mencionado por González-Cárdenas (2010), en relación a los adultos parasitados a partir del mes de julio se observa un incremento importante, el cual tiende a disminuir hasta finales del mes de enero de 2015. Cuadro 1.



Cuadro 1. Tasa de infección de *Hirsutella* spp., sobre adultos de *D. citri*

Al realizar las correlaciones de Pearson y toman como referencia la interpretación de Bisquerra (2004), la humedad relativa presenta una correlación alta en relación a la tasa de infección de *Hirsutella* spp. en adultos de *D. citri* ($r=0.72243$, $P=0.01828$), específicamente en los meses de julio a enero, esto concuerda con Subandiyah, *et al.*, 2000, y Aubert (1987) donde mencionan que las tasas de mortalidad de *Hirsutella* en la parte sur de Asia son favorecidos por humedad relativa mayor del 80 %. De la misma forma la precipitación señala una correlación alta con la aparición de adultos parasitados ($r=0.66009$) ($P=0.03779$), debido a que al iniciar el temporal de lluvias la humedad relativa tiende a subir en la zona geográfica de estudio. Para el caso de la temperatura se encontró una correlación negativa ($r=-0.01025$, $P=0.97760$), por lo que se infiere que al disminuir la temperatura favorece la tasa de crecimiento del hongo, combinado con el comportamiento de los otros factores climatológicos (precipitación y humedad relativa).

En cuanto a la descripción morfológica, las cepas inoculadas en medio PDA acidificado presentaron conidios septados, con base gruesa, lo cual es similar a lo mencionado por Humber (1998). El micelio desarrollado en cajas petri se desarrolla de manera simple, con diámetros de 1.6 a 3.1 mm, lo cual corresponde a las características propias del género *Hirsutella* sp. McCoy (1981). Cabrera *et al.*, (2007), mencionan que la observación detallada de las estructuras dificulta la identificación hasta nivel especie por medios convencionales, situación similar a esta investigación.

El color de las cepas inoculadas en las cajas petri presentaron un color grisáceo a oscuro pardo, presenta una masa micelial abundante. Figura 3.

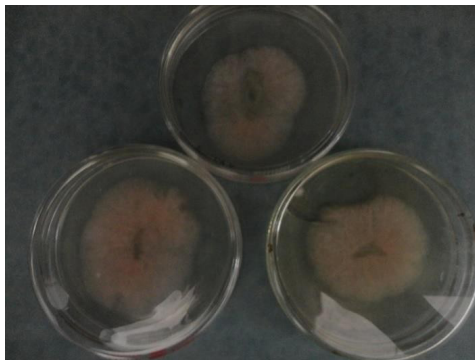


Figura 3. Crecimiento de *Hirsutella* spp. en Laboratorio

CONCLUSIONES

- El insecto *D. Citri* estuvo presente durante todo el estudio, la mayor presencia en los meses de abril a julio de 2014.
- Las cepas inoculadas en laboratorio corresponden al género *Hirsutella* spp.
- La tasa de infección de *Hirsutella* spp., sobre adultos de *D. citri* fue mayor durante los meses de julio a enero, coincidiendo con los meses donde prevaleció una humedad relativa mayor del 80% y durante el inicio del temporal de lluvias.

LITERATURA CITADA

- Bisquerra, R. (2004) Metodología de la Investigación Educativa. Madrid: La Muralla, S.A.
- Bové, J. (2006) Huanglongbing a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant-Pathol.* 88. 7-37.
- Cabrera-Mireles, H., F. D. Murillo-Cuevas, J. A. Villanueva-Jiménez, U. A. Díaz-Zorrilla, y S. Cerezo-Aparicio (2010) Enemigos naturales de *Diaphorina citri* (Hemiptera: psyllidae) en la región centro de Veracruz. En: Memoria del 1er Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Críticos y el Huanglongbing en México – 2010. Monterrey, N.L., Méx. p. 46-53.
- Cabrera, C. R. I.; Hernández, E.D; López, A. A; González, H. C; Domínguez, R. D. (2007) CARACTERIZACIÓN E IMPORTANCIA DEL COMPLEJO DE HONGOS QUE REGULAN LAS POBLACIONES DE *TOUMEYELLA CUBENSIS* (HEMIPTERA: LECANIDAE) EN CÍTRICOS *Fitosanidad*, 11(4). 23-29 pp.
- Casique-Valdes, R., A.Y. Reyes-Martínez, S.R. Sánchez-Peña, M.J. Bidochka and J.I. López-Arroyo (2011) Pathogenicity of *Hirsutella citriformis* (Ascomycota: Cordycipitaceae) to *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Florida Entomologist* 94:703-705.
- Étienne, J., S. Quilici, D. Marival, A. Franck. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Fruits* 56:307-315.
- González-Cárdenas, J. C; Castellanos, S. I. E; Jan, Fucikovskyy, Z. L. J; López,

-
- H. M.; Sánchez, R. G.; Elorza, M. P. (2010) Dinámica de población y tasa de infección de *D. citri* al hongo *Hirsutella citriformis* en *Citrus sinensis* en Tuxpan, Veracruz, México. Memoria. 2° Encuentro Internacional de Investigación en Cítricos. Martínez de la Torre, Veracruz. Agosto 2010.
- Halbert, E. S y L. K. Manjunath (2004) Asian citrus psyllids (Stenorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist, 98:387-396.
- Humber, R. A., (1998) Entomopathogenic fungal identification. USDA-ARS Plant protection research unit US plant, Soil & Nutrition Laboratory. Tower Road, Ithaca, NY. 32 pp.
- López-Arroyo, J. I; Loera, G. M.A; Reyes, R. M; Rocha, P. M. A. (2003) Estado actual de las plagas potenciales de los cítricos en México ¿Es la oportunidad para el uso de depredadores?, pp. 249-263. In: R. Alatorre y V. Sandoval (Ed). Memorias del XIV Curso Nacional de control Biológico. Sociedad mexicana de control biológico. Nov 2005.
- McCoy, C.W. (1981) Pest control by the fungus *Hirsutella thompsonii* pp 449-512. In: Burges H.D. (Ed) Academic Press, London. Microbial control of pest and Plant diseases. 1970-1980.
- Pérez-González, O.; Maldonado-Blanco, M. G.; Torres-Acosta, R. I.; Rodríguez-Guerra, R.; Elías-Santos, M.; Sandoval-Coronado, C. F. (2014) Morphological characterization of *Hirsutella citriformis* Speare Mexican isolates and evaluation against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Citrus Pathology*, 1(1). iocv_journalcitruspathology_25085. Retrieved from: <https://escholarship.org/uc/item/548158dd>
- Pérez-González, O.; Rodríguez-Villareal, R.A.; Rodríguez-Guerra, R.; López-Arroyo, J.I.; Elías-Santos, M.; Maldonado-Blanco, M.G. (2012) Caracterización de cepas de *Hirsutella* aisladas de *Diaphorina citri* Kuwayama de diferentes estados de México. En: Memoria 3° Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México-2012. 323-331 pp.
- Samson, R. A; McCoy, C.W y O'Donnell, K.L. (1980) Taxonomy of the acarine parasite *Hirsutella thompsonii*. *Mycologia* 72:359–377.
- Sánchez, B. M. (2010) Biología, ecología y control de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 48 p
- Sánchez-García, B. M; González-Flores, F; Pons-Hernández, J.L; Acosta-Gallegos,

-
- J. A; Cabral-Enciso, M; Fraire-Velázquez, S; Simpson, J; Rodríguez-Guerra, R. (2006) *Fusarium lateritium*: nuevo patógeno de la raíz del frijol en México. *Agricultura Técnica. Mexicana*32:251-257.
- Sánchez-González, J. A., A. Zamora-Cruz, y H. C. Arredondo-Bernal (2010) Producción masiva de *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide del psílido asiático de los cítricos: una propuesta en desarrollo. En: Memoria del 1er Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México – 2010. Monterrey, N.L., Méx. p. 46-53.
- Subandiyah, S., N. Nikon, H. Sato, F. Wagiman, S. Tsuyumu and T. Fakatsu (2000) Isolation and characterization of two entomopathogenic fungi attacking *Diaphorina citri* (Homoptera, Psilloidea) in Indonesia. *Mycoscience* 41:509-513.

Referencias informáticas

- INAFED (2010) Enciclopedia de los municipios de México. Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo municipal. Gobierno del estado de Tabasco, Secretaria de Gobernación, México. En: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM27tabasco/index.html> Revisado en febrero de 2015.
- NAPPO (North American Plant Protection Organization's) (2008) Detección de Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) en el municipio de Tizimín, Yucatán, México. En <http://www.pestalert.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=384&keyword=Huanglongbing>
- SENASICA (servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) (2014) Informe Mensual de la campaña de Huanglongbing de los cítricos en Mexico. (En línea) <http://www.senasica.gob.mx/?doc=26771> Revisado en diciembre de 2014.
- SIAP-SAGARPA. (2013) Servicio de información agroalimentaria y pesca. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola. (En línea) <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> Revisado Diciembre de 2014.

**CARACTERÍSTICAS DE UNA SELECCIÓN DE ACCESIONES DE SARAMUYO
(*Annona squamosa* Lin.) DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE SITIO
EXPERIMENTAL UXMAL.**

**FEATURES A SELECTION OF ACCESSIONS SUGAR APPLE (*Annona
squamosa* Lin.) GENE BANK UXMAL EXPERIMENTAL SITE**

Burgos D JA ^{1*}, Santamaría BF¹, May LC.

¹Campo Experimental Mocochoá. INIFAP, km. 24 carretera antigua Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán. México C. P. 97454. Tel. 01 986 107 08 16.
e-mail: burgos.abraham@inifap.gob.mx *

RESUMEN

Se evaluaron las características morfológica y de calidad del fruto de una selección de accesiones de saramuyo provenientes del banco de germoplasma del INIFAP localizado actualmente el SE Uxmal en el sur-poniente del estado de Yucatán. Midiendo los parámetros: peso, color, tamaño y grados Brix. Evaluando 8 accesiones; 4 de ellas de color verde y las otras de color verde/crema, verde/rosa y morado de Para la caracterización de las accesiones se realizó una evaluación de las características fisicoquímicas. El peso se determinó con una balanza digital. El color de la cáscara y de la pulpa con un colorímetro Minolta CR-400. La firmeza del fruto se determinó con un analizador de textura TAPplus. Las 4 accesiones con frutos de color verde presentan una firmeza arriba de 13N con un ángulo de tono de escamas de 104 y 107 grados, y es la accesión 64 la sobresalientes con un peso de 632 gramos y la mayor firmeza 20.7. las 4 accesiones de color verde/crema, verde/rosa y morado tienen menor firmeza que todas las demás, independientemente del color de la cascara todas las accesiones estuvieron por arriba de los 20 grados Brix. Todas las accesiones son árboles de tamaño intermedio con una altura de 3 a 5 metros de altura y 3 a 4 metros sobre la copa. Los frutos verdes presentaron tamaño mediano y los frutos de color morado con tonos rosa y crema fueron frutos más grandes

Palabras clave: *Annona squamosa*, germoplasma.

INTRODUCCIÓN

El saramuyo (*Annona squamosa* L.) es un frutal tropical común en México. Dentro del grupo de las anonáceas los frutos de saramuyo son los más dulces y con mayor contenido de vitamina C (FAO, 1990).

Esta especie es originaria de Centroamérica y las Antillas, (González, 1984; León, 1989). En México se distribuye desde Michoacán hasta la península de Yucatán (Salazar *et al.*, 2010) la producción es a base de plantaciones con materiales nativos, en huertos familiares y su comercialización se distribuye a nivel regional (Palacios y Cano, 1997). En 2013, se registraron 45 has de saramuyo en Yucatán, de las cuales se obtuvo una producción de cerca de 434 ton procedentes de los municipios de Akil, Dzan, Maní y Oxkutzcab (SIAP, 2015). El INIFAP Cuenta con un banco de germoplasma establecido en el 2008 en el Sitio Experimental Uxmal localizado en el sur-poniente del estado de Yucatán el cual inicio su producción en el año 2011 y hasta el momento se cuenta con el mismo. Es de gran importancia el conocimiento de las características fisicoquímicas y morfológicas de los materiales para poder observar cómo se adaptan a las condiciones ambientales de la región y de esta manera determinar cuáles de las accesiones pueden ser consideradas para su producción comercial o multiplicación en un programa de mejoramiento genético. El objetivo de trabajo es evaluar el comportamiento de las accesiones y determinar las sobresalientes para su futura multiplicación y producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las características morfológicas se determinaron de acuerdo a la altura de la planta, diámetro de la copa, tipo de hojas, tipo de flores, tamaño del fruto.

De las 13 accesiones del banco de germoplasma del SE Uxmal 9 de ellas son de color verde y 4 de otro color. De las 9 accesiones de color verde se seleccionaron 4 que tuvieron mayor tamaño, para compararlas con las 4 de otro color. Se evaluó el peso de fruto, color, la firmeza y los grados Brix. El peso se mido con una balanza digital Velab Modelo ES-5000H de 0.1 gramos de precisión. El color se determinó con un colorímetro de triestímulo por reflectancia Minolta modelo CR-400, los datos se reportarán en valores L* (luminosidad de color), a* (disposición entre magenta y verde), b* (disposición entre azul y amarillo) de la escala CIELAB (McGuire, 1992). Con estos valores se calculó el ángulo del tono y la saturación del

color. La firmeza del fruto se evaluó con un analizador de textura universal TAPLUS (Lloyd instruments) con un disco de plástico de 3 pulgadas de diámetro (7.62 cm), la cual comprime el fruto 5 mm a una velocidad constante de 50 mm por minuto. Los resultados se reportan en newtons (N).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las accesiones evaluadas presentan arboles de tamaño intermedio (de 3 a 5 metros de altura y de 3 a 4 m de diámetro de copa. El tallo presenta color gris claro o también lo podemos encontrar de color oscuro. El tallo ramifica con dos a tres ramas cerca de la base del tallo, las ramas generalmente son pubescentes, las hojas de son sencillas de forma elíptica o lanceolada con un margen liso de forma aguda en la base y el ápice las hojas jóvenes son de color verde claro y las hojas maduras son de color verde o verde oscuro. Las flores son hermafroditas, por lo general solitarias aunque pueden crecer en grupos de dos a cuatro, de color verde en la parte externa y crema en la parte interna. Los frutos son cordados o cordado-alargados generalmente son de color verde pero hay frutos de color morado y con tonos de color rosa o crema en la región localizada entre las brácteas. Los frutos de color verde evaluados presentaron un tamaño mediano, fueron los de color morado, los rosa y crema que tuvieron mayor tamaño. La pulpa es dulce y aromática, de color blanco amarillento con textura ligeramente granular con tendencia a la oxidación rápida. Las semillas son de color café, oblongas y lustrosas, miden de 12.2 a 16.3 mm de longitud.

De las accesiones evaluadas de color verde y otro color, las 4 que producen frutos con cáscara de color verde en las escamas presentando ángulo del tono entre 104 y 107 grados y con saturación del color entre 26 y 34 valores (Cuadro 1). De estas accesiones sobre sale la accesión 64 con peso de 630 gramos y firmeza de 20.7 N. En cuanto a la firmeza de los frutos fue muy variable, la mayoría estuvo a 13N en promedio, fue la accesión 105 que obtuvo la menor firmeza con 11.6N en relación con la accesión 64 que fue la de mayor firmeza, 20.7N y también de tamaño y peso 632 gramos una diferencia entre las demás accesiones de color verde que presentaron tamaños intermedios.

Todas las accesiones de color verde tuvieron más de 20 grados Brix (Cuadro 1). Valores similares reportados por Bolívar-Fernández (2009) considerando así un fruto muy dulce para su consumo.

Cuadro 1

Características de fruto de 4 accesiones de saramuyo con fruto de color verde

Accesión	Color del fruto	Peso del fruto (g)	Angulo de tono de las escamas	L* de escamas	Saturación color en escamas	oBrix	Firmeza (N)
64	Verde	632	104	44	26	21.8	20.7
86	Verde	304	106	58	30	21.5	13.1
125	Verde	236	107	62	34	22.3	12.9
105	Verde	195	107	65	31	23.6	11.6

En la evaluación de las accesiones de otro color la accesión 73 con escamas verdes con espacios entre ellas de color rosado resulto ser la de mayor en peso con 458 gramos con una firmeza con 3.7N en relación con la accesión 43 que fue la de menor peso pero la de mayor firmeza 13.1N (Cuadro 2). Las accesiones con escamas de color morado fueron la 52 y 32 que contaron con mayor firmeza que las accesiones con escamas verdes aunque con menor peso que la accesión 73 (Cuadro 2).

En términos generales, estas accesiones tuvieron frutos de menor firmeza que las accesiones con fruto de color verde, en particular las accesiones 43 y 73 que presentaron valores muy bajos de firmeza (entre 3.7 y 4.4 N).

Las 8 accesiones evaluadas tuvieron más de 20 o Brix (Cuadro 1 y 2). Valores similares reportados por Bolívar-Fernández (2009).

Cuadro 2

Características de fruto de 4 accesiones de saramuyo con fruto de color verde/crema, verde/rosa y morado

Accesión	Color del fruto	Peso del fruto (g)	Angulo de tono de las escamas	L* de escamas	Saturación color en escamas	oBrix	Firmeza (N)
73	Verde/ rosa	458	91/72	57/53	31/24	21.8	3.7
43	Verde/crema	164	103/91	61/49	33/22	23.5	13.1
52	Morado	285	24/9	48/44	17/15	22.3	12.9
32	Morado	169	43/22	45/44	31	23.6	11.6

CONCLUSIONES

- De las accesiones de color verde que se seleccionaron para la evaluación, fue la 64 que produjo frutos de gran tamaño en comparación con todas las demás accesiones incluyendo las de otro color también fue la accesión que presentó el fruto de mayor peso y mayor firmeza.
- Todas las accesiones de color verde presentan ángulos de tono de escamas de 104 y 107 grados.
- En las accesiones de otro color fue la accesión 73 que obtuvo el mayor peso aunque la firmeza fue menor entre ellas y también en las de color verde.
- Todas las accesiones estuvieron arriba de los 20 grados Brix independientemente del color de la cascara.
- Todos los frutos evaluados fueron provenientes de árboles con una altura entre 3 a 5 metros y de 3 a 4 metros en la copa.

LITERATURA CITADA

- Bolívar-Fernández, N.; C. Saucedo-Veloz; S. Solís-Pereira y E. Sauri-Duch.. (2009) Maduración de frutos de saramuyo (*annona squamosa* lin.) desarrollados en Yucatán, México. *Agrociencia* 43:133-141.
- FAO (1990) Utilization of tropical foods fruits and leaves. *FAO Food and Nutrition Paper* 47:10–14.
- González C., M. (1984) *Especies Vegetales de Importancia Económica en México*. Ed. Porrúa, México. 305 p.
- Palacios R., M. I., y G. G. V. Cano (1997) La comercialización de anonáceas en México. In: *Memorias del Congreso Internacional de Anonáceas*. Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Chapingo, México. pp: 68–91.
- León, J. (1989) *Compendio de Agronomía Tropical*. Tomo II. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. pp: 274–285.
- McGuire, RG (1992) Reporting of objective color measurements. *Hortscience* 27:254- 255.
- SIAP. SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). (2015) *Anuario estadístico de la producción agrícola*. www.siap.gob.mx

Salazar, C.; C. F. Vargas-Mendoza y J. Salvador Flores (2010) Estructura y diversidad genética de *Annona squamosa* en huertos familiares mayas de la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 81:759-770.

CAPACIDAD PRODUCTIVA DE NUEVAS VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR EVALUADAS PARA ETANOL EN LOS CICLOS PLANTILLA Y SOCA EN SUELOS VERTISOLES DE QUINTANA ROO, MÉXICO.

PRODUCTIVE CAPACITY OF NEW SUGARCANE VARIETIES EVALUATED FOR ETHANOL IN PLANT-RATOON CROP CYCLE IN VERTISOLS OF QUINTANA ROO, MEXICO

García Sandoval José Ángel*¹, Cervantes Preciado Jeovani², Zapata Buenfil
González³.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

RESUMEN

Cuando se depende productivamente de sólo dos variedades, la estrategia de introducir y evaluar variedades e híbridos con importante avance generacional, resulta la mejor opción para seleccionar nuevas variedades en Quintana Roo. El objetivo fue evaluar nuevas variedades de caña de azúcar con alto rendimiento de azúcares totales en suelos con limitado drenaje superficial e interno del sur de la entidad. El ensayo fue establecido en el Campo Experimental Chetumal e incluyó 22 variedades que son parte del recurso genético de caña de nuestro instituto. La parcela experimental estuvo constituida por cuatro surcos de 8 metros de longitud (51.2 m²) y los tratamientos distribuidos en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. El ciclo plantilla se cortó a los 13.1 meses de siembra y el ciclo soca a 13.6 meses de la plantilla. Se determinó ANOVA para rendimiento de campo en ciclo plantilla y soca, además, peso de tallo y tallos por hectárea. El rendimiento acumulado y promedio expresaron diferencias ($P \leq 0.01$). En rendimiento acumulado se ubicó a la variedad ColMex 05-488 como la más productiva y a la variedad ColMex 05-207 con la capacidad más baja, habiendo una brecha entre ellas de 124 t ha⁻¹. En promedio destacan las variedades ColMex 05-448 y ColMex 05-520-C4, ya que se clasificaron dentro de las mejores tres tanto en plantilla como en soca. En las variables de peso de tallo y # de tallos/ha no hubo diferencias ($P \geq 0.05$) entre las variedades experimentales. Las variedades para seguimiento en peso de tallo fueron cinco o el 22 % (5, 22, 10, 6 y 15) que rebasaron 1.42 kilogramos; en tanto,

para la cantidad de tallos por hectárea, sobresalieron las variedades 2, 4, 14, 12 y 1 con una producción superior a 85 mil tallos. En azúcares totales, con valores arriba del 18 %, quedaron como mejores las variedades 1, 2, 4, 5, 7, 11, 20 y 22; las cuales, además sobrepasaron a la testigo local.

Palabras clave. Caña de azúcar, variedades, Vertisoles, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La región cañera está enclavada en el Sur de Quintana Roo, específicamente el Municipio de Othón P. Blanco y reportó una superficie cosechada de 26,149 hectáreas y 1.49 millones de caña procesada durante la zafra 2013-2014 (SIAP, 2015).

Ante la falta de un programa de mejoramiento genético consolidado en la entidad, introducir y evaluar variedades e híbridos con importante avance generacional es la mejor opción para reducir significativamente el tiempo de selección de nuevas variedades. Además, el tiempo apremia cuando se depende productivamente de sólo dos variedades (Mex 69-290 y CP 72-2086), es el caso de Quintana Roo.

Importante señalar que las variedades en prueba manifestaron un potencial productivo de campo que superaron las 115 y 102 t ha⁻¹ promedio durante el ciclo plantilla y soca (García *et al.*, 2013 y García *et al.*, 2014); además, algunas de ellas alcanzaron hasta 10.6 t ha⁻¹ de alcohol (Cervantes *et al.*, 2013); razones que justificaron continuar su evaluación.

OBJETIVO

Evaluar nuevas variedades de caña de azúcar con alto rendimiento de azúcares totales en suelos con limitado drenaje superficial e interno del sur de Quintana Roo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue establecido dentro de las instalaciones del INIFAP Campo Experimental Chetumal, donde predominan los suelos clasificados como Vertisoles gleycos o

Akalches en terminología Maya. Se contemplaron 22 variedades proporcionadas por el INIFAP en Colima, mismas que son parte del recurso genético de caña y se encuentran en proceso de mejoramiento por nuestro instituto (ColMex 05-448¹, ColMex 05-327², ColMex 05-520 C4³, ColMex 05-192 C3⁴, ColMex 05-107⁵, ColMex 05-234⁶, ColMex 05-129⁷, Mex 69-290^t, ColMex 05-520 C11⁹, ColMex 05-456¹⁰, ColMex 05-373¹¹, ColMex 05-437¹², ColMex 05-633¹³, ColMex 05-89¹⁴, ColMex 05-192 C5¹⁵, ColMex 05-114¹⁶, ColMex 05-207¹⁷, ColMex 05-454¹⁸, ColMex 05-147¹⁹, ColMex 05-843²⁰, ColMex 05-484²¹ y ColMex 05-212²²).

Las variedades fueron establecidas en la primera semana de diciembre de 2011 en forma convencional, cordón doble y en surco tipo piña de 2.1 m. La parcela experimental estuvo constituida por cuatro surcos de 8 metros de longitud (51.2 m²) y los tratamientos distribuidos en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se consideraron dos metros de cada surco central como unidad para registro de las variables de campo.

El ciclo plantilla se cortó a los 13.1 meses de siembra y el ciclo soca a 13.67 meses de la plantilla. El rendimiento teórico de campo fue estimado a partir del corte y peso de la totalidad de los tallos molederos de la parcela útil, constituida por dos metros de cada surco central. Para el caso de los análisis industriales se colectaron y limpiaron 10 tallos corte al ras de suelo en los surcos laterales y enviados al laboratorio propiedad de ingenio San Rafael de Pucté, donde se corrieron los análisis de rutina concernientes a Fibra % caña, Brix % jugo, Pureza % jugo, Sacarosa % caña y Reductores % jugo. Para la humedad sección 8-10 se colectaron y enviaron 8 puntas de caña por variedad.

Los datos se analizaron bajo un diseño de bloques al azar y con ayuda del programa estadístico SAS 9.3 (SAS, 2015), se determinó ANOVA para rendimiento de campo en ciclo plantilla y soca, además, peso de tallo y tallos por hectárea. Para la separación de medias se recurrió a la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conviene hacer mención de los resultados en rendimiento por ciclo que ya han sido publicados en este congreso y el propio INIFAP. En plantilla, las variedades experimentales exhibieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), con un CV muy aceptable y media general superior a las 115 t ha⁻¹. La prueba de medias definió grupos de respuesta donde las variedades más productivas fueron ColMex 05-520-

C4 (168.86 t ha⁻¹), ColMex 05-520-C11 (166.43 t ha⁻¹), ColMex 05-448 (163.25 t ha⁻¹) y ColMex 05-107 (159.68 t ha⁻¹); en tanto, las menos rendidoras recayeron en la ColMex 05-192-C5, ColMex 05-207, ColMex 05-327, ColMex 05-192-C3, ColMex 05-89, ColMex 05-212, ColMex 05-234 y ColMex 05-484 con producciones por debajo de las 95 t ha⁻¹ (García *et al.*, 2013). En soca las variedades repitieron la significancia de los tratamientos en estos suelo (P≤0.01) y expresaron una media general que superó las 90.30 t ha⁻¹. Cabe señalar que este comportamiento productivo descendió casi un 22 % con relación al ciclo plantilla que produjo 115.26 t ha⁻¹. Aquí todas las variedades con rendimiento de campo superior a las 100 t ha⁻¹ se clasificaron como las mejores (ColMex 05-448, ColMex 05-212, ColMex 05-234, ColMex 05-89, ColMex 05-484 y ColMex 05-107) (Figura 1). Tomando en cuenta el comportamiento extremo dado por las variedades ColMex 05-484 como la mejor y la ColMex 05-207 como la peor, existió una brecha de rendimiento que superó las 55 toneladas de caña; es decir, variedad ColMex 05-448 produjo 89% más que la ColMex 05-207 (García *et al.*, 2014).

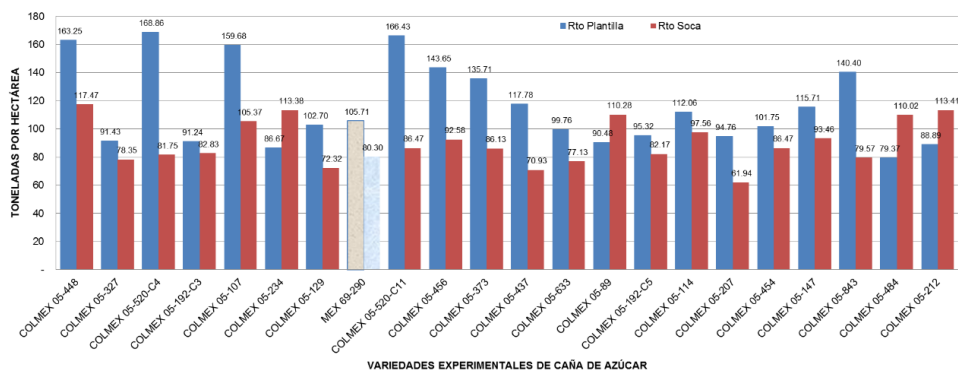


Figura 1. Rendimiento de campo en los ciclos plantilla y soca expresado por las variedades de caña de azúcar evaluadas en suelos vertisoles de Quintana Roo, campo experimental Chetumal. INIFAP, 2015.

Rendimiento acumulado y promedio

El ANOVA al rendimiento acumulado y promedio que expresaron las variedades experimentales de caña de azúcar arrojó diferencias (P≤0.01) entre ellas (Cuadro 1). Esto significa que hay variación genética y muchas posibilidades de identificar

material que supere lo expresado por el testigo (Mex 69-290) que domina actualmente la siembra en estos complicados suelos del estado. Aunque en caña el rendimiento de campo tiene que complementarse con el rendimiento industrial, éste sigue siendo un buen criterio de selección durante el proceso de mejoramiento genético. En el mismo Cuadro 1 es factible observar medias que superan las 205 y 102 toneladas en el acumulado y promedio, respectivamente; las cuales resultan muy halagadoras, pues en la entidad la media fue de 57 t ha⁻¹ en la zafra 2013/2014 (CNPR, 2014); es decir, se vislumbra potencial y confianza para seguir avanzando algunos materiales de este grupo en evaluación.

Cuadro 1

Resultados del ANOVA al rendimiento acumulado y promedio en los ciclos plantilla-soca de las variedades de caña de azúcar evaluadas en suelos Vertisoles del C. E. Chetumal, Othón P. Blanco, Quintana Roo. INIFAP. 2015

Fuente de Variación	Grados de libertad	CM del Rendimiento acumulado	P>F	CM del Rendimiento promedio	P>F
Variedades	21	3128.1849	**	771.4805	**
Repetición	2	90.3016	ns	44.8472	ns
Error	40	837.8230		208.6311	
CV (%)		14.08		14.09	
Media		205.59		102.81	

En la Figura 2 se presentan los datos del rendimiento de campo acumulado por variedad, así como la clasificación según la prueba de medias Tukey al 95 % de probabilidad. La prueba ubicó a la variedad ColMex 05-488 como la más productiva en los dos ciclos y a la variedad ColMex 05-207 con la capacidad productiva más baja, habiendo una brecha entre ellas de 124 t ha⁻¹, cantidad muy significativa si consideramos que el promedio de todas las variedades apenas llegó a 102 t ha⁻¹. Al comparar la variedad mejor posicionada con el rendimiento de la testigo Mex 69-290, la diferencia se reduce a 94.7 t ha⁻¹; pero sigue siendo muy alta y prometedora para las expectativas del proyecto.

Tomando en cuenta que toda línea con potencial arriba de la testigo local debe, siempre y cuando en otras variables de peso también salgan bien calificadas, avanzar la siguiente etapa del proceso.

En este sentido, se observa que el 71 % de las variedades, o sea 15 de 22, rebasaron lo obtenido por el testigo, lo cual es significativo y muy halagador, puesto que en la entidad la disposición de variedades para estos suelos es muy reducido.

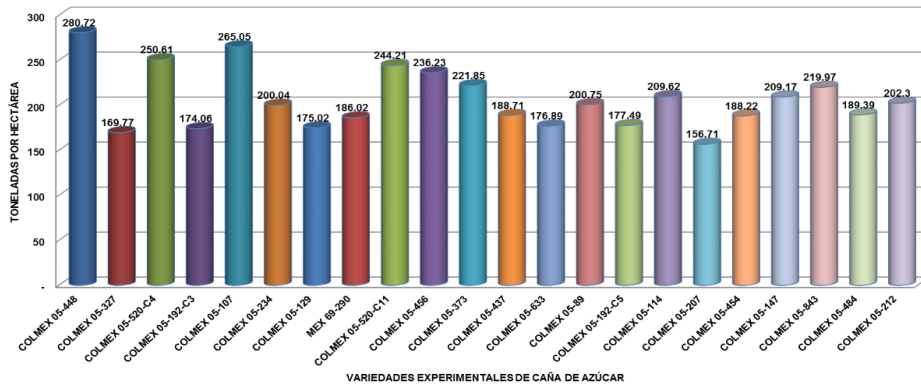


Figura 2. Rendimiento acumulado ciclos plantilla-soca expresado por las variedades de caña de azúcar evaluadas en suelos vertisoles de Quintana Roo, campo experimental Chetumal. INIFAP, 2015.

La prueba de medias por promedio de cada variedad, según la Figura 3, denotó un escenario muy similar al acumulado. Aumentando la presión de selección a la media general del grupo de variedades evaluadas (102 t ha^{-1}), la cantidad con respecto a la testigo se redujo a sólo 9 variedades; es decir, el 30.9 %. Cabe destacar a las variedades ColMex 05-448 y ColMex 05-520-C4, ya que se clasificaron dentro de las mejores tres tanto en plantilla como en soca.

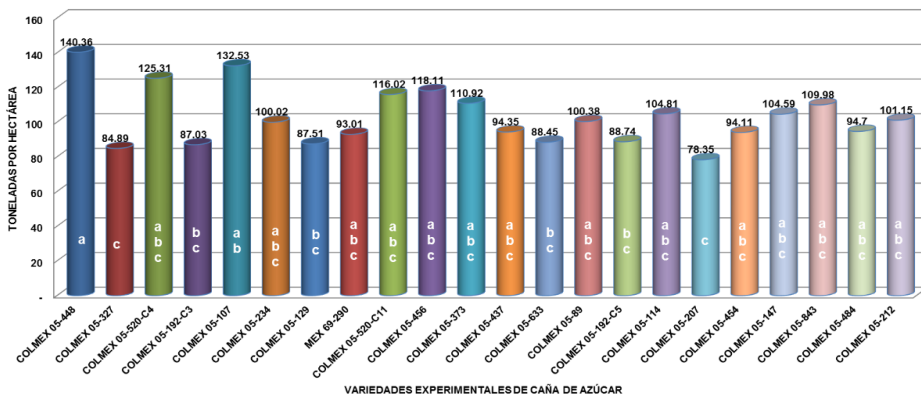


Figura 3. Rendimiento promedio ciclos plantilla-soca expresado por las variedades de caña de azúcar evaluadas en suelos vertisoles de Quintana Roo, campo experimental Chetumal. INIFAP, 2015.

Tallos por hectárea. Esta variable de peso dentro de los componentes del rendimiento de la caña de azúcar no mostró diferencias ($P \geq 0.05$) entre las variedades experimentales. La densidad media de tallos se acercó a los 80 mil por hectárea, cantidad clasificada como muy buena, según los criterios utilizados en el programa de mejoramiento genético del INIFAP (Cuadro 2).

Cuadro 2

Resultados del ANOVA a la variable tallos promedio por hectárea en los ciclos plantilla-soca de las variedades de caña de azúcar evaluadas en suelos Vertisoles del C. E. Chetumal, Othón P. Blanco, Quintana Roo. INIFAP. 2015

Fuente de Variación	Grados de libertad	CM del peso de tallo	P>F	CM del # de tallos/ha	P>F
Variedades	21	0.0867	ns	126346248	ns
Repetición	2	0.0540	ns	352874561	ns
Error	40	0.0644		109790770	
CV (%)		19.06		13.22	
Media		1.33		79,256.89	

En la Figura 4 es factible formar algunos grupos de respuesta y destacar, por ubicación respecto a la media general (79 mil tallos/ha), alrededor del 50 % de las variedades con alto potencial para generar mayor cantidad de tallos. De este grupo sobresalieron como mejores las variedades ColMex 05-327, ColMex 05-192 C3, ColMex 05-89, ColMex 05-437 y ColMex 05-448 con una producción de tallos superior a 85 mil. En el grupo con variedades cuyo comportamiento dejó mucho que desear con una cantidad de tallos inferior a 70 mil se encuentran alrededor del 23 %. Asimismo, existió una brecha del 33 % (26, 420 tallos) entre las variedades mejor (ColMex 05-327) y peor (ColMex 05-192 C5) clasificada.

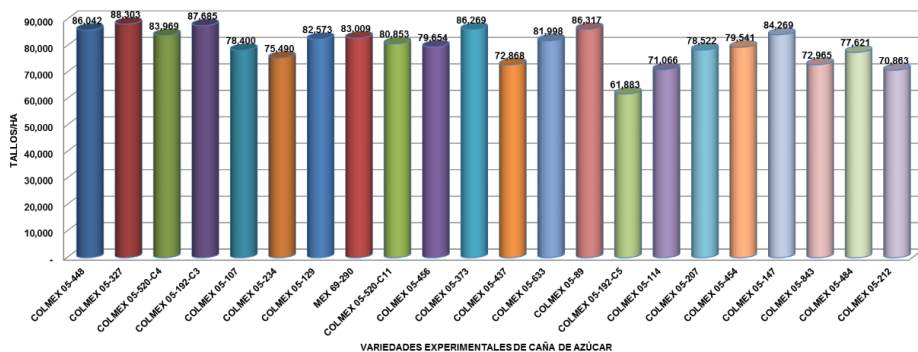


Figura 4. Densidad de tallos promedio ciclos plantilla-soca expresado por las variedades de caña de azúcar evaluadas en suelos vertisoles de Quintana Roo, campo experimental Chetumal. INIFAP, 2015.

Peso de tallo moledero. Esta variable tampoco marcó diferencias estadísticas entre las variedades ($P \geq 0.05$) y presentó un coeficiente de variación aceptable y media general de 1.33 Kg (Cuadro 2). En la Figura 5 se aprecian varios grupos de respuesta, siendo el de mayor interés aquel grupo de variedades que se ubican sobre el testigo, el cual logró 1.42 kg por tallo. Las variedades para seguimiento fueron cinco o el 22 % (ColMex 05-107, ColMex 05-212, ColMex 05-456, ColMex 05-234 y ColMex 05-192 C5) que rebasaron 1.42 kilogramos.

De las restantes, algunas apenas superaron el kilogramo por tallo, tal es caso de ColMex 05-327, ColMex 05-437 y ColMex 05-207. Dada la diversidad genética expresada fue posible fijar una brecha de 650 gramos por tallo entre las variedades ColMex 05-107 y ColMex 05-327 correspondientes a la mejor y peor posicionada, respectivamente.

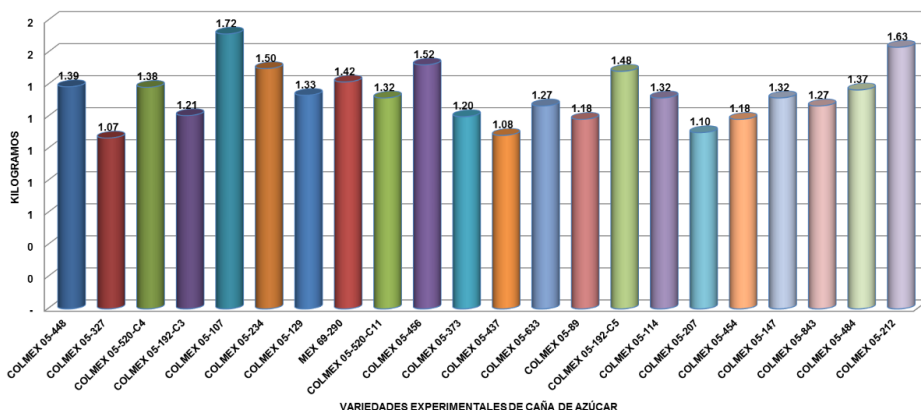


Figura 5. Peso de tallo promedio ciclos plantilla-soca alcanzado por las variedades de caña de azúcar evaluadas en suelos vertisoles de Quintana Roo, campo experimental Chetumal. INIFAP, 2015.

Análisis industriales (Grados Brix). Al igual que en el rendimiento teórico de campo conviene resumir los resultados obtenidos en cada ciclo. Plantilla. El 54 % de las variedades superaron al testigo local que produjo 18.6724 %, de este grupo llaman la atención las variedades ColMex 05-107, ColMex 05-234, ColMex 05-207, ColMex 05-454, ColMex 05-147, ColMex 05-843 y ColMex 05-484 que rebasaron la barrera del 19 %, especialmente la variedad ColMex 05-454 que fue la única que superó el 20 % de azúcares totales. En soca, se detectó al 63.64 % de las variedades con valores mayores a la testigo y, dentro de este grupo, a las variedades ColMex 05-327, ColMex 05-192 C3, ColMex 05-520 C11, ColMex 05-456, ColMex 05-373, ColMex 05-437 y ColMex 05-212 cuya diferencia osciló entre 1 a 2 grados arriba. Entre ambos ciclos se observó una diferencia del 9.26% a favor de la plantilla (16.850 vs 18.57), esto presumiblemente debido al estrés por alta humedad que enfrentaron las variedades en ciclo soca.

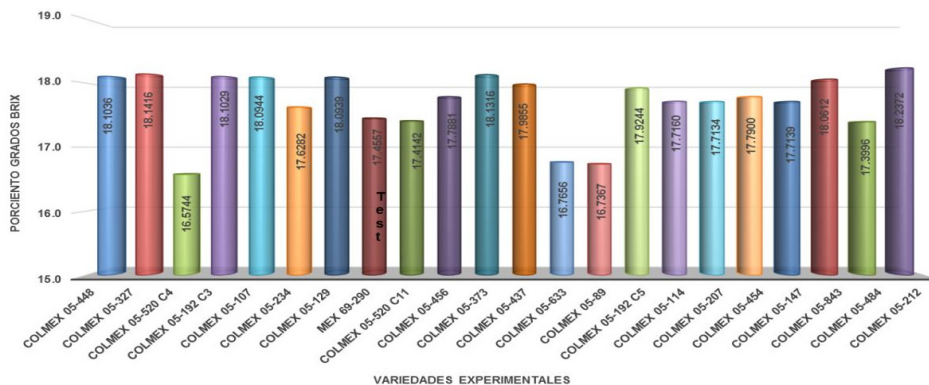


Figura 6. Resultados del análisis industrial para grados Brix promedio en los ciclos plantilla-soca alcanzado por las variedades de caña de azúcar evaluadas en suelos vertisoles de Quintana Roo, campo experimental Chetumal. INIFAP, 2015.

En la Figura 6 se muestran los valores promedio de grados brix que alcanzaron las 21 variedades experimentales y la testigo local. Considerando el valor del testigo que promedió 17.4557 %, los resultados permiten agrupar al 76 % de las variedades con buenas expectativas para continuar el proceso de selección y, dentro de este amplio grupo, destacar las variedades ColMex 05-448, ColMex 05-327, ColMex 05-192 C3, ColMex 05-107, ColMex 05-129, ColMex 05-373, ColMex 05-843 y ColMex 05-212 que rebasaron el 18 % y se ubicaron como mejores en los cortes analizados.

CONCLUSIONES

1. En rendimiento acumulado se ubicó a la variedad ColMex 05-488 como la más productiva y a la variedad ColMex 05-207 con la capacidad más baja, habiendo una brecha entre ellas de 124 t ha^{-1} .
2. En el rendimiento promedio de dos ciclos, la variedad ColMex 05-448 superó en 47% a la testigo (93.01 t ha^{-1}) y 36.92 % a la media general (102 t ha^{-1}).
3. Las variedades ColMex 05-448 y ColMex 05-520-C4 repitieron como altamente productivas tanto en plantilla como en soca.
4. El 22 % de las variedades (ColMex 05-107, ColMex 05-212, ColMex 05-456, ColMex 05-234 y ColMex 05-192 C5) rebasaron el 1.42 kg/tallo que obtuvo la testigo local.

-
5. En producción de tallos las variedades ColMex 05-327, ColMex 05-192 C3, ColMex 05-89, ColMex 05-437 y ColMex 05-448 superaron los 85 mil tallos por hectáreas. Se tuvo un 33 % de diferencia entre la mejor (ColMex 05-327) y peor (ColMex 05-192 C5) variedad; es decir, alrededor de 26 mil tallos.
 6. En azúcares totales, con valores arriba del 18 %, sobresalieron las variedades ColMex 05-448, ColMex 05-327, ColMex 05-192 C3, ColMex 05-107, ColMex 05-129, ColMex 05-373, ColMex 05-843 y ColMex 05-212.
 7. Tomando en cuenta las variables rendimiento y grados brix llaman la atención para seguimiento más puntual las variedades ColMex 05-448, ColMex 05-107, ColMex 05-373 y ColMex 05-843.

LITERATURA CITADA

- Cervantes P. J. F., Vizcaíno G. A., Miranda M. R., García P. J. C., Mata V. H., García S. J. A., Pérez M. J., Herrera C. F., Tapia V. M., Reyes C. A. y Bermúdez G. M. J. 2013. Producción de etanol en variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en ocho entidades de México. Folleto Técnico Núm. 1 INIFAP-CIRPAC Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México.
- García S.J.A, García A.A, Cervantes P.J.F y Zapata B.G.J. 2013. Evaluación de nuevas variedades de caña de azúcar con potencial para la industria del etanol y adaptadas a suelos Vertisoles en Quintana Roo. Reuniones Nacionales de Investigación e Innovación Forestal, Agrícola, Pecuaria y Acuícola-Pesquera. VIII Reunión Nacional de Innovación Agrícola, del 10 al 13 de septiembre de 2013. Veracruz, Veracruz, México. p 67.
- García, S.J.A., Cervantes, P.J. y Zapata, B.G. 2014. Rendimiento ciclo soca de nuevas variedades de caña de azúcar evaluadas para la producción de bioetanol en suelos Vertisoles de Quintana Roo. XXVI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Tabasco 2014 y III Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical, 6 y 7 de noviembre, Villahermosa, Tabasco, México. Pp: 532-540.
- SAS. 2015. SAS software versión 9.3. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- SIAP. 2015. 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>.

Unión Nacional de Cañeros, A.C. (CNPR). 2015. Estadísticas azucareras zafras 2013/2014. <http://www.caneros.org.mx/> (12 de junio de 2015).

VARIABILIDAD DEL CACAO *Theobroma cacao* L. CULTIVADO EN TABASCO, MÉXICO

VARIABILITY OF THE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CULTIVATED IN TABASCO, MEXICO

Ramírez-Guillermo MA^{1*}

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Tabasco. CP 86400 Ap. 17.

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

RESUMEN

Desde tiempos antiguos el cultivo de *Theobroma cacao* L. ha sido importancia en Tabasco. Sin embargo, se desconoce la variabilidad existente en las plantaciones, genotipos que pudieran ser rescatados por sus atributos como calidad, productividad, tolerancia a enfermedades, entre otros. En el presente trabajo con la participación y conocimiento de los productores se identificó la variabilidad morfológica presente en la Región de la Chontalpa, Tabasco, notándose las formas típicas de los forasteros: calabacillo, angoleta, cundeamor y amelonado, además se observaron forasteros con nombres locales; genotipos con almendra blanca, criollos e híbridos, así como formas atípicas no descritos en la clasificación morfológica clásica. Esta variabilidad representa parte de la riqueza que es necesario resguardar y estudiar, para la identificación de caracteres de importancia y de ser el caso, su inclusión en los programas de mejoramiento.

Palabras clave: variabilidad, región de la Chontalpa, forastero, criollos, híbridos, formas atípicas

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos antiguos el cultivo de cacao *Theobroma cacao* L. en México ha sido de importancia; su consumo y domesticación se remonta a la época de las

culturas Olmecas y Mokayas que florecieron en el sur de México hace uno 3,800 años (1800-1000 a.C.) (Hurst *et al.*, 2002; Henderson *et al.*, 2007; Powis *et al.*, 2011). Hernández (1942) indica que se cultivaban cuatro formas de cacao, por su parte Martínez (1894) sugiere que son el *Theobroma ovalifolium* en el estado de Tabasco y *Theobroma angustifolium* en la región del Soconusco, Chiapas (Standley, 1920; Standley y Steyermark, 1940). Mora (1958) observo que en plantaciones antiguas es común el cacao *Pentágona* (*Theobroma cacao* L. subespecie *cacao* forma *pentagonum*) (Bernoulli) Cuatr. Por su parte Miranda (1962) identifico en la selva Lacandona un cacao nativo de México descrito como *Theobroma cacao* L. subespecie *cacao* forma *lacandonense* Cuatr., posible ancestro del cacao criollo (*Theobroma cacao* L. subespecie *cacao*) (Cuatrecasa 1964), similar al identificado por Gómez-Pompa *et al.* (1990) en los cenotes de Yucatán. Soria (1961) notó que el cacao criollos de México es muy variable en tamaño, las formas pueden ser angoleta o cundeamor muy rugosos, de color verde claro, blanquecino, al rojo claro de cotiledones color blanco, fáciles de identificar respecto al *pentágona* que posee cinco lomos angulosos color morado y de cotiledones blancos, también pueden observarse formas intermedias como el tipocriollo; un híbrido de los cacao nativos con los forasteros introducidos (Mora, 1958).

A partir de la introducción de cacao Forasteros durante los años 1900 al 1930 (SEN, 1934), a la cacaocultura de Tabasco, la población de cacao nativo y los introducidos dieron lugar a los híbridos actuales presentes en las plantaciones; producto de una recombinación natural. Este suceso dio origen a una gama muy amplia de variación tanto morfológica como en atributos agronómicos, que en algunos casos fueron seleccionados individuos por su productividad para su reproducción masiva, tal como los tipos criollos y el “Guayaquil” (DGA, 1953; Ortiz, 1964) causando una reducción de las poblaciones nativas y aumentando la erosión genética, actividad que actualmente continua, debido a la rehabilitación de plantaciones viejas con clones mejorados, con la finalidad de incrementar la producción y disminuir los efectos de las enfermedades como *Phytophthora capsici* y *Moniliophthora roreri* (SAGARPA, 2013).

En México, el estado de Tabasco durante el ciclo agrícola 2012-2013 produjeron 18,550.64 toneladas de cacao equivalente al 66.6 % de la producción nacional, el cual se obtuvo en 40,782.70 hectáreas, beneficiando directamente a más de 31 mil pequeños agricultores, con un rendimiento promedio de 0.45 tha^{-1} ; Chiapas aportó el 32.6% y Guerrero el 0.8% (SIAP, 2014).

Dada la importancia que representa el cultivo de cacao para Tabasco,

es necesario y urgente identificar genotipos con características de importancia, presentes en las plantaciones de productores, y ser conservado en los bancos de germoplasmas para continuar con sus estudios morfológicos y genéticos e identificar genotipos elites para los programas de mejoramiento genético del cacao emprendido por el INIFAP para beneficio de los productores de cacao de México. El objetivo planteado conocer la variabilidad e identificar genotipos de importancia agronómica con la participación del productor.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con la participación de los productores de la Región de la Chontalpa, Tabasco que comprenden los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo, Jalpa de Méndez, Nacajuca y Paraíso, en la cual se realizaron visitas a plantaciones para identificar plantas con características de importancia como productividad, calidad (cacao de almendra blanca) y tolerancia a enfermedades. Para determinar la variabilidad morfológica se realizó una caracterización morfológica *in situ* de los árboles seleccionados; utilizando los descriptores para cacao (Phillips *et al.*, 2012 y Avendaño-Arrazate *et al.*, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variabilidad observada en las plantaciones correspondientes al área de estudio, es un avance en el conocimiento de la diversidad de formas y al grupo genético al cual corresponden los genotipos identificados.

En cuanto a los tipos forasteros presentes en la Región de la Chontalpa observaron las formas como el calabacillo, angoleta, cundeamor y amelonado (Figura 1) presentes en las plantaciones; caracterizándose por el color violeta o púrpura de los cotiledones. Estas formas fueron clasificados por Morris (1882) e igual coinciden con las descripciones de Soria (1966), las variedades observadas y descritas para el estado de Tabasco (López *et al.*, 1996; López *et al.*, 2013). Así mismo SEDAFOF, (2008) citado por López *et al.* (2013) indica que la variedad amelonado o “Guayaquil” predomina en un 80% de las plantaciones en tanto que Ramírez (2014) observó que los morfotipos dominantes en las plantaciones de Tabasco es el cundeamor (26.8%), amelonado (22.1%) y el angoleta (20.1%),

además con una caracterización genética con marcadores moleculares logro identificar genotipos forasteros del bajo amazonas presentes en las plantaciones de Tabasco, aunque se desconocen fechas precisas de su introducción a Tabasco, a lo cual Motamayor *et al.* (2003) indican que el tipo amelonado del bajo amazonas es el tipo más cultivado y presente también en Centroamérica. Los forasteros introducidos han tomado nombres locales con la cual los productores se refieren actualmente, de ellos algunos genotipos son más comunes en la región de la Chontalpa (Figura 2) que otros, como los genotipos de tonalidad rojo-purpura, que corresponden al tipo amelonado, con cotiledones purpura (Figura 2). La coloración de estos frutos es un tanto muy similar a los clones ya conocidos ICS y UF 273 T1, y que recientemente Motamayor *et al.* (2013) identificaron al gen relacionado con el color rojo de los frutos de cacao en el cromosoma 4, el cual a su vez está relacionado con la productividad y el aroma.

Durante el recorrido de campo también se pudieron constatar la presencia de genotipos con características de criollo o acriollados, estos se determinaron por el color blanco de los cotiledones que los caracteriza y los diferencia de los tipos forasteros (Figura 3). En el caso del genotipo criollos se nota que es una mazorca pequeña de forma oblonga de color amarillo cuando maduro y el 100% de los cotiledones son de color blanco; el genotipo identificado en el recorrido como acriollado es de mazorca angoleta, rugosidad intermedia y amarillo-verde al madurar, caracterizándose por la presencia de cotiledones color blanco y/o crema, violetas y moteadas (cotiledones color violeta con motas blancas o viceversa) en ocasiones solo la presencia de cotiledones blancos y violeta. Por su parte López-Andrade y Ramírez-Guillermo (2013a) indican la presencia de genotipos tipo criollo de importancia como el “Conadeca 1” al igual que el “Carmelo C-1” (López-Andrade y Ramírez-Guillermo (2013b), aunque este último es catalogado como un tipo criollo, Motamayor *et al.*, (2000) y Motamayor *et al.* (2002) indican que este es un criollo moderno, producto de la hibridación entre criollos y por el tamaño más grande de la mazorca en relación al criollo original. Mora (1958) indica que los criollos de México es de cinco costillas (pentágona) el cual es diferente al tipo Lagarto, este es un fruto muy rugoso y no posee las cinco partes del pentágono, pero que es posible encontrarlos en plantaciones viejas en su forma original o híbrido (Figura 4).

En relación a los híbridos; cruce entre forasteros y genotipos nativos de México, al respecto López *et al.*, (2013a) indican que las poblaciones de cacao cultivadas en Tabasco corresponden al grupo genético Trinitario, en tanto que Ramírez, (2014) a través de marcadores moleculares SSR identifico la presencia

de híbridos, los cuales están emparentados con genotipos del bajo amazonas y genotipos nativos de México. De acuerdo a Soria (1966) indica que en México los conocidos como cacao tipocriollo, corresponden a poblaciones híbridas de criollos locales con forasteros introducidos, por lo que estos tienen una amplia gama de formas y colores, en tanto que Mora (1958) indica que el criollo de cinco tipo también se puede observar en formas intermedias, frutos pequeños con poca rugosidad, frutos alargados con constricción basal de color verde. En la región de la Chontalpa se logró identificar dos genotipos con características intermedias (híbridos) entre pentágona, lagarto o posiblemente forastero, notándose las cinco partes del fruto el cual se prolonga hasta el pedúnculo, más visible en el ápice, la constricción basal es prolongada (largo) dividido en cinco partes en la base del pedúnculo pero a medida que se acerca al cuerpo del fruto la división es de diez surcos, el cuerpo del fruto puede ser orbicular o ligeramente obovado, de rugosidad intermedia y suave, amarillo cuando es maduro, el cotiledón de color violeta a púrpura (Figura 4). Características que lo diferencian de un tipo pentágona. Así mismo se han observado formas atípicas a los ya conocidos (Figura 5) los cuales estarían mostrando la variabilidad morfológica del *T. cacao*.

De igual manera se observaron genotipos con alto potencial de productividad ya que en algunos casos la cantidad de frutos fue 96-105 frutos por árbol.

Evidentemente en la Región de la Chontalpa, Tabasco, la principal zona cacaotera desde épocas prehispánicas, aún aguarda genotipos de importancia morfológica y productiva los cuales conforman la variabilidad del cacao tabasqueño, así mismo integran la riqueza que debe salvaguardarse en bancos de germoplasmas para posteriores estudios de investigación científica, ya que se requieren estudios de los atributos y de la caracterización genética en donde se evidencie su potencial genético para ser incluidos en los programas de mejoramiento. Recientemente se ha identificado en el Alto Amazonas la mayor diversidad genética del cacao (Zhang *et al.* 2006; Motamayor *et al.* 2008) agrupados en diez grupos genéticos: el criollo, distribuido desde México, Centroamérica y el norte de Sudamérica; el Marañón, Curaray, Iquitos, Nanay, Contamana, Purús y Nacional, corresponden al grupo más diverso ubicados en el alto amazonas, y el Amelonado y Guiana distribuidos en el bajo amazonas (Motamayor *et al.* 2008).



Figura 1. Formas de mazorcas de cacao: Calabacillo, Angoleta, Cundeamor y Amelonado (de izquierda a derecha).



Figura 2. Genotipos forasteros conocidos regionalmente como Ceilán, Patastillo, Calabacillo, Guayaquil, “Guayaquil rojo amelonado” y “Sangre de cristo” (de derecha a izquierda).



Figura 3. Tipos criollo y acriollado (de izquierda a derecha).



Figura 4. Genotipo Pentágona y genotipo con características (híbrido) de pentágona (de derecha a izquierda).



Figura 5. Formas atípicas de *T. cacao* presentes en la Chontalpa, Tabasco.

CONCLUSIONES

- En la región de la Chontalpa, Tabasco aún persiste variabilidad de cacao que es necesario rescatar y salvaguardarlos en bancos de germoplasmas para posteriores estudios.
- Esta variabilidad está conformada por genotipos forasteros, cacao nativo e híbridos.
- Además de que existen plantas con atributos de importancia como la mayor producción de mazorcas.

AGRADECIMIENTOS

Al “INIFAP Fondos Fiscales 2015” por el financiamiento del proyecto No. SIGI 1364433118 “Caracterización morfológica en híbridos de cacao e identificación de genes de resistencia a moniliasis”.

LITERATURA CITADA

- Avendaño-Arrazate, C.H., J. Cueto-Moreno, A. Mendoza-López, P. A. López-Andrade, A. Sandoval-Esquivez y J. F. Aguirre-Medina. 2014. Manual gráfico de descriptores varietales de cacao (*Theobroma cacao* L.). Publicación especial No. 5. INIFAP-CERI, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 72p.
- 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.
- Dirección General de Agricultura, (DGA) 1953. El cultivo del cacao. SAG, DGA y Du Pont. Boletín No. VIII. 71p.
- Gómez-Pompa, A., J. Salvador F. y M. Aliphath F. 1990. The sacred cacao groves of the maya. Lat. Amer. Ant. 1(3): 247-257.
- Henderson, J. S., R. A. Joyce., G. R. Hurst y P. E. McGovern. 2007. Chemical and archeological evidence for the earliest cacao beverage. PNS 104(48): 18937-18940.
- Hurst, W. J., M. Stanley, Jr. Tarka, T. G. Powis F. Valdez y Thomas R. Hester. 2002. Archaeology: cacao use by the earliest maya civilization. Nature. 418. 289-290.

-
- López, A. P. A., V. H. Delgado N. y A. Azpeitia M. 1996. El cacao *Theobroma cacao* L. en Tabasco. INIFAP-CIRGOC. Libro técnico No 1. 270p.
- López-Andrade. P. A. y M. A. Ramírez-Guillermo. 2013a. Caracterización morfológica de los clones de cacao Conadeca 1 y 2 en Tabasco. *In: II Simposio internacional en producción agroalimentaria tropical y XXV Reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria Tabasco 2013*. Villahermosa, Tabasco, Méx. pp 624-630.
- López-Andrade. P. A. y M. A. Ramírez-Guillermo. 2013b. Patrones de floración, fructificación y cosecha del clon de cacao Carmelo C-1 en Huimanguillo, Tabasco. *In: II Simposio internacional en producción agroalimentaria tropical y XXV Reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria Tabasco 2013*. Villahermosa, Tabasco, Méx. pp 631-636.
- López, A. P. A., C. Hernández H. y M. A. Ramírez G. 2013. Caracterización de las variedades de cacao en Tabasco. SAGARPA, INIFAP. Folleto técnico 74. 25 p.
- Martínez, L. 1894. Cultivo y beneficio del cacao. Secretaria de Fomento, México. 108p.
- Miranda, F. 1962. Wild cacao in the Lacandona forest, Chiapas, México. *Cacao (Turrialba)* 7:7.
- Morris, D. 1882. Cocoa: how to grow and how to cure it. Jamaica. 45p.
- 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. A. M. Risterucci, V. Laurent, A. Moreno y C. Lanaud. 2000. The genetic diversity of criollo and its consequence in quality breeding. *In: I Congreso Venezolano del cacao y su industria, Maracay, Venezuela*. pp 33-56.
- Motamayor, J. C. A. M. Risterucci, P. A. López, C. F. Ortiz, A. Moreno y C. Lanaud. 2002. Cacao domestication I: the Origen of the cacao cultivate by the mayas. *Heredity* 89: 380-386.
- Motamayor, J. C., A. M. Risterucci, M. Heath y C. Lanaud. 2003. Cacao domestication II: progenitor germplasm of the Trinitario cacao cultivar. *Heredity* 91: 322-330.
- Motamayor, J. C., P. Lachenaud, J. Wallace, G. Loor, D. N. Kuhn, J. S. Brown, y 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.

-
- Motamayor, J. C., K. Mockaitis, J. Schmutz, N. Haiminen, D. Livingstone, 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 y 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.
- Ortiz, M. A. 1964. El cacao en México. Divulgación de la unión nacional de productores de cacao. Villahermosa, Tabasco. Méx. 71p.
- Powis, T. G., A. Cypher, N. W. Gaikwad, L. Grivetti y K. Cheong. 2011. Cacao use and the San Lorenzo Olmec. *PNAS* 108(21): 8595-8600.
- Phillips-Mora, W., A. Arciniegas L., A. Mata Q. y J. C. Motamayor A. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Manual técnico 105 CATIE. Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- Ramírez, G. M. A. 2014. Caracterización morfológica y molecular de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en plantaciones de Tabasco, México. Tesis de Mc. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, Méx. 124p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2013. 1er Informe de labores 2012-2013. México, D. F. 149 p.
- Secretaría de la Economía Nacional (SEN), 1934. El cacao. Departamento de Estudios Económicos. Talleres gráficos de la nación. México.
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP), 2014. www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/. Consultado el 14/08/2014.
- Soria, V. J. 1961. Anotaciones sobre un viaje a las zonas productoras de cacao en México. IICA, Turrialba, Costa Rica. Informe No.44-E. 18p.
- Soria, V. J. 1966. Principales variedades de cacao cultivadas en América tropical. *Turrialba* 16(3): 261-266.
- Standley, P. C. 1920. Trees and shrubs of México. Contributions from the United State National Herbarium Vol.2, Part. 1. Smithsonian Institution, United State National Museum. 1721p.
- Standley, P. C. y J. Steyermark. 1940. Flora of Guatemala. Fieldiana: Botany. Vol 24, Part. VI. Chicago Natural History Museum. 440p.
- Zhang, D., E. Arevalo-Gardini, S. Mischke, L. Zuñiga-Cernades, A. Barreto-Chavez y J. Adiazola del Aguila. 2006. Genetic diversity and structure of managed and semi-natural populations of cacao (*Theobroma cacao*) in the Huallaga and Ucayali Valleys of Peru. *Ann. Bot.* 98: 647–655.

COMPORTAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE *Phyllocnistis citrella* Stainton EN LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka) EN LA SABANA DE HUIMANGUILLO, TABASCO

BEHAVIOR AND DISTRIBUTION OF *Phyllocnistis Citrella Stainton* IN PERSIAN LEMON (*Citrus latifolia* Tanaka) IN SAVANNAH OF HUIMANGUILLO, TABASCO

¹Arias LVH; ^{2*}Sumano LD, ³Mendoza MM; ³Miranda MR; ²Rodríguez CM.

¹Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Componente Extensionista Agrícola CEIP 2015. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla.

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

RESUMEN

Actualmente una de las principales dificultades tanto para la citricultura mundial como mexicana son los problemas fitosanitarios que se traducen en importantes pérdidas económicas. El minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton es una plaga exótica que daña severamente a plantaciones jóvenes y favorece la entrada de la bacteria del Cancro de los Cítricos (*Xanthomonas citri* subsp. *citri*) en países donde está establecida ésta enfermedad.

Ante las evidencias de la presencia y daño del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton en plantaciones jóvenes de limón persa se realizó la presente investigación para conocer su fluctuación poblacional en la Sabana de Huimanguillo, Tabasco. Se realizaron muestreos durante 10 meses en una plantación de 3 años de edad, donde las muestras estuvieron constituidas por brotes recientes y se contabilizaron los números de larvas presentes en el mismo. Los resultados arrojan que los picos poblacionales se presentaron en el mes de abril a junio y en menor población en diciembre y enero, los cuales están altamente correlacionados con la temperatura media y una correlación negativa con la precipitación.

Palabras clave: Comportamiento, *Phyllocnistis citrella* Stainton, *Citrus latifolia*

INTRODUCCIÓN

La citricultura en México constituye una actividad de gran importancia dentro de la fruticultura nacional. La superficie cultivada supera las 546 mil hectáreas distribuidas en 24 estados del país, siendo Veracruz el estado con mayor superficie y producción anual. En Tabasco, la citricultura está establecida en una superficie total de 15, 547.5 ha, en la cual el municipio de Huimanguillo posee más del 95% de las áreas cultivadas (SIAP, 2013).

Las plantaciones cítricas presentan una gran variedad de problemas fitosanitarios que repercuten en el rendimiento y calidad de los productos, y por consiguiente en la aceptación en el mercado. El minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), es una plaga exótica que en México se registro por primera vez en 1994 en las regiones cítricas de Tamaulipas y Veracruz, dispersándose muy rápido en las demás áreas cítricas del país (Bautista, 1997). *P. citrella* por lo general se hospeda en hojas tiernas de todas las especies de cítricos, observándose una gran capacidad de infestación, atacando el follaje de los árboles, ocasionando la caída de hojas jóvenes, reduciendo la capacidad fotosintética y por consiguiente la disminución en la producción de fruta (Garrido, 1995). Las larvas de *P. citrella* forman las minas dañando la epidermis de las hojas, ocasionalmente provoca enrollamiento, necrosamiento y caída del tejido foliar (Heppner, 1993).

En la actualidad esta plaga representa una vía importante en la dispersión del cancro de los cítricos (*Xanthomonas citri* subsp. *citri*) ya que el daño provocado por *P. citrella* facilita la entrada de esta bacteria (Margaix *et al.* 1998). Un control muy eficaz para esta plaga es la acción de sus enemigos naturales, destacándose los parasitoides (Bautista, 1997).

OBJETIVOS

- Conocer la fluctuación poblacional de *P. citrella* en una plantación de limón persa en la Sabana de Huimanguillo, Tabasco.
- Determinar si la presencia del minador presenta alguna correlación con las condiciones de temperatura y precipitación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está ubicada en el municipio de Huimanguillo, específicamente en la Ra. Tierra Nueva 3ra. Sección, la cual se encuentra en la zona citrícola del Estado de Tabasco (Sabana de Huimanguillo), localizada en la región de la Chontalpa. La parcela de estudio se ubica en el sur del municipio, entre las coordenadas geográficas 17.713567 LN y -93.504734. Figura 1. Presenta un clima cálido húmedo (Am (f)), con temperatura y precipitación medias anuales de 26.1°C y 2229 mm respectivamente; con un periodo de bajas precipitaciones (57-92 mm), en los meses de febrero a mayo (Toledo, 1988).

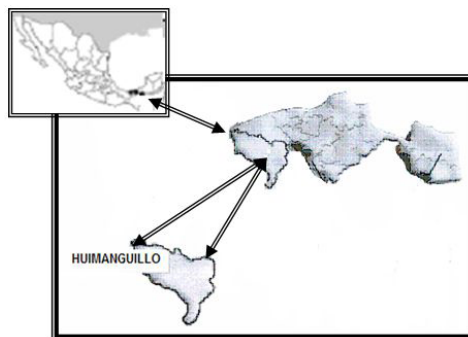


Figura. 1. Municipio de Huimanguillo, Tabasco

La parcela en estudio es un huerto de limón persa de 3 años en donde no se aplicó ningún tipo de insecticidas. Para determinar la abundancia del estadio larval de *P. citrella* se evaluó el periodo de abril de 2014 a enero del 2015, llevándose a cabo un censo quincenal en la parcela de limón persa, promediándose por mes.

MUESTREO DE LARVAS Y PUPAS

Para este fin, se seleccionaron al azar 10 árboles, tomando 5 muestras por árbol; cada muestra estuvo constituida por un brote reciente, con una longitud máxima de 15 cm. Las muestras fueron colocadas en una bolsa de plástico y conservadas a temperatura constante en una hielera de 20 L, para ser llevadas al Laboratorio de Fitopatología del Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP. Las muestras

fueron revisadas con ayuda de un estereoscopio para contabilizar el número de larvas y pupas.

Se ubicó la estación meteorológica más cercana (INIFAP Campo Experimental Huimanguillo) y se tomaron los valores promedio de temperatura y suma de la precipitación pluvial. Se realizaron correlaciones de Pearson para evaluar el grado de asociación entre la abundancia del minador con los factores meteorológicos (temperatura media y precipitación). El paquete estadístico utilizado fue el R Commander versión 2.10.1.



Figura 2. Daños de minador de la hoja de los cítricos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El minador en su etapa de larva estuvo presente durante todo el periodo de estudio, encontrándose sus mayores picos poblacionales durante los meses de abril a junio y reduciéndose drásticamente durante diciembre y enero (Figura 3).

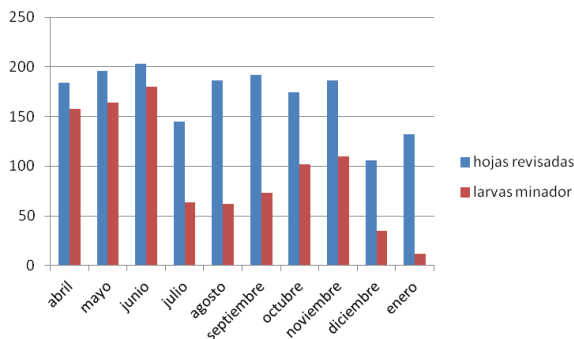


Figura 3. Número de larvas de *P. citrella* en relación a hojas revisadas de brotes vegetativos.

Los análisis de correlación indican que las poblaciones de larvas de *P. citrella* presentan una asociación alta con la temperatura ($r=0.74450$ $P=0.01351$), de forma contraria, las precipitaciones altas presentaron una correlación negativa ($r=-0.46705$ $P=0.1735$) en relación con la presencia de larvas de minador. Esto concuerda con lo señalado por Arias *et al.*, (2012) donde en la misma zona de estudio evaluó la presencia tanto de larvas como pupas, observándose resultados similares en las correlaciones, sin embargo en la época de lluvias menciona que se presentan altas brotaciones, idóneas para el desarrollo del insecto, pero la población es disminuida debido al salpique fuerte del agua, afectando a los huevecillos ovipositados. No obstante, Bautista (1997), menciona que en Cuitláhuac, Veracruz, la abundancia de larvas de *P. citrella* dependen en mayor proporción a la precipitación pluvial y al número de brotes. Así mismo Garrido (1995), indica que la fluctuación del minador de la hoja de los cítricos depende más de la temperatura máxima y además de las labores de cultivo como la fertilización, riego, podas y eliminación de malezas.

CONCLUSIONES

El minador de la hoja de los cítricos *P. citrella* se presentó en todo el año de estudio en el sitio de muestreo. La máxima densidad poblacional se presentó en los meses de septiembre y octubre y en los meses de enero y febrero. La temperatura media fue el factor ambiental correlacionado positivamente con el número de larvas, contrariamente con la precipitación.

LITERATURA CITADA

- Arias, L. V. H., Sánchez, S. S., Sol, S. A., Bautista, M. N. 2012. Fluctuación Poblacional de *Phyllocnistis citrella* Stainton en la sabana de Huimanguillo. Tesis Maestría en Ciencias. PROPAT. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. 36 pp.
- Bautista, M. N. 1997. Biología de *Phyllocnistis citrella* Stainton. minador de la hoja de los cítricos (Lepidoptera: Gracillariidae). Tesis Doctoral. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 80 pp.
- Bisquerra, R. 2004. Metodología de la Investigación Educativa. Madrid: La Muralla, S.A.

-
- Garrido, A., y I. López. 1995. Distribución de fases inmaduras de *Phyllocnistis citrella* Stainton, según tamaño de hoja. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas* 21: 559-571 pp.
- Heppner, J. B. 1993. Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, in Florida (Lepidoptera Gracillariidae: Phyllocnistinae). *Tropical Lepidoptera*. 4: 49-64 pp.
- Margaix, C; Jacas, J., Y A. Garrido. 1998. Parámetros de reproducción de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) en condiciones controladas. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas* 24:207-218 pp.
- Rebolledo, D. O. 1988. Estudio de la Etiología y Estimación del daño en campo de la Gomosis de los Cítricos en Tecmán, Colima. Tesis Maestría en Ciencias, Universidad de Colima. Tecoman, Colima, México. 40 pp.
- Toledo, M.R. y Etchevers B., J.D. 1988. Estado nutricional de los cítricos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, *Terra* 6(2): 140-150 pp.

Referencias informáticas

- SIAP-SAGARPA. 2013. Servicio de información agroalimentaria y pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola. (En línea) <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> Revisado Diciembre de 2014.

EFICACIA BIOLÓGICA *in vitro* DEL INOCULANTE BLITE FREE F-01 SOBRE *Mycosphaerella fijiensis* MORELET, PATOGENO DE LA SIGATOKA NEGRA DEL BANANO

¹Méndez MI*, ¹Martínez HI, ¹Ramírez SG y ²De La Cruz GFI

¹División de Ingeniería en Agronomía, Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra. ²Altus Biopharm S.A. de C.V.

*Autor para correspondencia: gerardoramirezsanchoval@gmail.com

RESUMEN

Con el propósito de ofrecer a los productores de banano alternativas para controlar la enfermedad de la Sigatoka negra, se realizó este trabajo en el Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra (ITSS) en el municipio de Teapa, Tab., con el objetivo de evaluar la eficacia *in vitro* del inoculante biológico líquido Blite Free F-01 sobre ascosporas de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en comparación con el producto comercial SCD+ que contiene microorganismos eficaces (ME).

Se colectaron muestras de hojas de banano con lesiones maduras de la Sigatoka negra de una plantación comercial de Teapa, Tab., y se colocaron en cámara húmeda por 48 horas a temperatura ambiente. Posteriormente se descargaron ascosporas de las lesiones de tejido enfermo en cajas Petri con medio PDA modificado con Blite Free F-01 al 50 %, al 70 % y al 90 % y con ME al 20 % y al 30 %; el testigo fue PDA no modificado. Las cajas Petri se incubaron a 24 °C por 24 horas y después de ese tiempo se colocaron en refrigeración a 14 °C para detener la germinación de las ascosporas. En un microscopio compuesto y a 40X se revisaron 100 ascosporas por tratamiento donde se midió su longitud y la de sus tubos germinativos; las ascosporas de los tratamientos Blite Free F-01 y ME, se compararon con las del testigo para determinar cambios en el cuerpo de las espora y en sus tubos germinativos, y se calculó el porcentaje de reducción del crecimiento de éstos.

Las ascosporas expuestas a Blite Free F-01 y ME tuvieron menor tamaño, se deformaron, sus tubos germinativos crecieron irregularmente y distorsionados y fueron más cortos que los del testigo. Los tratamientos de Blite Free F-01 redujeron entre el 31 % y 36 % el crecimiento de los tubos germinativos, y los de ME lo redujeron entre el 21 % y 47 %. Esto indica una eficacia similar entre ambos productos por

lo que se sugiere continuar con esta investigación para confirmar estos resultados y determinar si es posible lograr la completa inhibición de la germinación de las ascosporas de *Mycosphaerella fijiensis* con mayores concentraciones de Blite Free F-01 además de evaluar la eficacia biológica de estas dosis en un plantación comercial de banano.

Palabras clave: Blite Free, microorganismos eficaces, ascosporas, *Mycosphaerella fijiensis*, banano.

INTRODUCCIÓN

La Sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet constituye la más seria amenaza para la producción del cultivo de plátano y banano de México y de la mayoría de países productores de estas frutas en el mundo. Sus efectos altamente destructivos sobre el follaje de las plantas causan pérdidas que van desde un 50 % hasta el 100% en la producción anual de fruta cuando no se tiene el control adecuado. Tradicionalmente el combate de esta enfermedad se realiza mediante la aplicación alternada y permanente de fungicidas sistémicos y de contacto o preventivos. Desde hace 20 años, el control químico de la Sigatoka negra en Tabasco consiste en aplicar fungicidas protectantes en mezcla con adherentes a intervalos de 7 a 9 días, para un total de 45 aspersiones en promedio al año. Los fungicidas protectantes más utilizados son el mancozeb o el clorotalonil, que se aplican en dosis de 1.4 a 1.8 litros de ingrediente activo por hectárea, respectivamente, y aunque existe un control eficiente de la enfermedad con estos productos, el gran número de aplicaciones suma alrededor de 80 kg/ha/año de ingrediente activo lo cual sobrepasa lo recomendado para estos productos. Además de que existe una dependencia del control químico a estos fungicidas, se desconoce el impacto real que puedan causar al ambiente y a la salud de la personas (Comité Estatal Sanidad Vegetal de Tabasco, 2015). En los últimos años se han buscado alternativas para el control de la Sigatoka negra que sean inocuos y demuestren eficacia biológica contra el patógeno. Una de ellas es el uso de microorganismos eficaces (ME), que son una combinación de organismos benéficos de origen natural formada por levaduras, bacterias acidolácticas, bacterias fotosintéticas, actinomicetos y hongos de fermentación, los cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos. Protegen a las plantas del ataque de

patógenos por competencia por nutrientes, antagonismo y parasitismo, además la planta estimula el sistema de asociación interdependiente lixiviando azúcares, aminoácidos y sales minerales necesarios al crecimiento de los ME en simbiosis en perjuicio de los patógenos. Algunas de las sustancias producidas por los ME son el inositol, ubiquinonas, saponinas, polisacáridos de bajo peso molecular, polifenoles y quelatos, las cuales inhiben patógenos y promueven el crecimiento de especies benéficas (Higa, 1994; Tokeshi, 2001). Estudios realizados en Centro y Sudamérica mostraron eficacia biológica de los ME contra el patógeno de la Sigatoka negra cuando se evaluaron en invernadero y en campo en comparación con el fungicida mancozeb (Bayro, 1998; Eguez, 2000 y Quiroz *et al* 2009). Recientemente se obtuvieron resultados similares *in vitro* y en una plantación comercial en Tabasco (Aguilar, 2014; Álvarez, 2014). Buscando alternativas inocuas para el control de la Sigatoka negra, la empresa Altus Biopharm desarrolló el inoculante biológico de múltiple acción denominado Blite Free F-01 que contiene una cepa de actinomiceto, organismo intermedio entre bacterias y hongos, un potente inductor de resistencia y micro elementos nutricionales, activos naturales dirigidos de manera específica para el tratamiento preventivo y curativo contra Sigatoka Negra en el banano, y que en ensayos en Colima, mostró eficacia en el control de esta enfermedad (Altus Biopharm, 2014). Por lo anterior, el objetivo de este ensayo fue evaluar la eficacia biológica *in vitro* del Blite Free F-01 sobre *Mycosphaerella fijiensis*, en comparación con el producto SCD+ que contiene microorganismos eficaces.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en los laboratorios del Tecnológico Superior de la Región Sierra, de agosto a diciembre de 2014. Se evaluó el inoculante biológico Blite Free F-01 (Altus Biopharm México) en comparación con los microorganismos eficaces SCD+ (Eco Logic Maintenances México), los cuales se activaron de acuerdo al procedimiento indicado por Álvarez (2014). A partir de los productos comerciales en agua destilada estéril se realizaron diluciones al 50 %, 70 % y 90 % de Blite Free F-01 y de 20 % y 30 % de ME activados. Por separado se elaboró y se esterilizó medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) al 2 %, y una vez esterilizado el PDA se modificó con las diferentes concentraciones de Blite Free F-01 y de ME, agregando 20 ml de cada una de ellas en 80 ml de medio de cultivo (v/v). Posteriormente el PDA modificado se vació en cajas Petri resultando los siguientes tratamientos; PDA

con Blite Free F-01 al 50 %, PDA con Blite Free F-01 al 70 %, PDA con Blite Free F-01 al 90 %, PDA con ME al 20 %, PDA con ME al 20 % y PDA no modificado como testigo. Se usaron cinco cajas Petri por tratamiento. De una plantación bananera del municipio de Teapa, Tab., de plantas no paridas se colectaron hojas de banano con lesiones de Sigatoka negra en estado avanzado de infección y se colocaron en sobres de papel para su traslado al Laboratorio. Posteriormente, los trozos de hojas de banano con lesiones maduras de Sigatoka negra se incubaron en cámara húmeda por 48 horas a temperatura ambiente. Al término de la incubación, se cortaron rectángulos de 2 centímetros de lado que contenían varias lesiones de la enfermedad, se engraparon a un círculo de papel bond blanco y limpio de 11 cm de diámetro y se sumergieron en agua destilada estéril por 15 minutos. El papel con las lesiones se adhirió a la parte interna de la tapa de una caja de Petri, luego la tapa se colocó sobre la base de la caja la cual contenía el medio PDA modificado con Blite Free F-01 y ME; y el testigo, una vez unidas las dos partes, las cajas se dejaron a temperatura ambiente por una hora para la descarga de las ascosporas del hongo sobre el agar. Luego del periodo de descarga, las cajas se incubaron a 24 °C por 24 horas y después se colocaron en refrigerador a 14 °C para detener la germinación de las ascosporas donde mantuvieron hasta su revisión al microscopio (FRAC, 2010; Álvarez, 2014)).

Las ascosporas descargadas en el medio modificado con los tratamientos y en el testigo PDA no modificado se revisaron en un microscopio marca LABOMED Lx 400 equipado con cámara y software morfométrico a un aumento de 40X. Se evaluaron 100 ascosporas en cada tratamiento y en el testigo en cinco campos por caja, y se registró el aspecto y el tamaño (longitud) de las ascosporas y la longitud de sus tubos germinativos, posteriormente se calculó el porcentaje de reducción del tubo germinativo de las ascosporas de los diferentes tratamientos respecto al testigo. Estos datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con diez repeticiones y a las medias de los tratamientos se les aplicó la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5 %. Los porcentajes de reducción se transformaron a raíz de arco seno para su análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tamaño de las ascosporas del hongo fue afectado significativamente por los tratamientos, de tal manera que dependiendo del producto y su concentración al

que fueron expuestas, su tamaño fue menor en comparación con las del testigo. Las ascosporas que crecieron en PDA no modificado tuvieron un tamaño promedio de 78.5 micras, seguidas por las de los tratamientos Blite Free-01 al 70% y ME al 20 %, con 73.9 y 73.3 micras, respectivamente, y las de Blite Free-01 al 90 %, Blite Free-01 al 50 % y ME al 20 %, midieron 69.6, 68.6 y 67.6 micras, respectivamente. Las concentraciones de 50 % y 90 % de Blite Free-01 y de 30 % de ME fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al resto de los tratamientos y las que mayor efecto tuvieron sobre las ascosporas (Cuadro 1).

Las ascosporas de *M. fijiensis* que germinaron en PDA no modificado (testigo) se observaron turgentes y con un aspecto normal para este hongo, que consiste en un cuerpo ovoide bicelular en forma de zapato. Las ascosporas expuestas a las concentraciones del Blite Free-01 y de ME, además del menor tamaño, presentaron un contorno deformado de manera que parecían fraccionadas o deshidratadas (Figuras 1 a 6).

Se encontró diferencia significativa entre tratamientos en la longitud de los tubos germinativos. Los tubos de las ascosporas del testigo fueron los más largos y alcanzaron un promedio de 377.9 micras, luego dependiendo del efecto del tratamiento sobre el tamaño de los tubos se distinguieron tres grupos estadísticamente diferentes: ME al 20 % con 260.7 micras; Blite Free F-01 al 70 %, Blite Free F-01 al 50 % y Blite Free F-01 al 90 % con 230.9, 220.8 y 201.9 micras, respectivamente; y un tercer grupo formado por ME al 30 % con tubos de 181.3 micras. Evidentemente la menor longitud del tubo germinativo significa un mayor efecto del tratamiento (Cuadro 1).

Cuadro 1

Longitud media de ascosporas y tubos germinativos y porcentaje de reducción del crecimiento del tubo germinativo de ascosporas de M. fijiensis en agar modificado con diferentes concentraciones del inoculante biológico Blite Free F-01 y ME

Tratamiento	Longitud de la ascospora (µm)	Longitud del tubo germinativo (µm)	Porcentaje de reducción
Testigo	78.5 a	377.9 a	0.0
Blite Free F-01 al 50%	68.6 c	220.8 c	35.8 abc
Blite Free F-01 al 70%	73.9 b	230.9 c	33.7 bc
Blite Free F-01 al 90%	69.6 c	210.9 c	37.3 ab
ME al 20%	73.3 b	260.7 b	27.2 c
ME al 30%	67.6 c	181.3 d	43.3 a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey al 0.05

Las ascosporas del testigo se desarrollaron normalmente emitiendo tubos germinativos por cada célula, los cuales crecieron de manera uniforme sin cambios aparentes en su estructura en toda su longitud, sin ensanchamientos o deformaciones, y con divisiones y ramificaciones a intervalos regulares. En las ascosporas expuestas a Blite Free F-01 la base del tubo germinativo, en el punto donde surge de la ascospora, presentó un ensanchamiento y luego el tubo se adelgazó a una anchura normal. Al desarrollarse mostraron constricciones muy marcadas de las divisiones celulares a ciertos intervalos de tal forma que el tubo parecía seccionado, luego al continuar su crecimiento los tubos se ramificaron y se hicieron más delgados. Estos efectos fueron más evidentes conforme aumentó la concentración del Blite Free F-01 (Figuras 1 a 6). Los tubos germinativos de las ascosporas del hongo expuestas a las dos concentraciones de ME presentaron segmentaciones y ramificaciones a intervalos más cortos con respecto al testigo, lo cual fue más evidente al aumentar las concentraciones de los ME, además de que tuvieron un grosor muy irregular a todo lo largo (Figuras 5 y 6).

Existió diferencia significativa entre tratamientos en la reducción del crecimiento de los tubos germinativos de las ascosporas de *M. fijiensis*. Los tratamientos estadísticamente diferentes fueron ME al 30 % con una reducción del crecimiento del 43.4%, el mayor de todos los tratamientos, y ME al 20 % con un 27.2 %, con el menor efectos de todos. Las tres concentraciones de Blite Free F-01 formaron un grupo estadísticamente igual entre sí, aunque Blite Free F-01 al 90 % que registró 37.3 % estuvo más relacionado con ME al 30 %, y Blite Free F-01 al 70 % que obtuvo una reducción del 33.7 % se relacionó más con ME al 20 % (Cuadro 1 y Figuras 2 a 6).

La distorsión de ascosporas y deformación de los tubos germinativos de *M. fijiensis*, así como la restricción del crecimiento de estos últimos en los tratamientos con Blite Free F-01, podría atribuirse a una acción del componente actinomiceto de este producto, ya que estos organismos producen sustancias antibióticas que afectan la síntesis de la pared celular de bacterias y hongos, así como la síntesis de ADN y proteínas (Higa, 1963), y a los extractos vegetales que contiene este producto tales como fitoalexinas, flavonoides y precursores de compuestos de resistencia que tienen múltiples mecanismos de acción sobre las células de hongos, como son la alteración de la pared celular (Altus Biopharm, 2014).

Otra posibilidad de la reducción del crecimiento de los tubos se pudo deber a sustancias antibióticas y/o enzimas líticas segregadas por los actinomicetos que actúan sobre germinación de las esporas (Sahai y Manocha, 1993).



Fig. 1. Ascosporas del testigo en PDA

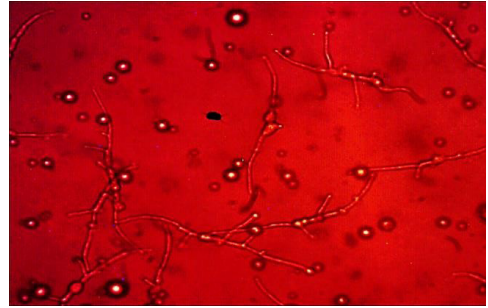


Fig. 2. Ascosporas en Blite Free F-01 al 50 %.

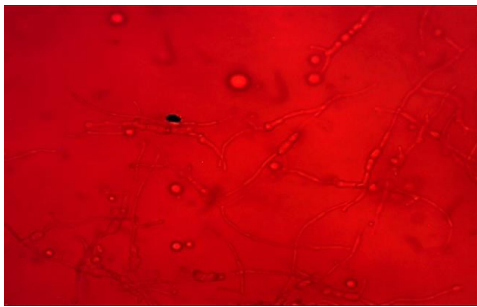


Fig. 3. Ascosporas en Blite Free F-01 al 70 %.

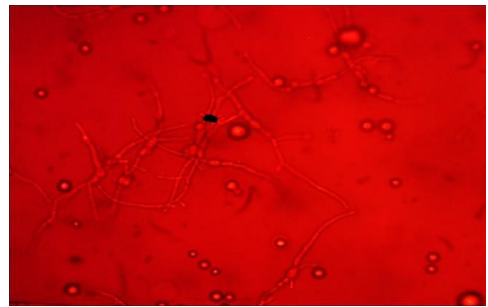


Fig. 4. Ascosporas en Blite Free F-01 al 90 %.



Fig. 5. Ascosporas en ME al 20 %.



Fig. 6. Ascosporas en ME al 30 %.

La pared celular, que es una estructura esencial para los hongos y está compuesta por polisacáridos como glucanos, quitinas y glicoproteínas, si se elimina o sufre alteraciones en su formación tiene efectos profundos en el crecimiento y la morfología de la célula fúngica, pudiendo causar la muerte celular por lisis. Sustancias antibióticas como la anidulafungina producidas por actinomicetos actúan sobre la β -1,3-D-glucano sintetasa inhibiendo la formación del β -1,3-D-glucano de la pared celular y causa, según el tipo de hongo, un efecto fungicida. El tratamiento con este compuesto produce el hinchamiento y la lisis celular en las zonas de crecimiento de la pared, así como la activación de los genes relacionados con la biosíntesis de la misma (Pontón, 2008)

Al comparar el tamaño del tubo germinativo de las ascosporas de *M. fijiensis* expuestas a Blite Free F-01 y las expuestas a los ME, se observa que las que estuvieron en contacto con las tres concentraciones de Blite Free F-01 tuvieron tubos germinativos más cortos que los de ME al 20 %, lo que indica una mayor reducción del crecimiento con este producto. Sin embargo al compararlas con la concentración de ME al 30% los tubos resultan más largos, lo que refleja un menor efecto supresor del crecimiento por este compuesto. El mayor efecto sobre las ascosporas de los microorganismos eficaces *in vitro*, especialmente a la dosis de ME al 30 %, puede deberse a que los ME contienen bacterias acidolácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras y hongos de la fermentación, además de actinomicetos, que producen diversas sustancias que a su vez tienen diferentes efectos sobre los patógenos, de manera que el hongo es afectado en varios procesos metabólicos (Higa, 1994). Bajo condiciones de campo, sin embargo, se esperaría que Blite Free F-01 tuviera una mayor eficacia de control de la Sigatoka negra por los otros componentes de la mezcla, que favorecen la nutrición de la planta y activan su respuesta inmunológica, además de que los extractos vegetales que contiene actúan directamente sobre el hongo.

CONCLUSIONES

Bajo condiciones *in vitro* el inoculante biológico líquido de múltiple acción Blite Free F-01 afectó el tamaño y causó deformaciones de las ascosporas, alteró la morfología y redujo el desarrollo de los tubos germinativos del patógeno de *Mycosphaerella fijiensis* de forma similar al efecto ejercido por los microorganismos eficaces sobre estas estructuras del hongo, básicamente por la acción de los actinomicetos que

contiene este producto. Este resultado indica que Blite Free F-01 podría afectar los procesos de infección y colonización de hongo en las hojas de banano, y de esta forma ser eficaz en el control de la sigatoka negra.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, R. 2014. Eficacia biológica de Microorganismos Eficaces para el control de la Sigatoka negra del banano. Tesis Ingeniero Agrónomo. Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra. 43 pág.
- Altus Biopharm. 2014. Ficha Técnica Blite Free® F-01 inoculante biológico. Altus BIOPHARM. Disponible en línea en www.altusbio.com (consultado el 25 de septiembre de 2014).
- Álvarez, V.G.M. 2014. Reacción de ascosporas de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, patógeno de la Sigatoka negra *in vitro* a microorganismos eficaces. Tesis Ingeniero Agrónomo. Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra. 40 pág.
- Bayro, L. 1998. Control biológico de sigatoka negra del banano en invernadero mediante el uso de microorganismos eficaces (EM). Tesis de Grado. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH). Guácimo, Costa Rica.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco. Campaña Fitosanitaria contra el Moko del Plátano. 2015. Comunicación personal.
- Eguez, V. 2000. Control biológico de sigatoka negra en banano con microorganismos eficientes en dos zonas del trópico de Cochabamba. Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Cochabamba, Bolivia. 25 p.
- FRAC. 2010. Summary of FRAC guidelines for Banana in 2010. Fungicide Resistant Action Committee. Banana Working Group. Orlando, Florida. June 2010.
- Higa, T. 1994. Effective Micoorganisms: A new dimension for nature farming. p. 20-22. In J. P. Parr, S. B. Hornick and M. E. Simpson (Ed.). Proceedings of the Second International Conference on Kyusei Nature Farming. U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C. USA.
- Patiño, L. 2006. Bacterias líficas y sustratos en la filosfera de banano y plátano para el control de la Sigatoka negra. Medellín (CO) AUGURA, 140 Pág.
- Quiroz, S. L., Kojima, K y Tabora, P. 2009. Tecnología E. M.: una alternativa para el control de la sigatoka negra en los trópicos. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH). Guácimo, Costa Rica.

-
- Sahai, A. S. and M, S. M. 1993. Chitinases of fungi and plants: their involvement in morphogenesis and host-parasite interaction. *FEMS Microbiology Reviews* 11:317-338.
- Tokeshi, H. 2001. La función de los microorganismos en un sistema agropecuario. Congreso de Microorganismos benéficos en la agricultura moderna: estrategias para sistemas más sostenibles. Universidad EARTH, Guácimo, C.R. 8 p.

IMPORTANCIA DEL SEXADO DE LAS PLANTAS DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) EN LA PRODUCCION DEL FRUTO COMERCIAL.

IMPORTANCE OF THE PLANTS SEXING OF PAPAYA (*Carica papaya* L.) IN THE COMMERCIAL FRUIT PRODUCTION.

Mirafuentes, H.F.^{1*}; Santamaria, B, F.²; Azpeitia, M.A.¹

¹INIFAP Campo Experimental Huimanguillo, Km 1. Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco. ²INIFAP Campo Experimental Mocochoá, km. 25 carretera Mérida -Motul, Mocochoá, Yucatán.
mirafuentes.felipe@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La demanda de la calidad de los frutos de papaya en el mercado ha ocasionado que se modifique la tecnología de producción en campo, ya que la forma y tamaño del frutos que requiere el mercado son del tipo pera o alargadas y de 1.5-2.0 k de peso entre otros y para ello es necesario sembrar más de una planta por mata. Por tal motivo el objetivo del presente trabajo fue buscar la cantidad óptima de plantas por mata en el establecimiento en campo para llegar al 100% de plantas hermafroditas al inicio de la cosecha de un cultivo comercial. Para verificar el porcentaje de plantas hembras y hermafroditas por mata, se sembraron plantas de la variedad Maradol, procedente de semillas auto fecundadas en dos charolas de 50 cavidades en sustratos comercial, se humedeció el sustrato y se conservó bajo condiciones de invernaderos desde que germinó hasta los 40 días, posteriormente se trasplantó a campo bajo el diseño bloques al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones, donde los tratamientos consistieron en lo siguiente: tratamiento 1: 1 planta, tratamiento 2: 2 plantas, tratamiento 3: 3 plantas y tratamiento 4: 4 plantas, las cuales se distribuyeron completamente al azar dentro de los bloques, bajo estas condiciones permaneció hasta realizar el sexado que fue al inicio de la floración. Los resultados indican que si sembramos más de una planta habrá mayor probabilidad de tener más plantas hermafroditas y que con cuatro plantas por cada mata o poceta, se tiene un 97% de plantas hermafroditas, lo que indica que con ésta cantidad de plantas la mayoría de frutos serán comerciales.

Palabras clave: hermafroditas, hembras, sexado, papaya.

INTRODUCCIÓN

La demanda de la calidad de los frutos de papaya en el mercado ha ocasionado que se modifique la tecnología de producción en campo, ya que la forma y tamaño del frutos que requiere el mercado son del tipo pera o alargadas y de 1.5-2.0 k de peso entre otros y para ello es necesario incrementar la densidad de plantas por hectárea al momento de la siembra y eliminar plantas no deseadas (hembras) al hacer el sexado (que se realiza al inicio de floración) y dejar una planta por mata o surco que se desarrollará en forma individual hasta la cosecha.

Hernández (2014), indica que la identificación del sexo de las plantas se realiza al inspeccionar una flor del racimo de flores, se corta una planta lateral para dejar la del centro porque es más vigorosa; a ésta se le abre el botón para identificar si están presentes los dos sexos o sólo uno. Las plantas masculinas sólo presentan estambres con polen en la corola, las plantas femeninas tiene sólo estigma o pistilo y las hermafroditas poseen estambres y pistilos en la misma corola de la flor. En papaya, este último tipo de plantas es la que comercialmente interesa, debido a que la forma de su fruto (semialargado) tiene mayor demanda y ocupa menor espacio por unidad de volumen al momento del empaque, lo que representa un ahorro en el flete, sobre todo para mercados de exportación.

La semilla certificada tiene 66 % de plantas hermafroditas y 33 % de femeninas. Al sembrar en dos posiciones (dos plantas por agujero) el porcentaje de hermafroditas se incrementa al 85 %, mientras que a tres posiciones (tres plantas por hoyo) aumenta a 93 %. El sexado se realizó tanto en plantas de papaya Maradol como mulata.

Papayas Buenavista, S.P.R de R.L (2015) menciona que el sexado es una práctica que consiste en llevar a trasplante más de una plántula por posición con la finalidad de incrementar el porcentaje plantas hermafroditas, las cuales, producen frutas alargadas.

Denominamos posición al lugar que ocupará cada planta después del sexado entendiéndose como la distancia entre plantas de acuerdo al marco de plantación elegido, esto se logra eliminando las plantas femeninas en cada posición una vez que las plantas han entrado en fase de floración, tapa en la que pueden diferenciarse los sexos.

En cada posición debe dejarse una sola planta dando preferencia a la de sexo hermafrodita, sin embargo, habrá posiciones que presenten solo plantas femeninas o hermafroditas; para estos casos deberemos elegir la planta que presente mejor desarrollo. El sexado a 4 plantas es el que presenta la mayor relación costo beneficio pudiendo obtener aproximadamente 97 % de plantas hermafroditas.

Vázquez *et al.* (2010), recomiendan sembrar de dos a tres plantas por mata, lo cual se sugiere hacerlo a una distancia de 20 cm entre plantas y con ello evitar la competencia entre éstas en los primeros días. Estos autores no recomiendan más de una semilla por contenedor o cavidad de la charola, porque éstas ocasionan competencia entre ellas y los tallos son muy delgados y la planta tiene un crecimiento inclinado.

Muñoz y Martínez (2009) indican que la semilla certificada tiene un 66 % de plantas hermafroditas y 33 % de plantas hembras, al sembrar 2 plantas por posición (agujero) el porcentaje se incrementó hasta el 85 % y cuando se siembran tres se incrementa a 93 %

OBJETIVO

Buscar la cantidad óptima de plantas por mata en el establecimiento en campo para llegar al 100% de plantas hermafroditas en el inicio de la cosecha de un cultivo comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para verificar el porcentaje de plantas hembras y hermafroditas por mata, se sembraron plantas de la variedad Maradol, procedente de semillas auto fecundadas en dos charolas de 50 cavidades en sustratos comercial, se humedeció el sustrato y se conservó bajo condiciones de invernaderos desde que germinó; hasta los 40 días, posteriormente se trasplantó a campo bajo el diseño bloques al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones, donde los tratamientos consistían en lo siguiente: tratamiento 1: 1 planta, tratamiento 2: 2 plantas, tratamiento 3: 3 plantas y tratamiento 4: 4 plantas, las cuales se distribuyeron completamente al azar dentro de los bloques. En el trabajo se aplicó fungicida para evitar daños por enfermedades, se controlaron malezas y se fertilizó de acuerdo a la fórmula (200—50-250) recomendada para la

región (el equivalente desde la siembra hasta la floración), bajo estas condiciones permaneció hasta realizar el sexado que fue al inicio de la floración.

Para contar el número de plantas de cada uno de los sexos se estableció una parcela de cada tratamiento, donde se contaron para realizar el cálculo del porcentaje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se aprecian en el cuadro 1 donde se observa que si sembramos una planta por mata o surco se obtienen dos plantas hembra y tres hermafroditas, indicando que el 60% tiene frutos hermafroditas que son frutos comerciales, lo que significa que el 40% de la plantación no se podría vender o enviar empacada a los centros comerciales y se comercializaría en el mercado local, o se consideraría perdida sino se consume localmente. En el tratamiento dos encontramos en las cinco muestras cinco plantas hembra y cinco hermafroditas, lo que indica que podemos dejar una planta hermafrodita en cada mata o surco, que es lo que nos indica estas cinco muestras, sin embargo es probable que aparezcan dos hermafroditas o dos hembras y en este último caso se tendría que eliminar la mata en su totalidad y disminuiría la densidad de población al momento del sexado. La probabilidad que sucede es que de 11-12 matas queden sin plantas hermafroditas por cada 100*. En el tratamiento 3 se observó que a excepción de la muestra 4 siempre se encontraron 2 plantas hermafroditas por mata indicando que hay menor probabilidad de que en la plantación se presenten frutos hembras o no comerciales.

Cuadro 1 Número de plantas hembras y hermafroditas en cada tratamiento.

Tratamientos			
1	2	3	4
♂	♀ ♂	♀ ♂ ♂	♀ ♂ ♂ ♂
♀	♀ ♂	♀ ♂ ♂	♀ ♂ ♂ ♂
♂	♀ ♂	♂ ♂ ♂	♀ ♂ ♂ ♂
♂	♀ ♂	♀ ♀ ♂	♂ ♀ ♂ ♂
♀	♀ ♂	♀ ♂ ♂	♀ ♂ ♂ ♂
3 hermafroditas 2 hembras	5 hermafroditas 5 hembras	10 hermafroditas 5 hembras	12 hermafroditas 8 hembras
60% hermafroditas 40% hembras	50% hermafroditas 50% hembras	66.6% hermafroditas 33.3% hembras	60% hermafroditas 40% hembras

Hermafroditas = ♂ ♀ Hembras = ♀

En el tratamiento cuatro se observa que por lo menos hay dos hermafroditas por mata y por lo tanto siempre habrá la posibilidad de seleccionar una planta hermafrodita, lo cual coincide con Papayas Buenavista SPR de RL (2015) que indica que con 4 plantas se obtiene hasta un 97% de hermafroditismo. Por otra parte Vázquez *et al.* (2010) recomiendan sembrar de 2-3 plantas por mata y hacerlo a una distancia de 20 centímetros.

El incrementar las plantas hermafroditas por hectárea, incrementa la cantidad de frutas alargadas en la cosecha obteniendo los siguientes beneficios:

- Las plantas hermafroditas producen más frutas que las femeninas lo cual se traduce en una mayor productividad por planta.
- Las frutas hermafroditas pesan más que las femeninas, ya que éstas últimas por su forma redonda, poseen una cavidad más grande y en consecuencia un pulpa más delgada.
- El precio de los frutos alargados es mayor en el mercado nacional y de exportación.
- Los frutos alargados facilitan el empaque.

CONCLUSIÓN

En conclusión, con tres o cuatro plantas por cada mata o poceta, se puede obtener el mayor número de plantas hermafroditas, lo que indica que con ésta cantidad de plantas la mayoría de frutos serán comerciales.

LITERATURA CITADA

- Muñoz C., R.M y Martínez A., C.O. 2009. Paquete tecnológico para la producción de papaya. Fundación Produce Sinaloa y SAGARPA p.19.
- Vázquez G., E.; Mata V., H.; Ariza F., R.; Santamaria B., F. 2010. Producción. Producción y Manejo Postcosecha de papaya Maradol en la planicie Huasteca. Campo Experimental las Huastecas. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. Diciembre 2010, Libro técnico No.4.

Referencias informáticas

- Hernández, F. 2014. Agro-tecnologia-tropical.com/sexo_de_las_lechosas.html
- Papayas Buenavista, S.P.R de R.L 2015. <http://papayasbuenavista.com>

ENFERMEDADES FÚNGICAS EN HELICONIACEAE, ZINGIBERACEAE Y MUSACEAE DE ORNATO EN TABASCO

FUNGAL DISEASES IN HELICONIACEAE, ZINGIBERACEAE AND MUSACEAE ORNAMENTAL IN TABASCO

Ortiz GCF¹, Ramos HE¹, Terán VN¹, Saldaña HMI²

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Periférico Carlos a Molina Carretera Cárdenas – Huimanguillo km 3.5 s/n H. Cárdenas, Tabasco. ²Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Carretera a Frontera Km. 17.5 Prol. Ignacio Zaragoza S/N Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: cfortiz@colpos.mx.

RESUMEN

Las heliconias son plantas establecidas en el trópico húmedo que se han adaptado a condiciones de alta precipitación y temperaturas, su forma más común de cultivarse es bajo sombra. Sin duda alguna, este grupo de plantas se encuentran sujetas al ataque continuo de agentes patológicos. Con el objetivo de diagnosticar, cuantificar incidencia y determinar la importancia de las principales enfermedades fúngicas presentes en algunas especies de las familias Heliconiaceae, Zingiberaceae y Musaceae de ornato en Tabasco se realizaron recorridos durante un año en plantaciones establecidas de los municipios Cárdenas, Comalcalco, Centro y Teapa del estado de Tabasco. Se reconocieron enfermedades en 27 especies de plantas de ornato de las familias: Heliconiaceae (18), Zingiberaceae (5), Musaceae (3) y otra especie perteneciente a la familia: Dracaenaceae (1). Los principales hongos fitopatógenos que se encontraron en follaje e inflorescencias fueron de los géneros: *Puccinia*, *Cordana*, *Helminthosporium*, *Pyriculariopsis*, *Curvularia*, *Helminthosporium*, *Lasiodiplodia* y *Periconia*, los cuales han sido reportados como fitopatógenos para este cultivo en otras zonas tropicales del continente. La especies más abundantes fueron *Puccinia* sp y *Cordana* sp.

Palabras clave: Heliconias, hongos fitopatógenos, *Puccinia* sp.

INTRODUCCIÓN

Las heliconias son plantas establecidas en el trópico húmedo que se han adaptado a condiciones de alta precipitación y temperaturas, su forma más común de cultivarse es bajo sombra. Sin duda alguna, este grupo de plantas se encuentran sujetas al ataque continuo de agentes patológicos. Estos patógenos presentan la ventaja de desarrollarse en ambientes tropicales con alta humedad relativa y con la presencia de follaje durante todo el año, provocando pequeñas pérdidas o convirtiéndose en factor limitante para la producción y calidad en las flores y follajes. Por otro lado, el aumento de la superficie cultivada de especies vegetales con interés económico y a través de los años del cultivo, crean un ambiente que favorece el desarrollo y la manifestación de los problemas fitosanitarios. Aunado a esto, estudios realizados por Escalona *et al.* (1992) en Colombia, documentaron que conforme se incrementa la superficie de cultivo de heliconias con fines comerciales, se aumenta la presencia de enfermedades y la diversidad de microorganismos que se asocian a este cultivo, lo que puede llegar a ocasionar pérdidas de hasta un 30% en el ciclo de la producción. Los principales agentes etiológicos causantes de enfermedades son hongos, bacterias, virus y nematodos; muchos de estos patógenos han sido registrados en países productores con fines comerciales como son: Brasil, Hawái, Colombia, Costa Rica, Venezuela y fuera del continente americano, en Papúa Nueva Guinea (Madriz *et al.*, 1991; Sewake y Uchilda, 1995; Lins y Coelho, 2004; Alarcón, 2007; Serra y Coelho, 2007; Rabelo, 2007; Liberato *et al.*, 2008; Villalobos *et al.*, 2009).

En estos países, Americanos y Oceanía, se han descrito más de 50 géneros atacando las plantas de las familias Heliconiaceae, Zingiberaceae y Musaceae; 40 géneros de hongos causando enfermedades en follaje, de los cuales *Rhizotocnia* y *Fusarium* se reportan como patógenos en raíces y seudotallos; además cinco géneros atacando raíces y cinco pseudotallos.

López *et al.* (2005) mencionan que los problemas más comunes que presentan las heliconias son lo provocados por los hongos: *Phytophthora* (pudrición radicular) y *Pythium* (pudrición del tallo). Otro problema fitosanitario, es el manchado de la flor causada por fumagina y presencia de hormigas, que dificulta manejo y cosecha, en el cultivo de *H. rostrata*, ocasionando reducción en la superficie del cultivo.

Actualmente, en México y en el estado de Tabasco se desconocen las causas e importancias que representan los problemas fitosanitarios para el cultivo de heliconias con fines comerciales, esto principalmente es un factor limitante

para que los productores puedan competir en el mercado nacional o internacional ofreciendo plantas de ornato y follaje de corte de buena calidad.

Debido a esta problemática se planteó como objetivo diagnosticar, cuantificar incidencia y determinar la importancia de las principales enfermedades fúngicas presentes en algunas especies de las familias: Heliconiaceae, Zingiberaceae y Musaceae cultivadas como plantas ornamentales de flores y follaje de corte en los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Centro y Teapa del estado de Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo es la partida de un diagnóstico de Enfermedades de Heliconiaceae, Zingiberaceae y Musaceae de ornato en Tabasco, realizado en conjunto con la Asociación de Productores de Flores y Follajes Tropicales S. de R. L. de C.V.

Colecta del material. El diagnóstico de las principales enfermedades se realizó en 27 especies de plantas de ornato de las familias: Heliconiaceae (18), Zingiberaceae (5), Musaceae (3) y otra especie perteneciente a la familia: Dracaenaceae (1), durante un año (Cuadro 1); distribuidas en cinco parcelas comerciales de productores asociados, con cultivos de plantas ornamentales de flores y follaje de corte, ubicados en los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Centro y Teapa del estado de Tabasco. Las colectas de las especies tropicales fueron divididas en cuatro etapas, de acuerdo a las cuatro estaciones del año.

Los recorridos en campo iniciaron en otoño 2010 en las cinco parcelas de productores: Sak' Ya (Comalcalco), Priego (Cárdenas), Medellín y Madero y Tumbulushal (Centro), Galeana (Teapa), y así sucesivamente para cada estación del año: otoño-invierno del 2010 y primavera-verano del 2011 durante un año. Fueron consideradas las partes vegetales de las familias más importantes de la orden Zingiberales y otra orden.

Para el diagnóstico de las enfermedades, en cada lote de las especies sembradas se llevó a cabo recorridos detallados por cada especie, se observó el aspecto general de las plantas, con énfasis en las que presentaron síntomas de clorosis, manchas foliares, partes marchitas y podridas, fueron colectadas, y de estas se tomaron muestras de los diferentes órganos que presentaban daños (hojas, flores, pseudotallos, cormos, raíces), para su análisis en laboratorio. La severidad de cada enfermedad por planta se calculó en porcentaje, al considerar la proporción

del tejido enfermo sobre tejido sano. Por otra parte, la incidencia de cada especie vegetal, se realizó al determinar el número total de plantas sanas y enfermas por cepa.

Enfermedades fúngicas. La sintomatología de cada enfermedad encontrada en campo, se describió de acuerdo con las metodologías de López (1979), French y Hebert (1982).

Para la identificación de hongos causales de enfermedades, dentro de los lotes se colectó tejido enfermo, posteriormente se guardó y etiquetó en bolsas ziploc para su transporte al laboratorio de Fitopatología, en el Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco.

Las muestras que presentaron síntomas y signos de evidentes hongos fueron sometidas directamente bajo el microscopio estereoscópico, posteriormente se realizaron preparaciones semipermanentes en portaobjeto con lactofenol claro.

Cámara húmeda. Las secciones de material vegetal con síntomas fueron lavadas con agua corriente, desinfectadas con hipoclorito de sodio al 3% por 3 min, luego lavadas tres veces con agua destilada estéril, secadas sobre papel de filtro estéril y finalmente colocadas en cámaras húmedas por cinco días bajo luz fría continua. Simultáneamente, trozos del mismo tejido, previamente desinfectados, fueron sembrados en placas Petri con agar, papa y dextrosa (APD). El material fue incubado a temperatura ambiente, por un periodo de ocho días.

Transcurrido el período de incubación, y confirmada la presencia de estructuras fúngicas en los trozos del material vegetal, colocados en cámara húmeda y en medio de cultivo, se procedió a la preparación de láminas con muestras de micelio, esporas, acérvulos, picnidios, peritecios, etc., para ser examinadas al microscopio compuesto.

Análisis del material colectado. Los cortes longitudinales de las muestras fueron colocadas en portaobjetos con lactofenol y cubreobjetos, para ser observados en microscopio óptico. Las láminas fueron fotografiadas con una cámara marca Cannon modelo powershot G10 con el objeto en 40 y 100 X. La descripción e identificación de los hongos se realizó comparando las características de las estructuras observadas con las descritas por Alexopoulos (1979), Montes (1992) y Barnett *et al.* (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestran las enfermedades en las diferentes épocas del año: otoño-invierno 2010, primavera-verano 2011 en las cinco parcelas de productores: Sak'Ya (Comalcalco), Priego (Cárdenas), Medellín y Madero y Tumbulushal (Centro), Galeana (Teapa), durante un año. Se encontraron ocho enfermedades fúngicas presentes en el follaje en las familias: Heliconiaceae, Zingiberaceae, Musaceae.

Se encontraron 27 plantas con follaje e inflorescencias con presencia de hongos, identificándose la presencia de seis géneros: *Puccinia*, *Cordana*, *Helminthosporium*, *Pycnariopsis*, *Curvularia*, *Lasiodiplodia* y *Periconia*.

Se han registrado un total de 40 géneros de hongos causando enfermedades foliares en las familia Heliconiaceae (de mayor importancia), Zingiberaceae y Musaceae en Brasil, Hawái, Colombia, Costa Rica, Venezuela, encontrándose que el género *Bipolaris* es el que más especies aporta (siete), seguido de los géneros *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Curvularia*, (tres especies cada género); en este mismo análisis se reportan cinco géneros causando enfermedades en raíces y cinco seudotallos (Madriz *et al.*, 1991; Sewake y Uchilda, 1995; Lins y Coelho, 2004; Alarcón, 2007; Serra y Coelho, 2007; Rabelo, 2007; Liberato *et al.*, 2008; Villalobos *et al.*, 2009). En el estado de Tabasco López *et al.* (2005) reportan (la pudrición radicular (*Phytophthora*) y pudrición del pseudotallo (*Pythium*) en la familias heliconaceae, las cuales no se encontraron en el presente trabajo, debido a la ausencia de encharcamientos por el manejo que se en las parcelas de los productores.

Las características más importantes de las enfermedades con mayor abundancia y de mayor impacto económico dentro de las plantaciones de heliconias, para lo cual se describen el nombre de la enfermedad y su agente causal.

Roya causada por *Puccinia* sp

La *Puccinia* sp, es la enfermedad que afectó al mayor número de especies de heliconias; en otoño-invierno del 2010 en el vivero Tumbulushal se encontró presencia de este hongo en cinco especies de heliconias durante otoño-invierno del 2010 y de igual manera en la evaluación realizada en primavera del 2011 se observó en dos especies nuevas de heliconias como la *H. bother* y la *H. stricta* cv. Tagami. En verano del 2011 solo se encontró en una especie de heliconia con baja incidencia y en un solo sitio de muestreo, lo que demuestra el gran número de

hospederos dentro de la familia Heliconiaceae, asociándose principalmente a las siguiente especies: *H. secunda* o Pico de Tucán; *H. psitacorum* cvs: Golden torch, Andromeda y Fuchsia; *H. Stricta* cv. Tagami y *H. bother* además de *H. collinciana* (Cuadro 1). Villalobos *et al.* (2009) en Costa Rica, señala la gran capacidad que tiene el género *Puccinia* para colonizar especies de la familia Heliconiaceae en las hojas. La especie *H. psitacorum* cv. Sassy e Vicente Red es afecta por *P. heliconiae* en plantaciones comerciales en Brasil (Lins y Coelho, 2004), este hongo presenta importantes niveles de incidencia y severidad parasitando en plantas cultivadas de interés floral en Colombia por lo cual podría convertirse en limitante de estos cultivos, principalmente de Heliconias (Pardo, 2006). El primer reporte de *P. heliconiae* en *Heliconia* sp. Papua Nueva Guinea (fuera del continente americano) fue hecho por Liberato *et al.* (2008).

La sintomatología característica de esta enfermedad es la de producir lesiones foliares conocidas como pústulas que en su estado de madurez rompen la epidermis y liberan las uredosporas que causan nuevas infecciones o liberan teliosporas para continuar su ciclo de vida. Los síntomas sobre las hojas se manifiestan inicialmente como pequeños puntos cloróticos en la hoja que se tornan de color café con centro más oscuros. Al madurar las pústulas de las uredosporas que son de color amarillo, quedan expuestas al aire e inician su dispersión hacia nuevas plantas.

Cuadro 1

Enfermedades diagnosticadas de las familias Heliconiaceae, Zingiberaceae y Musaceae. Sitio de colecta durante otoño-invierno del 2010 y primavera 2011

Patógeno/Nombre de Enfermedad	Especie vegetal	Otoño – Invierno 2010					Primavera –Verano 2011				
		Chontalpa		Centro		Teapa	Comalcalco		Centro		Teapa
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<i>Puccinia</i> sp. / Roya	<i>H. psitacorum</i> cv. Golden Torch	E		E	E	E	S		S	S	S
	<i>H. psitacorum</i> cv. Andromeda	E		E			S		S		
	<i>H. psitacorum</i> cv. Fuchsia			E					S		
	<i>H. secunda</i>	E		E					E		
	<i>H. bother</i>						E		E		E
<i>Puccinia</i> sp. parasitada por <i>Daruca</i> sp. /Roya parasitada	<i>H. stricta</i> cv. Tagami		E	E					E	S	
	<i>H. secunda</i>	E		E	E		E		E	S	
	<i>H. bother</i>									E	
<i>Cordana</i> sp./Mancha cordana	<i>H. collinciana</i>			E					S	S	
	<i>H. wagneriana</i> cv. Cream	S	E				S	S			S
	<i>H. stricta</i>			E		E			S		S
	<i>H. bihai</i> cv. Naranja					E					S
<i>Pyriculariopsis</i> sp. / Mancha oval	<i>Musa velutina</i>	E				E	S				S
<i>Helminthosporium</i> sp. /Mancha diamante	<i>H. collinciana</i>		E		E			S		S	
<i>Helminthosporium</i> sp. /Mancha café	<i>H. Psitacorum</i> cv. Fire Opal					E		S			E
Mancha <i>Curvularia</i> sp / <i>Lasiodiplodia</i> sp./ tizón foliar	<i>H. bihai</i> cv. Red					E					S
	<i>H. psitacorum</i> cv. Andromeda						E				
<i>Periconia</i> sp / Mancha foliar	<i>H. wagneriana</i> cv. Cream							E			
	<i>Zingiber spectabile</i>								E		
	<i>Tapinochilos ananassae</i>								E		

Claves de sitios de muestreo: 1. Sak' Ya; 2.Priego; 3. Tumulushal; 4. Medellín y Madero; 5. Galeana; E. planta enferma y S. planta sana.

Sin embargo, como estos patógenos son parásitos obligados, por lo que reducen la capacidad fotosintética de la planta. Esta enfermedad es considerada de importancia económica y cuarentenaria, aunque la incidencia de esta enfermedad sobre las especies de heliconias en que se encontró representa apenas el 3 % del total de plantas cultivadas, observándose esta sintomatología en las hojas más viejas dentro de la plantación. La presencia de la roya se observó con mayor severidad en plantas de diferentes especies cultivadas al sol.

La roya es producida por hongos del filum Basidiomycotina, órdenes Uredinales que son parásitos obligados de muchos cultivos (Figura 1a). Sin embargo, de manera natural se ha presentado una colonización de las pústulas de roya por el hongo *Darluka* sp., fenómeno que se encuentra ampliamente documentado en la literatura de diversos cultivos (Figura 1b).

Mancha Cordana causada por *Cordana* sp.

El nombre de esta mancha se debe al hongo *Cordana* sp., que se encontró afectando las hojas bajas de *Heliconia bihai* cv. Orange, *H. wagneriana* cv. cream, *H. stricta* y *Musa* spp, en los tres municipios de muestreo. Alarcón (2007) reporta la presencia de *Cordana* sp. en *Heliconia bihai* cv. Lobster en Colombia, difiriendo de este estudio solo por el cultivar. La presencia de este patógeno se ve favorecido por alta humedad relativa y temperaturas, así como de una deficiente nutrición de las plantas. La sintomatología inicial que se observó en el follaje se caracterizó por presentar manchas pequeñas en forma oval sobre el haz, seguidas de una coloración castaño claro con zonas concéntricas y bordes bien definidos de color café, que con el tiempo aumentan de tamaño hasta unirse unas con otras y ocasionar el secamiento parcial o total del limbo. Cuando las lesiones son maduras, estas se vuelven grandes y presentan un halo de color amarillo (Figura 1c).

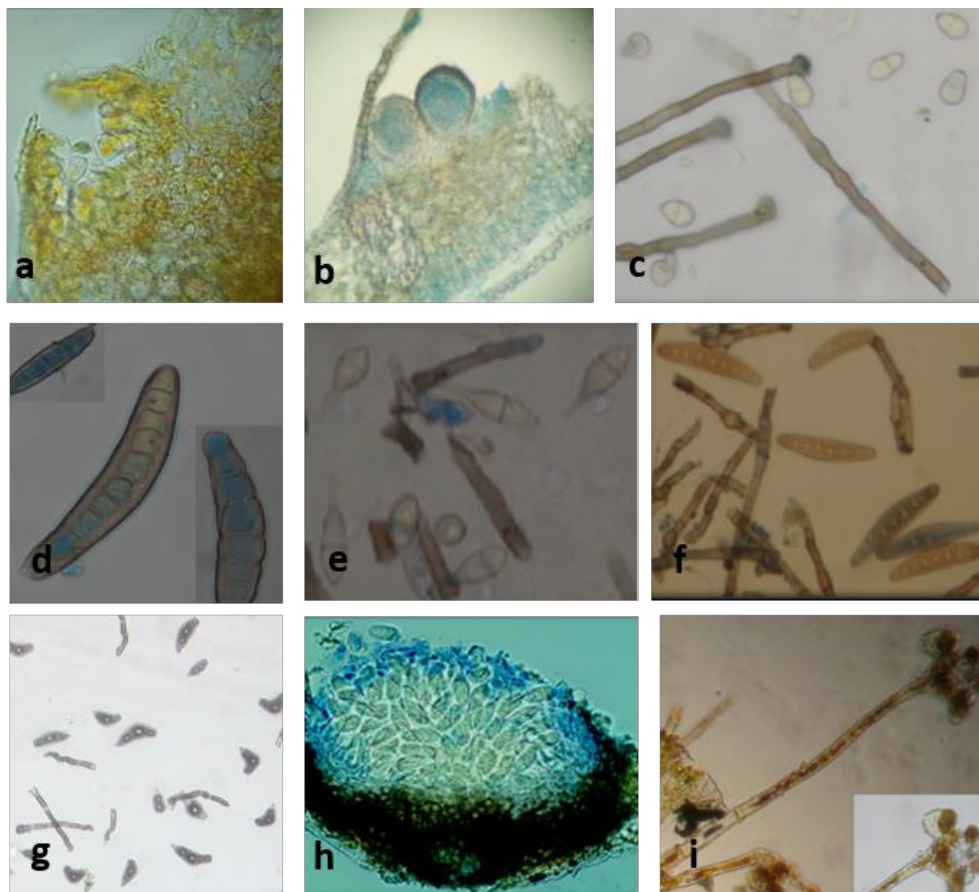


Figura 1: Estructuras fúngicas en heliconias. Uredosporas de *Puccinia* sp. en *Heliconia secunda* (a); Picnidios de *Darluca* sp parasitando a pústulas de la roya (b); conidios y conidióforos de *Cordana* sp. en *H. bihai* (c) Conidios de *Helminthosporium* sp. en *Heliconia psittacorum* cv. Fire Opale. (d); Conidios y conidióforos de *Pyriculariopsis* sp (e); conidios y conidióforos del hongo *Helminthosporium* sp. *H. bihai* cv. Red (f); conidios y conidióforos del hongo *Curvularia* sp (g); Picnidio de *Lasiodiplodia* sp en *H. wagneriana* cv. Cream (h); Conidióforo y conidio de *Periconia* sp en *Alpinia purpurata* cv. Red (i)

Mancha diamante causada por *Helminthosporium* sp

Esta enfermedad se presentó en follaje de *Heliconia psittacorum* cv. Fire opal, tanto en otoño del 2010 como en primavera del 2011, en verano de 2011 la presencia de esta enfermedad se redujo en hojas jóvenes, manifestándose en hojas viejas expuestas al sol, en el vivero Galeana del municipio de Teapa, Inicialmente la presencia de esta enfermedad se manifiesta como pequeños puntos amarillos, que aumentan de tamaño tornándose de color café y se rodean de un halo amarillo. Las manchas de talla media toman una forma rómbica. Específicamente la aparición de esta mancha en el follaje de fire opal se localiza en plantas que se encuentran cultivadas al sol, por lo que el efecto sobre la planta puede incidir en la reducción del tamaño de la misma y de la flor. Aislamientos realizados en laboratorio se encontraron que esta enfermedad se asocia al hongo del género *Helminthosporium* sp. (Figura 1d). La presencia en este estudio de *Helminthosporium* sp en hojas, coincide con lo reportado Villalobos *et al.* (2009) en Costa Rica, mencionando que este hongo se encuentra afectando afectando hojas en Heliconias.

Mancha Oval causada por *Pyriculariopsis* sp.

Esta enfermedad es ocasionada por el hongo *Pyriculariopsis* sp., el cual durante el otoño del 2010 se encontró en el follaje de *H. collinciana* en el municipio del Centro y Cárdenas, mientras que para la primavera del 2011 esta enfermedad se detectó en el municipio de Comalcalco pero en especies de heliconias diferentes, tales como la *H. psittacorum* y *H. psittacorum* cv. Andromeda, para el periodo de verano 2011, las especies se encuentran sanas debido al efecto de saneamiento que los productores realizan en sus plantaciones.

Las manchas características de esta enfermedad son en forma oval con borde definido y el centro de color marrón a negro, rodeadas con un halo amarillo. Inicialmente esta enfermedad comienza por el envés con pequeñas áreas aceitosas que conforman van madurando el centro se vuelve de color gris a blanco, donde se encuentra un ambiente favorable para el crecimiento de las estructuras fúngicas. Estas lesiones se asocian en una frecuencia del 100 % a estructuras de conidióforos y conidios del hongo *Pyriculariopsis* sp que de acuerdo con lo descrito por Alexopoulos (1979) corresponden a un Deuteromicete de la clase Hiphomicetes (Figura 1e).

De acuerdo con Sewake y Uchida (1995), *Pyriculariopsis* sp produce muchas esporas en hojas enfermas, las cuales se esparcen con el aire y agua

a otras hojas, especialmente cuando la enfermedad se presenta en el follaje de plantas maduras; por otra parte, especies de *Pyriculariopsis* han sido encontradas en plantas de banano (*Musa paradisiaca*).

Mancha café causada por *Helminthosporium* sp.

La mancha café se encontró en el follaje de *H. bihai* cv. Red en el vivero Galeana en el municipio de Teapa. Esta mancha es de color café y de formas irregulares pequeñas y con halo amarillo. La parte central de esta mancha es propicia para el desarrollo de estructuras de conidios y conidióforos de hongos del género *Helminthosporium* sp. (Figura 1f).

Este patógeno fue reportado en Colombia por Alarcón (2007), donde se encontró afectando principalmente a *H. wagneriana* cv. Peterson, *H. rostrata* y *H. orthotricha* cv. Red, documentando que este organismo destruía la superficie de la hoja y parte del pseudotallo, produciendo pérdidas considerables en la producción de heliconias.

Mancha café causada por *Curvularia* sp

Esta mancha café se encontró en hojas de la especie *H. psitacorum* cv. Andromeda, la cual se colectó en el vivero Sak' Ya en el municipio de Comalcalco, esta mancha es nueva para el muestreo realizado en primavera del 2011. Se presenta comúnmente como manchas ovaladas, translúcidas de color café marrón en el centro con un halo amarillo-claro alrededor, se encuentra distribuido sobre toda la hoja. En el centro de las manchas se pueden observar la presencia puntos oscuros que corresponde a estructuras fructíferas (conidios y conidióforos) de hongos del género *Curvularia* sp (Figura 1g). Madriz *et al.* (1991) identificaron los hongos que afectan algunas especies de heliconias encontrando que *Curvularia* sp. fue el hongo con un porcentaje menor a 17 % de presencia en las hojas de *Heliconia caribaea*, *H. revoluta*, *H. rostrata* y *H. latispatha*. *Curvularia* sp. ha sido confirmado como causante de manchas en hojas (Lins y Coehlo, 2003; Villalobos *et al.*, 2009) e inflorescencias (Alarcón, 2007) de *Heliconia* spp.

Tizón foliar causado por *Lasiodiplodia* sp.

Este tizón es causado por el hongo *Lasiodiplodia* sp. Se encontró en follaje de *Heliconia wagneriana* cv. Cream y maicera, reduciendo la capacidad fotosíntesis

de la planta. Se presenta comúnmente con manchas de color café-claro de forma irregular con bordes bien definidos, rodeados por halos amarillos, en el centro de la mancha se presenta cuerpos fructíferos, estas se distribuyen sobre el borde de la hoja (Figura 1h). Este hongo no se encontró reportando como causante de enfermedad en heliconias.

Mancha foliar causada por *Periconia* sp.

La mancha es causada por *Periconia* sp., se encontró atacando plantas de las especies *Zingiber spectabile* y *Tapeinochilos ananassae*. Esta mancha es circular e inicia como un pequeño punto de color café en el haz de la hoja, cuando las manchas se encuentran en estado de madurez muestran un aspecto húmedo, con el centro de color café rodeada con un halo amarillo-claro en la parte concéntrica (Figura 1i). La superficie de cultivo es mínima.

CONCLUSIONES

- La población hongos fitopatógenos en heliconias es muy abundante, detectándose ocho especies de hongos, los cuales, han sido reportados como fitopatógenos para este cultivo.
- La especie más abundantes fueron *Puccinia* sp y *Cordana* sp.

LITERATURA CITADA

- Alarcón, J. 2007. Enfermedades en la producción de Heliconias en los Departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío. *Agron.* 15:45-61.
- Alexopoulos, C.J. y Mims, C.W. 1979. *Introductory mycology*. Tercera edición. John Wiley & Sons. New York, Estados Unidos de América. 632 pp.
- Barnett, H.L. 1972. *Illustrated genera of imperfect fungi*. Tercera edición. Burgess Publishing company. Estados Unidos de America. 239 pp.
- Belalcazar, C.S. 1991. *El cultivo del plátano en el trópico*. Manual de asistencia técnica ICA. No.50. Colombia. 375 pp.
- Castaño, J. y Del Río, M.L. 1997. *Manual para el diagnóstico de hongos, bacterias, virus y nemátodos fitopatógenos*. Honduras: Zamorano Academic Press. 290 pp.

-
- De la I, B.M. 1984. Fitopatología. Editorial Futura S.A. 1ª. Edición. México D.F. p. 83-89.
- Escalona, F., Maciel, N. y Renaud, J. 1992. “Un manchado de las inflorescencias de Heliconias”. Fitopatología Venezolana, 5:30-32.
- French, E.R., y Hebert, T.T. 1980. Métodos de investigación fitopatología. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica. 148 pp.
- Fucikovsky, L. 2002. Diseases of some tropical and subtropical plants caused by bacteria, phytoplasmas and spiroplasmas. Universidad de Guadalajara-Colegio de Postgraduados. México. 175 pp.
- Jerez, E. 2007. El cultivo de las heliconias. Cultivos Tropicales. 28:29-35.
- Liberato, J., Ray, J. y Gunua, T. 2008. *Puccinia heliconiae* on *Heliconia* sp. in Papua New Guinea. Australian Plant Disease Notes. 3:132-134.
- López, A.G.F. 1979.; Técnicas de uso común en el manejo de hongos fitopatógenos. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 50 pp.
- López, A.; Pérez, J.; Sosa, C.; Mejía, J. y Bucio, L. 2005. El cultivo de plantas Ornamentales Tropicales. Instituto para el desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco-Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. 177 pp.
- Maza, V. 2004. Cultivo, cosecha y poscosecha de Heliconias y flores Tropicales. Primera edición. Jardín botánico. 193 pp.
- Pardo, V. 2006. Uredinales de plantas cultivadas de interés floral en Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía –Medellín. 59:3335-3353.
- Sewake, K. y Uchida, J. 1995. Diseases of Heliconia in Hawaii. College of Tropical Agriculture and Human Resources-University of Hawaii. Research Extension series 159:18 pp.
- Villalobos, J., Cárdenas, F. y Cordero, J. 2009. Lista de enfermedades de los cultivos agrícolas y forestales de Costa Rica, 2009. San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería-Servicio Fitosanitario del Estado-Diagnóstico Fitosanitario.13 pp.

HELICONIAS SILVESTRES CON POTENCIAL ORNAMENTAL, EN EL CAMPO EXPERIMENTAL ROSARIO IZAPA, TUXTLA CHICO CHIAPAS

HELICONIAS WILD WITH ORNAMENTAL POTENTIAL IN THE FIELD EXPERIMENTAL ROSARIO IZAPA, CHIAPAS TUXTLA CHICO

Olivera de los SA¹, Ortiz CS¹, Avendaño ACH¹, Grajales SM¹, Iracheta DL¹, Canul KJ², Cortés CM³, Contreras T³

¹Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP, Km. 18 de la Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas. C.P. 30870. México. ²Campo Experimental Zacatepec-INIFAP, Km. 0.5 de la Carretera Zacatepec-Galeana, Zacatepec, Morelos. C.P. 62780. México. ³Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP, Boulevard de la Biodiversidad No. 400, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. C.P. 47600. México).

Autor para correspondencia: olivera.aida@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Las heliconias son plantas asombrosas; no solo por la belleza de sus flores sino por el aporte importante al desarrollo de un ecosistema tropical, ya que son un elemento importante en la historia de la vida de una amplia variedad de biotas como las aves, mamíferos, insectos, murciélagos, e incluyendo a los protozoarios de importancia económica por ser plagas o patógenos en cultivos de plátano y banano. Las heliconias se han convertido en flores de corte muy populares especialmente en países en donde no pueden cultivar, además de su uso de hojas para preparar alimentos. Sus inflorescencias poseen un alto precio unitario por su larga vida en florero, su tamaño y sus exóticas formas y colores, además de proyectar una imagen innovadora en los sitios donde se colocan. Sin embargo es una de las especies que se está extinguiendo, debido a la deforestación y el cambio climático. La gran mayoría de estas especies el 98 % se distribuyen en Centro, Sudamérica y el Caribe, y México es el centro de origen y diversidad genética de 16 de ellas. He ahí la importancia de conservar y preservar nuestros recursos genéticos. El objetivo del presente estudio fue conocer la diversidad de las heliconias así como su morfología con el propósito de futuro trabajos de investigación. Se seleccionaron cinco especies de heliconias del Banco de Germoplasma de Ornamentales Tropicales, localizado en el Campo Experimental

Rosario Izapa, Chiapas (CERI), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). De acuerdo a la metodología se describieron 10 plantas y sus hojas, del centro de cada franja de 23 plantas.

Palabras clave: características, heliconias, nativas, morfología

INTRODUCCIÓN

Las plantas ornamentales tropicales, se destacan por su potencial económico, basado en los bajos costos de los sistemas de producción, principalmente porque no se invierte en invernaderos como ocurre en climas templados, aunado a la gran productividad de los mismos, debido a que la mayoría de estos producen generalmente todo el año. En este catálogo se describen, cinco especies de la familia Heliconacea del Banco de Germoplasma de Ornamentales Tropicales, el cual alberga más de 59 especies de diferentes familias, estos materiales se han utilizado como materia prima de investigaciones y un medio de transferencia de tecnología y de capacitación, ha sido visitado por técnicos, empresarios y estudiantes de diferentes instituciones.

Las heliconias se han convertido en flores de corte muy populares especialmente en aquellos países en donde no pueden ser cultivadas, además de su uso de hojas para preparar alimentos. Sus inflorescencias poseen un alto precio unitario por su larga vida en florero, su tamaño y sus exóticas formas y colores, además de proyectar una imagen innovadora en los sitios donde se colocan (Rodríguez, 2005).

Sin embargo muchas de estas especies se están extinguiendo, debido a la deforestación y el cambio climático. La gran mayoría de estas especies el 98 % se distribuyen en Centro, Sudamérica y el Caribe, y México es el centro de origen y diversidad genética de 16 de ellas (Jerez, 2007). El objetivo del presente estudio fue conocer la diversidad de las heliconias así como su morfología con el propósito de futuro trabajos de investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. Las heliconias, objetos de estudio pertenecen al Banco de Germoplasma de Ornamentales Tropicales, ubicada en el Campo experimental

Rosario Izapa, Chiapas, localizado en el km 18 de la carretera Tapachula-Cacahotán, en el Municipio de Tuxtla Chico, a 430 msnm. Las condiciones climáticas son tropicales húmedo (Am (w”)), con lluvias todo el año; aproximadamente de 3000 mm de precipitación anual, en los meses de abril a octubre, con una temperatura media anual de 26 °C.

Material vegetal. Las plantas a caracterizar se determinaron a través de un recorrido de campo, seleccionando accesiones que contaran con mayor a cinco plantas en floración, libres de daños por plagas o enfermedades. Las especies seleccionadas fueron: *Heliconia collinsiana* Grigg, *Heliconia latisfata mexicana* Goold, *Heliconia spissa* Griggs, *Heliconia vaginalis* y *Heliconia latisfata* (Bijagua).

A la plantación se le aplica un manejo agronómico manual, con riegos de auxilio en la época seca, sin la aplicación de pesticidas para el control de plagas y enfermedades, se han colocado trampas artesanales para controlar los roedores, solo se realizan dos aplicaciones de fertilizante “triple 17” al inicio y término de la época lluviosa.

Metodología. De los cinco materiales seleccionados se tomaron 10 plantas lo más homogéneas posibles en cuanto a tamaño y etapa de floración, los cuales se describieron sus caracteres de acuerdo a la descripción de Maza y Builes (2000). En este caso nos referimos a los caracteres foliares externo, se midieron variables cuantitativas como: longitud de la planta, longitud de la hoja, longitud de la inflorescencia, diámetro del tallo, entre otros. Las variables cualitativas como forma y color se realizaron a través de visión directa.

Las variables relacionadas a la hoja se consideró el promedio de la medida de 10 plantas en floración fisiológica, estas mediciones se realizaron en las primeras horas de la mañana para evitar que la hoja se deshidrate, las variables cualitativas se realizaron en forma visual sobre: presencia de pubescencia y cal, así como la forma de la punta de la hoja, separación del pedicelo, color de la inflorescencia, tipo de crecimiento etc. Y en cada fase de medición se tomó el historial fotográfico.

Para estudios de inflorescencias se tomaron los datos de 10 inflorescencias separadas en forma al azar del grupo de plantas seleccionadas y se evaluaron los siguientes caracteres: longitud total de la inflorescencia (medida desde el nudo 1 ó nudo original, del cual parte el entrenudo basal, hasta el extremo distal de la florescencia principal), número de brácteas por nudo; pubescencia y color (de brácteas, raquis, sépalos, ovario y pedicelo). La longitud total de la flor se midió

desde la base del ovario hasta el ápice del estaminodio más largo. La longitud del tubo floral se midió desde la base de los sépalos hasta el punto en el cual el estilo se separa del estambre.

Para medir la ramificación de los rizomas, se consideró a 1 plantas por especie, en un área de 4m², se despejó de malezas y se desenterraron limpio en un área de 2x 2m.

Una vez estudiado los rizomas sobre número de yemas, tipo de crecimiento, rizomas potenciales y peso. Posteriormente se enterraron nuevamente para recuperar la planta. (Iracheta *et al.* 2013).

En este primer ensayo se midieron con base a los descriptores, posteriormente se definirán aquellos que sean determinantes en la caracterización. Los que se consideraron fueron: 1. AP (m)= Altura de la planta en metros, 2. LTI= Largo del tallo hasta la inflorescencia, 3. DT= Diámetro del tallo, 4. LH-AH=Largo de la hoja-Ancho de la hoja, 5. TP= Tipo de inflorescencia 6. N.B= Numero de brácteas, 7. C.B= color de la bráctea y 8. TF= Tamaño de la flor.

Captura de la base de datos. Cada material que se caracterizó se identificó con el número de ingreso al banco de germoplasma y con sus respectivos datos de pasaporte (información de procedencia y fecha de colecta), así como las características específicas de la especie, la etiqueta contiene nombre científico, fotografía de la flor y el número de identificación correspondiente. La información y medidas se tomaron en un formato previamente elaborado y se vaciaron en hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010, con la finalidad de analizar su análisis.

Material fotográfico. Las evidencias fotográficas se tomaron con una cámara Sony NEX-5 de Alta resolución, editando las imágenes con el programa Adobe Photoshop CS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. *Heliconia collinsiana* Griggs

Nombre común: Platanillo, platanillo colorado. **Época de Floración:** julio – noviembre. **Altitud:** 100 - 450 msnm. **Hábitat:** Selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia. **Distribución:** México (Nayarit, Jalisco, Michoacán,

Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Guerrero, Chiapas); Guatemala a Nicaragua. **Plagas y enfermedades:** Trips, pulgones, araña roja y nematodos, entre otros. **Usos:** Ornamental.

Descripción Morfológica. Son plantas con un promedio de 3.5 metros de alto; pseudotallos, erecto, redondo a ovalado, de 2.3 m de alto, con un diámetro de tallo hasta la parte media de 3.4 cm de ancho, entrenudos de 33.9 cm, ligeramente acalados. En la Figura 1 se puede apreciar esta planta. Hojas Robustas largas pecioladas verde, erectas, redondeado a ovalado, con un promedio de 5 hojas por planta, de 1.12 cm de largo, 31.9 cm de ancho, base abrazadora, laminas oblonga a menudo de un metro de largo o más y de hasta 40 cm de ancho, poco acuminadas y a menudo desiguales en la base.

Normalmente glaucas y pálidas en la parte de abajo, a veces pubescente o poco pilosa, el envés a veces toma el color verde con la edad, un haz verde-oscuro pulverulento, oblongo- lanceolado, base oblicua, nervio central, verde - amarillento, pulverulento, pubescente, nervios secundarios pinnado-paralelos; con un pedicelo de 41.44 cm. En el Cuadro 1 se presentan algunas variables cuantitativas y cualitativas de esta especie.

Inflorescencia colgante, con un tamaño promedio de flor de 63.4 cm y un peso de 172 gramos, número de brácteas 9.6, largo 11.28 cm, ancho 3.03 cm, helicoidal; pedúnculo de color rojo oscuro o rojo claro.

A menudo densamente pubescente, sobre todo en el raquis, verde en la base, redondo a ovalado, las brácteas ampliamente espaciadas, lanceoladas, extendidas o uniformemente flexionadas, largas atenuadas, flores largas pediceladas de color amarillo.

Raquis flexionado o casi en zigzag, pálido, fruto amarillo pálido o rojizo. Una característica de distinción de esta especie es el color Amarillo oro de las Flores, que empujan fuera de las brácteas. Raíz tiene una forma semiovalada con un peso de 1-7 kilogramos.



Planta



Haz Envés

Hoja



Inflorescencia

Figura 1. Características morfológicas de una planta de *Heliconia collinsiana* Griggs. Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. 2014.

2. *Heliconia lathispatha* México gold

Nombre común: Platanillo, flor de papagallo. Época de Floración: Junio- septiembre. Altitud: 0-150 msnm. Hábitat: Selva alta perennifolia, selva alta subperennifolia, selva mediana subcaducifolias, selva baja perennifolias, selva baja subperennifolia inundable, dunas, hidrófilas emergentes. Distribución: México. América Central, Colombia y Venezuela. Plagas y Enfermedades: Nematodos, Fusarium, erwinia *sp.* Usos: Ornamental

Descripción Morfológica. Plantas robustas, normalmente de 2-5 metros de alto; pseudotallo erecto; semiaplanado, largo del tallo 1-2 m, con un diámetro de tallo hasta la parte media de 39-42 mm. Entrenudos de 20-35 cm, tallo de color verde tornando a café, no presenta pruina. En el Cuadro 1 se presentan algunas variables cuantitativas y cualitativas de esta especie.

Hojas pecioladas, oblongas, tamaño de la hoja 90- 1.50 cm de largo, 31-39 cm de ancho con un pedicelo de 19-60 cm poco acuminadas, redondeadas a subcortadas y usualmente oblicuas en la base, verde amarillentas en el haz, envés lustroso, ligeramente verde, no presenta acalamiento. En la Figura 2 se puede apreciar esta planta.

Inflorescencia erecta, con un número de brácteas de 9-11, largo 8-10 cm, ancho 4-5 cm, tiene una inflorescencia terminal, presenta muy poca velloidad, en las brácteas presenta manchas rojas, helicoidal, de un peso promedio de 100-200 gramos y un tamaño de 30-80 cm; pedúnculo verde naranjado, erecto, ligeramente curvado en la parte superior, pubescente; raquis verde amarillento,

erecto, notablemente sinuoso, ápice acuminado, base abrazadora, ovario y sépalos amarillo verdoso y pedicelo blanco, pedicelo blanco y amarillo, erecto, glabro; flores en forma curvadas, 6-9 flores por espata. Fruto negro, verdes y amarillos, algunos con punta morada, glabros, ápice truncado, pardas, irregulares, alargadas, aplanadas en la parte central con margen rugoso y testa dura. Raíz semicilíndrica con peso de 1-4 kilos con número promedio de brotes por rizoma de 2-4.



Planta



Haz Hoja Envés



Inflorescencia

Figura 2. Características morfológicas de una planta de *Heliconia lathispatha* México gold. Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. 2014.

3. *Heliconia Spissa* Griggs

Nombre común: Platanillo. Época de Floración: marzo-julio. Altitud: 200-1,300 msnm. Hábitat: Bosque de encino; bosque caducifolio; selvas altas perennifolias y subperennifolias; selva baja caducifolia. Distribución: México (Nayarit, Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Chiapas); Guatemala a Nicaragua. Plagas y Enfermedades: Fusarium, nematodos. Usos: Ornamental

Descripción Morfológica. Esta especie se caracteriza por presentar espatas rojas, borde y ápice verde, helicoidales, completamente velutino Son plantas que llegan a medir de 2-4 metros de alto, el pseudotallo erecto, redondo, una altura hasta la base de la flor de 1- 3 m, largo de entrenudos de 23-45 cm, y un diámetro del tallo hasta la parte media de 2-4 cm. no presenta pruina. En la Figura 3 se puede apreciar esta planta. Hojas estas plantas no presentan pruina en el envés sin embargo las el margen entero da la apariencia a aserrado, oblongo-lanceoladas, de 1-2 m de largo, 13-58 cm de ancho, glabras, el margen, el ápice angosto y rígido, la base oblicua, el pecíolo erecto, redondo, de 33-44 cm, la base abrazadora. En el Cuadro 1 se presentan algunas variables cuantitativas y cualitativas de esta especie.

Inflorescencia terminal, erecta, helicoidal, triangular, tamaño de la flor de. 30-80 cm de largo, de 100-300 gramos, 14-21 brácteas, el pedúnculo rojo-morado, redondo a ovalado, ligeramente curvado, cubierto de pelos largos, densos, rectos y suaves. El raquis rojo- morado, erecto, ondulante, tendiente a retorcerse, brácteas verde-blanquecinas, envolventes, triangulares, membranosas, ovario amarillo - verdoso, pedicelo blanco.

Frutos azules y verdes, notablemente, el ápice truncado, el pedicelo aterciopelado; semillas, negras y paradas, irregularmente aplanadas en la sección ventral, el margen rugoso, la testa dura. Raíz la forma del rizoma es esférico con un peso promedio de 1-3 Kilos.

Según Berry and J. Kress (1991) tiene una inflorescencia erecta; de 7 a 13 brácteas espirales, amarillo con coloraciones roja en la base, las brácteas inferiores son verde claro a lo largo de la quilla y tintes rosados en la base; raquis rosa o roja; sépalos amarillos; ovario verde claro; pedicelo verdecido a amarillo, hojas laceradas en segmentos laterales. Altura de 1.2 a 3.6 metros.



Planta



Haz

Envés

Hoja



Inflorescencia

Figura 3. Características morfológicas de una planta *Heliconia Spissa* Griggs.

Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. 2014.

4. *Heliconia Vaginalis* Benth

Nombre común: Platanillo, platanillo cimarrón. Época de Floración: Marzo- julio. Altitud: 30- 200m. Hábitat: Selva alta perennifolias. Distribución: México (Veracruz, Tabasco, Guerrero, Chiapas); Guatemala a Panamá. Plagas y Enfermedades: Nematodos. Usos: Ornamental.

Es una plantas relativamente pequeña con un porte vegetativo de 96- 1.40 cm, no presenta pruina, largo del tallo a la base de la inflorescencia 60- 94 cm,

diámetro del tallo a la parte media 2.20-507mm, largo entrenudos 7.6-11.3 cm, semiaplanado. En la Figura 4 se puede apreciar esta planta. Cabe aclarar que en su habiudad la altura promedio es de 5 metros, mientras que en la Región del Soconusco solo alcanza un promedio de 1.5 metro, lo que indica que el tamaño de planta, es fuertemente modificada por el ambiente. Hojas 5-7 hojas por planta, lanceoladas con bordes en la hoja de color rojo, tamaño de la hoja 34-35.21 cm de largo, 9-12 cm ancho, pedicelo 1-9 cm separados del pedicelo de la hoja al tallo, nervios lateral remarcados, enváinate al tallo, pedicelo sami hueco, no presenta pruina.

Inflorescencia terminal, erecta, helicoidal, triangular, tamaño de la flor de 7-9 cm de largo, peso promedio de 5-6 gramos, número promedio de brácteas 2-4, largo 4-6 cm, ancho 3-5 mm, espiral, pedúnculo rojo-morado, redondo a ovalado, recto, sin tricomas. El raquis rojo, erecto, ondulante, tendiente a retorcerse, brácteas roja, envolventes, triangulares, ovario amarillo - verdoso, pedicelo blanco, raquis rojo. Flores de color amarillo casi del tamaño de las brácteas, poco acorvadas de un promedio de 4-6 flores por espatas que empujan fuera de las brácteas. Raíz en forma semicilíndrico de un peso promedio 200- 600 de gramos, con número de brotes por rizoma de 1.4., presenta crecimiento heptomorfo.

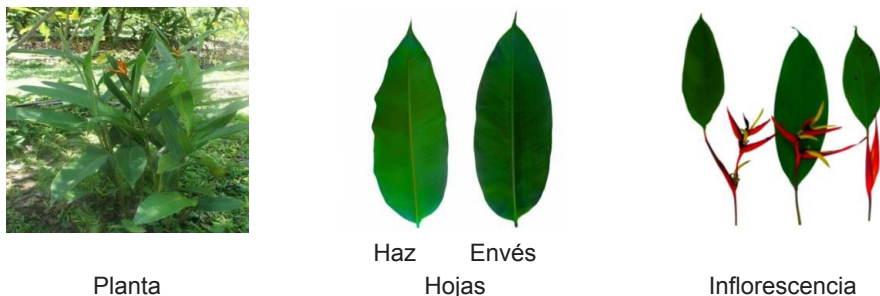


Figura 4. Características morfológicas de una planta *Heliconia Vaginalis* Benth. Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. 2014.

5. *Heliconia Lathispatha* (Bijaguaa)

Nombre común: Platanillo. Época de Floración: junio-septiembre. Altitud: 0-150 msnm. Hábitat: Selvas altas perennifolias y subperennifolias; selva mediana subcaducifolia; selvas bajas perennifolias y subperennifolias inundables. Distribución: América tropical. Plagas y Enfermedades: Fusarium, Nematodos. Usos: Ornamental

Es una planta de 1.20- 3.35 cm de alto, largo de tallo de hasta la inflorescencia de 92-1.45 cm semicilíndrico, diámetro del tallo hasta la parte media de 16.45- 21.8 mm, entrenudos de 5-27.5 cm, presenta poco acalamiento en el tallo verde dando la apariencia café, en otras colores (roja y amarilla) el tallo es de color verde claro con pequeñas manchas rojas en el talle y nervadura central de las hojas., (Figura 5). Hojas largas pecioladas verde, erectas, redondeado a ovalado, con un promedio de 4-5 hojas por planta, de 50-84 cm de largo, 19-30 cm de ancho, base abrazadora, lanceoladas, pedicelo 17-47 cm, separados del pedicelo de la hoja al tallo, nervios lateral remarcados, enváinate al tallo, pedicelo sami hueco, disposición de la hoja en espiral, no presenta acalamiento. Inflorescencia terminal, erecta, con un tamaño de flor de 24-71 cm, peso de 1-2 gramos, numero de brácteas 6-8, largo 6- 10 cm, ancho 1- 7, espiral, pedúnculo verde, redondo a ovalado, recto, sin tricomas. Cuadro 1. Se presentan algunas variables cuantitativas y cualitativas de esta especie.

El raquis amarillo tendiendo a verde, erecta, ondulante, brácteas anaranjada, envolventes, triangulares, ovario blanco con franjas verde, pedicelo blanco, raquis anaranjado, flores de color verde, con 6-9 flores por espatas. Pueden ser amarillas, rojas o de una combinación de ambos colores, en estado natural son polinizadas por los colibríes. Raíz es de crecimiento leptomorfo.



Planta



Haz

Envés

Hojas



Inflorescencia

Figura 5. Características morfológicas de una planta *Heliconia Lathispatha* (Bijaguaa). Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. 2014.

Cuadro 1

Caracterización de heliconias nativas del banco de ornamentales

Especies	AP (m)	LTI	DT	LH AH	TI	NB	CB	TF	PF	AC	PF
<i>H. collinsiana</i> Griggs	3.5	2.3	3.4	1.12 31.19	Pen	9.6	R	63.4	172	T-H	TA
<i>H. spissa</i> Griggs	3.54	2.61	2.8	1.14 40.7	Ere	16.8		62.4	214	NP	F-S
<i>H. lathispatha</i> México gold	3.17	1.58	3.3	1.26 33.7	Ere	10.4	A	64	160	NP	
<i>H. vaginalis</i> Bentham	1.18	79.2	1.5	33.7 9.6	Ere	3	R	7.5	12.22	NP	M-D
<i>Heliconia latispatha</i>	1.94	1.28	1.6	71.7 19.5	Ere	8.4	N	31.2	29.8	T	TA

AP (m)= Altura de la planta en metros, LTI= Largo del tallo hasta la inflorescencia, DT= Diámetro del tallo, LH=Largo de la hoja- AH=Ancho de la hoja, TI= Tipo de inflorescencia, N.B= Numero de brácteas, C.B= color de la bráctea, TF= Tamaño de la flor, PF= Producción de flor, AC= Presencia de cal y PF= Periodo de floración.

CONCLUSIONES

- Las cinco especies de heliconias estudiadas presentan características morfológicas particulares que permiten identificarla:
- La especie *H. collinsiana* se identifica a simple vista por sus inflorescencias grandes y colgante y sus hojas presentan en el verso el característico blanco de la cal.
- La *Heliconia lathispatha* México gold. Se identifica hasta que la planta presenta inflorescencia, ya que la planta se confunde fácilmente con otra especie.
- La *Heliconia Spissa* Griggs. Se identifica ya que el limbo de la hoja se presenta segmentado
- *Heliconia Vaginalis* Benth. Sus hojas no presentan peciolos y el hábito de crecimiento es conoide.
- *Heliconia Lathispatha* (Bijaguaa). Esta heliconia es la más abundante y cosmopolita se identifica por su inflorescencia de crecimiento erecto y de diversos colores desde rojo, amarillo a naranja.

-
- Las cinco heliconias requieren solo un 40 % de sombra y se pueden cultivar bajo un sistema de producción agroforestal.

LITERATURA CITADA

- Berry, F. y Kress, J. 1991. *Heliconia: An Identification Guide*. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- Iracheta-Donjuán, L., Olivera de los Santos A., Ortiz-Curiel S. y López Gómez, P. 2013. Propagación de heliconias. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Rosario Izapa. Folleto Técnico Número 30. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 29 p.
- Kress, W.J. 1985. Systematic of Central American Heliconia with pendent inflorescences. *J. Arnold Arbor.* 65: 429-532. . 1990a. Taxonomy of old world
- Maza, V. y Builes, J. 2000. *Heliconias de Antioquia guía de identificación y cultivo*. Ed. Gráficas Ltda. Medellín; pp. 54-58. Colombia.

REDUCCIÓN DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y USO DE BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)

REDUCTION OF CHEMICAL FERTILIZERS AND USE IN DEVELOPING BIOFERTILIZER PAPAYA (*Carica papaya* L.)

Yerbes VJA^{1*}, Santamaría BF.¹, Lozano CMG¹, Burgos DJA¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá, Antigua carretera Mérida-Motul Km 25, Mocochoá, Yucatán.

Autor para correspondencia: yerbes.alonso@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los tratamientos de fertilización al 100, 66 y 33 % con inoculación de semilla con micorriza, azospirillum, micorriza más azospirillum y sin inoculación para la variedad Maradol. El ensayo se llevó a cabo en el Sitio Experimental Uxmal perteneciente al INIFAP. Se evaluaron cuatro tratamientos de inoculación de semilla y dos tratamientos de fertilización. La preparación del suelo, instalación de acolchado plástico y el trasplante se llevó a cabo en el mes de Junio de 2014. En los resultados en el tratamiento al 100 % de fertilización Maradol con Micorriza obtuvo los valores más altos en esta variable al igual que Maradol con Azospirillum, en el tratamiento de 66 % Maradol con azospirillum muestra el mejor registro de altura con 193 cm en la tercera fecha de registro. En número de hojas en las tres fechas de registro no hubo diferencia marcada entre los tratamientos ya que se formaron grupos estadísticamente iguales. En el registro de promedios variables de fruto la mayor altura de primer fruto se registró en Maradol con micorriza más Azospirillum en el tratamiento de 66 % y 100 % no hubo mucha variación entre los tratamientos. En el tratamiento del 100 % hubo menos registro de fruto deformes y un promedio bajo en el caso de los frutos tipo cornetilla y en los frutos elongatas hubo mejor registro promedio en el tratamiento del 100 % de fertilización. En conclusión una disminución de la fertilización química permitirá una mejor asociación de los biofertilizantes con las plantas de papaya.

Palabras clave Fertilizantes, papaya, biofertilizantes, variedad, maradol.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la papaya es una de las frutas más cultivadas en el mundo y que está ampliamente distribuido en las regiones tropicales y subtropicales. A nivel mundial los mercados de frutas y hortalizas frescas se ha convertido en uno de los más dinámicos del sector de alimentos y en gran medida el crecimiento se ha favorecido con los cambios en la presencia del sector consumidor que prefieren los alimentos frescos y saludables (Feito y Portal, 2013).

La papaya es un cultivo de gran importancia comercial para el mercado nacional de México y para la exportación. México continúa con el primer lugar como exportador de papaya a los Estados Unidos, seguido de Belice y Guatemala. En 2014 México exportó a los Estados Unidos la cantidad de 6,765 contenedores de 40,000 lbs. equivalentes a 121,770 toneladas de papaya, cantidad record superando al 2009 (Propapaya, 2015).

La extensión cultivada con papaya en México supera las 20,000 ha anuales, 95% de esta superficie se establece con la variedad Maradol (SIAP, 2013). Los principales estados productores son: Veracruz, Chiapas, Michoacán, Oaxaca, Jalisco, Nayarit, Yucatán y Colima. La variedad Maradol proviene de Cuba y por su tamaño se clasifica como semienana ya que desarrolla un tronco grueso y exuberante y en los últimos años ha cobrado importancia no sólo por su exquisito sabor, sino también por sus características de duración en poscosecha y la resistencia al transporte en largas distancias. (Gil y Miranda, 2005).

Este cultivo requiere grandes cantidades de fertilizantes y agua para el crecimiento y producción continua de la planta (Nakasone y Paull, 1998). A pesar de ser un cultivo atractivo no está al alcance de muchos productores debido a los altos costos de producción, donde los fertilizantes ocupan cerca del 15 % del costo total, por lo que cualquier ahorro en este insumo repercute de manera importante en la rentabilidad del producto.

La papaya responde positivamente a la inoculación con micorrizas, se reportan incrementos en el crecimiento cuando la inoculación se realiza en etapas tempranas (Jaizme-Vega y Rodríguez-Romero, 2008). Los beneficios de la micorrización se reflejan tanto en el desarrollo como en el estado nutricional de la planta (Rodríguez-Romero, *et al.*, 2011); puede atenuar el efecto negativo de la baja disponibilidad de fósforo inorgánico sobre la fotosíntesis y el crecimiento (Nava-Gutiérrez *et al.*, 2012); e incrementa el rendimiento (Vázquez-Hernández *et al.*, 2011). La simbiosis de las micorrizas puede ser promovida por cepas bacterianas.

Azospirillum brasilense es una bacteria fijadora de nitrógeno en la rizósfera de varias especies vegetales, la aplicación combinada de las rizobacterias con *Rhizophagus intraradices* ha mostrado un efecto sinérgico en parámetros del crecimiento como la biomasa seca y el diámetro del tallo de plantas de papaya (Constantino *et al.*, 2010). El crecimiento de las plantas de papaya disminuye cuando se reduce el contenido de fósforo en la nutrición de las plantas, sin embargo, este efecto es atenuado con la asociación de micorrizas (Nava-Gutiérrez *et al.*, 2012). En otros casos se ha comprobado que el uso de los microorganismos *Rhizophagus intraradices* y *Azospirillum brasilense* pueden ser empleados para reducir los requerimientos de nitrógeno y fósforo hasta un 50 %, sin disminuir sus rendimientos (Díaz y Treviño, 2014).

En el establecimiento del cultivo de la papaya hay que considerar los factores climáticos y su comercialización en el mercado. La mejor época de trasplante es entre el 1 de Junio al 15 de Agosto esto se debe a que se tiene la ventaja en cuanto a condiciones de temperatura y humedad por lluvias que coincide con el periodo de floración y por consiguiente hay más amarre de frutos para un mayor rendimiento, y otra de las ventajas de sembrar en Junio es el periodo de siembra de semilla al inicio de cosecha dura es de 9.2 a 9.5 meses. La desventaja en este periodo de siembra es la cosecha durante los meses de Febrero-Julio que hay mucha oferta y por lo tanto los precios disminuyen pero si se pretende alcanzar un buen precio en el mercado el mejor periodo de trasplante es entre el 15 de Agosto y 15 de Noviembre ya que gran parte de la cosecha se llevaría a cabo entre agosto y Octubre que son meses en los cuales se alcanzan mejores precios. El establecimiento entre los meses de Septiembre y Noviembre el cultivo presenta una tasa de desarrollo inicial muy lenta debido a la baja acumulación de unidades calor entre diciembre y febrero y esto representa una desventaja debido a que el periodo del ciclo de siembra a inicio de cosecha se puede alargar hasta 11.8 meses (Vázquez, *et al.* 2010).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la fertilización química con la inoculación con *Rhizophagus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en el desarrollo y producción de la papaya Maradol.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Sitio Experimental Uxmal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km 75 de

la carretera Mérida-Campeche (Fed. 261), en el municipio de Muna, Yucatán ubicado en 20° 25' N y 89° 46' O. El clima es cálido subhúmedo (Aw0), con precipitación de 990 mm y temperatura media anual de 25 °C.

Se evaluaron cuatro tratamientos de inoculación de la semilla con biofertilizantes (Cuadro 1), posteriormente el tratamiento que se le dio a las plantas en fertilización en campo fue de 100 y 66 % de fertilización. El diseño de tratamientos fue de bloques completos al azar con tres repeticiones en cada tratamiento. Las unidades experimentales fueron de tres filas de siete plantas y 2.5 m de ancho entre filas y 2 m entre plantas (2,000 plantas/ha⁻¹).

Cuadro 1

Tratamientos evaluados de inoculación de semilla y fertilización en campo

Número	Inoculación de semilla	Número	Fertilización química (%)
1	Sin inocular	1	100
2	Micorrizas	2	66
3	Azospirillum		
4	Micorrizas + Azospirillum		

El terreno utilizado es de tipo mecanizado y se realizó las labores de barbecho y rastra. Posteriormente se formaron las camas de siembra y al mismo tiempo se colocó el acolchado plástico para evitar la aparición de malezas y su competencia con las plantas de papaya. Entre las camas de siembra se realizó aplicaciones de herbicidas para el control de malezas.

Para el establecimiento primero se llevó a cabo el remojo de la semilla por 72 h y después se pasaron a recipientes con telas para la germinación la cual se inició a los 8 días y se sembró la semilla germinada que fueron inoculadas con Micorriza y *Azospirillum* sp. separadas cada una y en asociación. La siembra se estableció en charolas de 200 cavidades con sustrato Sunshine® y se guardaron las charolas por tres días a media sombra y después fueron cambiados al semillero donde estuvieron cinco semanas y la fertilización del semillero se llevó a cabo a partir de la segunda semana con la solución nutritiva de 6-3-1 miliequivalentes de nitrato, fosfato y potasio recomendado por Lozano y Santamaría (2013) y hasta la quinta semana. En la cuarta semana se aplicó Imidacloprid 35 % (Confidor).

El trasplante se realizó el mes de junio y se colocaron tres plantas por cepa, posteriormente a los 60 días ya con las plantas en floración se llevó a cabo el sexado, eliminando las plantas femeninas, masculinas y plantas fuera de tipo

resultando al final una planta hermafrodita por cepa (Vázquez et ál. 2010). El diseño experimental fue de Bloques completos al azar con dos repeticiones y el análisis se llevó a cabo con el Programa Estadístico de la FAUANL (Olivares, 1994).

Se evaluaron las siguientes variables agronómicas: Altura de planta (ALPL), Número de hojas (NH), Altura del primer fruto (APF), Número de frutos (NF), Número de frutos carpeloides (NFCARP), Número de frutos deformes (NFDEF), Número de frutos pentandrias (NFPENT), Número de Frutos cornetilla (NFCORN), Número de frutos Elongata (NFELONG), Peso de fruto (PFRUT), Largo de fruto (LFRUT) y Ancho de fruto (AFRUT).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó la comparación de medias para determinar cuáles son los materiales con una mejor respuesta a los tratamientos con base en las variables registradas (Cuadro 2). En la cual viendo los grupos estadísticos que se formaron para la Altura de la planta en las tres fechas de registro, el tratamiento al 100 % de Maradol con Micorriza obtuvo los valores más altos en esta variable también se muestra que Maradol con *Azospirillum* también obtuvo valores de altos y en el tratamiento de 66 % Maradol con *Azospirillum* muestra el mejor registro de altura con 193 cm esto en la fecha de registro del 23 de noviembre. En la variable número de hojas en las tres fechas de registro no hubo diferencia marcada entre los tratamientos.

Cuadro 2

Comparación de medias de altura de planta y número de hojas en el registro de tres fechas

Fert %	Nombre	Altura de planta			Número de hojas		
		30-jun	09-sep	25-nov	30-jun	09-sep	25-nov
100	MARADOL SOLO	18.78 A	79.89 D	188.67 E	7.78A B	11.67AB	17.33AB
	MARADOL MICO	18.44 A	86.29 A	208.33 A	7.78A B	10.93 B	17.67 A
	MARADOL AZOS	16.53 B	76.56 E	195.33 C	7.33 AB	10.22 B	17.33AB
	MARADOL AZOS + MICO	14.72 C	86.00AB	199.33 B	7.00 B	11.78AB	17.33AB
66	MARADOL SOLO	14.35CD	75.11 F	178.67 H	7.56 AB	11.33AB	17.33AB
	MARADOL MICO	13.33DE	82.89 C	181.67 F	8.44 A	12.11AB	17.00AB
	MARADOL AZOS	13.00 E	84.89 B	193.00 D	8.00 AB	12.33 A	17.67 A
	MARADOL AZOS + MICO		80.44 D	184.00 E	7.11 B	11.72AB	16.33 B
	MICO	9.78 F					

*Las letras mayúsculas representan los grupos estadísticos, medias con diferente letra son diferentes.

En el registro de promedios de variables de fruto (Cuadro 3) la mayor altura de primer fruto se registró en Maradol micorriza mas *Azospirillum* en el tratamiento de 66 % de igual forma sobresale en el número de frutos junto con Maradol con Micorriza en el mismo tratamiento y en el tratamiento del 100 % no hubo mucha variación entre los tratamientos. En el tratamiento del 66 % es donde se presenta un promedio de 2.67 frutos deformes disminuyendo en el tratamiento de 100 %. Se presentó un promedio de 2.0 frutos tipo cornetilla y en el caso de frutos elongatas hubo mejor registro promedio en el tratamiento del 100 % de fertilización.

Cuadro 3

Valores promedios de variables de fruto de papaya maradol

Fert %	Nombre	Altura 1er fruto	Num. de frutos	Carpeloides	Deformes	Pentandrias	Cornetilla	Elongata
100	TESTIGO	84.67	17.00	0.67	1.33	0.00	1.00	14.00
	MICORRIZAS	82.33	17.67	1.00	1.33	0.00	0.67	14.67
	AZOSPIRILLUM	78.00	17.33	1.00	1.67	0.00	1.33	13.67
	AZOSPIRILLUM + MICORRIZAS	87.33	15.00	1.33	1.00	0.00	1.00	11.67
66	TESTIGO	75.00	16.00	0.33	2.00	0.00	1.33	12.33
	MICORRIZAS	82.67	13.33	1.00	1.67	0.00	2.00	8.67
	AZOSPIRILLUM	86.33	16.67	1.67	1.67	0.00	1.00	12.33
	AZOSPIRILLUM + MICORRIZAS	91.33	16.00	1.67	2.67	0.00	0.67	11.00

En cuanto al rendimiento de los frutos (Cuadro 4) en el peso todos presentaron grupos estadísticos diferentes el valor más alto en cuanto a peso lo registró Maradol solo en tratamiento de 66 % pero los pesos promedios en el tratamiento del 100 % son aceptables en el sentido de que tuvieron una mejor fertilización. En el caso de los promedios de largo de fruto se presentó mejor en Maradol con micorriza y Maradol solo al 100 % y Maradol solo en el 66 % esto demuestra que en el caso de Maradol solo sin inoculación aprovecha solo la fertilización química que es un factor que puede inhibir la asociación de los microorganismos con las raíces de las plantas. En la variable de ancho de fruto los se formó un solo grupo estadístico la variación entre los dos tratamientos de fertilización en el ancho de fruto no estuvo muy marcada.

Cuadro 4
Comparación de medias de rendimiento y características de fruto.

Fert %	Tratamiento	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)
100	TESTIGO	2200.67 B	25.88 AB	13.56 A
	MICORRIZAS	2108.89 C	25.22 ABC	13.28 A
	AZOSPIRILLUM	1830.00 E	24.53 C	13.42 A
	AZOSPIRILLUM + MICORRIZAS	1704.37 F	23.10 D	12.17 A
66	TESTIGO	2295.40 A	26.13 A	13.54 A
	MICORRIZAS	2031.90 D	24.81B C	12.89 A
	AZOSPIRILLUM	1645.28 H	23.28 D	12.03 A
	AZOSPIRILLUM + MICORRIZAS	1663.33 G	22.80 D	11.93 A

*Las letras mayúsculas representan los grupos estadísticos, medias con diferente letra son diferentes.

CONCLUSIONES

- Las inoculaciones de la semilla en algunos casos de los tratamientos respondieron de manera aceptable.
- Para alcanzar una mejor asociación de biofertilizante con las plantas de papaya se puede disminuir la fertilización química a porcentajes menores de lo que se aplica.

LITERATURA CITADA

- Constantino, M., Gómez-Álvarez, R., Álvarez-Solís, J.D., Pat-Fernández, J., Espín, G. 2010. Efecto de la biofertilización y los biorreguladores en la germinación y el crecimiento de *Carica papaya* L. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(2): 103-115.
- Díaz-Franco, A. and Treviño-Quintero, C. 2014. Efectividad de bioinoculantes comerciales y fertilización química reducida en características de planta y productividad de sorgo. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(1), 87-91.
- Feito M.D., Portal M. B. 2013. La competitividad en las exportaciones de papaya de México: Un análisis cuantitativo. *Revista de Análisis de Economía*,

-
- Comercio y Negocios Internacionales. Volumen 7. Núm. 2. Julio-diciembre 2013. p: 27-54.
- Gil A.I y Miranda D. 2005. Morfología de la flor y de la semilla de papaya (*Carica papaya* L.): variedad Maradol e híbrido Tainung-1. *Agronomía Colombiana* 23(2): 217-222, 2005
- Jaizme-Vega, M.C., and Rodríguez-Romero, A.S. 2008. Integración de microorganismos benéficos (hongos micorrícicos y bacterias rizosféricas) en agrosistemas de las Islas Canarias. *Agroecología*, 3, 33-39.
- Lozano Contreras M.G., Santamaría Basulto F.. 2013. Uso de biofertilizantes en la producción de planta de papaya maradol. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochoá, Mérida, Yucatán. Folleto para productores No. 2.
- Nakasone, H.Y. and Paull, R.E. 1998. *Tropical Fruits*. CAB International, Oxon, UK, 443 p.
- Nava-Gutiérrez, Y., Ferrera-Cerrato, R., Santamaría, J. M. 2012. "Glomus intraradices attenuates the negative effect of low Pi supply on photosynthesis and growth of Papaya Maradol Plants". *Journal of Botany*, 2012: 1-8.
- Olivares S.E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León.
- Rodríguez-Romero, A.S., Azcón, R., Jaizme-Vega, M.C. (2011). Early mycorrhization of two tropical crops, papaya (*Carica papaya* L.) and pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr.], reduces the necessity of P fertilization during the nursery stage. *Fruits*. 66(1) 3–10.
- Vázquez García E.; H. Mata Vázquez; R. Ariza Flores; F. Santamaría Basulto. 2010. Producción y manejo postcosecha de Papaya Maradol en la planicie huasteca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Las Huastecas, Villa Cuauhtemoc, Tamaulipas. Libro Técnico No. 4.
- Vázquez-Hernández, M.V., Arévalo-Galarza, L., Jaen-Contreras, D., Escamilla-García, J.L., Mora-Aguilera, A., Hernández-Castro, E., Cibrián-Tovar, J., Téliz-Ortiz, D. 2011. Effect of *Glomus mosseae* and *Entrophospora colombiana* on plant growth, production, and fruit quality of 'Maradol' papaya (*Carica papaya* L.). *Scientia Horticulturae*. 128: 255-260. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.01.031

Referencias informáticas

http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2010/revista-agroecologia/AgroecologiaVol3_2009.pdf. Consultado el 20 de junio de 2015.

<http://www.propapaya.org/acerca-de-la-papaya/situacion-de-la-papaya/2015>. Consultado el 10 de Junio de 2015.

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE LAS VARIETADES DE PAPAYA BS Y BS-2

YIELD AND FRUIT QUALITY OF BS AND BS-2 PAPAYA VARIETIES

Mirafuentes HF¹, Santamaría BF^{2*}, Azpeitia MA¹ y Yerbes VJA²

¹Campo Experimental Huimanguillo. INIFAP. Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas.

²Campo Experimental Mocochoá, INIFAP. Km 24 antigua carretera Mérida-Motul.

Autor para correspondencia: santamaria.felipe@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La mayoría de las variedades de papaya son susceptibles a presentar deformación de frutos cuando la temperatura ambiental es cercana a 40°C, esto se debe a que los carpelos se fusionan con los estambres formando frutos denominados carpeloides. El mejoramiento genético es una estrategia para solventar esta situación, se ha generado el híbrido MSXJ, el cual tiene buen comportamiento y calidad de fruto, sin embargo, su multiplicación puede no ser accesible a todos los productores debido a que es una variedad híbrida y la semilla procedente de sus frutos no puede ser utilizada en nuevas plantaciones.

BS y BS-2 son dos genotipos que se obtuvieron de un proceso de mejoramiento genético que inició con la cruce de la línea criolla Zapote y la variedad comercial Sunrise, son tolerantes a altas temperaturas, presentan cierta tolerancia a enfermedades y debido a que son variedades, la semilla de sus frutos puede ser utilizada en nuevas plantaciones.

El objetivo del presente trabajo fue comparar la productividad y calidad de fruto de estas dos líneas promisorias de papaya y compararlas con la variedad Maradol. Se reportan los resultados de dos evaluaciones, la primera establecida el 5 de febrero de 2013 en Cárdenas, Tabasco y la segunda establecida el 20 de junio de 2014 en el SE Uxmal, Yucatán.

Los rendimientos observados en Yucatán fueron superiores que los obtenidos en Tabasco. BS fue la variedad más productiva llegando a 148 ton. El número de

frutos por planta de las variedades Maradol y BS-2 fue similar, pero debido a que los frutos de BS-2 son de menor tamaño su rendimiento fue ligeramente más bajo.

Los frutos de las variedades BS y BS-2 son diferentes a los frutos de la variedad Maradol. BS es muy productiva pero es de menor firmeza que Maradol. BS-2 es de menor tamaño pero tiene pulpa más roja y más dulce, con la ventaja de presentar mayor firmeza.

Palabras clave: papaya, variedades, calidad de fruto.

INTRODUCCIÓN

Cuando la papaya se establece en el ciclo otoño-invierno, la floración y fructificación de los primeros bancos de frutos coincide con las altas temperaturas de abril a junio. Como consecuencia, se presenta aborto de flores o deformación de frutos.

Para solventar este problema se ha desarrollado el genotipo MSXJ con buenos resultados, sin embargo, su multiplicación puede no ser accesible a todos los productores debido a que es una variedad híbrida y el uso de la semilla proveniente de los frutos tendrá segregación por lo que la descendencia no tendrá las características deseadas.

Las líneas BS y BS-2 son dos genotipos que se obtuvieron de un proceso de mejoramiento genético que inició con la cruce de la línea criolla Zapote y la variedad comercial Sunrise, seguido de varios ciclos de autopolinizaciones para homogenizar sus características, son tolerantes a altas temperaturas y presentan también cierta tolerancia a enfermedades.

El objetivo del presente trabajo fue comparar la productividad y calidad de fruto de estas dos líneas promisorias de papaya y compararlas con la variedad Maradol

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento en campo. La primera evaluación se establecimiento el 5 de febrero de 2013 en Cárdenas, Tabasco. Se evaluó la altura al primer fruto, número de frutos alargados y deformes, tamaño de fruto, grados Brix y se estimó el rendimiento por planta y por hectárea.

La segunda evaluación se estableció en el 20 de junio de 2014 en el SE Uxmal, Yucatán, la cosecha inició en febrero de 2015. Se evaluó la producción de frutos por planta, el rendimiento por hectárea y las características de calidad de los frutos.

Calidad de fruto. Para la determinación de la calidad del fruto, se tomaron muestras de 10 frutos de cada variedad correspondientes al primer mes de cosecha. Se evaluó el tamaño con las variables de peso, largo y ancho del fruto. Cuando los frutos maduraron se determinó el color de la cáscara y de la pulpa, firmeza de la pulpa y contenido de sólidos solubles totales. El color se determinó con un colorímetro Minolta modelo CR-400. La firmeza de la pulpa se determinó con un analizador de textura Lloyd Instruments modelos TA-Plus utilizando una vareta de 10 mm de ancho que penetró 15 mm de la pulpa a una velocidad de 25 mm por minuto. El contenido de sólidos solubles totales se determinó con un refractómetro digital Atago Palette PR-101α.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el trabajo establecido en Cárdenas, Tabasco, la línea BS produjo 25 frutos alargados por planta con peso promedio de fruto de 1.6 kg por lo que el rendimiento fue de 80 ton/ha. La línea BS-2 produjo 72 ton/ha con un peso promedio de fruto de 1.2 kg. La variedad Maradol produjo únicamente 15 frutos por planta con peso promedio de 1.8 kg por lo que el rendimiento fue de solo 54 ton/ha, este bajo rendimiento fue consecuencia de la baja producción de frutos debido al aborto por las altas temperaturas (Cuadro 1).

En el contenido de sólidos solubles totales destacó la línea BS-2 con 12.0 °Brix, seguida por BS con 11.4 °Brix, la variedad Maradol tuvo 11.0 °Brix.

Cuadro 1
Producción de las variedades de papaya BS y BS-2 en Tabasco y Yucatán

	Cárdenas, Tabasco			Uxmal, Yucatán		
	frutos/planta	kg/planta	ton/ha	frutos/planta	kg/planta	ton/ha
Maradol	15	27	54	20	48	96
BS	25	40	80	31	74	148
BS-2	30	36	72	19	40	81

Los rendimientos observados en Yucatán fueron superiores que los obtenidos en Tabasco. BS fue la variedad más productiva, produjo 31 frutos por planta por lo que el rendimiento por hectárea subió a 148 ton. El número de frutos por planta de las variedades Maradol y BS-2 fue similar, pero debido a que los frutos de BS-2 son de menor tamaño, el rendimiento fue ligeramente más bajo que con la variedad Maradol (Cuadro 1).

Respecto a la calidad del fruto, los frutos de Maradol y de BS fueron de peso similar, aunque Maradol es más largo y BS es más ancho. En el color de la cáscara, se encontró que BS y BS-2 tiene ángulo del tono 74 grados por lo que son amarillo-anaranjado mientras que el ángulo del tono de Maradol es de 67 grados lo que lo sitúa en el tono anaranjado. El tono de la pulpa de Maradol y BS es similar mientras que la pulpa de BS-2 es más roja ya que baja hasta 56 granos. Maradol produjo los frutos con mayor firmeza y BS-2 tuvo el mayor contenido de sólidos solubles totales (Cuadro 2). Los valores de firmeza de BS y el contenido de sólidos solubles totales de BS-2 son similares a los valores de la variedad Siluet, tipo hawaiana, reportada por Santamaría et al. (2015), esto es congruente dado que un parental de BS y BS-2 es del tipo de papaya hawaiana.

Cuadro 2

Características de calidad de los frutos producidos en Yucatán

	Tamaño de fruto			Calidad de fruto			
	Peso (kg)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Tono de cáscara (grados)	Tono de pulpa (grados)	Firmeza (N)	°Brix
Maradol	2.370	27.0	13.0	67.6	66.7	11.2	10.4
BS	2.340	25.3	14.0	73.0	68.3	4.8	10.5
BS-2	2.080	24.4	13.3	74.0	56.1	9.4	11.2

Las variedades BS y BS-2 son muy diferentes a la variedad Maradol, aunque los frutos hermafroditas de las tres variedades son de forma elongata (IBPGR, 1988). BS y BS-2 son más anchos que Maradol y presentan pecas en la cáscara, similar a las que presentan algunas papayas hawaianas. BS es muy productiva pero pierde firmeza con mayor rapidez que Maradol. BS-2 es de menor tamaño pero tiene pulpa más roja y más dulce, con la ventaja de que no pierde firmeza con la misma rapidez que BS.

La pérdida de la firmeza limita a estas variedades para el mercado de exportación ya que para esto se requiere larga vida de anaquel, sin embargo, puede ser utilizada para mercado local, en huertos familiares y en sistemas de agricultura

orgánica debido a que también presenta tolerancia a la antracnosis. Aunque esto último no fue cuantificado, se observó que los frutos de BS y BS-2 tuvieron mayor sanidad respecto a enfermedades foliares en campo y a enfermedades del fruto después de la cosecha.



Figura 1. Aspecto de los frutos de las variedades BS, BS2 y Maradol (Los frutos de BS y BS2 son más anchos que Maradol, además la cáscara es menos roja, sin embargo, el color de la pulpa es más roja que Maradol).

CONCLUSIONES

Los frutos de las variedades BS y BS-2 son diferentes a los frutos de la variedad Maradol. BS es muy productiva pero es de menor firmeza que Maradol. BS-2 es de menor tamaño pero tiene pulpa más roja y más dulce, con la ventaja de presentar mayor firmeza.

LITERATURA CITADA

- IBPGR. 1988. Descriptors for Papaya. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- Santamaría, F., Mirafuentes, F., Zavala, M.J., Vázquez, E. 2015: *Calidad de frutos de materiales comerciales de papaya roja producidos en Yucatán, México*. Agronomía Costarricense. 39(1): 161-167

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL HÍBRIDO DE CACAO H-275 PARA RESISTENCIA A MONILIASIS Y ALTO RENDIMIENTO

MORPHOLOGIC CHARACTERIZATION OF THE HYBRID OF COCOA H-275 FOR RESISTANCE TO MONILIASIS AND HIGH YIELD

Azpeitia MA¹, Villordo PE², Mirafuentes HF¹, y Ramos M.G³.

¹Laboratorio de Biología Molecular, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas. Unidad de Biotecnología (INIFAP), Campo Experimental Celaya, ³Universidad Tecnológica del Usumacinta, Estudiante de la carrera Ingeniería en procesos biotecnológicos. Libramiento Glorieta Emiliano Zapata-Tenosique S/N, C.P 86980 Emiliano Zapata, Tabasco. Tel y Fax 9343435690
Autor para correspondencia: azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La moniliasis representa una enfermedad que disminuye el rendimiento del cultivo de cacao, hasta en un 70 %. Recientemente, la formación de nuevos híbridos ha permitido la selección del híbrido H-275, producto de la cruce INIFAP 1 x PA 169, por lo que el objetivo de este trabajo fue caracterizar morfológicamente este nuevo híbrido de cacao para rendimiento y resistencia a moniliasis. En su segundo año de cosecha ha mostrado resistencia a la moniliasis y mancha negra en un 100 %. La resistencia mostrada a la moniliasis y mancha negra, es un carácter heredado del progenitor PA 169. Este nuevo híbrido posee un índice de similitud genética del 95 % a su progenitor PA 169, este híbrido representa el primer reporte de resistencia a la moniliasis en México.

Palabras clave: Cacao, mejoramiento genético, caracterización, moniliasis.

INTRODUCCIÓN

En México, el cacao (*Theobroma cacao* L.) se cultiva en 62,182 hectáreas, mientras que en el estado de Tabasco se cultivan 40,831 hectáreas, las 21,351 hectáreas

restantes corresponden al estado de Chiapas (Barrón *et al.*, 2011). En el proceso productivo intervienen cerca de 50 mil familias de los estados de Tabasco y Chiapas. El cacao en el estado de Tabasco se distribuye en seis municipios, destacando por su superficie cultivada los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán y Huimanguillo. En el estado de Chiapas destacan por su producción los municipios de Tapachula, Pichucalco y Palenque. Para la industria chocolatera nacional, el cacao representa la materia prima para la elaboración del chocolate, y su calidad ha sido preferida por esta industria (Barrón, *et al.*, 2011). Sin embargo, desde la llegada de la “moniliasis” a México en el norte de Chiapas en febrero de 2005, ha provocado pérdidas en la producción del 40 % (Phillips-Mora, *et al.*, 2006). Este problema ha generado desaliento entre los productores por el desconocimiento del manejo de la enfermedad y recientemente, cerca de 1000 ha han sido derribadas en el estado de Tabasco debido a la afectación de la “moniliasis”.

Este problema podría incrementarse y ocasionar una disminución de las zonas cultivadas, lo que provocaría indirectamente un deterioro ambiental por la disminución en la captura de carbono que proporciona este agroecosistema. Los efectos devastadores de este patógeno en cacao han sido dramáticos y bien documentados en diferentes épocas y países (Phillips-Mora y Wilkinson, 2007). De acuerdo a los reportes, la “moniliasis” tiene su origen entre Colombia y Ecuador debido a que existen reportes de 1817 en Colombia, sobre la aparición de la enfermedad en el oriente y centro del país (Phillips-Mora, *et al.*, 2007), para el año de 1895 se registra el primer indicio de la presencia de una enfermedad cuya descripción coincide con la “moniliasis” (Suárez, 1982). Además, de su dispersión en estos países, el hongo está presente en Venezuela, Perú, Panamá, Nicaragua, Costa Rica y Honduras, donde es uno de los principales factores que limitan el rendimiento de la producción de cacao en las áreas afectadas (Phillips-Mora, 2003).

Cifras de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación confirman que la producción de cacao en el estado de Tabasco registra una reducción del 43.2 %. Lo anterior significa una pérdida del orden de los \$ 57,120,000 pesos (Azpeitia *et al.* 2011).

Considerando la gran susceptibilidad de todos los genotipos comerciales de cacao, la agresividad de este patógeno, su excepcional capacidad de sobrevivir en diferentes condiciones ambientales y su rápida dispersión natural y mediada por el hombre, *M. rozeri* representa una gran amenaza para los agricultores del mundo (Jaimes y Aranzazu, 2010). La generación de clones con alta resistencia permitiría producir cacao en ambientes infestados con “moniliasis”, en donde

la única alternativa hasta hace poco era el abandono o cambio de actividad de las plantaciones (Phillips-Mora *et al.*, 2012); por ello es de su suma importancia incorporar caracteres de resistencia a la “moniliasis” a genotipos mexicanos altamente productivos.

El aprovechamiento del germoplasma valioso mediante la hibridación permite la obtención de genotipos superiores de alto valor agronómico (López-Baéz, 1995). Para Somarriba *et al.*, (2010), al realizar polinizaciones manuales se tiene la ventaja de poder escoger los árboles que serán el padre y la madre de las semillas, del cual se obtienen semillas híbridas de calidad cruzando los mejores árboles padre y madre.

En los últimos 25 años de investigación, se han identificado clones resistentes a la “moniliasis” con distinto origen genético y/o geográfico. Estos clones están siendo cruzados progresivamente para obtener variedades con niveles crecientes de resistencia en Costa Rica, aprovechando de esta forma el carácter predominante aditivo que tiene esta característica del cacao, estos estudios han adquirido recientemente relevancia mundial por ser la “moniliasis” una de las amenazas más graves para la cacaocultura moderna (Phillips-Mora *et al.*, 2012).

En la actualidad existen genotipos reportados como resistentes a la “moniliasis” como: ICS 95 (Trinidad y Tobago), UF 273 (Costa Rica), PA 169 (Perú), EET 233 (Ecuador) y EET 183(Ecuador) (Phillips-Mora *et al.* 2009). Estos materiales fueron introducidos por el INIFAP en el año 2006 a México (Azpeitia *et al.* 2008; Azpeitia *et al.* 2009) y han mostrado producción de 0.7 Kg de grano seco por árbol para el clon PA 169, 1 Kg para el clon UF 273 y 1.5 Kg en el clon ICS 95. Sin embargo, los genotipos ICS 95 y UF 273 presentaron resistencia con cero frutos enfermos de “moniliasis” y el PA 169 mostró moderada resistencia (Ramírez-Guillermo *et al.*, 2012).

Por otra parte (Debouck *et al.*, 2008) encontraron en relación con la resistencia de la “moniliasis”, sólo una resistencia de un tercio del 1 %, es decir, 0.3 % de 600 accesiones realizadas en el programa de mejoramiento genético del CATIE. De este estudio, después de 15 años de evaluación se seleccionaron seis clones trinitarios (CATIE-R1, CATIE R-4, CATIE R-6, CC-137, ICS-95 y el PMCT-58) de buena producción y tolerancia a la moniliasis (Phillips-Mora *et al.*, 2012).

En México los estudios de mejoramiento genético han sido escasos, de acuerdo con López-Báez (1995) entre 1986 y 1987 se realizó una caracterización de 31 clones RIM seleccionados en el Campo Experimental “Rosario Izapa” perteneciente al INIFAP en el estado de Chiapas, en esta época el mejoramiento genético fue dirigido a la búsqueda de genotipos para resistencia a la mancha negra.

Recientemente, se ha reportado en México la obtención de 63 familias de cacao, descendientes de 23 cruzas diferentes (Barrón, *et al.* 2014) y se encuentran en evaluación 306 nuevos híbridos para resistencia a moniliasis. Con base a esta fuente genética disponible, el objetivo del presente trabajo fue: Caracterizar morfológicamente el híbrido de cacao H-275 para rendimiento y resistencia a moniliasis.

MATERIALES Y MÉTODOS

La formación del híbrido se desarrolló desde noviembre de 2011 y finalizó en febrero de 2012. El establecimiento en campo se realizó en mayo de 2012 en el Campo Experimental Huimanguillo, perteneciente al INIFAP. Este campo experimental se localiza en el edo. de Tabasco, en el km 1 de la carretera Huimanguillo-Cárdenas, sus coordenadas son 17°51'04.52"N 93°23'46.96" O, a una elevación de 20 msnm. En esta zona se cuenta con clima cálido húmedo, con temperatura anual de 25 °C y con una precipitación pluvial de 2,200 mm; los suelos son tipo gleysoles, acrisoles y los fluvisoles.

Caracterización morfológica de los padres (INIFAP 1 y PA 169) y el híbrido H-275. El híbrido y sus padres fueron caracterizados morfológicamente usando una lista de 51 descriptores: 8 de hoja, 22 de flor, 15 de fruto y 6 de semilla. Para los descriptores de flor y semilla se usó una cantidad mínima de 30 muestras, en tanto que para los descriptores de hojas y frutos la muestra fue superior a 50. Los datos se sometieron a análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (0.05).

Índice de similitud genética. El aislamiento de DNA se realizó a partir de tejido foliar de acuerdo al método descrito por Doyle y Doyle (1987). Se determinó la concentración del DNA en (ng/μL) y su relación de absorbancia A260/A280 empleando el Nanodrop 8000. El estudio se realizó mediante la selección de marcadores de DNA tipo SSR e ISSR amplificados por PCR, a los cuales se determinó la Temperatura de Alineamiento (Tm) y el Contenido de Información Polimórfica (PIC) para los genotipos en estudio. El análisis de resultados fue realizado a través de los algoritmos SimQual (matriz de similitud genética) y UPGMA (agrupamiento por similitudes), donde se desarrolló un dendrograma para cada población, con la

ayuda del programa NTSYS-pc 2.0. Finalmente, se identificaron los individuos que se consideran autofecundaciones o híbridos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la flor. Solamente los caracteres de pigmentación del pedúnculo, color de la lígula y el color de los estaminoides fueron similares entre el H-275 y sus progenitores. Los demás descriptores fueron diferentes. En el Cuadro 1 se presenta la caracterización de la flor.

Cuadro 1

Caracterización de las flores de los progenitores INIFAP 1, PA169 y el H-275

CARACTERIZACIÓN DE LA FLOR			
DESCRIPTOR	INIFAP 1	PA 169	H-275
Longitud del sépalo (mm)	8.7	7.4	8
Longitud de la lígula (mm)	7.0	6.3	4.80
Longitud del filamento (mm)	2.9	2.1	5.3
Pigmentación del pedúnculo	Ligera	Ligera	Ligera
Color del sépalo	Con líneas rojas	Blanco	Con líneas rojas
Color de la lígula	Amarilla	Amarilla	Amarillo
Color de los estaminoides	Purpura	Purpura	Purpura
Color de los filamentos	Blancos	Blancos	Purpura

Caracterización del fruto. El H-275, presentó tres caracteres similares al PA 169, mientras que solamente dos caracteres fueron similares al INIFAP 1 (Cuadro 2), sin embargo, cabe destacar que el H-275 posee mayor dureza de la cascara en comparación con sus progenitores.

Cuadro 2

Caracterización de los frutos de los progenitores INIFAP 1, PA169 y el H-275

CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO			
DESCRIPTOR	INIFAP 1	PA 169	H-275
Forma del fruto	Oblongo	Elíptico	Elíptico
Constricción basal	Ausente	Fuerte	Intermedia
Forma del ápice	Atenuado	Ligeramente agudo	Ligeramente agudo
Longitud (cm)	17.3	15.2	16.5
Diámetro máximo	10.5	7.5	12 a
Rel. Diámetro/longitud	0.6	0.5	0.75
Profundidad del surco	Suavemente separada	Fusionado	Suave separado
Intensidad de pigmentos en los surcos	Intensa	Ausente	Suave
Rugosidad del fruto	Ausente	Intermedia	Intermedia
Grosor del exocarpo (cascara)	Intermedia	Delgada	Intermedia
Dureza de la cascara	Media	Delgada	Duro
Color principal del fruto	Amarillo	Amarillo	Rojizo

Caracterización de la semilla. La forma de la semilla y el color del cotiledón fueron similares en el H-275 en comparación a sus progenitores, sobresaliendo el ancho de la semilla en el H-275 en comparación con sus progenitores (Cuadro 3)

Cuadro 3

Caracterización de las semillas de los progenitores INIFAP 1, PA169 y el H-275

CARACTERIZACIÓN DE LA SEMILLA			
DESCRIPTOR	INIFAP 1	PA 169	H-275
Forma de la semilla	Elíptica	Elíptica	Elíptica
Longitud (mm)	26.2	20.7	24
Ancho (mm)	13.8	12.4	14.2
Diámetro (mm)	7.7	8.6	9
Peso seco de la semilla (gr)	1.4	1.1	1.1
Rel grosor/ long. de semilla	0.3	0.41	0.37
Núm. de semillas por fruto	43.9	34.9	38
Color del cotiledón	Purpura intenso	Purpura intenso	Purpura intenso

Caracterización de la hoja. Los resultados mostraron que el H-275 presentó cinco caracteres similares al PA 169 (forma de la base de la hoja, color de las hojas jóvenes, textura de la hoja, ancho, y color del peciolo) mientras que para el progenitor INIFAP 1 coincidió con tres caracteres (forma del ápice, color de las hojas jóvenes, color de las hojas maduras), encontrando diferencias en la longitud presentando un promedio de 36 cm en el H-275 y 2.97 cm en el peciolo.

Cuadro 4

Caracterización de las hojas de los progenitores INIFAP 1, PA169 y el H-275

CARACTERIZACIÓN DE LA HOJA			
DESCRIPTOR	INIFAP 1	PA 169	H-275
Forma del ápice	Agudo	Acuminado largo	Agudo
Forma de la base de la hoja	Aguda	Obtusa	Obtusa
Color de las hojas jóvenes	Café suave	Café suave	Café suave
Color de las hojas maduras	Verde intenso	Verde claro	Verde intenso
Textura de la hoja	Coriácea	Lisa	Lisa
Longitud (cm)	31.4	29.3	36
Ancho (cm)	10.0	11.6	11.65
Long. del peciolo (cm)	2.3	1.9	2.97
Color del peciolo	Café	Verde	Verde

Incidencia de las principales enfermedades en el Híbrido H-276. Los genotipos fueron monitoreados a lo largo del año 2014, y se observó que el H-275 fue superior mostrando resistencia a la moniliasis y a la mancha negra logrando obtener él 100% de los frutos libres de enfermedades (40 frutos sanos), mientras que para el híbrido INIFAP 1, se presentó un 85% de resistencia a la moniliasis en campo (34 frutos sanos), con respecto al genotipo PA 169 mostró resistencia a ambas enfermedades en un 100%. En la Figura 1 se presenta el híbrido H-275 con sus progenitores.

Índice de similitud genética. El Híbrido H-275 en las pruebas moleculares mostró un índice de similitud genética al genotipo PA 169 y un 5 % al híbrido INIFAP 1. Este resultado sugiere la resistencia mostrada en campo. Actualmente están en proceso la identificación de genes de resistencia en el H-275 para aseverar su resistencia. Este genotipo es altamente productivo y con buenas características en tamaño de semilla y con un rendimiento estimado en su primer año de 600 kg/ha (Figura 1).

En la actualidad existen genotipos reportados como resistentes a la “moniliasis” como: ICS 95 (Trinidad y Tobago), UF 273 (Costa Rica), PA 169 (Perú),

EET 233 (Ecuador) y EET 183(Ecuador) (Phillis-Mora *et al.* 2009). El híbrido H-275, producto de la cruce INIFAP 1 x PA 169, ha mostrado hasta su segundo ciclo de cosecha resistencia a la moniliasis y mancha negra, carácter heredado del progenitor PA 169 reportado como resistente.

Actualmente el híbrido H-275 se encuentra en proceso de multiplicación por injerto para su validación de rendimiento en un lote de producción con productores. Adicionalmente, se están desarrollando estudios moleculares para verificar su resistencia a la mancha negra. Este híbrido representa el primer híbrido seleccionado para resistencia a la moniliasis de un grupo de 306 híbridos formados, mismos que se encuentran en evaluación en campo.



Figura 1. En A se presenta en híbrido INIFAP 1 y en B el genotipo PA 169. El fruto del híbrido H-275 se muestra en C y una planta del mismo híbrido en D.

CONCLUSIONES

El Híbrido H-275 ha mostrado una resistencia de sus frutos en campo en 100 % a la moniliasis y a la mancha negra, resistencia similar a la mostrada por su progenitor PA 169. El índice de similitud genética es del 95 % a su progenitor PA 169, lo cual le ha conferido resistencia a ambas enfermedades.

AGRADECIMIENTOS

Al inifap por el financiamiento parcial a través del proyecto SIGI No. 1364433118.

LITERATURA CITADA

- Azpeitia, Morales A., López Andrade P. A., Mirafuentes Hernández F. 2008. Comportamiento de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) resistentes a “moniliasis” en el estado de Tabasco, México. Memoria de la 3ra. Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Mérida, Yucatán 2008. 182 p.
- Azpeitia, Morales A., Mirafuentes Hernández F., López Andrade P. A. y Castillo, G. R. 2009. Evaluación de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) resistentes a “moniliasis” en el estado de Tabasco, México. Memoria del PCCMCA. Campeche, México. 128 p.
- Azpeitia, Morales A., Barrón, García Y. P., Mirafuentes Hernández. A P. A., Castillo González R., López Andrade F. 2011. Tecnología adaptada para la formación de híbridos interclonales de cacao en Tabasco. XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco. 266-270.
- Barrón, García Y. P., Azpeitia Morales A., Mirafuentes Hernández F., Castillo González R., y López Andrade P. A. 2011. Producción de híbridos interclonales de cacao para resistencia a “moniliasis”. XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco. 263- 266.
- Barrón García Y. P., Azpeitia Morales A., López Andrade P. A. y Mirafuentes-Hernández F. 2014. Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5: 765-777.
- Debouck, D. Ebert A. Peralta, Barandiarán E., M. A. y Ramírez, M. 2008. La

-
- importancia de la utilización de la diversidad genética vegetal en los programas de investigación agrícola en América Latina. *Recursos Naturales y Ambiente*. 53, 46-53.
- Doyle, J.J. and Doyle J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19:11-15.
- López-Báez, O. 1995. Características del fruto del germoplasma de cacao, *Theobroma cacao* L., seleccionado en Rosario Izapa, Chiapas. *Agricultura Técnica en México*. 21 (2): 127-137.
- Phillips-Mora, W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Thesis (Ph.D.) The University of Reading. Reino Unido, 349 p.
- Phillips-Mora, W., Coutiño A., Ortiz G.F. López A.P., Hernandez J. y Aime M.C. 2006. First report of *Moniliophththora roreri* causing frosty pod rot (“*moniliasis*” disease) of cocoa in México. *Plant Pathology*, 55: 584.
- Phillips-Mora, W., Aime, M.C; Wilkinson, M.J. 2007. Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in Tropical America. *Plant Pathology*, 56: 911-922.
- Phillips-Mora, W., 2009. Overcoming the main limiting factors of cacao production in Central America through the use of improved clones developed at CATIE. COPAL meeting. Bali, Indonesia. 1-6 p.
- Phillips-Mora, W. Arciniegas-Leal, y Mata-Quirós A. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Costa Rica: CATIE. 70 p.
- Ramírez-Guillermo, Miguel Ángel, López-Andrade P. A. 2012. Reacción de dos clones “CONADECA” de cacao (*Theobroma cacao* L.) inoculados artificialmente con *Moniliophthora roreri* causal de la moniliasis del cacao. I Simpósium internacional en producción agroalimentaria y XXIV reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria tabasco 2012, 18 y 19 de octubre Cárdenas, Tabasco.
- Somarriba, Chávez E.; Cerda Bustillos, R.; Astorga Domian, C.; Quesada Chaverri, F.; Vásquez Morera, N. 2010. Reproducción sexual del cacao. Costa Rica: CATIE. 48 p.
- Suárez, C. C. 1982. El problema de la moniliasis y su combate en el Ecuador. In: Enríquez, G. A. Ed. La moniliasis de cacao. CATIE, Serie Técnica. pp. 70-78.

INFLUENCIA DE LAS AVES EN LA DISMINUCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CACAO Y ESTRATEGIAS PARA PREVENIR SUS DAÑOS

INFLUENCE OF THE BIRDS IN THE DECREASE OF THE YIELD OF THE COCOA AND STRATEGIES TO PREVENT THEIR DAMAGE

Peña LJL^{1*}, Azpeitia MA, Arias de los Santos G¹.

¹División Académica de Ciencias Biológicas. UJAT, 0.5 km carretera Villahermosa–Cárdenas, Villahermosa, Tabasco, México. ²Laboratorio de Biología Molecular, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo–Cárdenas.

Autor para correspondencia: azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx.

BS

Maradol

RESUMEN

El cacao, es afectado por enfermedades fungosas que atacan los frutos, destacando la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora capcisi*). A la fecha se ha documentado la disminución de la producción cacaotera debido a enfermedades fungosas, sin embargo la sola presencia de enfermedades fungosas no determina la disminución del rendimiento del cultivo. Es conocido que el cultivo de cacao es frecuentado y habitado por aves que ocasionan daños a frutos en estado de madurez fisiológica, pero a la fecha no ha sido documentado por lo que el objetivo del presente trabajo fue: determinar el porcentaje de daño ocasionado por aves y la evaluación de protectores del fruto en cacao como estrategia de control no invasivo. En el presente documento, reportamos por primera vez que las aves pueden disminuir el rendimiento de grano (60%), sin embargo con el uso de protectores de los frutos pueden prevenir su ataque en un 100%, incrementando el rendimiento de grano.

Palabras clave: Cacao, Aves, daños, protectores.

INTRODUCCIÓN

El cacao es un árbol originario de América y se cultiva en los trópicos húmedos (Lanaud *et al.*, 2009). El fruto es la base para la elaboración del chocolate y sus derivados (Borrone *et al.*, 2007). En México, se producen 27, 844.2 toneladas

métricas de cacao seco (SIAP, 2014), el 95% se obtiene de las plantaciones en los estados de Tabasco y Chiapas (Vázquez-Ovando *et al.* 2012). Tabasco ocupa el primer lugar en la producción de cacao, lo que representa el 67% de la superficie del cultivo y con el 68 % de los productores, quienes generan el 80 % de la producción de cacao seco en México.

Este cultivo es afectado por enfermedades fúngicas que atacan los frutos, destacando la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora capsici*) (Torres de la Cruz, 2010) y antracnosis en hojas (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc. (Hernández, 2014). La moniliasis puede disminuir de un 30 % a un 70 % la producción del cultivo, representando grandes pérdidas para los productores. A la fecha se ha documentado la disminución de la producción cacaotera debido a enfermedades fúngicas, sin embargo la sola presencia de enfermedades fúngicas no determina la disminución del rendimiento de un cultivo, sin embargo, es conocido que el cultivo es frecuentado y habitado por aves que ocasionan daños a frutos en estado de madurez fisiológica.

Diversos estudios realizados en plantaciones reportan daños ocasionados por la fauna, a nivel mundial se reconoce a un gran número de especies de aves y mamíferos (roedores) como causantes de daños importantes a la agricultura (Romero-Balderas *et al.* 2006). En los EE.UU. y en América Latina existen numerosos reportes de las principales especies de aves y mamíferos que provocan daños (Del Villar, 2000).

De acuerdo a Ibarra *et al.* (2001), el cultivo de cacao es visitado por 12 especies de aves que aportaron el 74 % del total de individuos. Estas especies fueron *Pitangus sulphuratus* (11.6 %), *Campylorhynchus zonatus* (10.8 %), *Melanerpes aurifrons* (8.5 %), *Dives dives* (8.1 %), *Turdus grayi* (7.5 %), *Cyanocorax morio* (5.5 %), *Quiscalus mexicanus* (5.5 %), *Icterus gularis* (4.3 %), *Crotophaga sulcirostris* (3.7%), *Columba flavirostris* (2.7 %), *Cyanocorax yucatanica* (2.6 %) y *Saltator atriceps* (2.6 %) principalmente.

En México se han identificado algunas especies de animales silvestres como responsables de daños a hortalizas, frutales y granos (Del Villar, 2000). A pesar de ello, en el país se cuenta con un escaso número de trabajos que hayan estimado las pérdidas económicas provocadas por la fauna a los cultivos, casi todos ellos realizados en zonas templadas y principalmente enfocados a los roedores (Hernández, 2003).

Por otra parte, para el caso del plátano, el uso de fundas cobertoras de polietileno ha sido una tecnología muy relevante, ya que tiene el propósito de

controlar mecánicamente los ataques del trips de la mancha roja (*Chaetanaphothrips orchidii*) y se ha convertido en una práctica común en la actividad bananera (Vargas-Calvo y Henry Valle-Ruiz, 2011).

Debido a su importancia del cacao en México y sobre todo que representa el hábitat de numerosas aves y mamíferos, es necesario conocer los daños ocasionados por la fauna silvestre para delimitar estrategias que eviten disminución del rendimiento. En la actualidad, no existen reportes que revelen los daños en plantaciones cacaoteras, por lo que el objetivo de la presente investigación fue: determinar el porcentaje de daño ocasionado por aves y la evaluación de protectores del fruto como estrategia de control no invasivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el campo experimental Huimanguillo, de agosto a diciembre de 2014, para lo cual se establecieron dos experimentos: 1) Evaluación de daños provocados por aves a los frutos y 2) Evaluación de protectores en frutos de cacao.

- 1. Evaluación de daños provocados por aves a los frutos.** El experimento fue establecido con cinco variedades diferentes: H-33, H-44, H-14, H-6 y H-10. Este experimento fue monitoreado de octubre a diciembre del año 2014. Cada tratamiento se estableció con 10 repeticiones, donde cada repetición fue constituida por un árbol. Se estableció bajo un diseño experimental en bloques al azar. Las variables a medir fueron: a) Número promedio de mazorcas sanas, b) Número promedio de frutos dañados por aves y c) Número promedio de frutos afectados por moniliasis y mancha negra. Adicionalmente se cuantificó el porcentaje de incidencia de daño en las cinco variedades en estudio. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (0.05).
- 2. Evaluación de protectores en frutos de cacao.** Se seleccionaron 20 frutos sanos por tratamiento de aproximadamente 4 meses de desarrollo, un mes antes de su cosecha, los tratamientos establecidos fueron seis: 1) Testigo, 2) Cubierta de papel aluminio, 3) Cubierta de papel periódico, 4) Tira de plástico de 20 cm de largo x 3 cm de ancho, 5) Tira de aluminio de 20 cm de largo x 3 cm de ancho. Estos tratamientos se establecieron bajo un diseño

en bloques al azar. Las variables a medir fueron: a) frutos sanos, b) frutos dañados por aves y c) frutos afectados por moniliasis y mancha negra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de daños provocados por aves a los frutos. En cuanto a la variable: número promedio de mazorcas sanas, solamente en el H-33 fue muy similar en comparación con mazorcas dañadas por aves, mientras que para los híbridos H-44, H-14, H-6 y H-10 fue evidente el mayor número promedio de frutos dañados por aves (Figura 1).

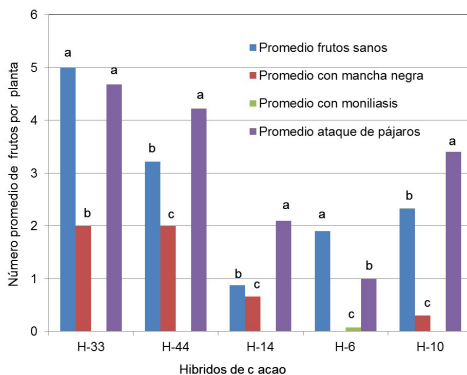


Figura 1. Incidencia de ataque de aves en frutos maduros y presencia de enfermedades en cinco híbridos de cacao (n = 10, los valores con la misma letras son iguales estadísticamente).

En cuanto a frutos afectados por mancha negra, se presentó un máximo de dos frutos por planta en los híbridos H-33 y H-44. En el híbrido H-6 no se presentó afectación por esta enfermedad. En una proporción muy baja. Los resultados de los cinco híbridos fueron sumados para conocer el porcentaje de frutos sanos, frutos con ataque de aves y frutos con las enfermedades mancha negra para realizar una estimación de la disminución del rendimiento ocasionado por ataque de aves. Los resultados mostraron que el ataque de aves fue superior estadísticamente en comparación a las enfermedades y a la presencia de frutos sanos. La incidencia del daño provocada por las aves fue de 67 % de frutos, incluso superior a los frutos afectados por moniliasis y mancha negra (Figura 2).

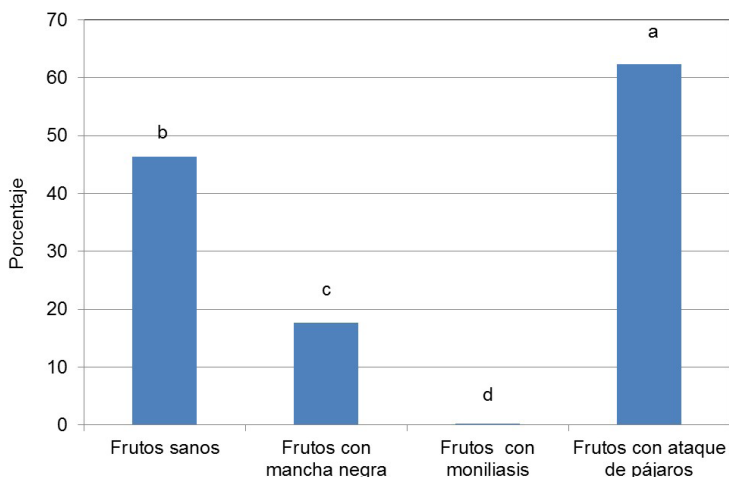


Figura 2. Porcentaje de ataque de aves e incidencia de enfermedades en frutos maduros en cinco híbridos de cacao. La información corresponde a los meses de octubre a diciembre de 2014 (n=10, los valores con la misma letra son iguales estadísticamente).

En la actualidad existen pocos reportes sobre el ataque de aves a los cultivos agrícolas (Gallegos, 2004) sin embargo, para cacao no existen reportes documentados al respecto.

Con base a los resultados, es evidente que el ataque por aves afecta el rendimiento en aproximadamente 60 %.

Evaluación de protectores en frutos de cacao. En la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos utilizando protectores. Fue claro que en todos los tratamientos utilizados no existieron ataques de aves a los 20 y 40 días de observación, llegando a la cosecha sin daño alguno el 100 % de los frutos, mientras que el testigo presentó el 31 % de frutos dañados (Figura 4). Aunque no se cuantificaron los daños por especie de aves, el daño ocasionado por estas aves es muy alto. El presente trabajo aporta información sobre los daños que provocan los aves a los frutos de cacao ocasionando pérdidas económicas a los agricultores y los resultados con el uso de algún protector para el fruto, evitó el daño en un 100 %.

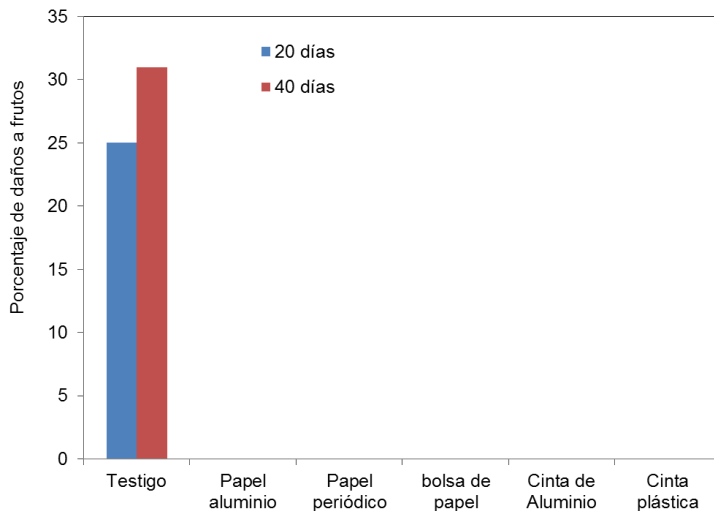


Figura 3. Incidencia de daños por aves en frutos de cacao en seis tratamientos después de 40 días de iniciados. Los tratamientos fueron establecidos con el híbrido H-33 (n=20, los valores con la misma letra son iguales).

CONCLUSIONES

Con base a los resultados mostrados, concluimos que el ataque de aves disminuye el rendimiento hasta un 60 %. El uso de algún tipo de protector como periódico, bolsas de papel, o cubierta de papel aluminio que cubra el fruto o alguna cinta atada a un costado del fruto evita el ataque de aves en un 100 %, por lo que con esta práctica sencilla es posible mejorar el rendimiento.

Agradecimientos

Al INIFAP, por el financiamiento parcial a través del proyecto SIGI No. 1364433118.



Figura 4. Protectores para evitar daños por aves. En A fruto cubierto con papel aluminio. Fruto cubierto con bolsa de papel (B), futo con tira plástica transparente (C), fruto cubierto con papel periódico (D). Fruto testigo (E) y en F fruto testigo con daño por pájaro. Por último, árbol tratado con papel periódico, mostrando frutos a la cosecha.

LITERATURA CITADA

- Borrone, J. W., Brown S., Kuhn N. D., Motamayor J. R. Schnell. 2007. Microsatellite markers developed from *Theobroma cacao* L. expressed sequence tags. *Molecular Ecology, Notes* 7, 236–239.
- Del Villar D. 2000. Principales vertebrados plaga en México: Situación actual y alternativas para su manejo. *Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 6, 41-54.
- Gallegos A. 2004. Evaluación del impacto ocasionado por mamíferos en cultivos de maíz (*Zea mays*), en el Ejido Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco. Tesis. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. pp 46.
- Hernández G. E. 2014. Diagnostico Fitosanitario de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Chiapas. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, México. p 77.
- Hernández F. 2003. Evaluación de daños ocasionados por roedores en el cultivo del maíz en el ejido Teopisca, Chiapas. Tesis. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México. pp 50.
- Ibarra, A. M, Arriaga S. W., y Estrada A. M. 2001. Avifauna Asociada a dos Cacaotales Tradicionales en la Región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 17, 101-112.
- Lanaud, C., Fouet O., Clément D., Boccara M., A Risterucci, Surujdeo-Maharaj M. S., Legavre T., Argout X. (2009). A meta-QTL analysis of disease resistance traits of *Theobroma cacao* L. *Molecular Breeding*, 24, 361–374.
- Romero-Balderas K.G., Naranjo E. J., Morales H. H. y Nigh R. B. 2006. Daños ocasionados por vertebrados silvestres al cultivo de maíz en la selva lacandona, Chiapas, México. *Interciencia*, 31, 276-283.
- SIAP. 2014. Cacao. [En Línea] <<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>> [2014, Octubre, 16]
- Torres de la Cruz M. 2010. Progreso temporal y manejo integrado de la moniliais [Moniliophthora roreri (Cif y Par.) Evans et al.] del cacao (*Theobroma cacao*) en Tabasco, México. Tesis de doctorado, Colegio de Postgraduados, p 86.
- Vargas-Calvo A. y Valle-Ruiz H. 2011. Efecto de dos tipos de fundas sobre el fruto de banano (*Musa AAA*). *Agronomía mesoamericana*. 22, 81-89.
- Vázquez-Ovando A, Molina-Freaner F, Núñez-Farfán J and Salvador-Figueroa M (2012). Potencial de los marcadores moleculares para el rescate de individuos de *Theobroma cacao* L. de alta calidad. *BioTecnología*. 16, 36-56.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE EXTRACCION, EN LA CALIDAD DEL ACEITE VIRGEN DE COCO

FACTORS INVOLVED IN THE EXTRACTION PROCESS IN QUALITY VIRGIN COCONUT OIL

Domínguez CE*, ²Moreno CA, ³Domínguez ORF y ³Domínguez OSE.

¹Programa de investigación en cocotero, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas Y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas. *Autor para correspondencia: dominguez.esteban@inifap.gob.mx., ²Ingeniería en Agronomía Universidad Popular de la Chontalpa, Km 2 carretera Cárdenas- Huimanguillo, Ranchería Paso y Playa, 86500, Cárdenas, Tabasco. ³Dirección de Proyectos D&D Global Service SC, Av. Paseo de la Reforma No. 30 Int. 2-B Colonia Juárez, Del. Cuauhtémoc, México D.F.

RESUMEN

El aceite virgen de coco es un producto que ha cobrado importancia en la confitería, en las artes culinarias, pero principalmente en ayudar a conllevar las enfermedades crónicas degenerativas del hombre. Su obtención tiene particularidades que hacen, hasta el momento, que no se pueda producir en grandes cantidades con la calidad requerida, ya que existen factores que la afectan; por lo anterior se realizó este trabajo que tiene como objetivo determinar los factores que afectan la calidad del aceite virgen de coco. Los factores fueron madurez de la nuez, extracción con testa y sin testa, secado al horno y en el sol, molido antes de secarse y después de secado y prensa de acero dulce y de acero inoxidable. Los resultados muestran que de todas las posibles combinaciones, en la que se obtiene un aceite virgen de calidad es utilizando nueces a madurez fisiológica, quitando las testa, secado al horno y extraído en prensa de acero inoxidable.

Palabras claves: cocotero, extracción de aceite, aceite virgen de coco.

INTRODUCCIÓN

El cocotero, es una especie vegetal de la cual se obtienen múltiples productos, La copra es uno de ellos, de la cual se obtiene el aceite de coco que se utiliza principalmente en la industria de la producción de aceites, grasas vegetales y en la industria jabonera. Contiene aproximadamente 63 % de aceite, el resto lo constituye la harina, la humedad y los desperdicios (Ohler, 1999). Después de la extracción, el aceite se somete a un proceso de refinación, que consiste en la neutralización, decoloración y deodorización. Se neutraliza con lejías de sosa cáustica o con hidróxido de calcio; se decolora mezclándolo en agua con carbones activados y sometiéndolo a filtración. Se desodoriza por arrastre con vapor al alto vacío. (Persley, 1992). El aceite obtenido de esta forma, se utiliza en la fabricación de margarinas y grasas vegetales, así como en la fabricación de jabón, por lo que estas industrias demandan la producción de copra nacional, no se recomienda este tipo de aceite para consumo humano (Schwitzer, 1985). También se obtiene la manteca de coco o aceite industrial que es una sustancia grasa que contiene cerca del 90 % de ácidos saturados extraídos mediante prensado de la pulpa o la carne de los cocos deshidratada, se emplea mucho en la industria de los cosméticos (para elaboración de jabones y cremas) y también puede verse en las gastronomías de algunos países asiáticos. El aceite de coco es un generador de burbujas y por esta razón se emplea en la industria de elaboración de jabón (Guzmán 2011).

Otro tipo de aceite que se obtiene del endospermo disecado del cocotero, es el aceite virgen de coco, que se obtiene por métodos no convencionales y en pequeños volúmenes; este aceite tiene gran potencial ya que no solo se puede utilizar para el consumo en la cocina común, sino que también en la rama farmacéutica, por las grandes propiedades medicinales que este aceite tiene y en la fabricación de productos de belleza.

El aceite virgen de coco se obtiene de la pulpa fresca, deshidratada aplicando presión mecánica. También se obtiene por otro proceso, a partir de la leche de coco. La principal característica, es el olor a coco, además es de color blanco y transparente; se solidifica a una temperatura menor de 18 °C, por la estructura de los ácidos grasos, es de cadena media con 12 carbonos y rico en ácido láurico el cual tiene propiedades antialérgicas y antimicrobiales, por lo cual previene enfermedades cardiovasculares (Dayrit *et al* 1994).

Robín (2008), menciona que el aceite virgen de coco contiene vitamina E en forma natural y antioxidantes; no contiene colesterol y se puede consumir

como aceite comestible, por sus propiedades nutraceuticas; puede ser aplicado a la piel para hidratarla, para protección solar, reduce 70 % de las quemaduras, como shampoo para el cabello, para masajes al cuerpo y como antialergénico entre otros usos; además menciona que es antibacteriano, ya que mata a las bacterias que causan diversas infecciones bacterianas, incluyendo úlceras, infecciones del tracto urinario y enfermedades de las encías, es antiviral ya que mata a los virus que causan el herpes, la influenza, el sarampión, la hepatitis C, el SIDA y el SARS, entre otros, es antifúngico, ya que mata los hongos y levaduras por lo que es ideal para las infecciones de hongos, como la caspa y el pie de atleta, e infecciones por hongos levaduriformes como la candidiasis, es antioxidante ya que protege contra la formación y daño de radicales libres, es antiinflamatorio, ya que ayuda a matar los microorganismos intestinales nocivos, por lo que es un elemento importante en la reducción de la inflamación, es anticancerígeno ya que se ha observado que evita la propagación de células cancerosas, estimula el sistema inmunológico (Cahil, 2006) es antimicrobiano ya que protege contra la infección por bacterias, virus, levaduras, hongos y parásitos, es antiparasitario, ya que ayuda a liberar al cuerpo de las tenías, piojos y otros parásitos, además de ser antiprotozoarios ya que mata a los parásitos protozoos como la giardia. Además de lo anterior, mejora la absorción de nutrientes, no es tóxico para los humanos o animales y no tiene efectos secundarios dañinos.

El aceite virgen de coco, tiene múltiples usos medicinales, ya que actualmente es una esperanza de alivio o de prevención para las personas que padecen, y que en el futuro van a padecer, la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson (Henderson, 2008), la enfermedad de Huntington (o mal de San Vito), esclerosis múltiple, ALS, diabetes tipo I y tipo II, así como cualquier cantidad de trastornos que implican defecto en el transporte de glucosa a las neuronas y otras células (Ening *et al* 1993, Schultz, 2006, Veech, 2000). Es muy sano para la salud en general, ayuda a bajar de peso, reduce los niveles de colesterol. En cuanto a usos culinarios, se emplea en los productos de bollería y en la elaboración de Snacks, en la elaboración de platillos considerados exóticos, pero en general se puede utilizar para la elaboración de platillos que se cocinan con otro tipo de aceite. En países asiáticos se utiliza para la elaboración de frituras denominados, Gorem (Indonesia, Filipinas, etcétera). (Guzmán 2011).

En la actualidad, en México, ante la intención de rescatar la industria del cocotero, utilizando nuevas variedades e híbridos, la elaboración de aceite virgen de coco, en forma artesanal, semi industrial o industrial, representa una alternativa

para dar valor agregado al cultivo y elevar el nivel de vida de los productores de coco.

Con la finalidad de identificar los factores que afectan la calidad del aceite virgen de coco, se realizó el presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los cocos usados, se obtuvieron de una plantación de cocotero, establecida en la Ranchería Lázaro Cárdenas, del municipio de Comalcalco, Tabasco,

Las actividades de pelado, sacado de copra, quitado de testa, picar, secar, moler, extracción de aceite, reposo, filtrado y envasado, se realizaron en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado el Campo Experimental Huimanguillo en el Municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Colecta de los cocos. Se utilizaron dos variantes: a). Cocos cosechados en la palma, que habían alcanzado la madurez fisiológica; estos cocos se cortaron de la palma asegurándose que hubieran alcanzado la madurez, se colectaron y se llevaron al lugar donde se realizó el partido, eliminación de la testa, lavado y secado. b). Nueces colectadas de la plantación sin saber cuántos días antes habían caído de la planta del cocotero.

Colectados los cocos, se acarrearón al laboratorio del CE Huimanguillo, del INIFAP, para eliminar el mesocarpo de la nuez. Se partieron para exponer el endospermo sólido y separarlo del endocarpo. A la mitad del material se le quitó la testa y la otra mitad se dejó sin testa, ambos se lavaron con agua purificada. Una parte de cada uno se trituró antes de ponerlo a secar y la otra se secó sin triturar. Por separado, con testa y sin testa, se secó, una parte al sol y otra en estufa. Por separado, una vez secas las muestras, se molieron en un molino nixtamalero, para posteriormente extraer el aceite, una parte de las muestras en prensa de acero dulce y otra en prensa de acero inoxidable. El aceite obtenido de cada tratamiento, se envasó y se guardó para reposo durante tres semanas, después de ese tiempo se filtró para eliminar impurezas.

Utilizando los factores madurez de fruto, endospermo con testa y sin testa, molido antes de secarse y después de secado; secado al sol y en estufa y la extracción en prensa de acero dulce y acero inoxidable, se formaron 32 tratamientos

y se realizaron tres repeticiones. En cada uno se aplicó pruebas organolépticas, referidas al olor, color y sabor, por tres distintos catadores, considerados expertos en la materia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que los tratamientos que tienen como factor común la testa, producen aceite de mala calidad, dada por una coloración amarillo oscuro (Figura 1). Los tratamientos que tienen como factor común el molido antes de secarse, secado al sol y extraído en prensa metálica de acero dulce, se obtiene aceite de mala calidad, contaminado con hongos y bacterias, de un olor no característico del coco y un color transparente ahumado, que hace inapropiado su uso como cosmético, alimenticio o medicinal (Figura 1).

Todos los tratamientos que tienen como factor común las nueces que se recogen del suelo sin saber el tiempo de caídas, se obtiene un aceite de mala calidad, consistente en un aceite amarillo grisáceo con olor y sabor desagradable (Figura 2).



Figura 1. Aceite de Coco obtenido con tratamientos que tienen como factor común la testa, molido antes de secarse, secado al sol y extraído en prensa metálica de acero



Figura 2. Aceite coco de tratamientos que tienen como factor común nueces que se recogen del suelo sin saber el tiempo de caídas

El factor que más afectan la calidad del aceite virgen de coco, en el proceso de extracción, son el tipo de nuez que se utilice, ya que los cocos que han caído al suelo, comienzan su proceso de germinación, generando enzimas para transformar el endospermo sólido en sustancias asimilables por la nueva planta, lo anterior, al partir el coco para extraer el endospermo, con la oxidación, hacen que el endospermo adquiera un olor no característico del coco fresco, que afecta notablemente el aceite de coco que se extrae.

Los resultados muestran que el aceite obtenido combinando cocos a madurez fisiológica cortados en la palma, endospermo sólido sin testa, secado en horno, molido después de secado y extraído en prensa de acero inoxidable, se obtiene un aceite de muy buena calidad, referido a una apariencia transparente, con olor agradable a coco, que cumple el estándar de calidad internacional (Figura 3).



Figura 3. Aceite de coco obtenido de nueces cortadas a madurez fisiológica, sin testa, secado al horno, molido después de secado y extraído en prensa de acero inoxidable

CONCLUSIONES

Se puede obtener aceite virgen de calidad, controlando el proceso desde la cosecha del fruto, los cuales deben ser a madurez fisiológica, recién cosechados, extraer el endospermo sólido y quitar la testa, secar en horno, moler después de secado y extraer en prensa de acero inoxidable. Posterior a lo anterior el aceite virgen de coco debe ponerse en reposo durante 3 semanas para que se sedimenten impurezas, después se filtra con papel filtro para eliminar los residuos de endospermo sólido (copra), posteriormente envasarlo en plástico o vidrio.

LITERATURA CITADA

- Cahil GF. 2006. Fuel Metabolism in Starvation., Annual Reviews in Nutrition, 26:1-22.
- Dayrit C.S., Florentino R., Blackburn, Maxioli E., Babayan V.K., 1994. Coconut Oil Revisited. Philippine Journal of Coconut Studies (Philippines) 17:11-14.
- Enig MG, Munn RJ, Keeney M.1993. Dietary Fat and Cancer Trends. A critique. Federation Proceedings, 37:2215- 2220.
- Guzmán A. 2011. Manual de los procesos químicos en la industria jabonera. MC. Graw-Hill, México. 27 p.
- Henderson ST. 2008. Ketone Bodies as a Therapeutic for Alzheimer's Disease. Journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics, 5:470-480.
- Ohler, J. G. 1999. Modern Coconut Management. Palm Cultivation and Products. FAO. 477pp.
- Persley, G. J. 1992. Replanting the tree of life. Towards an International agenda for coconut palm research. C.A.B. International, 156 pp.
- Schultz ST 2006. "Breastfeeding, infant formula supplementation, and Autistic Disorder: the results of a parent survey," International Breastfeeding Journal, 1:16.
- Schwitzer, M. K. 1985. Technical uses of palm kernel and coconut oils. Proc. Symp. Leatherhead.
- Veech RL and ,Kashiwaya Y. 2000. D-b-Hydroxybutyrate protects neurons in models of Alzheimer's and Parkinson's disease., PNAS, 97:5440-5444.

PROTOTIPO PARA SOBREVIVENCIA DE PUTATIVOS VECTORES DE FITOPLASMA DEL AMARILLAMIENTO LETAL DEL COCOTERO (ALC)

PROTOTYPE FOR SURVIVAL OF VECTORES PUTATIVE OF LETHAL YELLOWING OF COCONUT (LY)

Ramos HE^{1*}, Ortiz GCF², Oropeza SC³, Sánchez SS², Magaña AMA¹ y Leshner GJM¹

¹División Académica de Ciencias Biológicas. UJAT, 0.5 km carretera Villahermosa–Cárdenas, Villahermosa, Tabasco, México. ² Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Periférico Carlos a Molina Carretera Cárdenas – Huimanguillo km 3.5 s/n H. Cárdenas, Tabasco. ³Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: cfortiz@colpos.mx.

RESUMEN

Los fitoplasmas son patógenos limitados al floema de la planta y se encuentran principalmente en los elementos cribosos. Los insectos vectores adquieren el fitoplasma a través de su estilete durante su alimentación en plantas infectadas y lo transmiten a plantas sanas, después de un periodo de latencia, en su proceso de alimentación. En el caso del fitoplasma agente causal del Amarillamiento letal del cocotero (ALC; grupo 16SrIV), el único insecto fulgoroideo con el cual se ha demostrado la transmisión del ALC usando plantas adultas, y con ello identificado como el principal vector de la enfermedad, es *Haplaxius crudus*. El objetivo de los presentes ensayos fue evaluar el número de días que pueden sobrevivir algunos insectos adultos putativos vectores de ALC en medio artificial bajo condiciones de laboratorio, para ser considerados en futuros ensayos de transmisión de la enfermedad. Se realizaron un total de seis ensayos de sobrevivencia con las especies putativas vectores del ALC: *Haplaxius crudus*, *H. skarphion*, *Oecclus snowi* y *Derbidae: Persis foveatis* y *Cedusa* (en confirmación) en el periodo comprendido entre mayo y octubre del 2014. La longevidad de los insectos ha sido reportada como una de las limitantes más importantes en las pruebas de transmisión con *H. crudus*. *H. crudus*, mostró una longevidad menor equivalente a 13 días. La

especie que presentó la máxima longevidad fue *Cedusa* (54 días), seguida de *H. skarphion* (51 días), *Oecclus snowi* y *P. foveatis* (12 días). Las palmas kerpi (*Veitchia merrillii*) plantadas en las jaulas se comportan como hospederos alternos capaz de proporcionar suficiente alimento a los insectos y así las posibilidades de incrementar su longevidad. El *prototipo de jaula (dispositivo)* artificial probado en el presente estudio puede ser capaz de mantener el número de días suficiente para hacer estudios de transmisión.

Palabras clave: ALC, fitoplasma del grupo 16SrIV, *Haplaxius*, *Derbidae*

INTRODUCCIÓN

Los fitoplasmas son patógenos limitados al floema de la planta y se encuentran principalmente en los elementos cribosos. Los fitoplasmas aparentemente tienen buena distribución más allá de las regiones donde ellos se originan, especialmente si existe el insecto vector y vegetación similar en el nuevo nicho ecológico (Lee *et al.*, 2000; Marcone *et al.*, 2000). Sin embargo, parece que el nivel de especies de plantas que pueden ser infectadas por un fitoplasma, en la naturaleza es determinado principalmente por el número de especies de insectos que son capaces de transmitir el fitoplasma y por la conducta alimenticia (monofagos, oligofagos y polífagos) de estos vectores (Lee *et al.*, 2000).

En la naturaleza, los principales vectores de fitoplasmas pertenecen a tres principales grupos taxonómicos: Cicadellidae, Cixidae, Psyllidae, Delphacidae y Derbidae (Lee *et al.*, 1998; 2000; Weimtraub y Bealand, 2006). Los insectos vectores adquieren el fitoplasma a través de su estilete durante su alimentación en plantas infectadas y lo transmiten a plantas sanas después de un periodo de latencia, durante el cual el fitoplasma se multiplica en el interior del insecto y persisten en él hasta su muerte (Bosco y Tedeschi, 2013). Los fitoplasmas se mueven a casi todos los órganos del insecto, desde el intestino hasta la hemolinfa y las glándulas salivales, que es donde obligatoriamente deben colonizar para ser transmitidos a una nueva planta (Lee *et al.*, 2000; Hogenhout *et al.*, 2008). El vector puede contar con un número considerado de especies de vegetales de distintas familias, que le sirven como hospederas, ya sean silvestres, ornamentales, industriales o comestibles (Tsai *et al.*, 1976).

Los insectos vectores son el principal medio de dispersión de enfermedades causadas por fitoplasmas, y para determinar a los vectores de fitoplasmas es básico realizar ensayos de transmisión. Actualmente, no existen más fitoplasmas descritos que sus especies vectores (Weintraub y Beanland, 2006). En el caso del fitoplasma causante del ALC, la determinación de vectores en palmas es difícil, porque uno de los principales limitante es el empleo de palmas adultas en jaulas, de forma segura, para el periodo de incubación de la enfermedad (Howard *et al.*, 1983). Entre todos los síndromes de tipo amarillamiento letal solamente el *H. crudus*, ha sido identificado como vector del AL en Florida (Howard *et al.*, 1983); en este mismo sentido, el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) desarrollo un sistema *in vitro* para probar la transmisión del vector (Oropeza, 2009, datos sin publicar). La búsqueda de insecto vectores de síndromes de tipo amarillamiento letal en otros países ha sido infructuosos (Dollet *et al.*, 2011), por ejemplo en Ghana, otro Cixiidae, *Myndus adiopodoumensis*, es el principal sospechoso de ser el vector de Cape St. Paul Wilt Disease (CSPWD), sin embargo en los ensayos de transmisión con duración de 16 meses liberando unos 20 000 individuos por jaulas, además, se realizaron ensayos con otros Homópteros, principalmente, derbidos (Dery *et al.*, 1996) no fue posible lograr la transmisión. El rango de hospederos de insectos vectores y plantas varía con la cepa de fitoplasma. Por ejemplo, en al caso del ALC Brown *et al.*, (2006) capturaron en cocotero 43 individuos de la especie *Cedusa* de la familia Derbidae, encontrando que 13 de estos individuos (30 %) eran portadores de alguna cepa de fitoplasma del grupo 16SrIV; de estos siete presentaron similitud del 97-98% al fitoplasma de ALC encontrados con anterioridad en Jamaica y Florida, los otros seis restantes portaban cepa diferente del grupo de fitoplasma del ALC. Halbert *et al.*, (2014) reportan tres especies abundantes (*Omoclina joi*, *Ormearia rufifascia*) en zonas cercanas a la Florida, donde existen palmas enfermas con cepas de fitoplasmas 16SrIV-D.

Algunas pruebas de transmisiones fueron realizadas en los 80's con el fulgoridae *H. crudus* en Florida (McCoy *et al.*, 1983). El único fulgoroideos con el cual se ha demostrado la transmisión del fitoplasma del AL usando plantas adultas, y con ello identificarlo como el principal vector de la enfermedad es *H. crudus* (Howard *et al.*, 1983), en otras regiones del de América y África se ha intentado repetir estos ensayos, pero sin lograr la transmisión, como son Jamaica (Eden-Green, 1993, Brown *et al.*, 2006) y México (Dzido, 2010, Datos sin publicar), además, en Ghana, se han repetido estos ensayos para identificar el vector del CSPWD, siendo el principal sospechoso *Myndus adiopodoumeensis* (Deery *et al.*, 1996). También

han utilizado plantas de cocotero en edad no reproductiva y especies de palmas más pequeñas para realizar ensayos de transmisión (Thomas y Norris, 1980), sin embargo, no se ha logrado la transmisión con *H. crudus* en varias regiones del Caribe fuera de la Florida.

La crianza de insectos como putativos vectores del ALC en medio artificial es importante para el desarrollo de pruebas controladas de patogenicidad. Los primeros experimentos controlados de adquisición y transmisión de ALC con *H. crudus* fueron realizados en Florida en los años 70's. La principal característica para utilizar palmas como hospedero de insectos, es que son grandes fuentes de alimentación por ser plantas de hoja perenne y de varias edades, desde jóvenes hasta viejas; algunos insectos prefieren follaje joven de cocotero, mientras otras especies prefieren follaje viejo (Howard, 2001). Por lo anterior, el objetivo de los presentes ensayos fue evaluar el número de días que pueden sobrevivir algunos insectos putativos vectores de ALC en prototipo de dispositivo (medio artificial) bajo condiciones de laboratorio, para ser considerados en futuros ensayos de transmisión de la enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de fitopatología del Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco (COLPOS-CT), ubicado en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. Durante el periodo de muestreo se realizaron colectas de especies pertenecientes a las familias: Cixiidae y Derbidae en palmas de cocotero de huertos familiares en las comunidades de los municipios de Cárdenas (Campo experimental KM-21 (COLPOS-CT) y R/a. Habanero 2da secc) y Cunduacán (Ranchería Miahuatlán 2da secc).

Se realizaron un total de seis ensayos en el periodo comprendido entre mayo y octubre del 2014. Los insectos fueron capturados en palmas de cocotero de tres zonas de la Chontalpa, Tabasco. Para los ensayos se diseñó un prototipo de jaulas, que consistió en dos contenedores cerrados con una plántula y un ambiente controlado (Figura 1). Cada jaula se elaboró con dos frascos de plásticos pegados de forma invertida para cerrar el sistema y con ventanas de respiración; los envases fueron de forma circular de Polietileno transparente calibre 0.5 con 15 cm diámetro y una altura de 26 cm. Dentro del encierro se colocaron 200 g de suelo esterilizado, sobre el cual se estableció una palma Kerpi con edad juvenil y de 25 ± 3 cm de

altura promedio con tres hojas fotosintéticamente activas, empleada como fuente de alimentación por los insectos. El suelo experimental se prepara mezclando cuidadosamente el suelo presente en la zona de estudio (textura migajón arcilloso).



Figura 1. Prototipo de jaulas (Izquierda) y la parte de abajo del prototipo con palma kerpi (derecha).

A cada jaula se le introdujeron un número variable de insectos colectados en diferentes sitios e identificados como libre de fitoplasma del Amarillamiento Letal (ALC) [Cuadro 1]. El número de insectos introducidos dependió de su disponibilidad en campo. La duración de cada ensayo fue hasta la muerte del último individuo en la jaula correspondiente.

En base a los análisis de insectos realizados en años anteriores por parte del CICY de algunas especies de homópteros como putativos vectores de fitoplasma (datos no publicados) se consideraron evaluar la sobrevivencia de las especies de la familia Cixiidae: *Haplaxius (Myndus) crudus*, *H. skarphion*, *Oeclus snowi* y Derbidae: *Persis foveatis* y Posible *Cedusa*.

Cuadro 1

Insectos putativos vectores de fitoplasma de ALC capturados en la chontal Tabasco

Ensayo	Especie evaluada	No. de individuos	Lugar de captura
1	<i>H. crudus</i>	1	
	Posible <i>Cedusa</i>	1	
2	Jaula 2-1 <i>Persis foveatis</i>	8	Ranchería Habanero 2da sección, Cárdenas
	Jaula 2-2 <i>Haplaxius skarphion</i>	5	
3	Jaula 3-1 Posible <i>Cedusa</i>	6	Ranchería Miahuatlán 2da Ranchería Habanero 2da sección, Cárdenas
	Jaula 3-2 <i>H. skarphion</i>	2	
	Jaula 3-3 <i>H. crudus</i>	1	
4	Jaula 3-4 <i>Oecclus snowi</i>	4	Ranchería Miahuatlán 2da Ranchería Habanero 2da sección, Cárdenas
	<i>H. skarphion</i>	24	
5	<i>H. crudus</i>	6	Campo experimental Km-21,
6	<i>H. crudus</i>	5	COLPOS

Captura de Insectos. Los insectos fueron capturados en la superficie de las hojas, para ello, se realizó un diseño propio desarrollado en el laboratorio del CICY (no publicado), el cual consiste en un tubo falcón de 15 ml con una apertura en la parte de abajo, adaptado de manera especial encima de otro tubo de 50 ml. El uso de este sistema ayudo a capturar insectos minimizando el estrés y los daños mecánicos que pudieran ocurrir cuando se les está manejando. El proceso de captura fue de la siguiente manera: primero se coloca la apertura de arriba del tubo menor encima del insecto deseado, cubriéndolo completamente; después, se espera a que el insecto salte y vaya hasta el fondo del tubo grande, lo cual reduce las posibilidades del insecto de escapar cuando el tubo menor tenga que destaparse nuevamente para atrapar a otro individuo. Cada tubo se cerró al término de las capturas de cada especie, previo a su traslado al laboratorio.

Observaciones diarias sobre la mortalidad de individuos fue registrada durante todo el periodo de duración de individuo vivos en los ensayos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longevidad de los insectos ha sido reportada como una de las limitantes más importantes en las pruebas de transmisión con *H. (Myndus) crudus*. La longevidad de la especie *H. (Myndus) crudus* fue considera en cuatro ensayos (1, 3, 5 y 6)

por ser la especie de la cual se ha obtenido evidencia con diferentes enfoques que transmite el ALC, en otras regiones del de América y África se ha intentado repetir estos ensayos, pero sin lograr la transmisión, como son Jamaica (Eden-Green, 1993, Brown *et al.*, 2006) y México (Dzido, 2010, Datos sin publicar). Una segunda especie del mismo género es *H. skarphion*, la cual toma importancia evaluar su sobrevivencia, ya que en el algunas zonas del estado de Tabasco se encuentran altas poblaciones en algunas épocas del año. En orden de importancia se consideraron las especies: *H. skarphion*, *Oecclus snowi* y Derbidae: *Persis foveatis* y Posible *Cedusa*, sus evaluaciones como vector de ALC es actualmente en progreso (Julia *et al.*, 2007).

Ensayo 1: Este ensayo se realizó como una prueba exploratoria el 16 de mayo del 2014. Para ello, se utilizó una jaula en la cual se introdujo un individuo de *H. crudus* y uno de Posible *Cedusa*. El número de días que sobrevivieron fueron 11 (*H. crudus*) y 54 Posible *Cedusa* (Figura 2). Estos resultados nos dan pautas en el número mínimo de días que puede llegar a sobrevivir ambas especies en este sistema.



Figura 2. Posible *Cedusa* sobre foliolos de palma Kerpi en jaula del primer ensayo con una sobrevivencia de 54 días.

Ensayo 2: Se hicieron capturas de cinco individuos de *Persis foveatis* y ocho de *Haplaxius skarphion* en plantas de cocotero ubicadas en la Ranchería Habanero 2da sección, Cárdenas el 20 de junio del 2014. Para este ensayo se utilizaron dos sistemas de kerpi, en los cuales se dividieron para cada especie evaluada. Los insectos fueron liberados en el sistema con Kerpi el mismo día de su captura en campo. La figura 3 muestra el resultado obtenido para ambas especies en número de días transcurridos para que las poblaciones disminuyeran en un 50 %. EL 62.5

% de *P. foveatis* sobrevivieron 12 días, mientras que en la especie *H. skarphion*, un individuo alcanzo una sobrevivencia de 46 días, un segundo alcanzó 26 días y 60 % sobrevivió menos de 12 días.

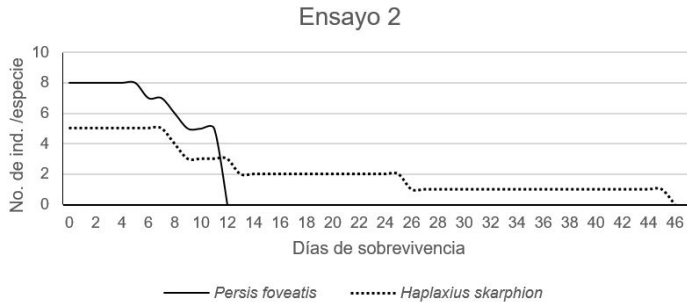


Figura 3. Resultados obtenidos para el segundo ensayo de sobrevivencia de *Persis foveatis* y *Haplaxius skarphion* en cautiverio usando el sistema de alimentación de kerpi.

Ensayo 3: Para este tercer ensayo de sobrevivencia se hicieron capturas de *Posible Cedusa* (seis), *Haplaxius skarphion* (dos), *H. crudus* (uno) y *Oeclus snowi* (cuatro) en cautiverio usando el sistema de alimentación de kerpi en plantas de cocotero ubicadas en la Ranchería Habanero 2da sección, Cárdenas y Ranchería Miahuatlán 2da sección el 7 de agosto del 2014 (Figura 4). El *H. crudus* tuvo una sobrevivencia de seis días, este mismo número de días lo presentó un individuo de la especie *H. skarphion* y el otro 12 días. El 50 % de los individuos de *Posible Cedusa* y *O. snowi* sobrevivieron seis días (Figura 4).

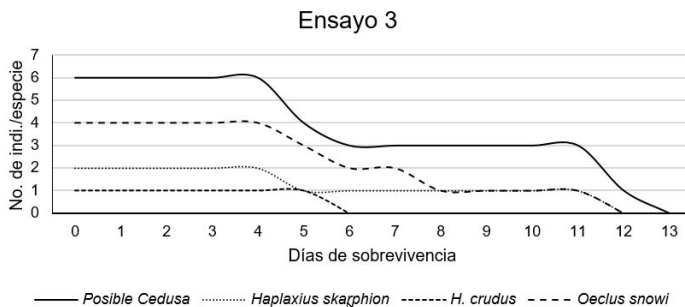


Figura 4.- Resultados obtenidos para el tercer ensayo de sobrevivencia de *Posible Cedusa*, *Haplaxius skarphion*, *H. crudus* y *Oeclus snowi* en cautiverio usando el sistema de

alimentación de kerpi.

Ensayos 4, 5 y 6: Para estos ensayos se capturaron especies realizaron capturas de *Haplaxius skarphion* (ensayo cuatro [24 ind.]), *H. crudus* (ensayo cinco [seis ind.] y seis [cinco ind.], en las fechas: 18 de agosto, 26 de septiembre y 31 de octubre, respectivamente. Los insectos de *H. skarphion* fueron capturados en palmas de cocotero ubicadas en la Ranchería Habanero 2da sección, Cárdenas. Las capturas de insectos *H. crudus* se realizó en plantas de cocotero ubicadas en el Campo experimental 21 del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco (Figura 5). El ensayo de sobrevivencia 4 con *H. skarphion* mostró una amplia variación en el número de sobrevivencia de los individuos; el 50 % sobrevivió cinco días, 33.3 % nueve días, encontrándose sobrevivencia de individuos con duración de 22, 29 y 51 días para esta especie (Figura 5).

En el ensayo cinco, *H. crudus* en el sistema Kerpi presentó una sobrevivencia máxima de 12 días (tres ind.) [Figura 5]. En el ensayo seis, la población total sobrevivió cinco días (Figura 5).

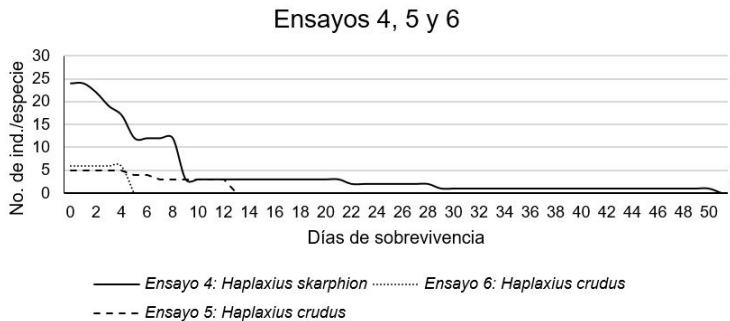


Figura 5.- Resultados obtenidos para el tercer ensayo de sobrevivencia de *Haplaxius skarphion* (ensayo cuatro [24 ind.]), *H. crudus* (ensayo cinco [seis ind.] y seis [cinco ind.] en cautiverio usando el sistema de alimentación de kerpi.

El conocimiento sobre el vector (s) es útil en los intentos para regular la enfermedad a través de control de vectores (Rajan, 2011). En la presente investigación, la especie *H. (Myndus) crudus*, mostró una longevidad menor a los 13 días. En condiciones de Laboratorio en la Florida, USA, Tsai y Kirsch (1978), encontraron para esta misma especie que la sobrevivencia máxima de *H. (Myndus) crudus* en palmas de *Veitchia merrillii* fue de 50 días, 13 días más que en palmas de coco. De

159 adultos probados en palma kerpi, 23.3% vivieron más de 25 días. Sin embargo, solamente 6.1% de 114 insectos probados en palmas de coco sobrevivieron más de 25 días. Por otro lado, en Colombia, Arango et al., (2011), reporta que adultos de *H. (Myndus) crudus* alimentados sobre foliolos de plantas en palma de aceite alcanza la mejor sobrevivencia pasa los 16,3 días en junio, 21.2 días en julio y 22.2 días en agosto; con una sobrevivencia máxima de adultos de 34 días, la cual correspondió a una hembra, mientras que la máxima para un macho fue de 28 días. Sin embargo, se encontró una sobrevivencia máxima de 51 días para *H. skarphion* y 54 días para *Posible Cedusa*.

Algunas de las amenazas en la sobrevivencia de las especies de putativos vectores que se han encontrado es la depredación por parte de algunas especies de arañas y hormigas, Howard (1987) y Tsai y Kirsch (1978) reporta que algunos de los enemigos naturales de *H. (Myndus) crudus*, se encuentran que varias especies de arañas y hormigas como la especie *Solenopsis invicta*, entre otros como hongos y ácaros.

CONCLUSIONES

Las palmas kerpi (*V. merrillii*) plantadas en las jaulas sirven como hospederos alternos capaz de proporcionar suficiente alimento a los insectos y así las posibilidades de incrementar su longevidad. El sistema artificial probado en el presente estudio puede ser capaz de mantener el número de días suficiente para hacer estudios de transmisión con las especies: *Haplaxius (Myndus) crudus*, *H. skarphion*, *Oecclus snowi* y Derbidae: *Persis foveatis* y *Posible Cedusa*.

LITERATURA CITADA

- Arango, M., Ospina, C., Sierra, J., y Martínez, G. 2011. *Myndus crudus*: vector del agente causante de la Marchitez letal en palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas* 32:13-25.
- Bosco, D. and Tedeschi, R. 2013. Insect vector transmission assays. Pp. 73-85. In: Dickinson, M. *Phytoplasma: Methods and Protocols*. Humana Press London, UK.
- Brown, S.E.; Been, B.O. y McLaughlin, W.A. 2006. Detection and variability of the

-
- lethal yellowing group (16Sr IV) phytoplasmas in the *Cedusa* sp. (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Derbidae) in Jamaica. *Annals of Applied Biology* 149:53-62.
- Dery K.S.; Philippe R. y Mariau, D. 1996. Auchenorrhyncha (Homoptera), suspected vectors of Coconut Lethal Yellowing disease in Ghana. *Plantations, recherche, développement*. 3:355-363.
- Dollet, M.; Macome, F.; Vaz, A. y Fabre, S. 2011. Phytoplasmas identical to coconut lethal yellowing phytoplasmas from Zambesia (Mozambique) found in a pentatomid bug in Cabo Delgado province. *Bulletin of insectology (Supplement)* 64:139-140.
- Eden-Green, 1993. Lethal yellowing and related diseases. Pp: 144-152. In: CIRAD (eds). *La recherche européenne au service du cocotier*. European Research Working for coconut. Actes du séminaire. 2-6 septembre. Montpellier, France.
- Julia, J. F.; Sánchez-Soto, S.; Narváez, M.; Oropeza, C.; Ortiz, C.F.; Castillo, R. y Dollet, M. 2007. Search for the insect vectors of Lethal Yellowing (LY), a phytoplasma disease in Mexico. *Phytopathology* 98:S199.
- Halbert, S.E.; Wilson, S.W.; Bextine, B. y Youngblood, S.B. 2014. Potential planthopper vectors of palm phytoplasmas in Florida with a description of a new species of the genus *Omoclina* (Hemiptera: Fulgoroidea). *Florida Entomologist* 97:90-97.
- Hogenhout, S.A.; Oshima, K.; Ammar, E.; Kakizawa, S.; Kingdon, H. y Namba, S. 2008. Phytoplasmas: bacteria that manipulate plants and insects. *Molecular Plant Pathology* 9:1-21.
- Howard, F.W. 1987- Myndus crudus (Homoptera: Cixiidae), a vector of Lethal Yellowing of palms. In: M.R. Wilson and L.R. Nault (eds.). *Proceedings of 2nd International Workshop on Leafhoppers and Planthoppers of Economic Importance*. Brigham Young University, Provo, Utah, USA, 28th July-1st August 1986. London, CAB International Institute of Entomology. pp. 117-129.
- Howard F.W. 2001. The animal class insecta and the plant family Palmae. Pp.: 1-32. In: Howard, F.W.; Moore, D.; Giblin-Davis, R.M. and Abad, R.G. (eds) *Insects on palms*. CABI. London, UK.
- Howard, F.W. 1983. World distribution and possible geographic origin of palm lethal yellowing disease and its vectors. *FAO. Plant. Prot. Bull.* 31:101-113.
- Lee, I.; Davis, R. y Gundersen, D. 2000. Phytoplasma: phytopathogenic Mollicutes. *Annual Review of Microbiology*. 54:221-255.

-
- Lee, I.M.; Dawn, E.; Gundersen, D.E. y Bertaccini, A. 1998. Phytoplasma: ecology and genomic diversity. *Phytopathology* 88:1359-1366.
- Marcone C, Lee IM, RE Davis, A Ragozzino, E Seemüller 2000. Clasificación of aster yellows-group phytoplasmas based on combined analyses of rRNA and tuf gene sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 50:1703-1713.
- McCoy, R.E.; Howard, F.W.; Tsai, J.H.; Donselman, H.M.; Thomas, D.L.; Basham, H.G.; Atilano, R.A.; Eskafi, F.M.; Britt, L. and Collins, ME. 1983. Lethal yellowing of palms. Technical Bulletin No. 834. Gainesville: University of Florida.
- Rajan, P. 2013. Transmission of coconut root (wilt) disease through plant hopper, *Proutista moesta* Westwood (Homoptera: Derbidae). *Pest Management In Horticultural Ecosystems* 17:1-5.
- Thomas, D.L. y Norris, R.C. 1980. The use of electron microscopy for lethal yellowing diagnosis. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 93:196-199.
- Tsai, J.H., Woodiel, N.L. y Kirsh, O.H. 1976. Rearing techniques for *Haplaxius crudus* (Homoptera: Cixiidae). *Florida Ent.* 59:41-43.
- Weintraub, P.G. y Beanland, L. 2006. Insect vectors of phytoplasmas. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 91-111.

EVALUACIÓN DE MÓDULOS AGROFORESTALES ESTABLECIDOS EN TIERRAS DE PRODUCTORES EN CALAKMUL COMO APOYO AL PROGRAMA DE LA CRUZADA CONTRA EL HAMBRE EN CAMPECHE

EVALUATION OF AGROFORESTRY MODULES ESTABLISHED IN LANDS OF PRODUCERS OF THE BIOSPHERE RESERVE OF CALAKMUL AS SUPPORT FOR THE PROGRAMME OF THE CRUSADE AGAINST HUNGER IN CAMPECHE

Hernández GG*, Soto RJM, Canales CR.

¹INIFAP-Campo Experimental Edzná. Km.15.5 Campeche-Pocyaxum, Campeche, Campeche, México.C.P.24520.a.p.341. Tel.018000882222 Ext.88309.

Hernandez.gonzalo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se presentan los resultados de cinco años de investigación en módulos agroforestales, como alternativa de desarrollo sustentable y conservación de los recursos naturales en sistemas tradicionales del uso del suelo con productores del área de amortiguamiento de la reserva de la biosfera de Calakmul, en Campeche. El objetivo fue evaluar el funcionamiento de los componentes, productividad y rentabilidad del uso de la tierra en tres diferentes prototipos de sistemas agroforestales con productores de la reserva de la biosfera de Calakmul, que permitieran mejorar los rendimientos del sistema tradicional del uso de la tierra y conservación de los recursos naturales, para fortalecer las condiciones económicas, ecológicas y bienestar social de los productores de escasos recursos en Campeche y otras regiones del país. Se describe la estructura y función de los componentes del sistema, productividad, respuesta de las diferentes especies e integración de la mano de obra familiar para el buen funcionamiento de los módulos los cuales consisten en tres prototipos: bloque mixto, bloque de frutales y bloque forestal. En la evaluación se utilizaron variables dendrométricas, sobrevivencia, altura y diámetro de copa, para determinar la respuesta de las especies entre módulos. Se registro las entradas y salidas de gastos e ingresos para obtener el análisis financiero.

Palabras clave: Módulos, Agroforestales, Sustentabilidad, Calakmul.

INTRODUCCIÓN

Entre los principales problemas que enfrenta México como país está garantizar la seguridad alimentaria y fomentar el aprovechamiento sustentable y protección al medio ambiente. El primero de ellos es considerado como problema nacional debido a que, hasta el año 2012 México tenía 53.3 millones de personas en condiciones de pobreza (45.5 %), de las cuales 41.8 millones vivían en pobreza moderada y 11.5 millones en extrema pobreza; mientras que 28.6% tenía al menos una carencia social y 6.2 % vulnerable al ingreso, siendo una de las principales, el acceso a la alimentación (CENEVAL, 2012). Razón por lo que el Gobierno Federal de México lanza la estrategia de la Cruzada Contra el Hambre, la que considera la inclusión y el bienestar social para garantizar la seguridad alimentaria y la nutrición de los 7.01 millones de mexicanos en condición de pobreza extrema (Gobierno de la República, 2013). Otro de los problemas relevantes es la degradación de los ecosistemas naturales y pérdida de la biodiversidad de especies por aprovechamientos forestales desordenados, cambio de uso de suelo para la agricultura y ganadería, algunas cifras señalan que México se encuentra entre los primeros países con mayor deforestación en el mundo, ya que en el periodo 2005-2010 se perdieron alrededor de 155 mil hectáreas de bosques y selvas por año (FAO 2009). En México desde período de los años 70 se ha retomado el interés por el estudio de estos sistemas agroforestales, estableciéndose campos de maíz y otros cultivos con rodales de mezquite, guaje y guamúchil en Oaxaca y Puebla. Fincas de café con sombra de plátano y otros estratos en Veracruz. Cortinas rompeviento de Sauce con cultivos agrícolas en Tlaxcala. Jardines de traspatio multiestrato mezclados con diversos cultivos en Tabasco. Otros estudios son los que se hicieron en Quintana Roo por el INIFAP, mediante el establecimiento de unidades agrosilvícolas de producción sostenida y multidimensional que incluía especies forestales nativas e introducidas, especies frutales y especies forrajeras. En la península de Yucatán se han tenido más experiencia con estos sistemas y desde el periodo 1980 se ha puesto énfasis en el estudio de las técnicas agroforestales tradicionales, en Quintana Roo, Yucatán y Campeche, tales como el manejo de acahuales después de la agricultura migratoria con mezclas de árboles y cultivos anuales y perennes, asociados a huertos familiares con alta diversidad de especies. De tal forma que los tipos de sistemas agroforestales que más se han establecido en México son huertos caseros o familiares, acahuales o barbechos mejorados, cercos vivos (postes vivos), árboles de sombra en plantaciones agrícolas (café, cacao, frutales, maíz y otras),

cultivos en callejones, pastizales de callejones (para corte y/o pastoreo) y cortinas rompevientos. Por su parte, las mayores superficies registradas como sistemas agroforestales durante el período 2000 y 2012 en estadísticas oficiales de la CONAFOR, se distribuyen en los estados de Veracruz, Chiapas, Puebla, Guerrero y Campeche. Resolver el problema de la seguridad alimentaria y nutricional requiere una serie de enfoques agrícolas interconectados, en particular, las mejoras en la productividad de los cultivos básicos, la biofortificación de los alimentos básicos, y el cultivo de una amplia variedad de plantas comestibles que proporcionan frutas, frutos secos y vegetales para obtener regímenes alimenticios más variados (Frison, Cherfas y Hodgkin, 2011).

En el estado de Campeche existe un enorme potencial para la diversificación de la producción de cultivos en la gran variedad de alimentos autóctonos infrautilizados utilizados con el nuevo enfoque hacia la agricultura y desarrollo agrícola construida sobre la base de la conservación de los recursos u otros aspectos de la agricultura tradicional, local y de pequeña escala y que al mismo tiempo aproveche los conocimientos y métodos modernos de ecología, bajo el concepto de desarrollo sustentable y en el enfoque holístico de la agroecología basado en los tres componentes más importantes de la sostenibilidad (bases ecológicas, equidad social y viabilidad económica). Como son los sistemas agroforestales. El objetivo, fue evaluar el funcionamiento de los componentes, productividad y rentabilidad del uso de la tierra en tres diferentes prototipos de sistemas agroforestales con productores de la reserva de la biosfera de Calakmul, que permitieran mejorar los rendimientos del sistema tradicional del uso de la tierra y conservación de los recursos naturales, para fortalecer las condiciones económicas, ecológicas y bienestar social de los productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de los módulos. En este trabajo se presentan los resultados en cinco años de ejecución del proyecto de cinco módulos agroforestales localizados en dos comunidades 1). Heriberto Jara, localizada entre los paralelo 18°30'43.00" N y meridiano 89°26'40.93" en la parcela de los productores: Petronilo Cambrano, Virginio Sánchez y Alberto Camacho. 2). Valentín Gómez Farías, situada entre los paralelos y 18° 30' 00"N y meridianos 89°26'28.74" W. en las parcelas de los productores: Arcides Cambrano y Lucia Hernández.

Diseño de prototipos. Los módulos son parcelas con una superficie de 10686 m², donde se colocaron tres diseños o prototipos de módulos agroforestales llamados (Bloques): 1) Bloque mixto 2) Bloque de frutales y 3) Bloque forestal. Las especies se sembraron siguiendo el gradiente por tipo de suelo, utilizando el conocimiento del hábitat natural de las mismas y Asociando diferentes cultivos agrícolas con especies frutícolas y forestales.1).- Bloque mixto: Este consiste en el establecimiento de especies agrícolas forestales y frutales, asociadas en líneas intercaladas, es decir una línea de forestal y una de frutal. Los distanciamientos fueron 6x6 m entre línea y planta. Los cultivos agrícolas se sembraron entre los espacios de las hileras. 2).- Bloque de frutales en este se establecieron diferentes especies de frutales a una distancia de 5x5 m. Estableciendo también cultivos agrícolas entre la hileras de frutales 3).- Bloque forestal consiste en un bloque de especies forestales caoba o cedro sembrados a una distancia de 3x3 entre hilera y planta en asocio con cultivos agrícolas. Las densidades utilizadas son: bloque mixto con 160 árboles en 6,696 m², 80 frutales 3,000 m² y 80 forestales 990 m², bloque de frutales se establecieron ocho especies, algunos de los productores sembraron hileras con una sola especie, otros prefirieron utilizar diferentes especies en la misma hilera, en el bloque forestal usaron solo dos, cedro y caoba.

Selección de las especies. La elección de las especies se hizo a través de un diagnóstico bajo la metodología utilizada por el ICRAF priorizando especies desde el punto de vista de mayor importancia social, económica y gastronómica. De estas se eligieron ocho especies siete de frutales y una condimenticia: Aguacate (*Persea americana*), Marañón (*Anacardium occidentale* L.), Guanábana (*Annona muricata*), Nance (*Byrsonima crassifolia*), Tamarindo (*Tamarindus indica*), Caimito (*Chrysophyllum cainito* L.), Chicozapote (*Malnikara zapota* (L) V. Royen.) y Pimienta (*Pimenta dioica* (L) Merr), Algunos productores intercalaron achiote (*Bixa orellana* L.) y repusieron plantas muertas con especies como mango y mamey. En cuanto a la elección de las especies agrícolas fue muy variado, ya que fue decisión del propio productor, algunos eligieron las siguientes especies: Maíz (*Zea mayz* L.), Calabaza (*Cucúrbita pepo*), Chile jalapeño (*Capsicum anum* var *tres lomos*), Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Frijol ib, Frijol pelón (*Vigna sp.*), Sandía (*Citrullus vulgaris*), Diversas hortalizas como rábano (*Raphanus sativus* L.), cilantro (*Coriandrum sativum*) y papaya maradol (*Carica papaya* híbrido Caleña). Algunos productores únicamente han cultivado maíz en asocio con nescafé (*Mucuna pruriens*) y canavalia (*Canavalia ensiformis*) y otros han asociado yuca (*Manihot esculenta* Crantz.),

Forestales: Cedro (*Cedrela odorata*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*). Aunque uno de los productores al momento de la limpieza ha dejado en pie especies de valor comercial como Sac-chaca (*Dendropanax arboreus* (L) Planch Decne) y algunas leguminosas mejoradoras de suelo como el Huaxin (*Leucaena leucocephala*). Hay que destacar que antes del desarrollo del proyecto todos los módulos eran tierras en abandono o infestadas de tajonal.

Parámetros evaluados. Supervivencia, Altura, Diámetro de la copa, distribución espacial y temporal de las diversas especies, incidencia de plagas, producción, entradas y salidas de productos reflejados en gastos inversión en el establecimiento y mantenimiento de las parcelas para realizar el análisis financiero. La evaluación se hizo comparando el efecto en crecimiento y desarrollo de las diversas especies establecidas en cada uno de los modelos establecidos en los diversos tipos de suelo. Preferencia del productor por alguno de los bloques utilizados. Así mismo evaluar el comportamiento financiero independiente para cada uno de los módulos.

Distribución Temporal. En las cinco parcelas se tomo en cuenta un patrón de selección en suelos donde se hubiera usado el sistema tradicional de agricultura migratoria cañada de dos años (sucesión secundaria de dos años) dando un chapeo manual en los meses de marzo-abril, quema en el mes de mayo y siembra en el mes de junio. Posteriormente en las cinco parcelas se trato de seguir el mismo patrón de manejo sin embargo los cinco productores se les dio la opción de tomar la decisión de manejar a su manera, a su preferencia. En todos los bloques se trató de realizar las mismas prácticas de cultivo antes del establecimiento de las especies, sin embargo con algunos de los productores fue muy diferente dependiendo al tipo de suelo donde se establecieron cada uno de los módulos. Tres módulos se establecieron en terrenos semimecanizados en los cuales se volvía preparar la tierra con motocultor (Arcides, Lucia y Heriberto), en dos parcelas se siguió el patrón de cultivo de cañada de dos años y cultivo consecutivo.

La distribución temporal fue diversa y dependió de las necesidades y preferencia de cada uno de los productores algunos utilizaron diferentes patrones de cultivo y diferentes asociación de cultivo en diferentes épocas, uno de los productores sembró maíz en el primer año de cultivo y después únicamente labores de limpieza a manuales en los tres bloques y posteriormente en los siguientes años limpieza a través de callejones. Otros han mejorado su sistema utilizando barbechos mejorados con *Leucaena leucocephala* (Lam.) en los primeros años en

asocio con maíz. Algunos otros como Arcides en los bloques mixto y frutal preparo el terreno con el motocultor en el primer año sembrando en asocio maíz con canavalia y nescafe, después de cosechar la semilla de estas especies las incorporo al suelo aplicando a la par estiércol de ganado dispersándolo homogéneamente en toda la superficie con apoyo del motocultor , en el segundo año sembró chile jalapeño con muy buenos resultado, inmediatamente después de la cosecha de picante estableció calabaza en asocio con ibes y Xpelón en pequeñas extensiones. En el siguiente ciclo de cultivo estableció papaya maradol, intercalando frijol, sandia y pequeñas extensión de hortalizas. A los cuatro años después empiezo a cosechar frutos de nance. En las cinco parcelas en el bloque mixto y frutal en monocultivo fue notable la preferencia de los productores por los cultivos y manejo donde existían especies de valor alimenticio y comercial en comparación con el bloque forestal. El sistema frutal en monocultivo se realizó las mismas prácticas de preparación del terreno y labores del cultivo utilizadas en el sistema mixto. El bloque forestal la preparación del terreno fue similar también algunos productores establecieron cultivos agrícolas sin embargo, la mayoría de los productores mostraron poco interés en el cuidado y manejo de los árboles forestales.

Métodos de plantación: Distribución espacial. Después de la limpieza del terreno se procedió a trazar la plantación, que consistió en marcar el lugar en el que va a quedar la poceta, colocando una baliza de madera, señalando el lugar donde se sembrar al la planta. El sistema de plantación fue un marco real la densidad de plantación, fue variable de acuerdo al tipo de suelo y el sistema de plantación para el bloque mixto de 6 x 6 m (277 árboles/ha), frutal 5 x 5 m (400 árboles/ha) y forestal 3x3 m (1111árboles/ha) entre hilera y planta.

Podas. Para tener un mejor desarrollo del árbol y mayor facilidad en el manejo, se realizaran dos tipos de podas de formación y saneamiento utilizando tijeras especiales para no causar daños a la planta. También se dio una podas de saneamiento la cual consistió en eliminar las partes secas y ramas dañadas; esta práctica se dio después de la cosecha para evitar enfermedades posteriores. También se podaron los brotes muy suculentos, conocidos como chupones que frecuentemente aparecen en los árboles, que se deben eliminarse para evitar que utilicen reservas de alimenticias que puede aprovechar el árbol en la formación de frutos. En las especies forestales como cedro se ejecutaron dos tipos de poda, con el fin de eliminar el eje dañado por *Hypsipyla grandella*.

Labores de cultivo. Fertilización. Se utilizó fertilizante químico de la fórmula 18-46-00 sin embargo dos productores aplicaron fertilizantes orgánicos como estiércol y fermentados como el bocashi, composta y foliares orgánicos como supermagro con muy buenos resultados principalmente en cultivos agrícolas como picante, sandía y papaya.

Plagas. En el control de plagas en cultivos agrícolas, frutales y forestales se controlaron empleando productos orgánicos como neem. **Cosecha.** Para la mayoría de los frutales la cosecha se llevó a cabo en forma manual utilizando las herramientas adecuadas dependiendo de la especie por cosechar, el achiote y pimienta se utilizó tijera podadora o gancho podador y estar al pendiente de la fenología del fruto para que no abra antes de la cosecha. Lo mismo sucede para la pimienta y para frutales se utilizó un gancho con bolsa para proteger al fruto y evitar la caída directa al suelo que causa raspaduras y rajaduras. Comercialización: El mercado es muy limitado lo más común fue ofrecer sus productos en el mercado local de Xpujil y Chetumal, Quintana Roo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se muestra en el cuadro 1 de resultados para la variable sobrevivencia en el bloque mixto la pimienta, nance y zapote son las que respondieron mejor en los cinco módulos agroforestales su respuesta se debe a que son especies nativas que se adaptan bien a su ambiente natural y condiciones de tipo de suelo, profundidad y situaciones de gradiente topográfico y cuidado del productor. La respuesta fue similar en el bloque de frutales además del mango que expresó buen desarrollo en suelo fértil y profundo de tipo Yaax-hom. En el bloque forestal para esta variable la caoba manifestó la mejor sobrevivencia pero también para este mismo tipo de suelo. La mayor mortandad se mostró en marañón y aguacate hay que destacar que estas especies se establecieron en suelos más pedregosos y menos profundos de tipo Ka-kab.

La respuesta en altura cuadro 2, Señala que el nance fue que respondió mejor tanto en el bloque mixto como en el bloque frutal en monocultivo en los cinco módulos. Aunque las actividades de agrónomicas de cultivo fueron diferentes en cada módulo. La altura de los árboles en el bloque forestal caoba y cedro depende del tipo de suelo y cuidado del producto, en todos los módulos el productor dedicó

menor atención y cuidado de los árboles. Hay que numerar que en algunos módulos como en el Petronilo el componente forestal ha tenido muy buenos resultados al establecerlo en suelo de tipo yaax-hom asociado con frutales hay que destacar que este productor ha elegido árboles forestales de regeneración natural como el Sachaca que es una especie de gran valor comercial la cual ha manejado seleccionando los mejores árboles y evitando la competencia entre la población.

En el módulo de Virginio Sánchez las especies no ha respondido como los otros módulos debido a que el manejo ha sido diferente el productor no preparo el suelo como los demás productores el utilizo un terreno de segundo año de cultivo de maíz con una limpieza manual y quema, en años posteriores realizo la limpieza con machete en toda la superficie y posteriormente limpieza en brechas además las condiciones de suelo y climatológicas como falta de lluvia en esta región fueron factores que incidieron en el crecimiento y desarrollo de los árboles. Sin embargo la pimienta, nance y zapote son las especies que más han respondido a estas condiciones. En el módulo de Alberto Camacho la falta de lluvia en esta región ocasiono la muerte y limito el crecimiento de los árboles.

En cuanto al desarrollo de la copa cuadro 3, el nance manifestó la copa más grande sin embargo las especies restantes a los cinco años manifiestan incrementos anuales mínimos estos nos indica que podemos asociar cultivos agrícolas con árboles forestales, frutales en este periodo de tiempo sin problemas de efecto de sombra.

Cuadro 1*Respuesta en sobrevivencia en los cinco módulos para los tres bloques***Bloque mixto**

Tipo de suelo		Yaax-hom Vertisol	Yaax-hom Vertisol	Yaax-hom Vertisol	Ka-kab Rendzina	Ka-Kab Rendzina
Variable	Especie	Arcides	Lucia	Petronilo	Virginio	Alberto
Sobrevivencia %	Pimienta,	50	90	80	100	80
	Guanábana	20	60	40	30	90
	Nance	70	100	50	100	60
	Aguacate	50	40	30	0	0
	Caimito	60	10	100	50	40
	Zapote	40	90	70	90	90
	Tamarindo	30	30	70	70	0
	Marañón	0	20	100	60	70
	Mamey	-	-	87	-	-
	Caoba	85	-	82	-	-
Cedro	70	80	-	71	39	

Bloque frutal

Variable	Especie	Arcides	Lucia	Petronilo	Virginio	Alberto
Sobrevivencia %	Pimienta	80	20	100	90	90
	Guanábana	70	70	69	-	70
	Nance	80	80	50	0	70
	Aguacate	22	20	80	60	70
	Caimito	10	50	80	40	10
	Zapote	70	60	100	0	80
	Tamarindo	40	0	80	100	30
	Marañón	0	0	0	80	0
	Mamey		60	-	-	-
	Mango				100	-

Bloque forestal

Variable	Especie	Arcides	Lucia	Petronilo	Virginio	Alberto
Sobrevivencia %	Caoba	50		95	82	74
	Cedro		44			

Cuadro 2*Crecimiento en altura en los cinco módulos para los tres bloques*

Bloque mixto						
Variable	Especie	Arcides	Lucia	Petronilo	Virginio	Alberto
Altura m	Pimienta	1.8	1.8	2.71	2.5	1.87
	Guanábana	2.9	2.9	1.39	1.06	0.51
	Nance	4.08	4.08	7.7	2.94	2.59
	Aguacate	4.8	4.8	2.5	0	0
	Caimito	2.48	2.48	2.01	0.63	0.56
	Zapote	1.75	1.75	1.79	1.83	1.15
	Tamarindo	2.0	2.0	2.09	1.14	0
	Marañón	0.0	0.0	2.58	1.06	0.81
	Mamey	3.72	3.72	0.51	-	-
	Caoba Cedro	3.11	-	-	-	-
			3.11		2.36	1.70
Bloque frutal						
Variable	Especie	Arcides	Lucia	Petronilo	Virginio	Alberto
Altura m	Pimienta	2.3	3.15	2.94	1.83	0.72
	Guanábana	3.10	1.95	1.52	-	0.45
	Nance	4.76	4.10	5.0	0	2.93
	Aguacate	3.8	1.67	2.66	2.46	0.48
	Caimito	2.20	1.8	2.32	0.77	0.75
	Zapote	2.05	1.66	1.96	0	1.32
	Tamarindo	3.3	0	2.71	1.93	1.50
	Marañón	0	0	0.0	1.13	0
	Mamey		1.90	-	-	-
	Mango		-	3.0	-	-
Bloque forestal						
Variable	Especie	Arcides	Lucia	Petronilo	Virginio	Alberto
Altura m	Caoba	1.6		3.90	2.76	3.24
	Cedro		3.4			

Cuadro 3

Crecimiento en Diámetro de copa en los cinco módulos para los tres bloques

Bloque mixto

Variable	Especie	Arcides	Lucia	Petronilo	Virginio	Alberto
Diámetro de copa m ²	Pimienta	0.8576	1.2667	0.5876	1.1882	0.3369
	Guanábana	1.6173	0.1661	0.2206	0.4656	0.0314
	Nance	10.4674	2.6880	11.9459	0.9758	1.2968
	Aguacate	3.9057	0.2922	2.0106	0	0
	Caimito	1.2469	0.4128	1.3375	0.1018	0.0855
	Zapote	0.7088	0.8908	0.7238	0.7735	0.3019
	Tamarindo	0.7854	0.4128	1.2174	0.2827	0
	Marañón	0.0	0.0433	1.4957	0.0730	0.0594
	Mamey	-	-	0.0397	-	-
	Caoba Cedro	1.5284	0.8116	0.4839	-	-
		1.3006		2.2966	0.4596	0.010

Bloque frutal

Variable	Especie	Arcides	Lucia	Petronilo	Virginio	Alberto
Diámetro de copa m ²	Pimienta	1.4313	1.4313	1.1028	0.2169	0.0638
	Guanábana	0.9076	0.9076	0.4015	0	0.0254
	Nance	7.5720	7.5720	17.3494	1.0751	2.8353
	Aguacate	0.2375	0.2375	0.6082	0.0471	2.1382
	Caimito	1.9606	1.9606	3.3979	0.0	0.3068
	Zapote	0.7854	0.7854	1.0751	0.4359	0.7697
	Tamarindo	0.0	0.0	2.5446	0.1418	0.0201
	Marañón	0.0	0.0	-	0.0779	0.0
	Mamey	1.3892	1.3892	-	-	-
	Mango	-	-	3.63	-	-

Bloque forestal

Variable	Especie	Arcides	Lucia	Petronilo	Virginio	Alberto
Diámetro de copa m ²	Caoba	0.331		1.2173	1.2173	0.3068
	Cedro		0.9714			

Resultados de análisis financieros de los cinco módulos. En el modulo de Arcides para los tres últimos años de evaluación.1999, 2000 y 2001.fue Costos brutos totales \$ 4489, 1028, 2000., Factor de actualización10 % 0.751, 0.683, 0.621 correspondiente a cada año., Costos actualizados 33712.23, 702.12, 1242.00, total 5,315.35., Beneficios Bruto 1616663.00, 4050.00, 14400.00, Factor de actualización 10 % 0.751, 0.683, 0.621., Beneficios actualizados 12138.41, 2766.15, 8942.40 total 23,846.96., VAN de 18531.61 y B/C 4.8. Esté nos indica que en los tres años el productor obtuvo beneficios de 3.48 pesos por cada peso invertido. Esté productor se dedicó permanentemente a su parcela y utilizo en rotación diversos cultivos agrícolas de valor comercial, también uso tecnología como el motocultor.

Fue innovador en el uso de fertilizantes orgánicos estiércol como el supermagro, En el módulo de Lucia para los mismo años: Costos brutos totales \$ 0, 0, 1680., Factor de actualización 10 % 0.751, 0.683, 0.621., Costos actualizados 0, 0, 1043.28, total 1043.28., Beneficios Bruto 0, 0, 8448., Factor de actualización 10 % 0, 0, 0.621., Beneficios actualizados 0, 0, 5246.20 total 5246.20., VAN de 4202.92 y B/C 5. En este módulo las variables económicas corresponden a un año de evaluación ya que en los cuatro años anteriores no se cuenta con información. Sin embargo en este año se obtienen ganancias muy significativas. Esto se debe a la siembra comercial de picante que tuvo buen precio y al uso de fertilizantes orgánicos estiércol, supermagro y al manejo del suelo con el motocultor. La situación financiera en el módulo de Petronilo para cinco años 1997, 1998, 1999, 2000, 2001: Costos brutos 1330, 330, 450, 600, 400., Factor de actualización 10 % 1, 0.909, 0.826, 0.751, 0.683., Costos actualizados 1330, 600, 371.7, 450.6, 273.2 total 2725.47., Beneficios Bruto 300, 600, 400, 1400, 750.,Factor de actualización 10 % 1, 0.909, 0.826, 0.751, 0.683., Beneficios actualizados 300, 545.4, 330.4, 1051.4, 512.25 correspondientes a cada año con un total 2739.45., VAN de 13.98 y B/C 1.00. Este productor de alguna manera generó ingresos desde el inicio del proyecto con la venta algunos productos como maíz, yuca, nance y semilla de canavalia y nescafé. Por esta razón la inversión se recuperó y salió a mano como se manifiesta en la relación B/C. Hay que señalar que la mayoría de los frutales inician su fructificación lo que incrementará notablemente los ingresos. En el módulo de Virginio Sánchez las Circunstancias financieras en los años 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 fue : Costos brutos 1150, 210, 90, 0, 650., Factor de actualización 10 % 1, 0.909, 0.826, 0.751, 0.683., Costos actualizados 1150, 190.89, 74.34, 0, 443.95 total 1858.73., Beneficios Bruto 0, 0, 0, 0, 0., Factor de actualización 10 % 1, 0.909, 0.826, 0.751, 0.683.,Beneficios actualizados 0, 0, 0, 0, 0 total 0., VAN de 1858.73 y B/C 0. Este módulo presento perdidas pero fue por la forma distinta de manejo del mismo, en comparación de los demás módulos. En el modulo de Alberto la situación financiera para los años 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 fue: Costos brutos 1090, 660, 910, 875, 750., Factor de actualización 10 % 1, 0.909, 0.826, 0.751, 0.683., Costos actualizados 1090, 599.94, 751.66, 657.12, 512.25 total 361052., Beneficios Bruto 0, 0, 2200, 5500, 250.,Factor de actualización 10 % 1, 0.909, 0.826, 0.751, 0.683., Beneficios actualizados 0, 0, 1817, 4130.5, 170.75 total 6118.45., VAN de 2507.93 y B/C 1.69. El análisis financiero especifica que a pesar de este productor no estableció cultivos agrícolas en forma consecutiva obtuvo ganancias pero esto se debió a la venta de canavalia en los años 1998 y 1999.

CONCLUSIONES

La respuesta de las diversas especies está en función al tipo de suelo donde se encuentran establecidas en suelo de tipo Yaax-hom (FAO UNESCO vertisol) y las especies con mejor desarrollo fueron: Nance, pimienta, zapote, mango, mamey y caoba. En suelos Ka-Kab (rendzina) nance, pimienta y cedro. 2.- En la adopción de la tecnología los productores muestran interés por diversificar sus sistemas de producción con frutales, cultivos agrícolas y árboles forestales. Las especies con mayor aceptación fueron: Aguacate, Mango, mamey, zapote y guanábana. 3.-La guanábana es de gran preferencia por la alta demanda y buen precio, sin embargo esta presenta una gran variación de adaptabilidad en los diferentes tipos de suelo, presenta una gran necesidad de agua y es muy susceptible a enfermedades. 4.- El aguacate y mamey son más exigentes a suelo y agua por lo tanto en zonas de menor precipitación no sobreviven. 5.- Las especies con mediano interés por los productores fueron nance, tamarindo pimienta y caimito, sin embargo estas muestran gran adaptabilidad a la región. 6.- El marañón no respondió a ninguna condición ecológica de suelo y clima. 7.- El manejo es determinante en el desarrollo de las especies, este fue muy variado y dependió de la disponibilidad de mano de obra del productor y su familia. 8.- La evaluación financiera muestra grandes ventajas al emplear sistemas agroforestales con diversificación de cultivos dentro entre las líneas de los árboles frutales árboles forestales, la distribución espacial y temporal es muy importante. Los productores que invirtieron en intensificar su parcela con sistemas agroforestales no solamente han recuperado su inversión sino que redujeron la pérdida de cultivos. 9.- Extensión y difusión el intercambio de conocimientos sobre el manejo de estos sistemas entre los mismos productores y otros productores de la región ha despertado interés de otros productores por utilizar estos sistemas. Ya que además de incrementar el valor de la tierra y maderable de las especies forestales.10.- Impacto: Estos sistemas han tenido un gran impacto en el municipio de Calakmul los resultados se han difundido en coordinación con dependencias gubernamentales y Organizaciones comunitarias de productores en seis mil quinientas hectáreas en Calakmul y doce mil en Escárcega y otros municipios en Campeche. Estos diseños se siguen utilizando en diversos programas de CONAFOR, SMASS, SDR, SAGARPA y de educación como el tecnológico de China., además estos han sido objeto de desarrollo de programas por la secretaría de desarrollo social como apoyo al programa de nacional de la cruzada contra el hambre en Campeche. Se han extendido en toda la península de Yucatán y en todo el país, con gran aceptación en zonas con aplazamiento social.

LITERATURA CITADA

- Cuanalo de la C., H. E. 1990. Proyecto de Investigación Sistemas Modulares de Producción Agropecuaria y forestal para la Península de Yucatán. SRH, INIFAP, CIID. Canada.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. 2012. Informe de pobreza en México. México: CONEVAL.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. 2012. Informe de Evaluación de la Política de Desarrollo Social 2012. México: CONEVAL.
- Congress of the United States. 1984. Technologies to sustain tropical forest resources. Congress of the United States: Officer of technology assessment, Washington, D.C. 344 pp.
- Frison A.E., Charfas J. Andy Hodgkin T. 2011. Agricultural Biodiversity Is Essential for a Sustainable Improvement in Food and Nutrition Security. *Sustainability* 3:238-253.
- Gobierno de la república, 2013. Sin Hambre, cruzada Nacional. <http://sinhambre.gob.mx/>.
- Glover y Beer 1986. Nutrient cycling in two traditional Central América agroforestry Systems Agroforestry Systems.
- FAO, 2009, Situación de los Bosques del Mundo. FAO, Roma.
- Montagnini F. 1992. Sistemas Agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 2º ed. Rev. Y aum. San José, de Costa Rica. Organización de Estudios Tropicales. 622 p.
- Radulovich, R., y Karremans, J. 1993. Validación de tecnologías en sistemas agrícolas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Serie Técnica Informe Técnico No. 212. Turrialba, Costa Rica.
- Torquebiau E. 1993. Conceptos de Agroforestería: Una introducción. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE YUCA DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL CAMPO EXPERIMENTAL HUIMANGUILLO, INIFAP, TABASCO

EVALUATION OF CASSAVA CULTIVARS GENE BANK EXPERIMENTAL FIELD HUIMANGUILLO, TABASCO INIFAP

De Dios LMO¹; García SA¹; Rodríguez CM^{2*};
Sumano LD²; Gutiérrez BR¹ y Ruíz BP¹

¹Universidad Popular de la Chontalpa. Carrera de Ingeniería en Agronomía, Cárdenas, Tabasco. ²INIFAP Campo Experimental Huimanguillo km 1 Carr. Huimanguillo-Cárdenas.

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

RESUMEN

La yuca (*Manihot esculentam* Crantz.) es una planta perenne que se cultiva en los trópicos de Asia, África, Centro y Sudamérica sus raíces son ricas en almidón (60%) del peso seco total. El objetivo fue evaluar el rendimiento de raíz y caracterizar la morfología de las raíces de seis cultivares de yuca del banco de germoplasma a los 13 meses de establecidas, en suelos fluvisoles. Como tratamientos se emplearon seis cultivares; la Sabanera, Esmeralda, Criolla, las Colectas (Col.), Col. 1, Col. 2, Col. 3. Para su análisis se tomó como un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, se usó la prueba de Duncan ($0.05 < p$) para la comparación de medias. Los resultados, el mayor promedio del número de raíces se obtuvo en la Col. 2 aunque estadísticamente iguales a los otros tratamientos que superaron a la Sabanera y Esmeralda. El mejor promedio de raíces frescas se obtuvo en la Col. 2, aunque estadísticamente iguales a los otros tratamientos, y fueron superiores a la Col. 3. El mayor rendimiento del peso seco de raíz fue la Criolla seguido de la Col. 2, Col. 1, Esmeralda, Sabanera las cuales fueron estadísticamente iguales y superiores a la Col. 3.

Palabras clave: Rendimiento, raíz, peso seco, húmedo

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) es una planta perenne que se cultiva en los trópicos de Asia, África, Centro y Sudamérica por sus raíces ricas en almidón cuyo contenido fluctúa entre 73.7% y 84.9% del peso seco total. Es un alimento básico para la alimentación en estas zonas y gracias a las características rústicas de la planta, se produce en condiciones de estrés hídrico, nutricional y acidez del suelo en las que otros cultivos amiláceos no lograrían completar su desarrollo (Fauquet y Tohme, 2004; Aerni, 2006). Desde el año 2000, la producción de yuca en el mundo ha aumentado en un estimado de 100 millones de t anuales, impulsadas en Asia por la demanda de yuca seca y almidón para su uso en la alimentación del ganado y las aplicaciones industriales, y en África mediante la ampliación de los mercados urbanos para los productos alimenticios de yuca (FAO 2013). La yuca es un alimento básico en los trópicos, se puede utilizar en forma integral, como alimento humano se emplea las raíces desde ocho a los doce meses y en algunos países se consume el follaje, en diferentes platillos y como harina panificable. En la alimentación animal se usan las raíces frescas, ensiladas, harina integral, en pellets, el follaje fresco y ensilado, debido a su alto contenido de proteína en las hojas (28%), peciolo (18%) y tallos tiernos de tres meses (10%); aunque en la raíz su contenido puede variar en un rango de 0.92% a 6.42% de entre los cultivares. En la industria las raíces se emplean para la producción de etanol, pegamentos entre otros usos (Ceballos *et al.*, 2006). Esparza *et al.*, (1999). Destacan que las principales diferencias entre variedades son en cuanto a capacidad de enraizamiento de las estacas, brotación de las yemas, número de nudos por metro de tallo, vigor de las plantas, número de raíces y potencial de rendimiento. Por lo anterior es importante la caracterización de los materiales vegetativos del banco de germoplasma para iniciar un programa de mejoramiento genético de selección de cultivares de características sobresalientes. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de raíz y caracterizar el número de raíces de seis cultivares de yuca del banco de germoplasma a los 13 meses de establecida la plantación.

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, 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 es de 10,000 plantas ha⁻¹ a una distancia de 1 X 1 m entre plantas. Se fertilizó con la fórmula 60, 120 y 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 como el trips, se aplicó de acuerdo con 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 donde se midieron las variables, tomando como unidad experimental una planta por tratamiento (parcela). 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 (Figuras 1a, 1b), posteriormente se contaron y se pesaron para obtener el peso fresco, posteriormente se picaron en forma manual y se secaron en charolas expuestas al sol hasta alcanzar una humedad aproximada de 13 a 14%. Las variables que se midieron a cada planta: rendimiento de peso fresco de raíz (kg), rendimiento de raíz seca (Kg) y se cuantificó el número de raíces. Se hicieron análisis de varianza para las variables continuas evaluadas con el paquete estadístico (SAS 2009).



Figuras. 1a y 1b. Descubriendo las raíces de yuca para su estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de raíces. En la Figura 1, se presentan los resultados del promedio de número de raíces por planta producidas por los diferentes tratamientos; en la cual se observó que la Col. 2 obtuvo el mayor número de raíces en promedio fue de 13, seguido por la Criolla y la Col. 1 con el mismo promedio 10.4 de raíces, presentando la Col. 3 con 9.6, la Sabanera 9 raíces y la Esmeralda con 8.4 raíces por planta. Los análisis estadísticos muestran diferencias significativas entre tratamientos. Al respecto Córdova (2014). Reporta rendimientos de uno a tres y hasta siete kg de raíces por planta, en condiciones de suelos ácidos, de baja fertilidad estos resultados están asociados al nivel de tecnología aplicado y a la variedad cultivada, lo que se asocia los resultados obtenidos a este último señalamiento de este autor.

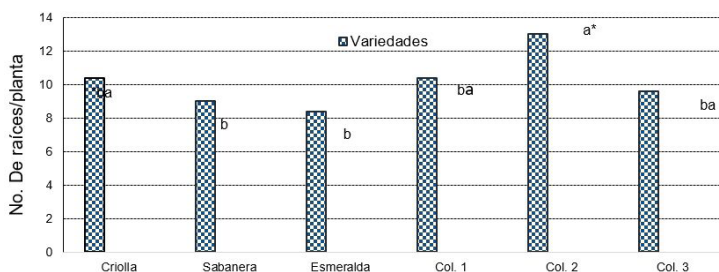


Figura 1. Promedio del número de raíces por planta de yuca. (*Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas (Duncan $\alpha=0.05$).

Raíz fresca. La producción de raíz a los 13 meses se observa en la figura 2, Donde Col. 2 se destacó con el mejor promedio significativamente con 5.12 Kg por planta aunque es estadísticamente igual que la Criolla con 4.88 kg y la Col. 1 con 4.86 kg. La Esmeralda con 3.94, mayor que 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 t ha⁻¹, la cual 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 t ha⁻¹ respectivamente, con densidades de 12,500 plantas por hectárea y la producción promedio de variedades criollas es de 12 t/ha⁻¹/ha⁻¹/año⁻¹ con densidades de 12,500 plantas ha⁻¹ (Holguin *et al.*, 1981) comparado con estos rendimientos son

superiores a los mencionados por estos autores. Esparza *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 en bajo condiciones óptimas, los rendimientos de yuca pueden llegar a 80 t/ha⁻¹, en comparación con el actual rendimiento promedio mundial de sólo 12,8 t. (FAO 2013).

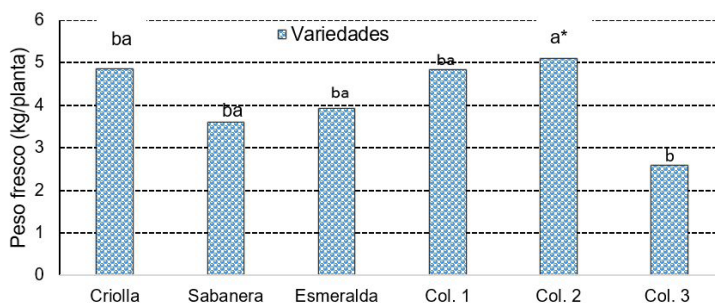


Figura 2. Promedio de peso fresco (kg) de raíz de yuca.

*Nota: letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas (Duncan $\alpha=0.05$)

Rendimiento de yuca seca. Los resultados se presentan en la figura 3, en la cual la Criolla resultó con el mayor promedio de 1.73 kg por planta, seguido de la Col. 2 con 1.66 Kg, la Col. 1 con 1.50 kg, Sabanera con 1.31 kg, la Esmeralda con 1.25 Kg, y la Col. 3 con 0.80 Kg de raíz seca. Los análisis estadísticos muestran diferencias significativas entre tratamientos. El rendimiento de raíz seca de yuca está relacionado con las variedades, el contenido de almidón y agua, por lo que se puede explicar que la Col. 2, aunque dio el mayor promedio en peso fresco de raíz, no se vio reflejada en el peso seco. Al respecto Cisneros y Rodríguez (1987) mencionan que para obtener una t de raíz seca de yuca se requieren 2.6 t de raíz fresca de la variedad Sabanera (relación 1:2.6). Aunque Best y Gómez (1982) reportan que el contenido de materia seca de la yuca fresca, es afectada por factores como: la variedad, edad de cosecha y las condiciones edafoclimáticas, aunque en general se encuentran en entre 30 a 40 %, variación que representa el 30 % de diferencia en la cantidad de yuca fresca requerida para producir una t de yuca seca.

CONCLUSIONES

El mayor promedio del número de raíces se obtuvo en la Col. 2 aunque estadísticamente es igual la Criolla, Col. 1 y Col. 3, las cuales superaron a la Sabanera y Esmeralda. El mejor promedio de raíces frescas se obtuvo en la Col. 2, aunque estadísticamente iguales a la Criolla, Col 1, Esmeralda y Sabanera y fueron superiores a la Colecta 3. El peso seco de raíz el mayor rendimiento fue la Criolla seguido de la Col. 2, Col. 1, Esmeralda, Sabanera estadísticamente iguales y superiores a la Col. 3.

LITERATURA CITADA

- Aerni, P. 2006). Mobilizing science and technology for development: The case of the cassava biotechnology network (CBN). *AgBioForum* 9:1-14.
- 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
- Best R. y Gómez G. 1982. Procesamiento de las raíces de yuca para la alimentación animal. Domínguez. C.E. (Compilador), En: Yuca: Investigación, Producción y Utilización. PNUD, CIAT. P. 533-538
- Ceballos H., Sánchez T., Chávez A.L., Iglesias C., Debouck D., Mafla G. y Tohme J. 2006. *Journal of food composition and analysis*. 19:589-593 www.elsevier.com/locate/jfca.
- Cisneros V. S. N., y Rodríguez C. M. 1987. Cómo secar la raíz de yuca en patios de cemento. SARH, INIFAP, CIFAPT, C. Exp. Forestal y Agropecuario Huimanguillo. Hguillo. Tab., México. Desplegable para Productores Núm. 9.
- Córdova S. A. 2014. Informe Final: Diagnóstico de la Situación actual de los productores de yuca en Huimanguillo y Jalapa. "Consejo Estatal de Productores de Yuca en Tabasco Folio: TC1400010138", Área sustantiva: Desarrollo Rural, Estrategia: Diagnóstico, Producción Primaria: Sector agrícola, Mega Cadena: Yuca., Programa Integral de Desarrollo Rural 2014. Componente Extensionismo e Innovación Productiva. SAGARPA, SEDAFOP, Tabasco. P. 38
- FAO, 2013. *Save and Grow: Cassava, A guide to sustainable production intensification*, Rome, P. 129.

-
- Fauquet, C.; Tohme, J. 2004. The global cassava partnership for genetic improvement. *Plant Molecular Biology* 56:5-10.
- Holguín M. F., Urías L. M.A., Acosta E. J., González L. V.W., Ibarra L. F.A., Méndez R. A., Ochoa Ch. F., Pastrana A. L., Ruíz B. P., y Villalobos P. J. 1981. 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
- SAS. 2009. The SAS (Statistical Analysis System) system for window. SAS Institute Inc. Cary, NC27513, USA.
- Sánchez E. D.; J. Acosta E.; M. Rodríguez C; A. Olivera De los S. 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

RENDIMIENTO DE NUEVE MATERIALES COMERCIALES DE PALMA DE ACEITE EN JALAPA, TAB. MÉXICO.

YIELD OF NINE OIL PALM COMMERCIAL MATERIALS IN JALAPA, TAB. MEXICO.

Hernández C.J.M.^{1*}

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas.
Autor para correspondencia: hernandez.josemiguel@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En México no existían antecedentes experimentales que guiaran la toma de decisiones sobre la mejor variedad de palma de aceite para el establecimiento de nuevas plantaciones comerciales. En noviembre de 2002 se estableció en campo un ensayo con nueve materiales comerciales de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) procedentes de Costa Rica. El sitio se ubicó en el predio “Valentín Gómez Farías” del INIFAP Km. 39.5 de la Carretera Villahermosa – Macuspana, municipio de Jalapa, Tab. México. Las coordenadas son 17°46’56” LN 92°40’51” LO. Los materiales fueron: Deli x Ghana, Deli x La Mé, Deli x Yangambi, Deli x Ekona, Deli x AVROS, Deli x Nigeria, Bamenda x AVROS, Tanzania x AVROS y Tanzania x Ekona. La parcela experimental fue de 10 palmas. La densidad de 143 palmas / ha. Se analizaron registros de diez años del rendimiento de fruta fresca ha⁻¹, la producción de racimos y el peso medio de racimo. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos se analizaron con un paquete SAS ver. 9.2 y las medias de tratamiento se compararon con Tukey (0.05). Los resultados mostraron diferencias significativas entre los materiales evaluados, con una disminución del rendimiento después del séptimo año de producción, debido a una baja en la producción de racimos. Caso contrario, el peso medio de racimo se incrementó con la edad. Los materiales con mayor rendimiento de racimos de fruta fresca ha⁻¹ fueron Deli x Yangambi, Deli x Nigeria, Deli x La Mé y Deli x Ghana, los cuales deberán considerarse para futuras siembras en los municipios de la región Centro-Sierra de Tabasco.

Palabras clave: *Elaeis guineensis*, Ténera, palma de aceite, rendimiento

INTRODUCCIÓN

En México, el establecimiento de plantaciones comerciales con el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), se incrementó de manera significativa en los últimos 25 años. Así tenemos que en 1990 se cultivaban 1,745 ha mientras que para el año 2013 esta superficie fue de 74,247 ha sembradas. Para este último año, la superficie cosechada fue de 46,093 ha, con un rendimiento medio de 11.56 t de racimos de fruta fresca por hectárea por año (t RFF ha⁻¹ año⁻¹). Los estados con plantaciones de palma son: Chiapas con 48,685 ha con un rendimiento promedio de 12.9 t RFF ha⁻¹ año⁻¹; Tabasco con 10,259 ha y 16.4 t RFF ha⁻¹ año⁻¹; Campeche con 8,172 ha y 8.1 t RFF ha⁻¹ año⁻¹ y Veracruz con 7,132 ha y un rendimiento de 8.9 t RFF ha⁻¹ año⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2015). Los materiales de siembra de las plantaciones comerciales en México son híbridos Ténera, procedentes de empresas certificadas para comercializar semillas, establecidas en Costa Rica y Colombia. En un inicio, se importaron de ASD de Costa Rica una diversidad de materiales DxP como Deli x AVROS, Deli x Ekona, Kigoma x AVROS, (Deli x Kigoma) x Ekona, Deli x Ghana, Deli x La Mé, Bamenda x AVROS, Deli x Yangambi, Deli x Nigeria, Tanzania x AVROS (Hernández, 2006), considerando que la diversidad genética de los materiales permite que estos se adapten a diversos ambientes como temperaturas bajas, sequía y enfermedades (Sterling y Alvarado, 2002). Además del componente genético, existen numerosos factores que influyen en el rendimiento de la palma. Uno de estos es el ambiente y la interacción genotipo-ambiente, el cual determinará el ciclo de rendimiento, cuya importancia económica radica en que mes de producción máxima determinará el tamaño de la planta extractora y por tanto, el monto de la inversión requerida (Corley y Tinker, 2009; Rey *et al.*, 2004). Ante la falta de una recomendación para materiales de siembra, se planteó la hipótesis de que existieran genotipos precoces, de alto rendimiento de fruta y que pudieran adaptarse a las condiciones de clima y suelo de Tabasco y Norte de Chiapas, por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar los componentes del rendimiento de nueve materiales comerciales de palma de aceite en Jalapa, Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el sitio experimental “Centro-Sierra” del INIFAP, ubicada en el Km. 39.5 de la Carretera Villahermosa – Escárcega, municipio de Jalapa, Tabasco, México. Las coordenadas son 17°46’56” LN 92°40’51” LO y una altitud de 33 msnm. El clima es cálido húmedo con lluvias todo el año, con una temperatura media de 26.5 °C. La precipitación media es de 2,349 mm con 134 días con lluvia y 12 h promedio de fotoperiodo (Díaz *et al.* 2006). El suelo es un Luvisol crómico (LVcr) (IUSS, 2007). Sus características físico-químicas se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Análisis físico – químico del suelo en el sitio de estudio

Prof. (cm)	Valor	d.a. g cm ⁻³	CIC Cmol kg ⁻¹	pH	MO %	mg kg ⁻¹			Cmol kg ⁻¹				mg kg ⁻¹				
						NH ₄	NO ₃	P	Al	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Mn	Zn	B
0-20	Arcilla	1.1	22.5	5.10	3.2	9.8	3.3	1.80	1.0	11.2	3.8	0.3	14.8	0.6	5.1	1.1	0.2
20-40	Arcilla	1.2	28.0	4.84	2.5	12.6	2.2	1.40	5.0	10.7	3.7	0.2	13.4	0.5	3.2	2.1	0.7
40-60	Arcilla	1.1	29.5	4.88	1.7	9.8	2.3	Nd	7.3	11.0	3.3	0.1	4.0	0.2	2.0	0.4	0.3

d.a. = densidad aparente, CIC = capacidad de intercambio catiónico, MO = materia orgánica

Los materiales de siembra fueron de ASD de Costa Rica, internados al país a través de la SEDAFOP del Gobierno de Tabasco. Se recibieron el 13 de Febrero de 2002 y la siembra en previvero se hizo el 14 de febrero. El trasplante a vivero fue el 22 de mayo y la siembra en campo del 28 al 30 de octubre del mismo año. Los híbridos DxP fueron: Deli x Ghana (DxG), Deli x La Mé (DxLm), Deli x Yangambi (DxY), Deli x Ekona (DxE), Deli x AVROS (DxA), Deli x Nigeria (DxN), Bamenda x AVROS (BxA), Tanzania x AVROS (TxA) y Tanzania x Ekona (TxE). El diseño experimental fue bloques completamente al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. La parcela experimental de 10 palmas por híbrido con 9 m entre plantas y 7.80 m entre líneas en arreglo tresbolillo. La densidad de plantación fue de 143 palmas ha⁻¹.

Las variables registradas fueron: i) Rendimiento de racimos de fruta fresca en kg ha⁻¹ (kg RFF ha⁻¹); se calculó pesando los racimos de fruta fresca cosechados por palma y por parcela. La producción mensual por parcela y por repetición se acumuló a través del año. La producción por hectárea se calculó multiplicando el rendimiento acumulado en Kg por parcela x 14.3 ii) Número de racimos ha⁻¹; se contaron los racimos por palma y por parcela en cada corte. Los racimos cosechados cada mes se multiplicaron por 14.3 obteniéndose el número de racimos por ha⁻¹ mes⁻¹. Se hizo la suma del promedio mensual a través del año obteniéndose un

promedio anual por genotipo y por repetición el cual se analizó estadísticamente iii) Peso medio de racimo (kg); se obtuvo dividiendo el rendimiento de fruta fresca por parcela entre el número de racimos por parcela $\text{mes}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

El análisis de los datos se hizo con el paquete estadístico SAS (SAS, 2008) ver.9.2 y las medias de tratamientos se compararon por Tukey ($P < 0.05$). El manejo agronómico del experimento se hizo siguiendo las recomendaciones del Manual “Tecnología para la Producción de Palma de Aceite *Elaeis guineensis* Jacq. en México” (Hernández *et al.* 2006).

El programa de fertilización se muestra en el Cuadro 2. A partir del año seis, las dosis fueron similares, con la aplicación de cal dolomita en años alternos.

Cuadro 2

Programa de fertilización aplicado a los materiales comerciales de palma de aceite

Fertilizante comercial	Año					
	1	2	3	4	5	6
	kg palma⁻¹					
Urea (46-0-0)	0.50	1.00	1.00	1.70	2.20	2.20
DAP (18-46-0)	0.20	1.00	1.30	1.30	1.60	1.60
KCL (K ₂ O)	0.75	1.50	2.50	3.20	3.30	3.50
Cal dolomita	0.30	0.50	0.00	1.25	0.00	1.50
Total	1.75	4.00	4.80	7.45	7.10	8.80

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento en kg RFF ha^{-1} . En el Cuadro 3 se presentan los 10 años de evaluación en campo (sep 2004 – ago 2014). Los materiales sobresalientes fueron Deli x Yangambi, Deli x Nigeria, Deli x La Mé y Deli x Ghana cuya producción acumulada en este período fue de 176.6, 156.9, 152.9 y 136.6 t RFF. Los rendimientos menores para Bamenda x AVROS y Deli x Ekona con 120.8 y 107.4 t RFF. El rendimiento medio máximo se tuvo en el año 7. En este año, Deli x Yangambi fue el único material que superó las 30 t RFF, seguido por Deli x La Mé y Deli x Nigeria con 27.0 y 25.0 toneladas.

Cuadro 3

Rendimiento anual en t RFF ha⁻¹ de los diferentes materiales de siembra DxP evaluados en Jalapa, Tab. 2004-2014

Material de siembra	Año producción									
	1 s04-a05	2 s05-a06	3 s06-a07	4 s07-a08	5 s08-a09	6 s09-a10	7 s10-a11	8 s11-a12	9 s12-a13	10 s13-a14
DxG	2445 ^{bc}	10407 ^{abc}	13183 ^b	10519	15068 ^a	17375 ^b	24453 ^{ab}	15544 ^{ab}	11329 ^{abc}	16245 ^{abc}
DxLm	2634 ^{ab}	11665 ^{ab}	14491 ^{ab}	10007	16849 ^a	15910 ^b	27001 ^{ab}	22151 ^a	15680 ^{ab}	16556 ^{abc}
DxY	4199 ^a	10243 ^{abc}	17342 ^a	10561	16482 ^a	28282 ^a	30548 ^a	19319 ^a	18898 ^a	20732 ^{ab}
DxE	807 ^{cd}	6790 ^c	14546 ^{ab}	7510	8151 ^b	18186 ^{ab}	21117 ^b	12205 ^b	5803 ^c	12288 ^{bc}
DxA	647 ^d	6743 ^c	14662 ^{ab}	7795	15026 ^a	15450 ^b	24538 ^{ab}	22265 ^a	11208 ^{abc}	13800 ^{abc}
DxN	1833 ^{bcd}	13396 ^a	14324 ^{ab}	9861	17915 ^a	20572 ^{ab}	25031 ^{ab}	18251 ^{ab}	14082 ^{ab}	21651 ^a
BxA	1653 ^{bcd}	6521 ^c	12265 ^b	8357	13943 ^a	11640 ^b	20704 ^b	19631 ^{ab}	15183 ^{ab}	10936 ^c
TxA	1835 ^{bcd}	9518 ^{abc}	13526 ^b	10154	14740 ^a	14230 ^b	20621 ^b	22344 ^a	13035 ^{abc}	12956 ^{bc}
TxE	1685 ^{bcd}	8968 ^{bc}	14331 ^{ab}	9329	14708 ^a	17649 ^b	21769 ^b	17082 ^{ab}	10496 ^{bc}	12581 ^{bc}
Media	1971	9361	14296	9343	14764	17699	23976	18755	12857	15305
CV (%)	35.9	18.2	10.4	17.8	14.7	23.9	11.4	16.8	25.4	23.0

Número de racimos. En el Cuadro 4 se presenta la producción de racimos de septiembre de 2004 al mes de agosto de 2014. El promedio más alto fue en el año 2, con 2,087 racimos ha⁻¹. Deli x La Mé, Deli x Nigeria y Tanzania x Ekona con los valores mayores de 2,513, 2,520 y 2,606 racimos ha⁻¹, respectivamente. El menor número de racimos para Deli x Ekona con 1,262. El año con la menor cantidad de racimos fue el año 9, con solo 608 racimos ha⁻¹. Bamenda x AVROS, Deli x La Mé y Deli x Yangambi registraron la producción mayor con 840, 808 y 690 racimos ha⁻¹, respectivamente. El valor más bajo fue para Deli x Ekona con solo 243 racimos ha⁻¹.

Cuadro 4

Número de racimos ha^{-1} de los diferentes materiales de siembra DxP evaluados en Jalapa, Tabasco 2004-2014

Material de siembra	Año producción									
	1 s04-a05	2 s05-a06	3 s06-a07	4 s07-a08	5 s08-a09	6 s09-a10	7 s10-a11	8 s11-a12	9 s12-a13	10 s13-a14
DxG	1569 ^{abc}	2252 ^{abc}	1512 ^c	1176 ^{ab}	1266 ^{bc}	858 ^{ab}	1180 ^{ab}	751 ^{ab}	479 ^b	644 ^{abc}
DxLm	1841 ^{ab}	2513 ^a	1841 ^{bc}	1186 ^{ab}	1423 ^{abc}	819 ^{ab}	1344 ^a	1112 ^a	808 ^a	872 ^{ab}
DxY	1537 ^{abc}	1819 ^{cd}	1726 ^{bc}	1184 ^{ab}	1134 ^{cd}	1151 ^a	1348 ^a	833 ^{ab}	690 ^b	765 ^{abc}
DxE	393 ^d	1262 ^d	1652 ^c	939 ^b	762 ^d	873 ^{ab}	1001 ^b	558 ^b	243 ^d	457 ^c
DxA	433 ^d	1455 ^d	1777 ^{bc}	1055 ^{ab}	1359 ^{abc}	740 ^b	1169 ^{ab}	1030 ^a	468 ^c	483 ^c
DxN	1444 ^{ab}	2520 ^a	1645 ^c	1151 ^{ab}	1484 ^{abc}	983 ^{ab}	1216 ^{ab}	976 ^a	676 ^b	933 ^a
BxA	2055 ^a	2488 ^{ab}	2085 ^{ab}	1322 ^{ab}	1638 ^{ab}	715 ^b	1040 ^{ab}	1084 ^a	840 ^a	533 ^{bc}
TxA	1105 ^d	1866 ^{bcd}	1830 ^{bc}	1338 ^a	1451 ^{abc}	790 ^{ab}	1012 ^{ab}	1090 ^a	604 ^{bc}	522 ^{bc}
TxE	1734 ^{ab}	2606 ^a	2242 ^a	1377 ^a	1754 ^a	1084 ^{ab}	1201 ^{ab}	1112 ^a	661 ^b	683 ^{abc}
Media	1346	2087	1812	1192	1363	890	1168	949	608	655
CV (%)	18.8	12.9	8.9	13.5	13.2	18.5	12.1	16.1	15.4	23.7

Peso medio de racimo (kg). El Cuadro 5 muestra el peso medio de racimo de los materiales evaluados de septiembre 2004 al mes de agosto 2014. El peso medio de racimo se incrementó con la edad en campo, iniciando con un promedio de 1.55 kg el primer año, alcanzando los 23.8 kg el último año de la evaluación. Deli x Yangambi y Deli x Ekona iniciaron con los valores más altos de peso medio del racimo con 2.74 y 2.06 kg, mientras que Tanzania x Ekona y Bamenda x AVROS tuvieron 0.98 y 0.80 kg, respectivamente. Para el décimo año, los materiales con mayor peso de racimo fueron Deli x AVROS, Deli x Yangambi y Deli x Ekona con 28.4, 27.2 y 26.8 kg racimo⁻¹. El menor peso se registró en Deli x La Mé y Tanzania x Ekona con 19.1 y 18.5 kg.

Cuadro 5

Peso medio de racimo (Kg) de los diferentes materiales de siembra DxP evaluados en Jalapa, Tab. 2004-2014

Material de siembra	Año producción									
	1 s04-a05	2 s05-a06	3 s06-a07	4 s07-a08	5 s08-a09	6 s09-a10	7 s10-a11	8 s11-a12	9 s12-a13	10 s13-a14
DxG	1.55 ^{bc}	4.60 ^a	8.70 ^b	9.01 ^a	11.93 ^{ab}	20.3 ^{abcd}	20.9 ^{ab}	21.0 ^{abc}	24.0 ^{ab}	25.4 ^{ab}
DxLm	1.39 ^{bc}	4.65 ^a	7.88 ^{bc}	8.42 ^{ab}	11.81 ^b	19.4 ^{bcd}	20.2 ^{bc}	19.9 ^{bc}	19.5 ^b	19.1 ^{de}
DxY	2.74 ^a	5.64 ^a	10.06 ^a	8.89 ^a	14.49 ^a	24.3 ^a	22.7 ^a	23.1 ^a	26.5 ^a	27.2 ^{ab}
DxE	2.06 ^{ab}	5.26 ^a	8.82 ^b	7.87 ^{abc}	11.06 ^{bc}	20.8 ^{abc}	21.1 ^{ab}	21.8 ^{ab}	24.1 ^{ab}	26.8 ^{ab}
DxA	1.58 ^{bc}	4.63 ^a	8.27 ^{bc}	7.39 ^{abc}	11.14 ^b	20.7 ^{abc}	21.0 ^{ab}	21.7 ^{ab}	23.9 ^b	28.4 ^a
DxN	1.24 ^{bc}	5.26 ^a	8.72 ^b	8.56 ^{ab}	12.05 ^{ab}	21.1 ^{ab}	20.6 ^{abc}	18.8 ^{bc}	21.1 ^b	23.3 ^{bcd}
BxA	0.80 ^c	2.62 ^b	5.91 ^e	6.29 ^c	8.52 ^{cd}	16.2 ^d	19.8 ^{bc}	18.2 ^{cd}	18.0 ^b	20.9 ^{cde}
TxA	1.61 ^{bc}	5.15 ^a	7.37 ^{cd}	7.53 ^{abc}	10.20 ^{bcd}	18.0 ^{bcd}	20.6 ^{abc}	20.5 ^{abc}	21.6 ^{ab}	24.9 ^{abc}
TxE	0.98 ^c	3.45 ^b	6.39 ^{de}	6.76 ^{bc}	8.44 ^d	16.4 ^{cd}	18.1 ^c	15.3 ^d	16.0 ^b	18.5 ^e
Media (kg)	1.55	4.56	8.01	7.86	11.07	19.7	20.6	20.0	21.6	23.8
CV (%)	24.5	12.9	6.2	9.5	9.7	9.4	5.0	6.5	35.2	7.3

El rendimiento acumulado de los 10 años de evaluación se muestra en la Figura 1. Los valores más altos para Deli x Yangambi, Deli x Nigeria y Deli x La Mé con 176.6, 156.9 y 152.9 t RFF ha⁻¹, respectivamente. El menor rendimiento acumulado se tuvo en Bamenda x AVROS y Deli x Ekona con 120.8 y 107.4 t RFF ha⁻¹, respectivamente. El promedio de estos materiales, en este sitio y por el período de tiempo registrado confirma las expectativas de rendimiento de los expertos de la empresa ASD, quienes pronosticaban al inicio del programa de desarrollo de plantaciones en México rendimientos entre 15 y 18 t RFF ha⁻¹ año⁻¹.

El pico de rendimiento como kg de RFF ha⁻¹ año⁻¹ se alcanzó en el séptimo año de producción, es decir, nueve años en campo. El material Yangambi fue el único que alcanzó las 30 t RFF, confirmando lo mencionado por Sterling y Alvarado (2002) quienes indican que este material posee buena precocidad y altos rendimientos en sus etapas iniciales de crecimiento. Después de Yangambi, Deli x Nigeria también denominada Calabar, presentó la mejor producción acumulada, mostrando las características de elevada producción de racimos y la presencia de frutos virescens debido a su amplia base genética. Deli x La Mé, material desarrollado por el CIRAD en Costa de Marfil, (Gascon y de Berchoux, 1964) e introducido a Costa Rica (Escobar *et al.* 1999) mostró los atributos señalados por Sterling y Alvarado (2002) en cuanto a una alta producción de racimos, que le permitió tener el tercer mejor

rendimiento durante el período de evaluación, aun cuando el peso medio de racimo fue el segundo más bajo.

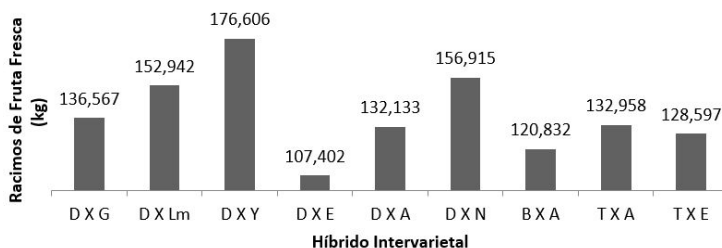


Figura 1. Producción acumulada de los materiales comerciales de palma de aceite durante el período Sep 2004 – Ago 2014, en Jalapa, Tab.

Otro aspecto importante es la fluctuación de la cosecha a través del año. La producción máxima de los materiales con mayor rendimiento de fruta (Figura 2) osciló entre 15 y 21 % en el mes de octubre del año 7 producción. Este porcentaje es superior al reportado para Malasia, donde en el mes de producción máxima se cosecha el 12 % (Fleming, 1969), sin embargo, muy inferior al reportado para ambientes extremos de Benin, que presentan una época seca rigurosa, por encontrarse alejados de la línea ecuatorial. En estos ambientes, el mes con el pico máximo puede alcanzar el 40% de la producción anual y obtener menos del 1 % en los meses de producción baja (Nuoy *et al.* 1996).

Una forma de reducir estas fluctuaciones es sembrar una mezcla de materiales comerciales (Corley y Tinker, 2009) pues se ha visto que en sitios con estación seca de cinco meses, todos los materiales vegetativos obtienen el rendimiento máximo en el mismo tiempo (Nuoy *et al.* 1996) lo que ocasiona problemas a la planta extractora, con una sobre oferta de fruta en época de alta producción y subutilización del equipo en meses de producción baja. Para el año donde se presentó el pico de rendimiento máximo (Año 7 producción) y para este sitio en específico, establecer Deli x La Mé ayudaría a mantener la cantidad de racimos que llegaría a la planta extractora en la época de baja cosecha, que ocurre entre diciembre y mayo.

Referente a la producción de racimos, ésta disminuyó con la edad, después de alcanzar el valor máximo en el segundo año de producción. Esta baja se hizo más evidente después del pico de rendimiento. Los resultados concuerdan con los encontrados por Breure *et al.* (1990), quienes mencionan que el rendimiento

individual en palmas de 5-6 años de edad es muy similar en densidades entre 56 y 110 palmas ha⁻¹; disminuye a partir de 148 palmas y se reduce significativamente en densidades de 186 palmas ha⁻¹; en palmas adultas de 12 a 14 años de edad, el rendimiento de fruta no solo disminuye por la competencia por luz, agua y nutrimentos, sino también a una baja en la proporción de sexos, un aumento en la tasa de aborto y una menor tasa de producción de hojas e inflorescencias.

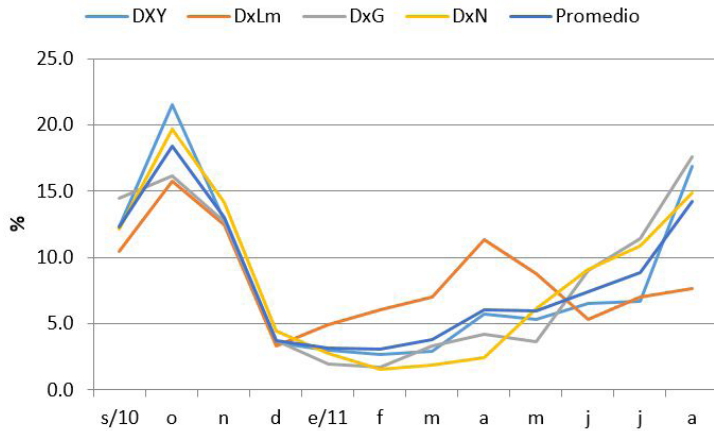


Figura 2. Producción mensual (%) de los materiales comerciales de palma de aceite con mayor rendimiento en el año séptimo de producción (Sep 2010 – Ago 2011). Jalapa, Tabasco

CONCLUSIONES

Los materiales comerciales de siembra mostraron rendimientos diferentes durante los diez años de evaluación, excepto el cuarto año. El rendimiento de racimos de fruta fresca disminuyó a partir del séptimo año no así el peso medio del racimo, el cual se incrementó con la edad de la palma. Deli x Yangambi, Deli x ^{1a}Nigeria, Deli x La Mé y Deli x ^{1a}Ghana sobresalieron en rendimiento debido a la buena ^{1b}producción de racimos de fruta fresca y al peso medio del racimo. El ciclo de rendimiento tuvo un pico de producción de fruta en los meses de septiembre a noviembre que corresponde a la época lluviosa y rendimientos bajos del mes de diciembre al mes de abril, correspondiendo estos meses a la época de nortes y seca. En la época seca, Deli x La Mé, mantuvo una buena producción de racimos, lo que aunado

a un menor crecimiento vertical del tronco, la hace un material indispensable a considerar en futuras siembras por lo que el establecimiento de nuevas superficies comerciales en los municipios de Jalapa, Teapa, Tacotalpa, Macuspana y Centro, con estos materiales comerciales de siembra, permitirá mantener un flujo constante en la oferta de fruta que llega a la planta extractora.

LITERATURA CITADA

- Breure C.J., Menendez T. & Powell M.S. 1990. The effect of planting density on the yield components of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Expl. Agric.*, 26, 117-124.
- Corley R.H.V. y P.B. Tinker. 2009. La palma de aceite. 4ta. Ed. De *The oil palm*. Trad. Eduardo Maldonado P. y Fausto Maldonado P. Editor FEDEPALMA. Bogotá, Colombia.
- Díaz P. G., J.A. Ruíz C., G. Medina G., M.A. Cano G. y V. Serrano A. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Tabasco (Período 1961-2003). SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Exp. Cotaxtla. Sitio Exp. Xalapa. Veracruz, México. Mayo. 159 p.
- Escobar R., F. Sterling and F. Peralta. 1999. Oil palm planting materials by ASD de Costa Rica. ASD Oil Palm Papers, No. 14.
- Fleming T. 1969. Coordination of harvesting, transport and processing of oil palm crop. In: *Progress in oil palm*. Ed. By P.D. Turner, pp. 302-309, Incomp. Soc. Planters, Kuala Lumpur.
- Gascon J.P. & de Berchoux C. 1964. Caractéristiques de la production d' *Elaeis guineensis* (Jacq.) de diverses origines et leurs croisements. Application a la sélection du palmier á huile. *Oléagineux*, 19, 75-84.
- González L. 2006. Tecnología para la producción de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. en México. SAGARPA. INIFAP. Libro técnico No.14. Diciembre. México. 149 p.
- Hernández C. J.M., A. Olivera de los S., A. Palacios P., A. Sandoval E., M. Grajales S., J.D. Estradas V., E. Domínguez C., M. Alonso B., E. Ortíz C., L.N. Avila A., A. Alejo J., M.A. Coutiño F. y V.W.
- International Union of Soil Sciences. 2007. IUSS Grupo de Trabajo WRB. Base referencial mundial del recurso suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre recursos mundiales de suelos. No. 103. FAO, Roma.

-
- Nouy B., Omore A. & F. Potier. 1996. Oil palm production cycles in different ecologies: consequences for breeding. In: *Proc. 1996 PORIM Int. Palm Oil Congr. "Competitiveness for the 21st century"*. Ed. By D. Ariffin *et al.* Pp. 62-75, Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur.
- Rey B.L.; I.M. Ayala D.; Ruiz R. R.; Gómez C. P.L.; Reyes R.A. y Martínez M.D. 2004. Evaluación y selección de materiales Dura en plantaciones comerciales de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. In: PALMAS Vol. 25 No. Especial Tomo II. pp. 330-338.
- Sterling F. y Alvarado A. 2002. Historia de las colecciones de germoplasma de palma aceitera de ASD de Costa Rica. ASD Oil Palm Papers, No. 24.

Referencias informáticas

- SAS Institute. 2008. SAS Deployment Wizard. Release 9.2. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera-SAGARPA. 2015. Avance de siembras y cosechas por cultivo [En línea]. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>-Enero 2015 (Revisado el 31 de enero de 2015).

CULTIVOS BIOENERGÉTICOS ASOCIADOS COMO ALTERNATIVA PRODUCTIVA EN EL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO

ASSOCIATED BIOENERGETIC CROPS AS A PRODUCTIVE ALTERNATIVE IN THE CENTER OF VERACRUZ, MEXICO

Valdés ROA¹, Palacios WOM^{1*} y Pérez VA²

¹El Colegio de Veracruz. Carrillo Puerto 26, Xalapa, Ver. 91000, México.

²Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz, Km. 26.5 Carr. Veracruz-Xalapa, 91690, México.

Autor para correspondencia: olivia.palacios@gmail.com

RESUMEN

La asociación de cultivos es una práctica que permite optimizar espacios y disminuir riesgos ante el ataque de plagas. Para el caso de *Moringa oleifera* Lam. y *Ricinus communis* L. esta práctica no se ha documentado. Ambas especies constituyen una opción bioenergética debido al elevado contenido de aceite de sus semillas y sus bajos requerimientos agronómicos. Su asociación es de interés debido a que *R. communis* tiene un rápido desarrollo que permite su aprovechamiento a partir del primer año, mientras que *M. oleifera*, requiere de al menos tres años para alcanzar su potencial productivo. En el presente trabajo se estudió el desarrollo, productividad y principales plagas de la asociación de *R. communis* y *M. oleifera* en la región central del estado de Veracruz durante un periodo de dos años; se realizó un análisis de costo-beneficio en comparación con dos cultivos típicos de la región, para evaluar la potencialidad de su establecimiento comercial. Se concluyó que este cultivo asociado es factible por su bajo costo de establecimiento y mantenimiento, aunque la productividad encontrada es baja. Por lo que se recomienda la aplicación de técnicas de procesado que permitan darle un valor agregado al producto para mejorar su precio de venta.

Palabras clave: *Moringa oleifera*, *Ricinus communis*, cultivos bioenergéticos, productividad, Veracruz.

INTRODUCCIÓN

Moringa oleifera Lam. y *Ricinus communis* L. son especies oleaginosas de bajos requerimientos agronómicos con potencial para su establecimiento como cultivos alternativos en zonas con climas secos a muy secos, periodos largos de sequía y suelos erosionados o de baja fertilidad (Pérez et al., 2010b; Nielsen et al., 2011). Constituyen una alternativa bioenergética debido al elevado contenido de aceite de sus semillas, que en el caso de *R. communis* es superior a la soya y el girasol (Parente, 2003), mientras que para *M. oleifera* se encuentra entre 31 y 47 % (Falasca y Bernabé, 2008). Poseen además otros usos potenciales: las hojas de *M. oleifera* tienen gran valor nutricional, dado que son ricas en proteínas y antioxidantes y podrían contribuir a reducir las deficiencias alimentarias en áreas de alta marginación (Olson y Fahey, 2011) y por su parte, *R. communis* o higuera, a pesar de la toxicidad de sus semillas, es una planta utilizada tradicionalmente por sus propiedades medicinales y el aceite de sus semillas es útil en la fabricación de pinturas, jabones, barnices, productos de cosmética y lubricantes, entre otros (Rzedowski y Rzedowski, 2001; Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2015).

Ambas especies tienen largo tiempo de haber sido introducidas al país, por lo que se encuentran adaptadas a sus diversas condiciones climáticas. *R. communis* se considera naturalizado desde la época de la colonia (Mejía, 2001), aunque las referencias sobre su cultivo aparecen desde 1962 (Rico et al., 2011). Por su parte, las referencias sobre *M. oleifera* indican que los primeros sembradíos experimentales en el norte del país datan de la década de 1950-1960 (Olson y Fahey, 2011). Actualmente se conocen en México plantaciones de ambas especies en algunos estados como Morelos, Oaxaca, Sinaloa, Nuevo León y Sonora (Mercado Libre, 2014); sin embargo, la superficie sembrada es escasa y no se registra en las cifras oficiales de producción nacional al 2012 (SIAP, 2014). Son escasas las experiencias documentadas sobre el cultivo y plagas de estas especies en el país, así como tampoco se encontraron reportes sobre su asociación con fines comerciales (Pérez et al., 2010b; Olson y Fahey, 2011; Rico et al., 2011).

En el presente trabajo se hace un estudio sobre el desarrollo, productividad y principales plagas en un cultivo asociado de *R. communis* y *M. oleifera* en la región central del estado de Veracruz, así como un análisis de costo-beneficio en comparación con dos cultivos típicos de la región, con el objeto de evaluar la potencialidad de su establecimiento comercial. Se propone esta asociación debido a que *R. communis* es una especie de rápido crecimiento, con capacidad para

alcanzar plena producción en el primer año a partir de la siembra (Nielsen et al., 2011), mientras que *M. oleifera* requiere al menos tres años para alcanzar su plena producción (Pérez et al., 2010b). De esta manera, se puede iniciar la recuperación de la inversión en un plazo corto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento experimental de *Ricinus communis* y *Moringa oleifera*

Este se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados (Campus Veracruz), localizado en el municipio de Manlio Fabio Altamirano, en el centro del estado de Veracruz (19°16'00" N; 96°16'32" W; 16 m) a finales del mes de Septiembre del 2012. Las semillas de *R. communis* utilizadas pertenecen a una variedad roja cuyo peso fue de 478.8 ± 29.0 mg (promedio \pm desviación estándar) y se obtuvieron de una colección privada del estado de San Luis Potosí. Las semillas de *M. oleifera*, cuyo peso fue de 268.9 ± 42.9 mg, se obtuvieron de una plantación comercial en el estado de Morelos. Los suelos del sitio se consideran Argidoles franco arcillosos (Ortiz y López, 2000) y el terreno se caracteriza por tener suelos poco profundos y pedregosos. Las semillas se sembraron directamente en el suelo, previo deshierbado y arado con tractor. La siembra se realizó en filas intercaladas de *M. oleifera* y *R. communis* a distancias de 2.0 m entre plantas y 3.0 m entre filas, con un total de 12 filas de 20 m cada una y 148 plantas de cada especie. Durante todo el periodo de estudio las plantas no recibieron riego ni fertilización, aunque se realizó deshierbe manual cada mes durante la época lluviosa (junio a septiembre). Las variables del cultivo registradas mensualmente fueron: altura de la planta, diámetro del tallo, número de ramas, número de hojas y producción de semillas, así como el inicio de la floración y fructificación en cada planta. Se midieron y pesaron las semillas obtenidas por planta y se tomó una muestra aleatoria para determinar su contenido de aceite.

Monitoreo de plagas y enfermedades

Para detectar la presencia de plagas se realizó un monitoreo diario durante las dos primeras semanas después de la emergencia de las plántulas y posteriormente, cada semana. Los insectos fitófagos fueron recolectados en alcohol al 70 % y enviados al departamento de entomología y fitopatología del Colegio de Postgraduados para su

identificación. Durante el primer año, fue necesario aplicar insecticidas comerciales para controlar las plagas y se registraron los resultados que éstos tuvieron contra los insectos. Con el objeto de determinar la posible relación de las plagas con los eventos climáticos, se obtuvieron los registros de temperatura, precipitación y humedad ambiental de la estación meteorológica del Campus.

Determinación de la tasa y curva de crecimiento

Se determinó la tasa y curva de crecimiento de cada especie con base en los datos de diámetro y altura y se compararon mediante pruebas de t , con un nivel de significancia del 5%. Adicionalmente, se registraron los costos por área para el establecimiento y mantenimiento del cultivo asociado y se compararon con los de otros cultivos comunes en la región: caña de azúcar y papaya durante un periodo de dos años. Los ingresos potenciales y la relación costo-beneficio se estimó con base en la productividad para el segundo año del cultivo, cuando se comienza a alcanzar una estabilidad en la producción. La productividad de la plantación se estimó con base en la producción total dividida entre el número de plantas y multiplicada 825 (densidad de plantas por ha).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones agroclimáticas, crecimiento y productividad

La temperatura promedio (25 °C) y la precipitación (1 298 mm) registradas en el Campus se consideran adecuadas para ambos cultivos (García-Roa, 2003; Reyes, 2006; Nielsen et al., 2011; Rico *et al.*, 2011). El clima cálido es especialmente adecuado para *M. oleifera*, que ve comprometida su productividad por debajo de los 14 °C (García-Roa, 2003). La humedad ambiental durante el periodo de evaluación fue siempre superior a 75 %, lo que se considera excesivo para *R. communis*, que es más vulnerable a hongos y plagas cuando los porcentajes de humedad son superiores a 60 % (Nielsen *et al.*, 2011).

En el Cuadro 1 se resumen las principales características de crecimiento y producción encontradas para *R. communis* y *M. oleifera*. La germinación de las semillas en ambas especies fue rápida. El crecimiento de ambas especies fue estadísticamente similar hasta los 250 días; y posteriormente, la velocidad de

crecimiento de *M. oleifera* fue significativamente mayor ($P < 0.05$). La floración y fructificación de *R. communis* fue más temprana y presentó una mayor producción de semillas, con un contenido de aceite superior a *M. oleifera*. En la Figura 1 se presenta la curva de crecimiento de ambas especies, así como el inicio de la floración y fructificación durante el periodo de estudio.

Cuadro 1

Características de crecimiento y producción para *Ricinus communis* y *Moringa oleifera* en el centro de Veracruz, México

Característica	<i>Ricinus communis</i>	<i>Moringa oleifera</i>
Germinación a 8 días (%)	80	60
Altura promedio a los 12 meses (m)	1.8	4.3
Tasa de crecimiento (mm/día)	3.3	23
Floración 50 % de las plantas (meses)	3	11
Fructificación 50 % de las plantas (meses)	5	16
Peso total de semillas al primer año (g/planta)	157	51.5
Producción 1 ^{er} año (kg/ha)	129.5	0.41
Producción 2 ^o año (kg/ha)	327.8	142
Contenido de aceite en semillas (%)	55	36

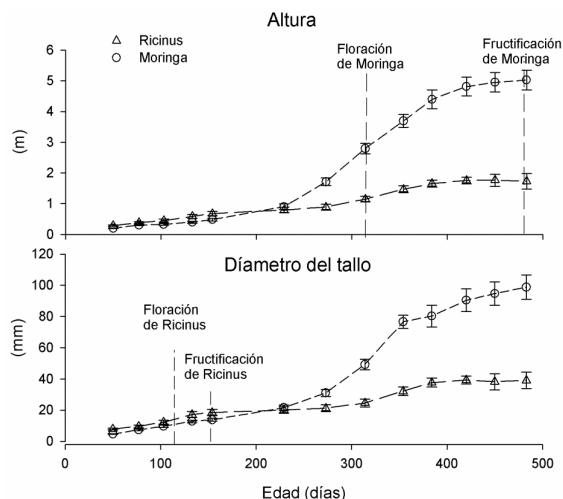


Figura 1. Desarrollo de *R. communis* y *M. oleifera* en cultivo asociado en el centro de Veracruz. El inicio de floración y fructificación en más de 50 % de las plantas se indica con guiones verticales.

Las barras verticales sobre cada símbolo representan el error estándar de la media.

Los resultados de productividad indican que *R. communis* presentó una buena adaptación al clima de la región y las medidas y pesos de sus semillas fueron similares al promedio de semillas élite reportadas en colectas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el país (Barrios et al., 2013). El contenido de aceite registrado en sus semillas (55 %) se considera alto con relación a otras variedades comerciales de esta especie, que presentan contenidos promedio de 45 % (Nielsen et al., 2011); y es superior a los materiales élite de INIFAP, que contienen un 47 a 50 % de aceite (Rico et al., 2011). En el caso de esta especie en el estado de Veracruz, el contenido promedio de aceite de las variedades encontradas fue de 23 %, con valores máximos de 33 % (Martínez et al., 2009). Por otra parte, el inicio de la producción antes de los 200 días coloca a este germoplasma de *R. communis* en una categoría de precoz (Zamora et al., 2011; Rico et al., 2011; Barrios et al., 2013). Aunque la producción del primer y segundo año fue inferior a la de plantaciones de otros sitios del país que presentan entre 700 kg/ha (Michoacán) y 2 500 kg/ha (Chiapas) (Rico et al., 2011). Sin embargo, considerando la baja densidad de plantas (825 plantas/ha) en el presente estudio y la ausencia de riego y fertilización, la producción alcanzada se puede considerar en el intervalo esperado para estas condiciones, estimado entre 300 y 400 kg/ha cuando no se aplican fertilizantes (Nielsen et al. 2011). Con base en los resultados obtenidos, se puede afirmar que se trata de un germoplasma muy deseable para el establecimiento del cultivo, ya que es superior a otros materiales evaluados en el estado de Veracruz (Martínez et al., 2009).

Por otra parte, *M. oleifera*, presentó una elevada tasa de crecimiento, típica de su especie en condiciones favorables (Alfaro y Martínez, 2008). La floración y fructificación fueron tardías en comparación con plantaciones comerciales en otros sitios del país que reportan inicio de floración a los siete meses y fructificación a los 11 meses (Pérez et al., 2010a). Sin embargo, cabe destacar que para este cultivo, la baja productividad de semillas durante el primer año puede ser compensada mediante el aprovechamiento comercial de las hojas con fines de alimentación humana o animal, dado su elevado contenido de proteínas de alta calidad y sus propiedades antibacteriales y antioxidantes (Alfaro y Martínez, 2008; Olson y Fahey, 2011). Este aprovechamiento podría generar un ingreso adicional, que aún no ha sido evaluado en la región.

Plagas registradas, efecto sobre la sobrevivencia y productividad de los cultivos

La supervivencia de *R. communis* al finalizar el primer año fue de 75 %. Se consideró la mortalidad causada principalmente por el ataque de insectos plaga. En esta planta se identificaron dos especies de insectos fitófagos de importancia: *Sagotylus confluens* (Say) (Hemiptera: Coreidae) y *Corythucha gossypii* (Fabricius) (Hemiptera: Tingidae). *S. confluens* causó la muerte de 25 % de las plantas antes de ser controlado mediante dos aspersiones quincenales de Carex (ingrediente activo Cipermetrina 21.46 %), diluido al 2 % con agua corriente, aplicadas durante el mes de enero de 2013. A los ocho meses fue necesario repetir el control, y para evitar el uso de plaguicidas, las subsecuentes aspersiones se realizaron con detergente Vel Rosita® al 5 %, el cual contiene tensoactivos aniónicos y no iónicos, abrillantadores ópticos, preservativos, opacificantes, colorantes y perfumes, pero no contiene fosfatos. Sin embargo, después de dos aspersiones semanales, solo se logró controlar la población de *S. confluens*, mientras que *C. gossypii* no fue afectado por el detergente. *C. gossypii* causó pérdida de hojas y disminución de la producción: después de un periodo de cinco meses, 50% de las plantas se secaron y la productividad se redujo en un 90 %. *S. confluens* es nativo de México y los Estados Unidos (ITIS, 2014) y puede considerarse como una plaga de importancia para *R. communis*, por su gran tamaño y cantidad de individuos. *C. gossypii* es un áfido que ya se ha reportado tanto en plantaciones experimentales como en individuos naturalizados del estado de Chiapas, pero aún no se han publicado estimaciones económicas sobre los daños al cultivo (Solís *et al.*, 2011). La sensibilidad de *R. communis* a *C. gossypii*, ha sido documentada como un problema severo (Varón *et al.*, 2010; Rico *et al.*, 2011) y el control de dicho insecto sólo se ha logrado mediante la aplicación de insecticidas sistémicos, tales como el Dimetoato y el Imidacloprid, que son altamente tóxicos (Varón *et al.*, 2010).

En el caso de *M. oleifera*, la supervivencia al primer año fue de 93 %. Esta planta sólo fue afectada severamente por hormigas arrieras (*Atta mexicana* Smith), las cuales defoliaron total y repetidamente algunas plántulas, hasta que fueron controladas mediante aplicaciones sucesivas de Foley 2% (paratión metílico al 2 %, polvo) en la base de los tallos de las plántulas y en las entradas de los hormigueros encontrados. Posteriormente, no se observaron daños en plantas adultas, a pesar de que las hormigas seguían presentes en el área. Es posible que estas hormigas prefieran las plántulas a los árboles maduros porque sus hojas poseen una menor

cantidad de celulosa y son más fáciles de cortar (Olson, 2014). Aunque esta plaga sólo se considera una amenaza durante la etapa juvenil de *M. oleifera*, es importante considerar entre las medidas preventivas una supervisión diaria de las plántulas durante esta fase. Estos insectos también se han reportado como plagas importantes para esta especie en otras regiones del país (Pérez *et al.*, 2010a).

Costos de inversión y relación beneficio-costo

El costo de inversión para el establecimiento de *M. oleifera* y *R. communis* asociados, fue de 3,618 pesos mexicanos, a lo cual hay que sumar 2,700 pesos por mano de obra para la cosecha de los frutos; lo cual representa un costo 15 % inferior al de papaya y caña de azúcar, dos cultivos tradicionales de Veracruz. Sin embargo, el análisis económico indica que la relación beneficio/costo es también muy baja en comparación con estos cultivos, debido a la combinación de una baja productividad con un bajo precio de los productos en el mercado (Valdés *et al.* 2014). De ello se deduce que es necesario buscar alternativas para incrementar la productividad de este cultivo asociado, mediante la aplicación de fertilizantes o abonos orgánicos. Igualmente se requiere analizar alternativas para lograr un producto con valor agregado a fin de obtener un mejor precio en el mercado.

CONCLUSIONES

El cultivo asociado de *R. communis* y *M. oleifera* es factible por su bajo costo de establecimiento y mantenimiento comparado contra el de las especies cultivadas tradicionalmente en la zona (papaya y caña de azúcar), aunque la productividad encontrada es baja. Sin embargo, ambas especies podrían ser una alternativa para productores en zonas altamente marginadas, dada su resistencia a condiciones adversas de suelo y humedad, así como por sus usos potenciales adicionales. El bajo precio de los productos en el mercado podría solucionarse mediante la aplicación de técnicas de procesamiento que permitan darle un valor agregado al producto final. Adicionalmente, aún en el caso de que el ingreso por ventas sea bajo, esta asociación constituye una alternativa para mejorar las condiciones de alimentación en comunidades marginadas, particularmente por el elevado valor nutricional de *M. oleifera*. Para su establecimiento se podría plantear la opción de que se establezcan apoyos gubernamentales para estimular el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

A la Línea Prioritaria de Investigación no. 3 (LPI3) del Colegio de Postgraduados, por su apoyo para la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, N. y Martínez, W. (2008). *Uso y potencial de la Moringa (Moringa oleífera Lam.) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados*. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá-INCAP. Guatemala. 30 p.
- Barrios, E.; Zamarripa, C.; Canul, K.; Hernández, A.; Alarcón, C. y Chepetla, C. (2013). *Evaluación de materiales élite de higuerrilla (Ricinus communis L.) en Morelos*. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 1(2):27-32 pp.
- Falasca, S. y Bernabé, M. (2008). *Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de Moringa oleífera en Argentina*. Revista Virtual de REDESMA: 1 p.
- García-Roa, M. (2003). *Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizados en sistemas silvopastoriles*. Instituto Nacional Forestal (INAFOR). 37 p.
- Martínez, D.; Partida, J. y Pérez, E. (2009). *Especies vegetales para biocombustibles en sistemas agrícolas diversificados en Veracruz, México*. Rev. Bras. Agroecol. 4(2):4338:4342.
- Mejía, M. (2001). *Enciclopedia agropecuaria-agrícola ecológica*. Terranova Editoriales. ILTLLA, segunda edición, Bogotá. 443 p.
- Nielsen, F.; Hill, B. and Jongh, J de. (2011). *Castor (Ricinus communis): potential of castor for bio-fuel production*. FACT Foundation. Second Edition. 15 p.
- Olson, M. y Fahey, J. (2011). *Moringa oleífera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas*. Rev. Mex. Biod. 82:1071-1082.
- Ortiz C., A. y López C., J. (2000). *Los suelos de campus Veracruz*. 1st ed., Vol. 1. Colegio de Postgraduados. Veracruz. 150 p.
- Parente, E. (2003). *Biodiesel: una aventura tecnológica num país engraçado*. Tecbio. Fortaleza. 66 p.
- Pérez, A.; de la Cruz, B.; Vázquez, G. y Obregón, J. (2010a). *Moringa oleífera, una alternativa forrajera para Sinaloa*. Fundación Produce Sinaloa A. C. 15 p.
- Pérez, A.; Sánchez, T.; Armengo, N. y Reyes, F. (2010b). *Características y potencialidades de Moringa oleífera Lam. Una alternativa para la alimentación animal*. Pastos y Forrajes 33(4):1-16.

-
- Reyes, N. (2006). *Moringa oleifera and Cratylia argentea: potential fodder species for ruminants in Nicaragua*. Doctoral thesis. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management Uppsala. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. 51 p.
- Rico, P.; Tapia, V.; Teniente, O.; González, A.; Hernández, M.; Solís- Bonilla, J. y Zamarripa-Colmenero, A. (2011). *Guía para cultivar higuierilla (Ricinus communis L.) en Michoacán*. Folleto técnico Núm. 1. Apatzingán. 42 p.
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Solís B., J., Zamarripa C., A., González A., A., Rico P., H., Tapia V., L., Teniente O., R., Zacarías G., M., Cruz R., J. y Hernández M., M. (2011). *Guía técnica para la producción de higuierilla (Ricinus communis L.) en Chiapas*. 25th ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Tuxtla Chico. 59 p.
- Valdés R., O., Palacios W., O., Ruíz H., R. y Pérez V., A. (2014). *Potencial de la asociación Moringa y Ricinus en el subtrópico veracruzano*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1(9):1673–1686.
- Varón, E.; Moreira, M. y Corredor, J. (2010). *Efecto de Corythucha gossypii sobre las hojas de higuierilla: criterios para su muestreo y control con insecticidas*. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 11(1):41-47.
- Zamora, F.; Durán, N.; Medina, M.; Torres, D.; Acosta, Y.; Moreno, R.; Alfonso, S.; Sánchez, A. y Zamora, F. (2011). *Comportamiento agronómico de cultivares de tártago (Ricinus communis L.) en el sector Cuabana, municipio Falcón, estado Falcón, Venezuela*. Multiciencias.11(2):129-153.

Referencias informáticas

- Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. (2015) <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=higuierilla&id=7702> (5.20.2015)
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). (2014). *Report Sagotylus confluens (Say, 1832)*. URL: http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=108330. (9.10.14)
- Mercado Libre. (2014). Moringa oleifera. <http://listado.mercadolibre.com.mx/Moringa-oleifera>. (7.15.2014).

Olson, M.E. 2014. *The International Moringa Germplasm Collection*. URL: <http://www.moringaceae.org/1/post/2014/12/leafcutter-ants.html> (1.14.2015)

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Anuario estadístico de la producción agrícola.). <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. (6.22.2014).

INFLUENCIA DE LA SALINIDAD DE LA BRISA MARINA EN EL ESTABLECIMIENTO DE *Jatropha curcas* EN ZONAS COSTERAS

SALINITY INFLUENCE OF SEA BREEZE IN ESTABLISHING *Jatropha curcas* IN COASTAL AREAS

López OF, Ovando MI, Adriano AML, Salvador FM y Ruiz GS*

Instituto de Biociencias. Universidad Autónoma de Chiapas. Boulevard Príncipe Akishino sin número, Col. Solidaridad 2000, Tapachula, 30798, Chiapas, México.

Autor para correspondencia: sonia.ruizgonzalez@gmail.com

RESUMEN

Los suelos costeros más cercanos a línea de pleamar, por ser altamente salinos y sódicos, se consideran marginales para la agricultura, ya que muy pocas especies vegetales de importancia comercial pueden adaptarse a ellos. Muchos reportes mencionan la capacidad de la planta para biocombustibles *Jatropha curcas* para adaptarse a suelos marginales, por lo que en la presente investigación se evaluó el potencial de la zona costera (zona supralitoral) para su cultivo. Se encontró que la salinidad del suelo no es determinante en el establecimiento de varetas, mientras que la salinidad de la brisa marina limita el crecimiento de los brotes en varetas recién sembradas causando finalmente la muerte de la planta.

Palabras clave: Biocombustibles, Oleaginosas, Suelos salinos, Enzimas de estrés.

INTRODUCCIÓN

La zona costera constituye una interface entre la tierra y el mar; es un área de actividad bio-geoquímica muy dinámica, pero con limitada capacidad para soportar las alteraciones antrópicas y los intensos procesos de producción, consumo e intercambio que en ella ocurren. Respecto al crecimiento vegetal, la salinidad del suelo costero puede inhibir la germinación, limita el crecimiento temprano y afecta la productividad de los cultivos (Sairam *et al.*, 2004). Los suelos costeros más cercanos

a la línea de pleamar, por ser altamente salinos y sódicos, se consideran marginales para la agricultura, ya que muy pocas especies vegetales de importancia comercial pueden adaptarse a ellos.

Entre las especies que se menciona que son resistentes a condiciones adversas del suelo se encuentra la planta oleaginosa tropical *Jatropha curcas* L. Dicha especie de la familia Euphorbiaceae posee características que favorecen su crecimiento, es tolerante a la sequía y puede crecer en suelos pobres y arenosos (Makkar *et al.*, 1998; Martínez *et al.*, 2006). Por lo tanto, podría ser una planta potencial para adaptarse a la zona de costa donde solo muy pocas especies crecen debido a las propiedades del ambiente.

Existen trabajos que mencionan que hay plantaciones de *J. curcas* en zonas costeras, como en Cuba, donde un cultivo está ubicado en la región semiárida de la franja costera sur de la provincia de Guantánamo. No obstante, no se mencionan las propiedades de dicho suelo, lo cual impide apreciar el grado de adaptación de *J. curcas* al ambiente costero.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial de la zona costera (zona supralitoral) para el cultivo de la planta biocombustible *J. curcas*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en los terrenos del Instituto de Biociencias de la Universidad Autónoma de Chiapas, ubicado en Puerto Madero, Chiapas, México. Este sitio se encuentra en la región Soconusco. Se utilizaron varetas de *J. curcas* de 1 m de longitud y 4 cm de grosor colectadas en tres sitios de la región Soconusco: 1) Puerto Madero (a 5 Km del sitio de estudio; 5 msnm), 2) Camino a la Pita (a 15 Km del sitio de estudio; 100 msnm, y 3) Manuel Lazos (a 35 Km del sitio de estudio; 400 msnm).

La zonificación del suelo estuvo dada desde la línea de pleamar hasta 60 m tierra adentro (Figura 1). Se hicieron siete hileras con varetas (sembradas en la época de lluvias establecidas – septiembre-, con profundidad de 30 cm) de los tres orígenes.



Figura 1. Hileras sembradas con varetas de *Jatropha curcas* desde la línea de pleamar hasta 60 metros tierra adentro.

Al suelo de cada hilera se le determinó textura, salinidad, cloruros, pH, nitrógeno total y materia orgánica. Se estimó la salinidad de la brisa marina en cada hilera por el método de condensación y medición de la conductividad eléctrica.

A las plantas se determinó la sobrevivencia, número de brotes nuevos, clorofila y daño foliar.

Los datos se procesaron por análisis de varianza y comparación medias (Tukey $\alpha=0.05$) entre orígenes de varetas e hileras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron variaciones en los parámetros evaluados en el suelo, siendo en general de textura arenosa, aunque con un aumento en la materia orgánica conforme se avanza tierra adentro.

Los resultados mostraron que la distancia desde la línea de pleamar a la que está sembrada la planta está correlacionada negativamente con el daño o “quemado” de las hojas (Figura 2a), a la vez que está correlacionada positivamente con el contenido de clorofila. Por otra parte, la conductividad eléctrica del suelo no influye en el daño foliar (Figura 2b).

Se encontró que el crecimiento de la planta es adecuado las primeras semanas, ya que las varetas permanecen verdes, turgentes y emiten los primeros brotes, independientemente de la distancia a la línea de pleamar. Sin embargo,

en cuanto son desplegadas las hojas, estas presentan daño o “quemado”, sin posibilidad de recuperación. Esto muestra que la salinidad de la brisa marina y no la del suelo es el factor limitante para el cultivo de *J. curcas*. La salinidad de la brisa marina es responsable de la desecación por incremento de la presión osmótica externa, ya que el contenido de sodio en la brisa fue significativamente más alto en las primeras hileras en comparación con las más alejadas de la línea de pleamar (Figura 3). El origen de las varetas no influyó en las variables evaluadas.

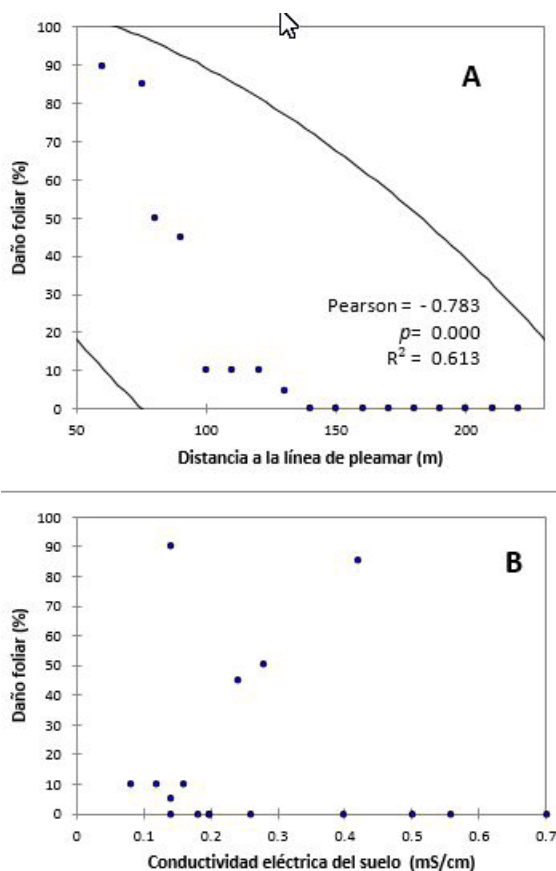


Figura 2. Correlaciones entre el daño foliar de plantas de *Jatropha curcas* y la distancia a la que están sembradas desde la línea de pleamar (A), así como entre la primera variable y la conductividad eléctrica del suelo (B).

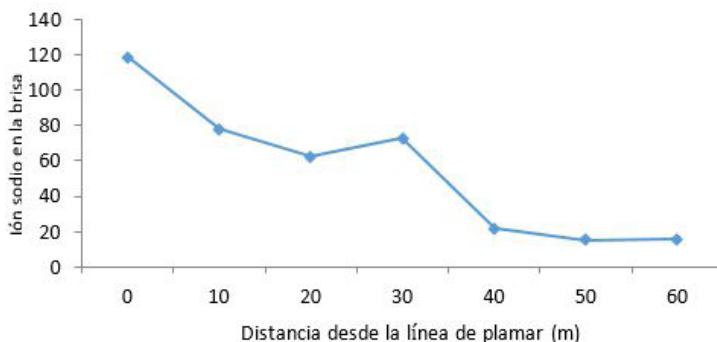


Figura 3. Contenido de ión sodio en la brisa marina condensada a distintas distancias tierra adentro desde la línea de pleamar.

CONCLUSIONES

Las varetas de *J. curcas* se establecieron y brotaron después de ocho días de la siembra en un suelo costero a distintas distancias de la línea de pleamar sin aparente daño por la salinidad del suelo, sin embargo, los neobrotos presentaron daño foliar a partir del noveno día causando la muerte de la planta. El daño foliar estuvo correlacionado con la distancia a la línea de pleamar y con la salinidad de la brisa marina.

LITERATURA CITADA

- Sairam RK, Tyagi A (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science-Bangalore* 86 (3): 407-421.
- Makkar HPS, Aderibigbe AO, Becker K (1998). Comparative evaluation of non-toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. *Food chemistry* 62(2): 207-215.
- Martinez-Herrera J, Siddhuraju P, Francis G, Davila-Ortiz G, Becker K (2006). Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food chemistry* 96(1): 80-89.

Socioeconomía y Desarrollo Rural

DISPONIBILIDAD A PAGAR POR ATRIBUTOS DE CALIDAD EN EL CONSUMO DE ELOTES

WILLINGNESS TO PAY FOR QUALITY ATTRIBUTES ELOTES CONSUMPTION

Fernández G.I.¹; Cadena I.P.¹; Jaramillo V. J.L.²; Hernández-G. J.A.²

¹Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro de Chiapas. ²Profesores investigadores del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.
Correspondencia: fernandez.isidro@inifap.gob.mx

RESUMEN

En el estado de Chiapas, se cultivan y comercializan en mercados locales y con vendedores ambulantes diferentes variedades de maíz para la producción de elotes, sin embargo, no se tiene información sobre la frecuencia, cantidad y características que los consumidores toman en cuenta a la hora de elegir un producto. Para dar respuesta a lo anterior se planteó esta investigación, además para conocer y sistematizar las características que los comensales toman en cuenta a la hora de seleccionar elotes. Se diseñó un cuestionario y se aplicó en los municipios de Villaflores, Ocozocoautla de Espinoza y Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Se utilizó un muestreo aleatorio simple con un nivel de confianza de 95 % y una precisión del 10 %, teniendo un tamaño de muestra total de 106 encuestas. Se encontró que la edad promedio fue de 44, 41 y 43 años para los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla respectivamente. Las principales formas de consumo fueron en: tamales y elotes cocidos. Para la disposición a pagar (DAP) se encontró que los consumidores están dispuestos a pagar un sobre precio por piezas de elotes más grandes y dulces. En cuanto a la DAP por consumo de elote orgánico se encontró que los consumidores están dispuestos a pagar 2.8 pesos más por pieza.

Palabras clave: Consumo de elotes, preferencias de consumidores, DAP

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz en México, es una actividad vital para la sobrevivencia de las familias principalmente la campesina toda vez que a partir de este grano conforma su dieta y se asegura la disponibilidad del alimento durante el año. El maíz es el cultivo más sensible y el de la agricultura el que más afecta la economía (SIAP 2004).

Varios estudios han reportado que la producción y comercialización de productos agrícolas orgánicos pueden ser una buena alternativa para mejorar los ingresos de los agricultores (Willer y Kilcher, 2011; Gómez y Gómez, 2004). Sin embargo, la mayoría de ellos no proporcionan respuestas definitivas sobre las características que definen el típico consumidor de orgánicos.

La percepción general sobre los alimentos orgánicos es que son más saludables que los alimentos convencionales y por lo tanto, la protección de la salud, siendo un criterio para la compra de alimentos orgánicos y un parámetro de calidad para los consumidores. Además, Wier y Calverly (2002) encontraron que las motivaciones para la compra de alimentos orgánicos varían según el tipo de segmento de mercado de consumo.

La percepción entre los consumidores que no compran productos orgánicos es que son más caros. En este sentido, se ha señalado que las expectativas inducidas por la información pueden afectar la percepción por los atributos de la calidad de los alimentos (Caporale y Monteleone 2004, Napolitano, *et al.* 2007). De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue “conocer las preferencias y disponibilidad de los consumidores a pagar por atributos de calidad de los elotes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa Chiapas, ubicados a los 16° 14' 01" N. y 93° 16' 00" O, 16° 45' 11" N y 93° 06' 56" O y 16° 45' 45" N y 93° 22' 30" O respectivamente para cada municipio. La muestra por ciudad se determinó en forma aleatoria simple con un nivel de confianza del 95 % y una precisión del 10 %. El universo para la selección de la muestra en cada municipio fue del número de hogares reportados por INEGI (2010). El tamaño de muestra se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}$$

Dónde:

N= Número total de hogares

Z= Valor de la distribución normal

D= Precisión con respecto a la media

S= Varianza

Por lo tanto se tuvo un tamaño de muestra de 106 para los tres municipios, sin embargo se aplico un total de 170 encuestas. Para la aplicación del cuestionario se visitó los mercados y centros comerciales de cada municipio, donde se invitó a las amas de casa a participar en el estudio, para lo cual se les explico en qué consistía y la finalidad del mismo. Los resultados obtenidos fueron codificados y capturados en una hoja de Excel, posteriormente se analizaron en el programa estadístico SPSS y STATA 12.

Se aplicó un modelo de regresión logística para describir las preferencias y la disponibilidad a pagar por atributos de calidad de un producto o servicio. Este modelo de regresión con variable dependiente binominal, es un modelo que permite estudiar si dicha variable discreta depende o no, de una o más variables.

Los datos obtenidos fueron procesados utilizando un modelo probit de intervalos múltiples, estimado por máxima verosimilitud (Cameron y Huppert, 1989), (Loureiro y Hine, 2002). Se asume que la DAP se encuentra dentro de un intervalo, t_{ij} y t_{sj} , en la tarjeta de pago y que el valor esperado $E(DAP_i/X_i)$ está en función de un conjunto de variables explicativas y sus parámetros asociados, $g(x_i, \beta)$. En un trabajo previo se asumió que la DAP estaba restringida a valores positivos (Cameron y Huppert, 1989). En este estudio, se consideró lo señalado por Loureiro y Hine (2002) quienes permitieron que la DAP no estuviera restringida a valores positivos. Se permitió a los encuestados seleccionar la opción de cero sobre precio. En el caso más simple, en la ecuación (2) tenemos:

$$DAP_i = X_i b + e_i \quad (2)$$

Donde:

X_i es el vector de variables que afectan la DAP, que en este caso incluyó conocimiento sobre que son los alimentos orgánicos y las características del producto.

β es el vector de coeficientes;

ε_i es el vector de error, que se supone:

$$e \sim N(0, s^2)$$

Cada par de intervalos límite de DAP puede estandarizarse, expresando la probabilidad de que la valoración real se encuentra dentro de límites expresados en la ecuación (3):

$$\Pr(\text{DAP} \in (t_{ii}, t_{si})) = \Pr((t_{ii} - X_i' \beta) / s < z_i < (t_{si} - X_i' \beta)) \quad (3)$$

Donde:

Z_i es una variable aleatoria normal estándar. La probabilidad en la ecuación (3) puede ser reformulada como $\Phi(Z_{ii}) - \Phi(Z_{si})$, la diferencia entre dos funciones de distribución acumulativa normal estándar, Φ , donde Z_{ii} y Z_{si} representan los límites superiores e inferiores de cada intervalo. La función de probabilidad conjunta para n observaciones independientes puede ser interpretada como una función de máxima verosimilitud definida en los parámetros desconocidos β y δ , implícito en Z_{ii} y Z_{si} . La función de máxima verosimilitud puede ser expresada como:

$$\text{Log } L = \prod_{i=1}^n \log \left[\frac{1}{s} \left(\frac{1}{\sigma} \right) \left(\frac{1}{\sigma} \right) \right] \quad (4)$$

La estimación de esta función de probabilidad se realizó utilizando el software STATA 12. Después de probar en el modelo cada una de las variables descritas previamente, la ecuación final fue la siguiente:

$$DAP_i = \beta_0 + \beta_1 ESCOL + \beta_2 EDAD + \beta_3 INALT + \beta_4 FRECO + \beta_5 CANT + \beta_6 PPRECIO + \varepsilon$$

Dónde:

DAP_i= Es la Disponibilidad a Pagar, expresada en unidades monetarias

ESCOL= Escolaridad de los consumidores

EDAD= Edad de los consumidores

INALT= Ingreso de los consumidores

FRECO= Frecuencia de consumo de los consumidores

CANT= Cantidad consumida

PRECIO= Precio de compra

La media de la DAP se calculó con los valores medios de las variables explicativas y los coeficientes (β s) correspondientes. Para la estimación del intervalo de confianza de la media de la DAP, al 95% de confianza se utilizó la fórmula presentada por Cameron (1991). Los resultados generados con la aplicación de la metodología descrita hasta aquí, se presentan y discuten en tres secciones; descripción de las variables sociodemográficas de los encuestados, preferencias por atributos y estimación del modelo econométrico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad promedio de los encuestados fue de 44.8, 41.1 y 43.8 años, para los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa respectivamente; en cuanto al nivel de estudios se encontró que el municipio de Tuxtla Gutiérrez presenta a las amas de casa con mayor nivel de escolaridad, seguida de Ocozocoautla de Espinosa y Villaflores Chiapas con 9.9, 8.5 y 7.6 años de estudios, estos datos encontrados son superiores al nivel de estudios reportados para el estado de Chiapas, de 6.7 años de escolaridad para la población superior a los 15 años (INEGI, 2010).

En cuanto al nivel de ingresos, la figura 1 muestra que los tres municipios tienen en su mayoría un ingreso bajo dado que tienen un ingreso menos de \$ 3,000 pesos mensuales, así lo manifestó el 60.6, 58.8 y 72 % de los encuestados para los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa. Estos datos no coinciden con lo reportado por INEGI (2010) el cual menciona que el ingreso

promedio de las familias en Chiapas es de dos salarios mínimos, teniendo así un ingreso bruto mensual de 3,400 pesos.

En cuanto al consumo de elotes por municipio se encontró que el municipio que más consume elote es Tuxtla Gutiérrez, seguido de Ocozocoautla y finalmente Villaflores con una frecuencia de 74.5, 59.3 y 43.9 de consumo promedio anual respectivamente. Los meses de mayor consumo para los tres municipios fueron los meses de agosto y septiembre, (Figura 2) esto puede deberse a que en esos meses se da la producción de elotes del maíz que siembran los productores para producción de grano bajo el régimen de temporal.

El elote es consumido en diferentes formas, se consume asado o hervido, y con él se fabrican esquites, tlaxcales, sopa de elote y tamales de elote. Además se usa como guarnición y como ingrediente de otros platillos como el arroz en algunas variantes y algunas ensaladas. Las principales formas de consumo en primer lugar son tamales, para los municipios de villa flores (84.5 %) y Ocozocoautla de espinosa (78.0 %) y elotes cocidos para el municipio de Tuxtla Gutiérrez (84.3 %): las otras formas de consumo en orden de importancia es como: elotes cocidos, verduras, esquites y asados, para los tres municipios.

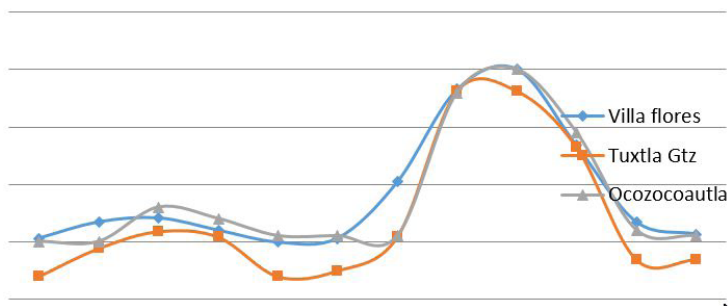


Figura 1. Meses de consumo de elotes durante el año.

Los precios a los que son adquiridos los elotes y los diferentes productos elaborados a partir de este son muy variados; para el caso de los elotes como verdura se encontraron precios similares de 2.0, 2.7 y 2.0 para Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla respectivamente, para el caso de elotes cocidos se encontró una diferencia de 2 pesos para el caso de Tuxtla Gutiérrez (\$ 8) y precios similares para los municipios de Villaflores (\$ 6.8) y Ocozocoautla (\$ 6.7). El elote como esquite alcanza los mayores precios, siendo estos de 11, 7.8 y 9.6 pesos para los municipios

en el mismo orden anterior. En cuanto al precio de los tamales, el municipio de Tuxtla Gtz. presenta los precios más altos (\$ 7.5) seguido de Villaflores (\$ 4.0) y finalmente Ocozocoautla (\$ 3.7), y finalmente para los elotes asados se encontró que los precios más elevados son para Tuxtla Gutiérrez, Ocozocoautla y Villaflores con 8.6, 7.5 y 3.6 pesos respectivamente (Figura 2).

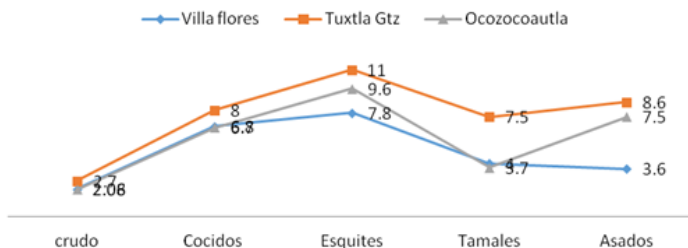


Figura 2. Precio promedio de elote y subproducto por municipio.

En cuanto a donde adquieren cada producto, se encontró que los elotes como verduras son adquiridos en los mercados según el 52.1, 64.7 y 60 % de los entrevistados para los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa respectivamente, los elotes cocidos son adquiridos en los puestos de las calles según el 59.2, 37.3 y 56.0 % de los encuestados (municipios en el mismo orden anterior); al igual que los esquites, así lo manifestó el 14.1, 16.9 y 16 % de los encuestados. Los tamales son adquiridos a través de los puestos en las calles para el municipio de Villaflores (69 %) y Ocozocoautla de Espinosa (58 %) y en el mercado para el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

En cuanto a la característica que buscan los consumidores cuando adquieren elotes crudos, se encontró para el municipio de Villaflores, en primer orden de importancia que los prefieren tiernos (60 %) y sin daño (35.2 %), estas mismas características resaltaron los entrevistados del municipio de Tuxtla Gutiérrez donde se encontró que el 82.4 % los prefieren tiernos en primer orden de importancia y como segundo orden sin daños (37.3 %). Estos atributos de preferencia que el consumidor busca pueden ser percibidos de acuerdo a la habilidad de los consumidores para percibirlos pueden categorizarse en: atributos de búsqueda. Aquellos que puedan ser conocidos antes de la compra; de experiencia, es decir se conoce el atributo una vez consumido el producto (Nelson, 1970).

Las características que los consumidores buscan cuando compra elotes cocidos se encontró que para el municipio de Villaflores en primer orden de

importancia los prefieren tiernos (49.3%) y grandes en segundo orden de importancia (33.8%), para el municipio de Tuxtla Gutiérrez se encontró que el 68.6 % de los consumidores los prefieren de igual manera tiernos en primer orden y dulces en segundo orden de importancia (37.3%), las mismas características fueron elegidas para el municipio de Ocozocoautla donde los consumidores manifestaron preferirlos tiernos y dulce según el 60 y 34 % de los entrevistados.

La DAP a pagar por piezas de elotes más grandes resulto ser más preferida por los consumidores, respecto a la DAP por piezas de elote más dulces así lo manifestó el 83.1, 82.4 y 82 % de los consumidores encuestados para los municipios de Villaflores, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinoza respectivamente. Quienes están dispuestos a pagar en promedio una cantidad que va de \$2.2, \$ 3.2 y \$2.3 / pza. Para los municipios en el mismo orden anterior. En cuanto a la DAP por piezas de elotes más dulces el 63.4, 52.9 y 76.0 % de los consumidores de los municipios de Villaflores, Tuxtla Gtz y Ocozocoautla respectivamente manifestaron pagar un sobre precio por piezas de elote de \$ 2.2, \$ 2.9 y \$2.3 (municipios en el mismo orden anterior).

Las diferencias en el comportamiento entre consumidores respecto a pagar un sobre precio, están relacionadas con su estilo de vida, características socioeconómicas, conocimientos sobre prácticas de producción y educación relacionada con el tema (Soler y Gil, 2004). En México, al igual que en otros países, los productos vendidos como orgánicos tiene un sobre precio (Gómez *et al.*, 2000). Para los tres municipios en estudio se encontró que el 100 % de los encuestados están dispuestos a consumir elotes orgánicos, de la misma manera un alto porcentaje del público consumidor está dispuesto a pagar una cantidad adicional por que el producto sea orgánico, así lo manifestó 98.6, 98 y 100 % de los consumidores para los municipios de Villaflores, Tuxtla Gtz., y Ocozocoautla.

Para la DAP por consumo de elote orgánico se encontró que los consumidores de los municipios de Villaflores y Tuxtla Gutiérrez están dispuestos a pagar un sobre precio de más de tres pesos, así lo manifestó el 33.8 y 58.8 % de los consumidores encuestados respectivamente para cada municipio, en tanto para el municipio de Ocozocoautla los consumidores manifestaron pagar en promedio \$ 2.8/pza con un rango de \$2.60 a \$3.0.

Con respecto a la posible explicación de la DAP por el atributo orgánico, la escolaridad del jefe(a) y el ingresos del hogar son significativos ($p \leq 0.05$). La educación es una variable relevante entre los consumidores encuestados (Cuadro 1): a mayor escolaridad, mayor es la DAP. Este resultado concuerda con lo reportado

por Voon *et al.* (2011) quienes encontraron que el nivel de educación e ingresos están correlacionados positivamente con la disposición a comprar productos con atributos sostenibles, incluyendo productos orgánicos. Esto revela la importancia del nivel de ingresos en la decisión del consumidor sobre el importe del sobreprecio que podrían pagar por alimentos orgánicos (Goodman, 2007).

Cuadro 1

Resultados del modelo econométrico de la DAP por elote orgánico.

Variable	Coefficiente (β)	Error estándar	Valor z	Probabilidad (p)
EDAD	-0.001	0.059	-0.20	0.840
ESCOLARIDAD	0.860	0.018	4.62	0.000
INGRESO ALTO	0.0005	0.00002	2.45	0.014
FREC. CONSUMO	0.766	0.1395	0.55	0.583
CANTIDAD	0.00002	0.002	0.01	0.994
PRECIO	0.034	0.0.27	0.13	0.900
Constante	1.065	0.480	2.22	0.027
Lnsigma	-0.102	0.055	-1.85	0.065
Sigma	0.902	0.050		
LR chi2(11)	47.13			
Log-likelihood	-351.28			

CONCLUSIONES

Esta información generada nos da las pautas para poder establecer una estrategia de comercialización y agregación de valor de los diferentes productos obtenidos a partir de elote.

Se puede ofrecer en los centros urbanos elotes crudos, tiernos y sin daños físicos y elotes cocidos también tiernos, grandes y dulces. Estas características son por las que los consumidores están dispuestos a pagar un sobre-precio.

Lo anterior requiere de apoyos, específicamente recursos financieros para la aplicación de la tecnología adecuada, la asistencia técnica permanente durante el ciclo productivo, y la organización. Podría ser a través de puntos En cuanto a la DAP se encontró que los consumidores esta dispuestos a pagar más por piezas de elotes más grandes y dulces, de igual manera por piezas de elotes orgánicos, estas preferencias nos permitirían buscar materiales genéticos con estas características para satisfacer un nuevo nicho de mercado.

LITERATURA CITADA

- Cameron T.A. 1991. Interval estimates of non-market resource values from referendum contingent valuation surveys. *Land Economics* 4: 413-421
- Cameron T.A., Huppert D. 1989. Ols versus ML estimation of non-market resource values with payment card interval data. *Journal of Environment Economics and Management* 17: 230-246.
- Caporale G, Monteleone E. 2004 Influence of information about manufacturing process on beer acceptability. *Food Quality & Preference*; (15): 271-278.
- Gómez T., L., y M. A. Gómez C. 2004. Organic agriculture in the continents. Latin America: country reports. México. *In: Willer, H. and M. Youssefi (eds). The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2004. Foundation Ecology and Agriculture (SOL) in collaboration with the International Federation for Organic Agriculture Movements (IFOAM).* pp: 137–140
- Goodman D. 2007. Localism, livelihoods and the post-organic: changing perspectives on alternative food movements in the United States. Elsevier Oxford, United Kingdom: 23-38.
- INEGI 2010. Anuario estadístico de Chiapas 2011. Chiapas, México. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae12/estatal/chis/default.htm>.
- Loureiro M.L., Hine S. 2002. Discovering niche markets: A Comparison of consumer willingness to pay for local organic and GMO-free products *J. Agric. and Appl. Econ.* 34: 477-487.
- Napolitano F, Braghieri A, Caroprese M, Marino R, Girolami A, Sevi A. 2007. Effect of information about animal welfare, expressed in terms of rearing conditions, on lamb acceptability. *Meat Science*; (77): 431–436.
- Nelson, P. 1970. Information y consumer behaviour *Journal of political economy*, 78: 311-329
- SIAP. 2004 sistema de información agroalimentaria y pesquera. Consultado en: <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>
- Soler, F., and J.M. Gil. 2004. Relationship between knowledge and willingness to pay for organic food in Spain: evidence from experimental auctions. *In: NJE Seminar 366: Food consumption behaviour.* 16–17 november 2004. Copenhagen, Denmark. 29 p.
- Voon PJ, Sing KN, Anand A. 2011 Determinants of willingness to purchase organic food. *International Food and Agribusiness Management Review*; (14):103-120.

Wier, M. and C. Calverley 2002. Market Perspectives for Organic Foods in Europe, British Food Journal, 104: 45-62.

Willer, H, and L. Kilcher 2011. The world of organic Agriculture. Statistics and Emergin Trends. IFOAM; Bonn, FIBL, Frick.

LAS ESCUELAS DE CAMPO; UNA HERRAMIENTA DE TRABAJO PARA LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN EN ZONAS MARGINADAS

Cadena IP¹; Rodríguez HRF¹; Ayala SA¹; Morales GM¹; Aguilar AJ²; Rendón MR²; Berdugo RJG¹ y Zambada MA¹

¹Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Av. Progreso 5, Delegación Coyoacán, México D.F. C.P. 04010 www.inifap.gob.mx, correo electrónico: cadena.pedro@inifap.gob.mx; rodriguez.rafael@inifap.gob.mx; ayala.alejandro@inifap.gob.mx; morales.mariano@inifap.gob.mx; berdugo.jose@inifap.gob.mx; zambada.andres@inifap.gob.mx ²Investigadores del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)-Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo Estado de México. Correo electrónico: redes.rendon@gmail.com; jorgechapingo@yahoo.com.mx
Autor para correspondencia: cadena.pedro@inifap.gob.mx

RESUMEN

A partir de que los modelos tradicionales de transferencia de tecnología los cuales no han tenido el impacto que se esperaba para los productores en zonas de alta marginación, se ha optado por una herramienta que nos permite gestionar la innovación hacia este segmento de la población rural en México y estas son las escuelas de campo, las que sumadas a diversas herramientas de planeación y comunicación coadyuvan a mejorar sustantivamente los procesos productivos y el empoderamiento de los actores rurales con una visión sustentable, demostrando que los pobladores de estas zonas pueden por si solos desencadenar procesos que los hagan más competitivos. En este trabajo se formuló un modelo de transferencia que conlleve a la competitividad de las zonas marginales, el cual consistió en tres áreas: la oferta tecnológica, el desarrollo de capacidades y el valor agregado y el acceso al mercado mediante los planes de negocios, en este sentido se desarrolló en cuatro estados de México un proyecto para demostrar que se puede tener competitividad en las áreas marginadas, se trabajó con cuatro grupos étnicos, participaron 23 investigadores de seis instituciones y se benefició en forma directa a 480 familias de ocho municipios, dos por cada estado. La propuesta se basa en cinco elementos

claves: a) un análisis de redes sociales, para identificar y valorar a los actores difusores y estructuradores en el entramado social de los productores y otros actores involucrados; b) la red de articulación entre organizaciones e instituciones para el uso eficiente de los apoyos; c) un modelo de capacitación basado en el proceso de aprender-haciendo; d) tecnologías disponibles para el contexto señalado, principalmente por el INIFAP, y e) el diseño de planes de negocios apropiados. Al final de dos años y medio de trabajo con las escuelas de campo, los productores gestionaron su figura legal para la organización interna, de tal manera que pudieran ser elegibles de apoyos por parte del Estado mexicano, se logró identificar a los principales actores difusores-estructuradores del tejido social mediante el análisis de las redes sociales, productivo y comercial en cada municipio y con ello dirigir las acciones de capacitación, divulgación y gestión de las tecnologías que conlleven a la innovación. En el renglón productivo se incrementaron significativamente los niveles productivos con una visión sustentable y se logró diseñar cuatro planes de negocios uno por cada estado donde se desarrolló el proyecto.

Palabras clave: innovación, análisis de redes sociales, escuelas de campo, sureste de México

INTRODUCCIÓN

Durante los dos últimos sexenios de gobierno mexicano, México orientó su sistema de ciencia y tecnología hacia la mejora de los procesos de investigación científica e innovación tecnológica con el propósito de traducir el conocimiento en oportunidades para el sector productivo, a fin de lograr un impacto económico positivo y atender las necesidades de la sociedad (Reyes, 2009), en respuesta al estancamiento de la productividad y pérdida de competitividad (FCCyT, 2006). Dado que cada vez existe un gran deterioro de los recursos y del entramado social en grandes áreas de la República Mexicana, y con ello la pérdida de oportunidades para la población que vive en ellas, según la CONEVAL (2011), diariamente se incorporan 4 mil 452 personas que no tienen nada que comer, a los 21.2 millones de habitantes que viven en pobreza extrema, de los cuales el 58.2 % viven en el campo.

Las estrategias para mitigar esta problemática han sido insuficientes para un problema de tal magnitud, los esfuerzos del Gobierno de México con una política asistencialista no ha rendido los frutos que indiquen que se ha mitigado el problema estructural para una población cada vez mayor.

En el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se han desarrollado estrategias que coadyuven a la reducción de la pobreza, sin que esto sea referido como un éxito, dado que hasta la primera década del Siglo XXI, dichos esfuerzos por llevar tecnologías de producción fueron lineales. No fue sino hasta el año 2000, que se iniciaron los esfuerzos de transferencia de tecnología participativos reales, con la presencia y toma de decisión de los involucrados, en este caso productores de áreas marginadas en los estados del sur sureste de México, que es la región que alberga a la mayoría de los municipios con menores índices de desarrollo humano (CONEVAL, 2011).

La transferencia de tecnología difusionista y unidireccional ha fracasado ya que ha considerado al productor como simple receptor de recomendaciones tecnológicas, lo que se ha traducido en bajos niveles de adopción. Aunque Ayala (2014), señala que para que la adopción se efectúe, son necesarios más elementos como los insumos requeridos, la asesoría técnica y las motivaciones del productor para incorporar un conocimiento o tecnología, antes Martínez, (1986) señaló que de todos los productores en México, el 2.5 % utilizaban solamente el paquete tecnológico moderno, 7.5 % usaban algún componente y el 90 % aplicaban tecnología tradicional. Por otro lado, Orozco *et al.* (2008), refieren niveles de adopción de tecnología en el estado de Oaxaca, hasta del 70 % cuando en la capacitación y transferencia de tecnología se usó el modelo de Escuelas de campo, por otro lado Ortiz *et al.* (2013) reporta que mediante una estrategia de escuelas de campo los productores de Oaxaca adoptaron tecnologías de producción en jitomate (*Lycopersicum esculentum* L.). En estudio por separado en la Sierra Mixe de Oaxaca, Ruiz *et al.* (2012) encontró que los productores de esta región adoptaron componentes por separado de un sistema de producción conocido como el sistema de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF), los cuales fueron incorporados a su sistema de producción de acuerdo con la complejidad de su operación, dado que los frutales fueron: manzana (*Malus domestica* Borkh); aguacate (*Persea americana* L.); naranja (*Citrus sinensis* Osbeck.); mandarina (*Citrus nobilis*); lima (*Citrus aurantifolia* L.) y limón (*Citrus limon* L.), la herramienta metodológica para el desarrollo de capacidades fueron las escuelas de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados que se presentan a continuación representan el cumulo de acciones en favor de las localidades consideradas como de alta y muy alta marginación, el

cual fue operado a través del proyecto “innovación para el desarrollo económico y social del sector productivo rural de la región sur sureste de México” financiada por el Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECyT).

La propuesta se basa en cinco elementos claves: a) un análisis de redes sociales, para identificar y valorar a los actores difusores y estructuradores en el entramado social de los productores y otros actores involucrados; b) la red de articulación entre organizaciones e instituciones para el uso eficiente de los apoyos; c) un modelo de capacitación basado en el proceso de aprender-haciendo; d) tecnologías disponibles para el contexto señalado, principalmente por el INIFAP, y e) el diseño de planes de negocios apropiados (Cadena *et al.*, 2012).

Para la operación del modelo se consideraron seis etapas de acuerdo con lo sugerido por Morales *et al.*, (2008): a) el análisis contextual y línea base; b) el diseño de alternativa; c) la adecuación del modelo a aplicar; d) la aplicación del modelo de capacitación y transferencia y e) la coordinación–seguimiento y f) la documentación.

El objetivo principal fue incrementar la innovación tecnológica para la producción competitiva de las unidades de producción agropecuaria y forestal de la región sur sureste de México, y dos objetivos específicos: validar un modelo metodológico para la gestión de la innovación con énfasis en la capacitación y la transferencia de tecnología, además de la creación de una red articulada para mejorar la colaboración y la participación de organizaciones de productores e instituciones.

El área de trabajo fue seleccionada con base en los siguientes criterios: deberían ser municipios y localidades de alta y muy alta marginación; existencia de un potencial de producción para inducir la innovación; existencia de una oferta tecnológica; infraestructura ociosa que se le haya entregado a una localidad o a un grupo en particular y que no se estuviera usando para los fines que se entregó y la presencia de grupos organizados o en proceso de organización.

El proyecto se realizó en cuatro estados y dos municipios por estado: Chiapas (Copainalá y Ocoatepec), Oaxaca (San Jacinto Tlacotepec y Santo Domingo Teojomulco), Veracruz (San Andrés Tuxtla y Santiago Tuxtla) y Yucatán (Chan Cenote y Thadziu) (Figura 1), de estos ocho municipios participaron 60 familias por municipio, lo cual suman 480 familias en forma directa, es muy importante destacar que en cada estado se trabajó con diferentes grupos étnicos entre los que destacan: En Chiapas, los Zoques; en Oaxaca, los Zapotecos; en Veracruz, los Popolucas y en Yucatán, los Mayas, además de los 23 investigadores de seis instituciones, encabezadas por el INIFAP como responsable técnico.



Figura 1. Área de trabajo del proyecto en el sur sureste de México durante el 2010-2013. Fuente: elaboración propia, 2013.

La metodología usada para lograr lo anterior se centró en tres grandes ejes: el potencial de producción local; el desarrollo de capacidades y los planes de negocios, los cuales esquemáticamente se describen en la Figura 2.

Figura 2. Metodología de trabajo en el proyecto de innovación para el desarrollo económico y social del sector productivo rural de la región sur sureste de México, 2010-2012. Fuente: Cadena *et al.*, 2012.

En cada área de trabajo se destacan las características que lo componen: por ejemplo para el “factor humano” se centra en un enfoque de desarrollo de capacidades en los que se privilegian a las escuelas de campo como herramienta de trabajo; para aprender-haciendo; las giras tecnológicas; los encuentros de campesinos para compartir experiencias y saberes, la elaboración de materiales didácticos en caricaturas que refuercen la enseñanza, además de una nueva herramienta para detectar a los actores sociales que interactúan en la localidad o región mediante el análisis de redes sociales según la metodología de Rovere, (1999).

En el caso del desarrollo productivo o tecnológico, se hicieron trabajos de potencial productivo regional, cartas del uso del suelo con el fin de vislumbrar un posible plan de negocios en el futuro inmediato. Se establecieron invernaderos-escuela, para la producción de tomate rojo (*Lycopersicum esculentum* L.) y flores tanto en Oaxaca, Veracruz y Chiapas, las parcelas de milpa-escuela, los apiarios

escuela para la producción de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) (Sólo en el estado de Yucatán) y las parcelas de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en Veracruz, y Chiapas.

El tercer punto estratégico del proyecto lo constituyen los planes de negocios, en los cuales se pretendió que los productores en primer lugar le dieran un valor agregado a su producción primaria, y en seguida hacer un plan de negocio con dichos productos, principalmente lo producido en los invernaderos, y en los apiarios, pues de nada sirve el hecho de que siempre se impartan cursos de capacitación, actualización, que exista una oferta tecnológica, y un potencial productivo promisorio si no se tiene acceso al mercado y con ello una mayor valoración del trabajo de los productores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1

Resultados obtenidos en el proyecto “innovación para el desarrollo económico y social del sector productivo rural de la región sur sureste de México” 2010-2012

Actividades	Chis	Oax	Ver	Yuc	Total	Comprometido	Realizado %
Grupos formados	5	4	3	5	17	16	106.25
Parcelas de maíz	8	8	6	8	30	8	375
Bioespacios/invernaderos	2	2	1	0	5	4	125
Apiarios escuela	0	0	0	2	2	2	100
Sesiones de escuelas	46	60	44	40	190	160	118.75
Planes de negocios	1	1	1	1	4	4	100
Estudios de competitividad	1	1	1	1	4	4	100
Estudios de redes	2	2	2	2	8	8	100
Talleres de marco lógico	2	2	2	2	8	8	100
Estudios de caracterización	2	2	2	2	8	8	100
Encuentros campesinos	2	3	2	2	9	8	112.5
Reuniones de avances	5	6	6	4	21	24	100
Evaluación del proyecto					1	1	100
Informe general					1	1	100
Artículos científicos	1	2	1	0	4	2	200
Artículos técnicos	2	1	0	0	3	6	50

Cuadro 1. Continuación

Resultados obtenidos en el proyecto “innovación para el desarrollo económico y social del sector productivo rural de la región sur sureste de México” 2010-2012

Actividades	Chis	Oax	Ver	Yuc	Total	Comprometido	Realizado %
Trabajos en congresos	5	3	9	5	22	3	733.33
Productos no comprometidos							
Tesis licenciatura		1			1	1	100
Tesis maestría	1				1	0	100
Tesis doctorado		1			1	0	100
Libro técnico	2				1	0	100
Ficha tecnológica para (SAGARPA)	1				1	0	100
Difusión de resultados en otras áreas							
Gira científica y exposición del proyecto para implementarse en Rivas Nicaragua en la Universidad Internacional de Agricultura y Ganadería de Rivas, Nicaragua (2012 y 2013).							
Exposición del proyecto ante la Secretaría de Agricultura y Ganadería del Estado de Quintana Roo.							
Exposición del proyecto ante comisión del gobierno de Haití en la ciudad de México.							
Exposición grafica en las reuniones nacionales agrícola, pecuaria, forestal y acuícola en Campeche 2010.							
Congreso internacional de agricultura tropical, Tabasco 2012.							
Simposio internacional gestión de la innovación y modelos alternativos de capacitación, Chapingo México, abril de 2013.							
Seminario Internacional de Sésamo, Asunción Paraguay, Universidad Nacional de Asunción-JICA-AMEXCID.							
Un Libro técnico sobre la Gestión de la Innovación en colaboración con el CIESTAAM.							

Fuente: elaboración propia a partir del trabajo de campo, 2011.

En el Cuadro 1, se destaca que en la mayoría de los rubros comprometidos se cumplieron por arriba de la meta programada, toda vez que los productores participaron activamente y la colaboración interinstitucional se dio como nunca antes dado el compromiso social con las familias participantes, sin embargo se debe trabajar aún más en la coordinación entre instituciones, claro ejemplo de lo anterior se demuestra en un estudio que se repitió en cada estado y el cual resultó muy ilustrativo en el estado de Veracruz, donde el involucramiento de las instituciones se graficó siguiendo la metodología sugerida por Rovere (1999). Se realizó una red de coordinación interinstitucional y se encontraron nueve instituciones que tienen la misma área de acción, todas se reconocen y los vínculos entre ellas presentan

un entramado difuso, sin embargo a medida que se pasa de un nivel a otro, como es el caso de la colaboración, algunos de estos vínculos empiezan a desaparecer, en parte por la esfera o nivel de gobierno al que se refiere (Zambada *et al.*, 2012).

A medida que se pasa de un nivel a otro los vínculos entre instituciones tienden a desaparecer, tal como se demostró en el estudio, que la cooperación entre ellas, puede ser que esta se dé, pero no llegan a tener una mezcla de recursos y sólo se realiza a nivel de “yo te apoyo” en lo que quieras de capacitación, pero mi normatividad no permite...etc., en la última etapa para lograr una asociación entre instituciones, es decir, poner recursos para una actividad o un programa de capacitación o prácticas de procesos productivos los vínculos entre instituciones casi desaparecen y los que permanecen son más de *motu proprio* que de la respuesta institucional, y esto es normal al no existir reglas claras para la mezcla de recursos a nivel local, dado que cada dependencia o institución responde su propia normatividad emanada o bien por la naturaleza de su creación y operación, en México la mezcla de recursos sólo se da a nivel central y se acatan en las células operativas a nivel de estado o localidad para el ejercicio de recursos de origen fiscal.

Este ejercicio de análisis de redes o entramado institucional podrá desalentar a muchos, sin embargo el análisis de redes permitió identificar a los principales actores que juegan un papel muy importante en la articulación de los grupos, eso creíamos, sin embargo en el estado de Chiapas encontramos lo siguiente: se mapearon los dos municipios donde se operó el proyecto y la premisa era que ambos funcionaban de manera independiente desligados uno del otro, sin embargo, se encontraron cuatro actores que juegan un papel muy importante en la articulación de los dos municipios entre ellos un prestador de servicios profesionales (PSP05), un comercializador (CO02) una institución de Gobierno, (IG07) y una organización (OR04).

Entre estos cuatro actores articulan a los dos municipios de Chiapas, ello nos permite ver la bondad del análisis de redes *a priori* de una intervención de capacitación y transferencia, detectando a esos actores, y trabajando con ellos se pueden incrementar las posibilidades de éxito al momento de realizar la operación y no lanzar un tiro de “escopeta” mediante la transferencia de conocimientos tradicional, tal como se venía realizando anteriormente.

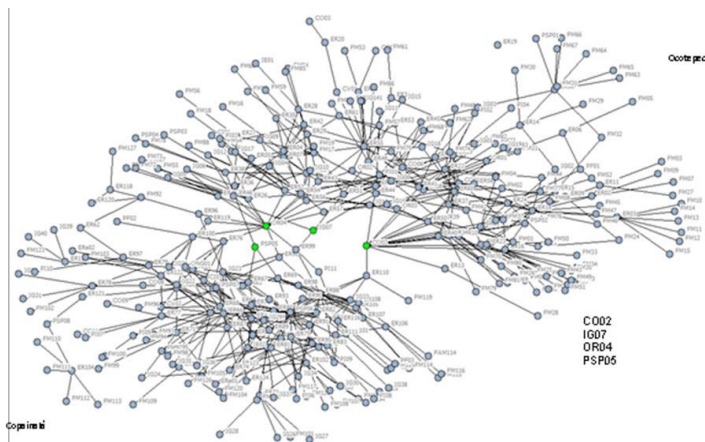


Figura 2. Entramado social de actores en dos municipios de Chiapas y la articulación de actores clave entre ambos. 2011-2012. Fuente: elaboración propia, 2013

Para determinar los planes de negocios a realizar en cada uno de los municipios de trabajo se partió de los estudios de potencial productivo realizados y con ello se realizaron cuatro planes de negocios en cada uno de los estados, tal como se consigna en el Cuadro 1.

Cuadro 2

Grupos legalmente constituidos y con figura legal en el área del proyecto “innovación para el desarrollo económico y social del sector productivo rural de la región sur sureste de México” 2010-2012

PRODUCTOS NO COMPROMETIDOS	OBSERVACIONES	DOCUMENTO COMPROBABLE
Organización “Horticultores de la sierra sur Tlacotepec” S. R. de R. L (Oaxaca)	30 socios: 16 mujeres y 14 hombres	Acta constitutiva
Organización “Productores de chile de agua Tlacotepec” S. R. de R. L. (Oaxaca)	26 socios: 10 mujeres y 16 hombres	Acta constitutiva
Organización “Granos básicos de los Chinteños” S. R. de R. L. (Oaxaca)	215 socios: 64 mujeres y 151 hombres	Acta constitutiva

Cuadro 2. Continuación

Grupos legalmente constituidos y con figura legal en el área del proyecto “innovación para el desarrollo económico y social del sector productivo rural de la región sur sureste de México” 2010-2012

PRODUCTOS NO COMPROMETIDOS	OBSERVACIONES	DOCUMENTO COMPROBABLE
Sociedad Cooperativa “San Juan de Tahdziu” S.C. de R.L. (Yucatán)		Acta constitutiva
Sociedad cooperativa de responsabilidad limitada de capital variable “Rosales de Nazareth S.C. R.L. y C.V.” (Chiapas)	5 mujeres y 3 hombres	Acta constitutiva
Organización de productores PROCAFORT, S.C. de R.L. (Veracruz)	Productores organizados para promover la conservación de los recursos naturales (suelo, agua y vegetación), la producción de granos básicos y frutas, así como la oferta de servicios de capacitación en el manejo de buenas prácticas agrícolas en terrenos de ladera.	Acta constitutiva
Sociedad de Producción Rural “Integradora Nuestra Señora de Guadalupe”, S.A. de C.V. (Veracruz)	Organización de productores que gestionan proyectos productivos para la producción de maíz.	Acta constitutiva

Fuente: Elaboración Propia, 2013.

La expectativa es que los grupos organizados una vez que los facilitadores se retiren de las comunidades puedan seguir ellos mismos detonando sus potencialidades productivas y se empoderen de los conocimientos vertidos a través de la estrategia de capacitación y transferencia que se realizó durante la operación con el proyecto.

CONCLUSIONES

Existe amplio potencial para que los productores o campesinos de las áreas rurales marginadas puedan acceder al mercado, toda vez que se les impulse para que ellos mismos desencadenen por si mismos procesos de innovación tecnológica y

con ello acceder a mejores condiciones de vida contrario a quienes afirman que la pobreza rural es un problema estructural.

Es importante la identificación de las potencialidades locales para generar negocios tomando en cuenta el, porque si se mejoran las capacidades humanas de los actores y se facilita la disponibilidad del conocimiento, es posible acceder a niveles superiores de competitividad. Además de las escuelas de campo pilar fundamental para “aprender-haciendo” se requieren más actividades que refuercen las capacidades de los productores para lograr su empoderamiento y sostenibilidad. El modelo propuesto tuvo buena aceptación entre los grupos participantes y solamente se esperaría que se realice un escalamiento entre organismos del sector, donde se incluya a grupos organizados y prestadores de servicio profesional para que el modelo de gestión de la innovación sea replicado y beneficie al menos a 27 millones de productores que actualmente viven en esa condición.

LITERATURA CITADA

- 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-Iñiguez, P., Morales-Guerra M., Berdugo-Rejón J.G., Zambada-Martínez A., Rodríguez-Hernández R.F., Ayala-Sánchez A., Salinas-Cruz E., Fernández-González I., Rangel-Quintos J. 2012. Los pequeños agricultores también pueden...modelo de innovación con competitividad en áreas marginadas. *Agroproductividad*. Vol. 5 número 2. Texcoco Estado de México. p 3-
- CONEVAL 2011. Cada día, 4 mil 452 nuevos indigentes. En *la Razón México*. Página 8 miércoles 7 de diciembre de 2011
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico. 2006. Bases para una política de Estado en ciencia, tecnología e innovación en México. Versión para comentarios. México. Mayo de 2006. www.foroconsultivo.org.mx
- Martínez, S.T. 1986. El desarrollo rural en las ciencias sociales. En: Cuadernos del Centro de Estudios del Desarrollo Rural. Año II, N° 3. Colegio de Postgraduados, México. Julio-agosto-septiembre. p: 10-19
- Morales G.M; Cadena, I. P. y Berdugo, R.J.G. 2008. Modelo de capacitación

-
- y transferencia de tecnología participativa aprender-haciendo para la seguridad alimentaria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio bajo, Etna, Oaxaca. Folleto técnico N° 11. 58 p.
- Orozco C.S., Jiménez S.L., Estrella Ch. N., Ramírez V.B., Peña O.B.V., Morales G.M. 2008. Escuelas de campo y disponibilidad alimentaria en una región indígena de México. Estudios sociales, Julio-diciembre, año/vol. XVI, número 032. Universidad Autónoma de Sonora, Hermosillo, Sonora, México. p: 207-226.
- Ortiz, J. B.; Jiménez, S.L.; Morales, G.M.; Quispe, L.A.; Turrent, F.A.; Rendón, S. G. y Rendón, M.R. 2013. Nivel de adopción de tecnologías para la producción de jitomate en productores de pequeña escala en el estado de Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol.4 Núm. 3 01 de abril - 15 de mayo, 2013 p: 447-460.
- Reyes, P. V. 2009. Primer foro. Innovación para la competitividad en México. Conclusiones y cierre. CONACYT. México, D. F. www.conacyt.mx/acerca/foinnovation/VR_conclusiones-y-cierre.pdf
- Rovere, M. 1999. Redes en salud; Un nuevo paradigma para el abordaje de las organizaciones y la comunidad, Rosario: Ed. Secretaría de Salud Pública/AMR, Instituto Lazarte.
- Ruiz M.A.D.; Jiménez S.L.; Figueroa, R.L.O; y Morales G.M. 2012. Adopción del sistema milpa intercalada en árboles frutales por cinco municipios mixes del estado de Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 3 Núm.8 1 de noviembre - 31 de diciembre, 2012 p. 1605-1621.
- Zambada-Martínez, A.; Cadena-Iñiguez, P; Ayala-Sánchez, A.; Sedas-Larios, L.E.I. de J.; Pérez-Guel; R.O; Francisco-Nicolás, Néstor; Meneses-Márquez, Isaac; Jacomé-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. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Colegio de Postgraduados. Campus Cholula, Puebla, México.

ESTUDIO DE COMPETITIVIDAD DE LAS FAMILIAS EN POBREZA EXTREMA EN SAN ÁNDRES TUXTLA VERACRUZ

COMPETITIVENESS STUDY OF FAMILIES IN EXTREME POVERTY IN SAN ANDRES TUXTLA VERACRUZ

Jácome MSM^{1*}; Zambada MA¹ y Saucedo HG¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Km 34.5 Carretera Veracruz-Córdoba.

Autor para correspondencia: jacome.sergio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La pobreza es una característica de la mayor parte de las familias que viven en el medio rural, los campesinos dependen de la producción agropecuaria como una de las principales actividades, sin embargo, la productividad es muy baja por el escaso nivel tecnológico, los pequeños agricultores no son competitivos porque no tienen acceso a nuevas tecnologías, se encuentran poco vinculados al mercado, la superficie de tierra es escasa y no cuentan con capital suficiente; por consiguiente su ingreso monetario es muy limitado y no les alcanza para cubrir sus necesidades de consumo. El principal reto consiste en propiciar la competitividad de las familias campesinas en esta condición, mediante una mayor vinculación a la economía global. El objetivo central del proyecto fue identificar los principales factores que determinan la competitividad actual de los pequeños agricultores pobres. Para construir un portafolio de posibilidades de agronegocios acordes con las condiciones locales de pobreza y marginación. El estudio se llevó a cabo en la parte sur del estado de Veracruz en el municipio de San Andrés Tuxtla. Se levantaron 21 encuestas. Para el análisis de la información de las encuestas se utilizó la metodología del análisis de ingresos en fincas donde uno de los principales indicadores es la competitividad. Las unidades familiares de la región de los Tuxtla son muy similares entre si entre localidades. El municipio de san Andrés Tuxtla se caracteriza por ser un municipio de autoconsumo con poca interacción hacia fuera, pero se encuentran algunos productores que si tienen interacción en el mercado regional vendiendo sus excedentes y son competitivos.

Los resultados indicaron que el 48 % de unidades familiares de la muestra son competitivos. Este tipo de productores están capitalizados produce a bajos costos y son demandantes de tecnologías de producción. El análisis estadístico de correlación múltiple indicó que la competitividad de las unidades familiares está íntimamente relacionada con la variable venta de excedentes al mercado y las cuentas por pagar.

Palabras clave: Competitividad, ingresos, planes de negocios.

INTRODUCCIÓN

En México la pobreza es uno de los principales problemas, y la pobreza extrema se manifiesta en mayor proporción en el medio rural. Se considera que se encuentran en pobreza extrema cuando presenta tres o más carencias sociales y su ingreso es menor al valor de la canasta alimentaria (SEDESOL, 2013). Aunque sólo una cuarta parte de la población mexicana vive en zonas rurales, en ellas reside 60.7 % de la población en pobreza extrema y 46.1 % en pobreza moderada. Del total de habitantes en zonas rurales de México, 28 % se encontraba en niveles de pobreza extrema y 57 % en situación de pobreza moderada (Banco Mundial, 2004). La falta de dinamismo en el crecimiento agrícola y la ausencia de mejoras en la productividad de la tierra y el trabajo son una amenaza en términos de la pobreza rural.

La actividad agrícola es la principal fuente de alimentos e ingresos de la mayoría de las familias que habitan en el medio rural. Las crecientes necesidades de las familias no son cubiertas totalmente debido en gran parte a la insuficiencia en la productividad de la actividad agrícola para generar ingresos, alimentos y empleo, por lo que para acceder a los procesos socioeconómicos globales se requiere necesariamente un mejor desempeño de las unidades de producción rural, en cuanto al aprovechamiento de los recursos disponibles. Al respecto, Rodríguez *et al.* (2013) señalan que en relación a un estudio realizado en familias rurales pobres de Oaxaca solamente el seis por ciento de las familias podrían clasificarse como en condiciones de competitividad y el 94 % no son competitivas o en su caso están en vías de la competitividad, lo que contribuye al deterioro de las condiciones de vida por la insuficiencia del ingreso. La pregunta sería, ¿tienen estas familias la posibilidad real de salir de su situación actual de pobreza y marginación? Al respecto existen dos corrientes de pensamiento. Los estructuralistas que señalan que la pobreza es

una cuestión de la estructura económica y solamente con cambio profundo en esa estructura podría revertirse la situación, esta corriente está representada por Da Silva (1987) y Bernstein (1992), mientras que la corriente desarrollista representada entre otros por Schultz (1964), Rogers (1983), Borlaug (2002), Lacky (2002) señalan que es posible que los campesinos pobres salgan de su situación aprovechando sus propios recursos sin paternalismos. Para ello es importante el rompimiento de paradigmas que frenan el desarrollo de los mismos. Uno de los aspectos que podrían contribuir a resolver el problema es impulsar innovaciones tecnológicas que fortalezcan su capacidad de aprovechamiento de factores de producción propios y propicie mayor participación en el mercado para la obtención de beneficios. Es decir, mejorando la competitividad de las unidades de producción se disminuiría el problema de la insuficiencia del ingreso monetario y por lo tanto de la pobreza.

La Cruzada contra el Hambre (DOF, 2013) es una estrategia de inclusión y bienestar social, que se implementa a partir de un proceso participativo de amplio alcance cuyo propósito es conjuntar esfuerzos y recursos de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como de los sectores público, social y privado y de organismos e instituciones internacionales, para el cumplimiento de los objetivos del Decreto. Esta Cruzada contra el Hambre está orientada a la población objetivo constituida por las personas que viven en condiciones de pobreza multidimensional extrema y que presentan carencia de acceso a la alimentación. Ante los altos niveles de pobreza en el estado de Veracruz documentados previamente (Rodríguez *et al.*, 2013) identificaron los factores que determinan la competitividad de las familias rurales pobres en los municipios de Santiago y San Andrés Tuxtla; señalan que si bien la baja competitividad de las familias campesinas, se debe a aspectos multifactoriales, destacan los siguientes factores como determinantes: la escasa organización para la producción desde un punto de vista de negocio; la escasa tecnología de producción y el bajo nivel educativo de los productores. Concluyen que es posible identificar e implementar agronegocios que contribuyan a la competitividad de las familias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la parte sur del estado de Veracruz en el municipio de San Andrés Tuxtla.

Obtención de la información

Se levantaron 21 encuestas diseñadas para tal fin, los productores encuestados se caracterizan por explotar sus tierras mediante el sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF).

Para el análisis de la información de las encuestas se utilizó la metodología del análisis de ingresos en fincas donde uno de los principales indicadores es la competitividad. De acuerdo con la metodología propuesta por Scheafer-Kehnert (1981) Esta metodología combina dos tipos de análisis, el análisis de ingreso y el análisis de inversión, a fin de demostrar las relaciones (y las diferencias) entre los dos tipos de análisis, ambos se muestran con respecto a la misma Unidad de Producción (UP); el análisis de ingreso se ocupa de un año de operación corriente de la UP, en tanto que el análisis de inversión trata del desarrollo de la UP en el curso de la duración de una inversión en la producción. La medición de estas variables puede hacerse en forma anual.

Posteriormente se procedió a estratificar la información para su análisis, dicha estratificación se realizó por niveles de competitividad quedando estos de la siguiente manera:

- Estrato 1 competitividad de cero a uno
- Estrato 2 competitividad mayor que uno

Procesamiento de la información

Para la captura y posterior análisis de la información fue necesario vaciar las variables del cuestionario en cuatro hojas de Excel debidamente codificadas y formuladas:

1. Antecedentes de la unidad familiar: esta hoja describe la situación de la unidad familiar conteniendo los siguientes conceptos: utilización de la tierra, inventario pecuario, mano de obra familiar y contratada, capital de la finca en activos pasivos y activo neto.
2. Operaciones corrientes: ventas, consumo del hogar, costos de operación, gasto familiar y depreciación de equipos y edificios
3. Costo de recuperación: esta hoja se refiere únicamente al cálculo de la depreciación de edificios, maquinaria y equipos de trabajo que posee el agricultor.

-
4. Análisis de ingreso de la unidad familiar: esta hoja hace referencia a los indicadores analizados: valor bruto de la producción de la unidad familiar; depreciación; valor agregado neto; remuneración al capital de la unidad familiar; ganancia de la unidad familiar; ingreso neto de la unidad familiar; costos de los factores internos; relación de competitividad; superávit o déficit en efectivo de la unidad familiar. Con la información recabada en las encuestas y de acuerdo con Rodríguez *et al*, (2013), se elaboró un modelo de regresión múltiple para determinar cuáles factores fueron los que determinaron a la competitividad actual.

El modelo está estructurado de la siguiente manera:

$$RCP = F(x_1, x_2, \dots, x_n) + E$$

Donde:

RCP es la relación de competitividad variable dependiente,
 x_1, x_2, \dots, x_n son variables independientes y
E es el error de estimación.

El modelo empírico se estimó con el Programa SAS (Statistical Analysis System - Sistema para Análisis Estadístico) versión 9.2 para Windows y las variables se seleccionaron por su significancia mediante STEPWISE que consiste en la incorporación de variables por pasos de acuerdo con su aporte al coeficiente de determinación R^2 y su significancia (Castillo, 2007).

La congruencia estadística del modelo se determinó por medio del coeficiente de determinación R^2 , la probabilidad F dada por el valor-p del modelo, que es un criterio para rechazar o no la hipótesis nula (H_0) de acuerdo con una determinada confianza, y a la significancia de cada variable dada por el valor-p para la prueba de hipótesis de cada variable. Las posibles variables para incluir en el modelo fueron: RCP = Relación de competitividad (variable dependiente); VEN = Importe de las ventas en pesos; AC = Nivel de autoconsumo en la familia, en pesos; GEF = Gastos en efectivo de la familia, en pesos; MOC = Cantidad invertida en mano de obra contratada por la unidad familiar, en pesos; MOF = Valoración de la mano de obra familiar, en pesos; SC = Superficie cultivable disponible por la unidad familiar en hectáreas; HYE = Inversión en herramientas y equipos para la producción, en

pesos; ORG = Nivel de organización, variable binaria; SUB = Ingresos indirectos como subsidios, en pesos; GAT = Disponibilidad de ganado de traspato, valorado en pesos; CXP = Cuentas por pagar o deudas de la unidad familiar, en pesos; INV = Disponibilidad de inventarios como insumos para la producción, en pesos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antecedentes de la unidad familiar. La descripción de la unidad familiar se da en términos de promedio general por municipio pero desglosando la explicación referente a la relación de competitividad donde sí se distinguen dos estratos de productores:

1. Productores con competitividad de 0 a 1
2. Productores con competitividad mayor que 1

La Figura 1 muestra la forma de utilización de la tierra cuyo promedio de tenencia es de 6.91 hectáreas por productor y el principal cultivo es pastizales, maíz, otros que pueden ser forestales, frutales y frijol.

La particularidad de esta explotación es que los cultivos son intercalados es decir el maíz y frijol se intercalan entre las líneas de siembra de diferentes frutales (MIAF) además de que en la misma superficie se siembran los cultivos de primavera verano y otoño invierno.

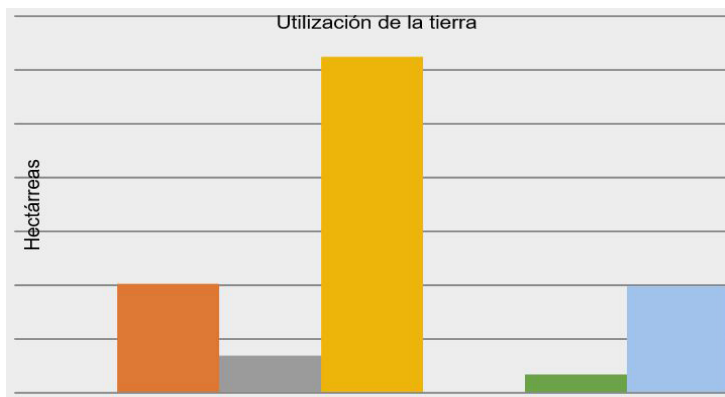


Figura 1. Utilización de la tierra

La figura 2 muestra la distribución del capital de la finca donde podemos observar que el 66 % de este capital es el valor de la tierra seguido por un 24 % del valor de edificios que se refiere estrictamente al valor de la vivienda.

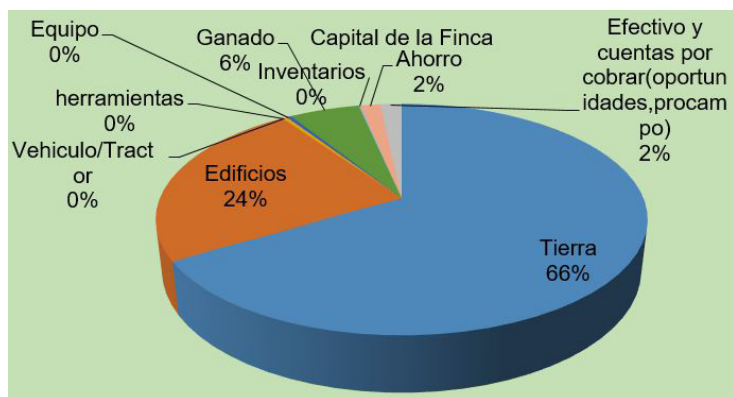


Figura 2. Capital de la finca promedio de los productores encuestados.

La Figura 3 muestra la distribución del activo neto de los productores, este activo neto es el dinero disponible con que cuenta el productor.

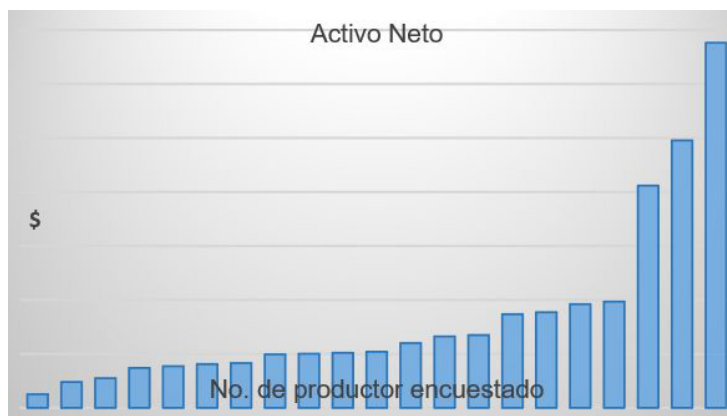


Figura 3. Distribución del activo neto ordenado en forma ascendente.

El Cuadro 1 muestra estadísticamente los rangos de frecuencia relativa y acumulada del activo neto de cada uno de los productores encuestados.

Cuadro 1*Rangos de frecuencia de Activo Neto de los productores encuestados*

Rango	Min	Max	Frecuencia Relativa	Frecuencia acumulada	%
1	125,060	776,436	14	14	67
2	776,436	1,427,812	4	18	19
3	1,427,812	2,079,188	1	19	5
4	2,079,188	2,730,564	1	20	5
5	2,730,564	3,381,940	1	21	5
					100

El punto central del análisis es la relación de competitividad por lo que se hizo una estratificación en dos niveles:

1. Productores con competitividad de 0 a 1.

Este tipo de productores se caracteriza por ser muy competitivos es decir que tienen participación en el mercado, lo que producen les alcanza para satisfacer sus necesidades alimentarias además venden excedentes y sus ingresos son positivos es decir, les alcanza para cubrir sus gastos de la explotación agropecuaria y además cubren sus necesidades de vestido, salud y educación. Se identificaron 10 productores en este estrato que representa 48 % de la población.

2. Productores con competitividad mayor que 1

Este tipo de productores se caracteriza por tener una explotación donde el costo de los factores internos es muy alto en relación con el valor agregado del producto por lo que su relación siempre es mayor que la unidad.

Demostrando esto que este estrato de productores cae en un grado de producción ineficiente y se caracterizan por tener un alto autoconsumo pero poca participación de venta en el mercado. En este caso se observaron 11 productores que representan el 52 % de la población.

La Figura 4 muestra la distribución de los dos estratos mencionados donde se puede observar que 10 productores están en un área competitiva de 0.13 a 0.67 es decir entre 0 y 1.

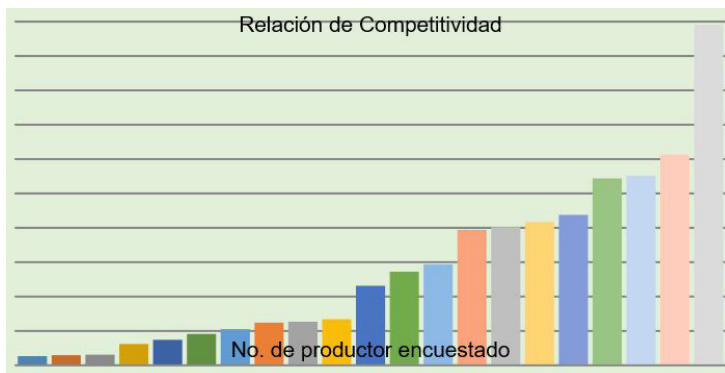


Figura 4. Distribución del rango de competitividad

El Cuadro 2 muestra las relaciones de competitividad, porcentaje de productores por estrato y el promedio general de la competitividad en el municipio de San Andrés Tuxtla.

Cuadro 2

Análisis de Competitividad

Concepto	Relación de competitividad proyecto (productores)		
Rango	0 A1	>1	TOTAL
Número de productores	10	11	21
Porcentaje	48	52	100
Promedio de relación Competitividad			1.42

El procedimiento PROC REG permitió obtener los estimadores de los parámetros de las variables independientes que explican la situación de competitividad de la Unidad de Producción Rural (UPR) en 76 % dado por el coeficiente de determinación.

Los estimadores de los parámetros de las variables seleccionadas, así como su significancia, se muestran en el Cuadro 3 en donde se observan valores positivos y negativos, los positivos influyeron de manera directa en la competitividad, mientras que los negativos la afectaron en forma inversa.

La variable que más explica el comportamiento de la competitividad son los excedentes destinados a la venta (VEN), así como las cuentas por pagar (CXP), considerada la primera como el ingreso proveniente de la comercialización de los

productos generados por la UPR después de haber cubierto sus necesidades de autoconsumo y el nivel de endeudamiento que tienen los productores, lo cual limita su nivel de competitividad.

Cuadro 3

Estimadores de los parámetros de las variables seleccionadas mediante STEPWISE que explican la competitividad de las UPR en San Andrés Tuxtla, Veracruz

Variable	Estimador	Significancia
CONSTANTE	2.09890	
VEN	-0.00002587	<.0001
CXP	0.00002139	0.0004

CONCLUSIONES

El 48 % de los productores encuestados se encuentra en el área de Competitividad (0 a 1) lo que indica que estas unidades de producción son competitivas donde los costos de producción son menores que los ingresos, por lo cual son unidades de producción que operan con utilidades; es decir que su producción participa en el mercado además de cubrir sus necesidades de autoconsumo. Este tipo de productores además de producir a bajos costos generalmente están capitalizados y son demandantes de las tecnologías de producción que les permite poder hacer eficiente su explotación.

El 52 % de los productores encuestados se encuentra en una Competitividad Positiva (mayor que 1) lo que indica que son unidades de producción donde los costos de los factores internos son demasiado altos en relación con el valor agregado del producto. Para estas unidades de producción es necesario proveerlas de tecnología apropiada e innovadora que les ayude a ser más eficientes en su producción de granos y frutales, pero además es necesario crear un proceso continuo de capacitación y de esta manera contribuir significativamente al mejoramiento de la competitividad del sector rural productivo del estado de Veracruz.

Algo que se debe resaltar es que el análisis de las encuestas no arroja ningún productor en el estrato de productividad negativa (irracionalidad).

De acuerdo con el análisis de regresión múltiple los resultados mostraron a las variables: ventas y cuentas por pagar como las más significativas, las primeras incrementado el nivel de competitividad de las UPR y las segundas limitando dicho nivel.

LITERATURA CITADA

- Bernstein H. 1992. Agrarian Structures and Change. En H. Bernstein, B. Crow, and H. Johnson (Eds). Rural Livelihoods. Crises and Responses, (pp 27-50). Oxford University Press-The Open University: Oxford.
- Borlaug N.E. 2002. Ending World Hunger. The Promise of Biotechnology and the Threat of Antiscience Zealotry. *Plant Physiology*, 124: 487-490.
- Castillo, M. L. E. 2007. Introducción al SAS para Windows, tercera edición. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx.295 p.
- Diario Oficial de la Federación. 2013. Decreto por el que se establece el Sistema Nacional Cruzada contra el Hambre. Poder Ejecutivo Federal. México (22 de enero de 2013).
- Lackey P. 2002. Lo que piden los agricultores y lo que pueden los gobiernos. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Año VI, Vol. 11. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A. C. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreon, México. pp: 509-513.
- Rodríguez-H.R., Cadena I. P., Morales-G.M., Jácome M.S., Góngora G.S., Bravo M.E., Contreras H.R. 2013. Competitividad de las unidades de producción rural en Santo Domingo Tejomulco y San Jacinto Tlacotepec, Sierra Sur, Oaxaca, México. *Revista Agricultura Sociedad y Desarrollo*, volumen 10, No. 01, Pp. 111-126.
- Rogers E.M. 1983. *Diffusion of Innovations*. Free Press: New York.
- Schultz, T. W. 1964. *Transforming Traditional Agriculture*. Yale University Press: New Haven. 12 p.
- SEDESOL. 2013. Metodología de medición de la pobreza en México. CONEVAL. https://www.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Sedesol/sppe/upri/dgapl/fais/Herramientas/MEDICION_DE_LA_POBREZA.pdf
- Scheafer-Kehnert, W. 1981. Metodología de análisis de las inversiones en explotaciones agrícolas. Instituto de Desarrollo Económico, Banco Mundial (mimeografiado).

ELABORACIÓN DE PAPEL ARTESANAL CON PAJA DE CAÑA DE AZÚCAR

García EY¹, Salgado GS^{2*}, Bolio LGI¹, Córdova SS¹, Lagunes ELC², Falconi CR³,
Veleva L⁴

¹División Académica de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Popular de La Chontalpa. 86500 H. Cárdenas, Tabasco. ²Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Km 3.5 Per. Carlos A. Molina s/n, 86500 H. Cárdenas, Tabasco. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. ³Ujat- Cunduacán, DACB, Carr. Cunduacán-Jalpa km 1, Col. La Esmeralda, 86690 Cunduacán, Tabasco. ⁴CINVESTAV IPN Unidad-Mérida. Antigua carretera a Progreso Km 6, Cordemex, 97310 Mérida, Yucatán.

Autor para correspondencia: salgados@colpos.mx

RESUMEN

La paja de la caña de azúcar que se genera con la cosecha mecanizada es un residuo beneficioso para el hombre cuando se usa correctamente, por ello, se deben buscar alternativas para reducir la quema de los cañaverales y generar ingresos a los productores. El objetivo de este trabajo fue generar un método casero de extracción de celulosa y de elaboración de papel a partir de la paja de caña de azúcar. Se utilizó el método convencional de pulpeo en laboratorio y el método casero; en este último, se utilizaron reactivos de uso industrial y agua corriente. Se evaluó la cantidad de celulosa extraída, el rendimiento de celulosa, la pureza y la cristalinidad, y un análisis económico del costo de extracción. El rendimiento de celulosa para el método de pulpeo fue 50.12 % y 43.16 % para el método casero. La celulosa extraída de la paja de caña por ambos métodos fue pura, según análisis del espectrómetro de infrarrojo (FTIR). La cristalinidad de la celulosa de paja fue 74.78 % con el método de pulpeo y 64.24 % por el método casero, según método de difracción de rayos-X (XDR). Con la celulosa extraída por ambos métodos fue posible elaborar el papel artesanal del tamaño de hoja carta. La longitud de fibra de celulosa fue pequeña y afectó la elaboración de papel de forma industrial en laboratorio (< 600 μm). Se sugiere seguir mejorando el método casero para la extracción de la celulosa de la paja de caña de azúcar usando fibras de mayor tamaño, debido a que resulta más económico y considerar el re uso de los licores.

Palabras clave: papel artesanal, fibras no maderables, celulosa, paja de caña, blanqueo.

INTRODUCCIÓN

México tiene un consumo aparente de papel de 7 millones de t, y su capacidad instalada es 5.8 millones de t. Para satisfacer este déficit se tiene que importar celulosa de otros países. Durante el año 2010 utilizó 4.8 millones de t de fibra de residuos de papel y el resto de fibra virgen. Por ello es necesario continuar la búsqueda de materiales fibrosos no maderables como una alternativa de producción de pulpa para satisfacer la demanda de papel de esta Industria (Molina y Monreal, 2004; CNICP, 2011). La paja se define como los residuos de cosecha de la caña de azúcar (comprenden las hojas secas, las lalas y las puntas), y es un residuo benéfico para el hombre cuando se usa correctamente. Su quema es altamente destructiva si se realiza indiscriminadamente (León-Martínez *et al.*, 2013; Salgado *et al.*, 2014). México es el séptimo productor mundial de azúcar y en la zafra 2013-2014 la superficie cosechada fue de 798,278 ha (CAÑEROS, 2014), con un rendimiento de paja de 18 t.ha⁻¹ (Salgado-García *et al.*, 2014). La producción potencial de paja de caña de 14' 369,004 t anuales, de las cuales el 50 % podrían ser utilizadas para la producción de papel comercial y/o artesanal, con la finalidad de mejorar los ingresos de los productores de caña de azúcar ante la actual crisis que vive este sector por el bajo precio del azúcar. En la literatura mundial la información sobre el uso de la paja de caña de azúcar para extraer celulosa para elaborar papel es escasa (Costa *et al.*, 2013; Szczerbowski *et al.*, 2014). Hasta 1973, Alemania fue pionera en el uso de la paja de cereales para producir papel de embalaje (Boguslawski y Debruck, 1983). Por ello, es necesario generar información sobre el potencial de la paja de caña para elaborar papel artesanal. Los objetivos del presente trabajo fueron establecer un método casero para la extracción de celulosa de la paja de caña de azúcar cosechada mecánicamente sin quema, caracterizar la calidad de la celulosa, elaborar papel artesanal de celulosa de paja y realizar un análisis económico del costo de extracción de la celulosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la paja de caña. Las pacas de paja utilizadas en este experimento provinieron de una plantación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) cultivada con la variedad MEX 79-431 del poblado C31, que pertenece al área de abastecimiento de caña del ingenio presidente Benito Juárez en el estado de Tabasco. La paja de las pacas se llevó al Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, donde se molió y pico en una picadora de forraje con malla de 4 mm. Posteriormente esta muestra se secó en estufa de aire forzado a 65 °C por 24 h. Este material se molió empleando el molino Wiley con un tamiz de 2 mm. El material se guardó en bolsas de nylon hasta su uso.

Diseño experimental. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar utilizando 2 métodos de extracción de celulosa con 20 repeticiones para el pretratamiento y 10 repeticiones para el tratamiento. Los tratamientos de extracción de celulosa fueron los métodos de pulpeo (Cazaurang *et al.*, 1990); y el método casero, que se distingue del anterior por el uso de hidróxido de sodio comercial, ácido sulfúrico comercial y agua corriente de llave.

Variables de estudio

Extracción de celulosa (g). La obtención de la celulosa se realizó usando la técnica de pulpeo (Cazaurang *et al.*, 1990), que consta de cinco pasos: (1) un pretratamiento de la muestra de 40 g paja, con hidróxido de sodio (NaOH) al 10 %, una vez que se observa la primera burbuja, se deja calentando por 10 min, y posteriormente se dejó reposar 20 min para enfriar y lavar con agua corriente, después se enjuagó con agua purificada (pH=7), para después desfibrar la muestra manualmente; posteriormente, se secó en estufa de aire forzado a 65°C y se dejó reposar 12 h; (2) la muestra de 20 g de paja pretratada se somete a una hidrólisis ácida con H₂SO₄ al 0.4 %, una vez que hirvió la solución se procedió a contar 1 h. Terminado el tiempo de reacción se dejó reposar 10 min para enfriar y se procedió al lavado con agua purificada hasta llegar a un pH de 7; (3) una cloración con NaClO al 3.5 %. Se realizó en baño maría en una plancha a 95°C. Posteriormente, se realizaron lavados con agua purificada hasta llegar a un pH neutro; (4) una extracción alcalina con NaOH al 20 % con agitación constante en un agitador magnético por 1 h. Seguido de lavados con agua purificada hasta llegar a un pH de 7; (5) un blanqueo con NaClO

al 0.5 % se homogeniza la muestra con un agitador magnético en un lapso de 1 h. Posteriormente se realizaron los lavados hasta un pH neutro. Consecutivamente se desmenuzó y se colocó en charolas de fondo plano, se dejó reposar por 24 h al ambiente. Enseguida se realizó un secado en estufa de aire forzado a 65°C por 24 h, y por último se registró el peso seco de la muestra obtenida (g).

Rendimiento de paja pretratada. se refiere al porcentaje de paja recuperada después de tratarla con hidróxido de sodio, para su cálculo se utilizó la siguiente ecuación Ec. (1):

$$\text{Rendimiento de paja (\%)} = (X/P)100$$

Donde.

X es la cantidad de paja pretratada (g), y P=40 g de paja seca

Rendimiento de celulosa (%), se refiere al porcentaje de celulosa recuperada después del tratamiento, para su cálculo se utilizó la siguiente ecuación Ec. (2):

$$\text{Rendimiento celulosa (\%)} = (C/Z)100,$$

Donde.

C es la cantidad de celulosa extraída (g), y
Z=20 g de paja pretratada

Caracterización de la celulosa. Se evaluó a través de tres parámetros

Pureza. La caracterización química de las muestras de paja y celulosa de la paja de caña se llevó a cabo utilizando la técnica de espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (Coates, 2000). Las lecturas se realizaron en el laboratorio de la UJAT. Se empleó un Espectrómetro de infrarrojo FTIR Nicolet Magna Protegé 460 en el modo de transmisión, con una resolución de 4 cm⁻¹ y 100 barrido.

Cristalinidad (%). La determinación de la cristalinidad se realizó en el laboratorio central del CINVESTAV IPN Unidad-Mérida, usando la técnica de difracción de

rayos-X método de absorbancia, utilizando un equipo “BRUKER 08 ADVANCE” espectro de $\text{CuK}\alpha$ ($\alpha = 1.54 \text{ \AA}$).

El porcentaje de cristalinidad de las muestras de paja y de la celulosa obtenida se calcula por el modelo desarrollado por Segal *et al.* (1959). Ec. (3):

$$X_c\% = 100[1 - (I_1 / I_2)]$$

Dónde:

$X_c\%$ es el porcentaje de cristalinidad,
 I_1 es la intensidad del pico mínimo y
 I_2 es la intensidad máxima del pico cristalino, respectivamente.

El tamaño del cristal. Se calculó usando la ecuación de Scherrer (Cullity, 1978). Ec. (4):

$$t = 0.9\lambda / \cos\theta$$

Dónde:

t es el tamaño de cristal,
 λ es la longitud de onda de la radiación utilizada (λ_{Cu}),
 β es el ancho a la altura media del pico de difracción de la muestra,
 θ es la posición del pico de difracción y
0.9 es el factor de forma del cristal.

Longitud de la fibra. El largo de fibra se puede medir con diferentes técnicas, se empleó la norma: TAPPI 271 om-12 de longitud de fibra de pulpa y papel por el analizador óptico automatizado utilizando luz polarizada.

Papel artesanal. Se cuantificó el número de hojas formadas con la celulosa extraída por ambos métodos, el tamaño de la hoja (cm), grosor (mm), y el peso de hoja (g). Se preparó un solución de agua-celulosa, para ello se mezcló 770 mL de agua purificada con 80 g de celulosa seca, y se agitó; se dejó reposar por 24 h, terminado este tiempo se eliminó el exceso de agua. La celulosa hidratada y 500 mL de agua purificada se licuaron, una vez que se obtuvo la mezcla se diluyó en cinco litros de

agua contenida en una charola de plástico y se agitó para homogenizar la mezcla. Se sumergió el bastidor lateralmente en un ángulo de 45° aproximadamente, se extrajo el bastidor cuidando que sea lo más horizontalmente para que la pulpa se distribuya uniformemente, sin permitir acumulaciones en determinadas zonas, y se dejó drenar el agua sobre la misma tina. El bastidor con la pasta se colocó boca abajo e inmediatamente se realizó el despliegue del bastidor. Se colocó un fieltro sobre la hoja húmeda y se repitió el proceso para formar otras hojas. Las hojas, se situaron al aire libre a secar. Por último el despegue de la hoja formada se hizo cuando ésta empezó a despegar de las orillas por sí sola (Hernández, 2008).

Análisis económico. Se realizó tomando en consideración la cantidad de reactivo utilizada y el precio del mismo, considerando el pretratamiento y el tratamiento de las muestras y la cantidad de celulosa extraída en cada método (CIMMYT, 1988).

Análisis estadístico. Para las variables paja pretratada, rendimiento de paja pretratada, celulosa y rendimiento de celulosa, se realizó el análisis de varianza con el diseño completamente al azar y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, usando el paquete SAS versión 9.3. Para las características del papel artesanal se calculó la media y la desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa que no hubo diferencia significativa entre los dos métodos para pretratar la paja (Cuadro 1). La media de paja pretratada fue 31.6 g y un CV de 3.9 % que indica la buena precisión en la determinación de este parámetro; por lo tanto, ambos métodos son iguales para pretratar la paja de caña.

Cuadro 1

Paja pretratada y celulosa y rendimiento de celulosa a través de dos métodos de extracción.

Método de extracción	P. Pretratada (g)	Rendimiento paja pretratada (%)	Celulosa (g)	Rendimiento de Celulosa (%)
M. Pulpeo	31.79 a	39.74 a	10.02 a	50.12 a
M. Casero	31.46 a	39.33 a	8.63 b	43.16 b
Media (g):	31.6	39.5	9.3	46.6
CV (%)	3.9	3.9	4.2	4.2
Prob. F	0.53 NS	0.53 NS	0.0001**	0.0001**
DMS	1.12	1.4	0.35	1.79

En lo que respecta al rendimiento paja pretratada (%), la media fue 39.5 % de recuperación del material utilizado en este proceso en los dos métodos usados. El CV de 3.9 % indica la confiabilidad en la determinación de este parámetro. En la celulosa (g), se observó diferencia significativa entre los dos métodos para extraer celulosa (Cuadro 1). Con el método de pulpeo se obtuvo la mayor cantidad de celulosa 10.02 g en comparación con el método casero. Una posible explicación a este hecho fue la mayor reactividad del ácido sulfúrico grado reactivo usado en el método de pulpeo, cuya celulosa se caracterizó por su color blanco y su consistencia suave (Figura 1).

El rendimiento de celulosa (%), mostro diferencia significativa entre los 2 métodos de extracción. El CV de 4.2 % indica alta eficiencia en la determinación de este parámetro. El método de pulpeo superó en rendimiento al método casero en 6.96 %.



Figura. 1. Detalles de la celulosa extraída de la paja de caña de azúcar, a) celulosa con método de pulpeo, y b) celulosa con método casero.

La caracterización de la celulosa se realizó a través de dos parámetros la pureza y cristalinidad.

Pureza. En el análisis de los interferogramas IR (Figuras 2 y 3), encontramos diferencias entre el espectro de infrarrojo de las muestras de paja de caña de azúcar y de la celulosa extraída. La Figura 2 corresponde a la celulosa de paja de caña de azúcar y muestra un pico de 3450 cm^{-1} , el cual se debe a las vibraciones de estiramiento características de los enlaces O-H presentes en la celulosa, hemicelulosa y lignina, tal como lo señalaron Andrade (1998) y Moran *et al.* (2008).

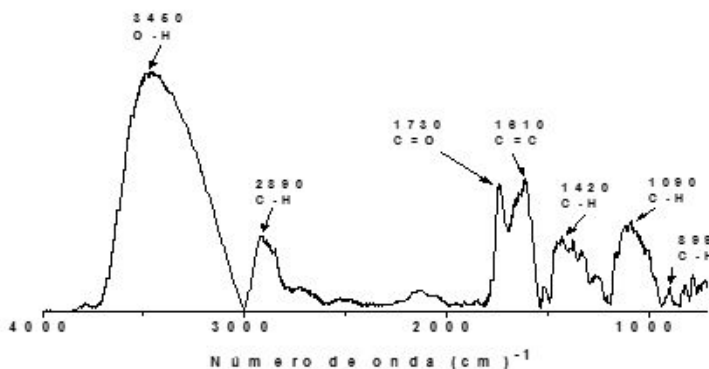


Figura 2. Interferograma de la muestra de paja de caña de azúcar, donde los picos muestran los componentes de celulosa, hemicelulosa y lignina.

La intensidad de la banda 2890 cm^{-1} es atribuida a los enlaces C-H, pertenecientes a alquílicos y alifáticos, presentes en celulosa, hemicelulosa y lignina (Moran *et al.*, 2008). El pico de 1730 cm^{-1} se relacionan con los enlaces C=O de cetona (pectinas y gomas) presentes en la hemicelulosa, corroborando lo observado por Popescu *et al.* (2010); mientras el pico de 1610 cm^{-1} es asignado al enlace C=C de las vibraciones de estiramiento de los anillos aromáticos de la lignina (Moran *et al.*, 2008 y Coates, 2000). El pico 1420 cm^{-1} corresponde a vibraciones de enlace C-H del CH_2 (Andrade, 1998). La banda 1090 cm^{-1} es atribuida a las vibraciones de flexión de los enlaces C-H de los anillos aromáticos (Coates, 2000) y por último la banda a 899 cm^{-1} corresponde al enlace C-H de los grupos aromáticos de la lignina (Morán *et al.*, 2008). Lo anterior reafirma la idea de que las paredes celulares de la paja de caña contienen celulosa, hemicelulosa y lignina (Szczerbowski *et al.*, 2014).

La Figura 3 muestra el espectro de infrarrojo de la muestra de celulosa extraída de la paja de caña por el método de pulpeo en laboratorio, se observa una banda a 3480 cm^{-1} , la cual es debida a las vibraciones de estiramiento características de los enlaces O-H presentes en la celulosa (Morán *et al.*, 2008; Coates, 2000). La intensidad del pico 2890 cm^{-1} es atribuida a los enlaces H-C-H presentes en la celulosa (Morán *et al.*, 2008). No se observó la banda a 1730 cm^{-1} correspondiente a grupos C=O presentes en hemicelulosas y lignina ya que fueron eliminadas con el tratamiento, obteniendo celulosa más pura. El pico 1670 cm^{-1} se relacionan con los enlaces O-H del agua adsorbida a la fibra en la celulosa (Moran *et al.*, 2008), mientras el pico 1380 cm^{-1} es asignado al enlace C-H de vibraciones de flexión presentes en la celulosa (Andrade, 1998). El pico observado de 1060 cm^{-1} , es atribuido a las vibraciones de flexión de los enlaces C-O-C presentes en la celulosa (Coates, 2000) y finalmente el pico 895 cm^{-1} corresponde a las vibraciones de deformación de C-H, presentes en celulosa, y corrobora la reportado por Popescu *et al.* (2010). Este análisis permite concluir que la celulosa extraída de la paja de caña es pura.

Cristalinidad

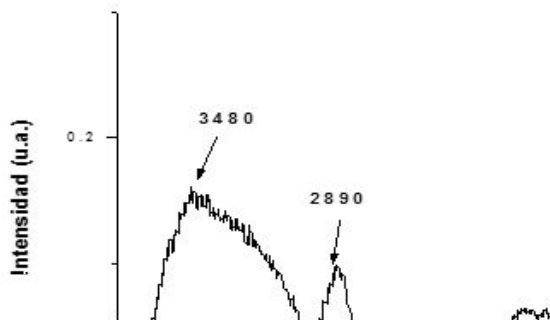


Figura 3. Interferograma de la muestra de celulosa de paja de caña Variedad México 79-431, donde los picos indican el contenido de celulosa.

Los difractogramas de la muestra de paja de caña de azúcar y de la celulosa extraída con el método de pulpeo y casero se muestran en la Figura 4. Los picos cercanos a $2\theta = 22.3^\circ$ es de celulosa, así como los picos a $2\theta = 12.6^\circ$, 20.6° y 35.3° de la celulosa extraída con el método casero (MC), son picos característicos correspondientes a la estructura de la celulosa (Visakh y Thomas, 2010; Isogai *et al.*, 1989).

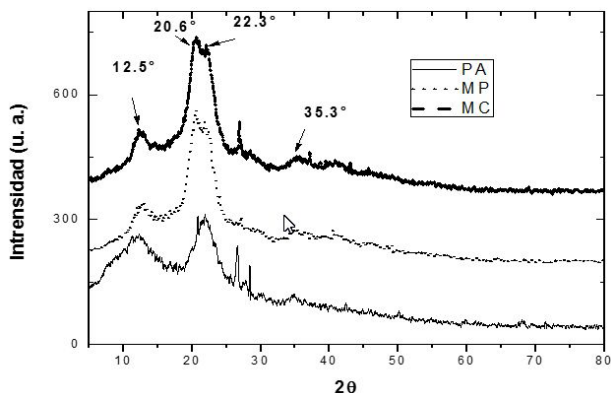


Figura 4. Diffractogramas de las muestras de paja de caña (PA), celulosa extraída con el método de pulpeo en laboratorio (MP), celulosa extraída con el método casero (MC).

La cristalinidad de la celulosa de las paredes celulares de la paja de caña (PA) fue de 56.07%, similar al 56.4% de cristalinidad de la paja de trigo reportada por Tomás (2009). El tamaño promedio de los cristales de celulosa en la paja fue de 2.7 nm (27 Å), como se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Características de la paja de caña de azúcar

Características	Valores
FWHM (°)*	3.086
2-Theta (°)	21.96
Área cristalina(°)	357
Área total (°)	636.7
Porcentaje de cristalinidad	56.07 %
Tamaño de cristales	27 Å ó 2.7 nm

* Ancho a la altura media del pico de difracción de la muestra de paja.

La cristalinidad de la celulosa de paja fue 74.78 % con el método de pulpeo y 64.24 % por el método casero (Cuadro 4). Lo cual indica que los métodos de extracción son apropiados para eliminar la hemicelulosa y la lignina de las paredes celulares de la paja. La cristalinidad de la celulosa de paja es mayor al observado en la celulosa hidrolizada proveniente del Ramio, la cual posee una fracción cristalina en el rango del 60 al 70 % (Gauthier *et al.*, 1998). El tamaño promedio de cristales

de la celulosa de paja fue similar en ambos métodos de extracción (Cuadro 3), con una media de 2.2 nm (22 Å). Lo cual indica que se reduce el tamaño del cristal de celulosa al extraerla de la paja de caña; este hecho coincide con lo observado por Hernández (2014), al reportar que los cristales de celulosa pueden aumentar o disminuir por el efecto de los factores que afectan la cristalinidad (fuente, método de extracción y tratamientos posteriores a su extracción).

Cuadro 3

Características de la celulosa extraída con el método de pulpeo y método casero

Características	Celulosa método de pulpeo	Celulosa método casero
FWHM (°)*	3.726	3.82
2-Theta(°)	20.6	20.66
Área cristalina(°)	629	637
Área total(°)	841.1	991.5
Porcentaje de cristalinidad	74.78 %	64.24
Tamaño de cristales	22 Å ó 2.2 nm	22 Å ó 2.2 nm

* Ancho a la altura media del pico de difracción de las muestras de celulosa.

Longitud de Fibra. Un ensayo preliminar para la elaboración de papel industrial, se realizó en el Departamento de Madera, Celulosa y Papel (DMCyP) de la Universidad de Guadalajara. Los resultados obtenidos, mostraron que el tamaño de la fibra de celulosa era pequeña (Figura 5), lo cual impide la formación de hojas. El tamaño de la fibra de celulosa pequeña se debe al tamaño de paja utilizado para extraer la celulosa que fue de 4 mm debido al proceso de molido previo al proceso de extracción, lo cual plantea que para futuros estudios se debe utilizar un tamaño de partículas de 30 a 40 mm (Costa *et al.*, 2013).

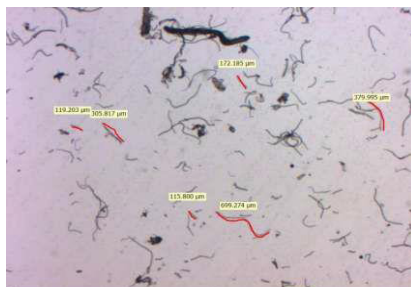


Figura 5. Fibras de la variedad MEX 68-P23

Papel artesanal. El tamaño de las hojas de papel artesanal fue muy cercano al tamaño carta (Figura 6), con un peso promedio de 8.4 g y 9.5 g para el método de pulpeo y casero, respectivamente. El peso y grosor de las hojas fue mayor con el método casero (Cuadro 4), lo cual se puede atribuir a la mayor dureza de la celulosa determinada al tacto.

Cuadro 4

Algunas características de las hojas de papel elaboradas con celulosa extraída por los métodos de pulpeo y casero

Hojas Pulpeo	Tamaño (cm)	Peso (g)	Grosor (mm)
1	21.5x28	7.9	0.83
2	21.5X28	7.7	0.6
3	21.3X27.5	10.9	0.65
4	19X27	7.9	0.82
5	21.4X28	7.7	0.66
Media	24.32	8.42	0.71
dS	0.45	1.38	0.1

Hoja Casero	Tamaño (cm)	Peso (g)	Grosor(mm)
1	22X27.5	13.5	1.1
2	21.5X28	8.5	0.77
3	21.5X27.5	9.7	0.78
4	21X27.5	6.5	0.51
Media	24.56	9.55	0.79
dS	0.11	2.94	0.24



Figura 6. Detalles del papel artesanal elaborado con la celulosa de paja de caña de azúcar a) Método de pulpeo en laboratorio y b) Método casero.

Análisis económico de los métodos de extracción de celulosa. El costo de reactivos para extraer celulosa fue más caro en el método de pulpeo en comparación del método casero (Cuadro 5), lo cual se atribuye al precio de los materiales usados, que fueron grado reactivo en el método de pulpeo. Lo anterior hace necesario seguir evaluando el método casero con fibras de paja de caña de diferente tamaño, para poder contribuir de forma satisfactoria al análisis sobre la eficiencia del método casero, ya que las fibras más largas reducirían las pérdidas durante los lavados. El costo de extracción de celulosa por gramo fue más económico con el método casero (CIMMYT, 1988).

Cuadro 5

Análisis económico de los métodos de extracción de celulosa

Producto	Costo unitario de reactivos (\$)		Reactivo usado (mL, Kg)		Costo (\$)	
	Reactivo	Industrial	Pulpeo	Casero	Pulpeo	Casero
H ₂ SO ₄	680	905.17	6.69 mL	6.69 mL	1.81	1.21
NaOH	1976	30.17	6 kg	6kg	1185	181.02
Cloro	4	4	1200 mL	1200 mL	20	20
Agua	26	0	22	440 L	572	0
Costo de reactivos (\$)					1778	202.2
Celulosa extraída (g)					122.4	103.6
Costo de extracción (\$ g⁻¹)					14.52	1.95

CONCLUSIONES

El método de pulpeo y casero fueron similares en la cantidad de paja pretratada recuperada, y su rendimiento fue similar con 39.5 %. Con el método casero se extrajo menor cantidad de celulosa en comparación del método de pulpeo, este último supero en 6.96% el rendimiento de celulosa. Sin embargo, no debe desecharse el método casero ya que resulta más económico. Con la celulosa extraída por ambos métodos fue posible elaborar papel artesanal. La celulosa de paja se caracteriza por su pureza y cristalinidad.

Agradecimientos

Al grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, por el apoyo económico y las facilidades para realizar el presente trabajo en el Laboratorio Central.

LITERATURA CITADA

- Andrade, C. 1998. Efecto de las condiciones del proceso de obtención de la celulosa sobre sus propiedades fisicoquímicas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería Química. UADY. Mérida, Yucatán México.
- Boguslawski, E y Debruck, J. 1983. La paja y la fertilidad de los suelos. Editorial Continental. México.
- CAÑEROS, 2014. Unión nacional de cañeros, A.C.-CNPR. Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2004-2013. Consolidado nacional e Ingenio Benito Juárez. Consultado el 7 de Julio de 2014 en: http://www.caneros.org.mx/site_caneros/estadisticas/nacional.pdf
- Cazaurang, M., Peraza, S., Cruz, R.C.A. 1990. Dissolving grade pulps from henequen fiber. *Cellulose Chemistry and Technology* 24, 629–638.
- CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, D.F.
- CNICP, 2011. Programa de desarrollo sustentable de la Industria 2011-2016. México, D.F. Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el Papel, A.C. 13 p.
- Coates, J. 2000. Interpretation of infrared spectra, a practical approach. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. R. A. Meyers (Ed.). Pp. 10815-10837. John Wiley&Sons Ltd, Chicester.
- Costa, S.M., Mazzola, P.G., Silva, J.C.A.R., Pahlc, R., Pessoa, A.Jr., and Costa, S.A. 2013. Cultivos y Productos Industriales 42,189-194.
- Cullity, B.D. 1978. Elements of X-Ray Diffraction, second edition, Addison- Wesley, New York.
- Gauthier, R., Joly, C., Coupas, A.C., Gauthier, H., y Escoubes, M. 1998. Polymer Composites 19, 287-300.

-
- Hernández, C.B.I. 2014. Obtención y caracterización fisicoquímica de celulosa a partir del fruto de la especie *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn (kapok). Tesis profesional. Universidad Popular de la Chontalpa. México.
- Hernández, O.M. 2008. Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña *Ananas comosus* (L.) Merr. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Isogai, A., Makoto, U., Kato, T., Uryu, T. y Atalla, R. 1989. Solid-state CO/MAS ¹³C NMR study of cellulose polymorphs. *Macromolecules* 22, 3168–3172.
- León-Martínez, T.S., Dopico-Ramírez, D., Triana-Hernández, O., y Medina-Estévez, M. 2013. Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* 47,13-22.
- Molina, M. y Monreal, S. 2004. Papel de madera. Una reflexión sobre la productividad y uso del papel en México. Consultado el 5 de Julio de 2014 en: <http://www.mexicoforestal.gob.mx/nota.php?id=16>
- Morán, J.I., Vera, A., Cyras, V.P. y Vázquez, A. 2008. Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers. *Cellulose* 15:149–159.
- Popescu, C.M; Popescu, M.C; Vasile, C. 2010. *Carbohydrate Polymers journal* 79,362-372.
- Salgado-García, S., Aranda-Ibañez, E., Castelán-Estrada, M., Ortiz-Laurel, H., Palma-López, D.J., Córdova-Sánchez, S. 2014. *Revista AGROproductividad* 7,5-10.
- Sanjuán-Dueñas, R. 1997. Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel. Agata editores. México.
- 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 Journal* 29:786–794.
- Szczerbowski, C., Pitarelob, A.P., Zandoná, A.Jr., Ramos, L.P. 2014. Sugarcane biomass for biorefineries: Comparative composition of carbohydrate and non-carbohydrate components of bagasse and straw. *Carbohydrate Polymers* 114:95–101.
- Tomás, P.M.E. 2009. Bioetanol de paja de trigo: estrategias de integración de las etapas de proceso. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Visakh, P.M. y Thomas, S. 2010. Preparation of bionanomaterials and their polymer nanocomposites from waste and biomass. *Waste Biomass Valor* 1:121–134.

ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD Y OPORTUNIDADES DE AGRONEGOCIOS EN EL MUNICIPIO DE TAHDZIU, YUCATAN, MEXICO

ANALYSIS OF THE COMPETITIVENESS OF AGRIBUSINESS AND OPPORTUNITIES IN THE MUNICIPALITY OF TAHDZÍU , YUCATAN , MEXICO

Góngora GSF*, Rodríguez HR; Ramírez JG; Cadena IP;
Jácome MS; Zambada MA
INIFAP
e-mail: gongora.sergio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el municipio de Tahdziu, Yucatán, México, con el objeto de estimar la situación actual de la producción de pequeños productores y detectar oportunidades de agronegocios que les permita ser competitivos, mediante su incorporación a la economía de mercado, identificando e implementando agronegocios que propicien el uso eficiente de sus escasos recursos y potencialidades. Para ello se realizaron recorridos en la comunidad con productores, técnicos y autoridades, para conocer las principales actividades económicas que se realizan, destacando la milpa de tumba-roza y quema, producción diversificada y de chile habanero en módulos de riego y apicultura. Asimismo se aplicó una encuesta a 40 productores para definir recursos disponibles (tierra, mano de obra e infraestructura), costos e ingresos y definir un indicador de la competitividad de unidades de producción, siguiendo la metodología de análisis de ingreso. Catorce productores resultaron competitivos, por su acceso al mercado, eficiencia en uso de insumos y productividad de su mano de obra. Del resto de productores no competitivos se identificaron oportunidades de agronegocios, que pudiera impulsar su competitividad, con tecnologías de bajo costo y reducido impacto al medio ambiente. Entre esas oportunidades se encuentra la producción de chile habanero, el cultivo de estevia y la producción apícola.

Palabras clave: costos, ingresos, ganancia, mercado

INTRODUCCIÓN

La situación de pequeños productores en el sector rural de México desde punto de vista productivo y económico, es marginal y de pobreza extrema. Una persona se considera que vive en la pobreza cuando no tiene el uso de al menos uno de los derechos para su desarrollo garantizado y sus ingresos son insuficientes para adquirir los bienes y servicios necesarios para satisfacer sus necesidades básicas (Rodríguez *et al.*, 2014).

La pobreza es una característica de la mayor parte de las familias que viven en el medio rural, los campesinos dependen de la producción agropecuaria como una de las principales actividades, sin embargo, la productividad es muy baja por el escaso nivel tecnológico, los pequeños agricultores no son competitivos porque no tienen acceso a nuevas tecnologías, se encuentran poco vinculados al mercado, la superficie de tierra es escasa y no cuentan con capital suficiente; por consiguiente su ingreso monetario es limitado y no les alcanza para cubrir sus necesidades de consumo. El principal reto consiste en propiciar la competitividad de las familias campesinas en esta condición, mediante una mayor vinculación a la economía global. En México uno de los programas tendientes a reducir los niveles de pobreza se denomina Cruzada contra el Hambre, mismo que llega a los municipios con mayores índices de marginación. Este programa es una estrategia de inclusión y bienestar social, que se implementa a partir de un proceso participativo de amplio alcance cuyo propósito es conjuntar esfuerzos y recursos de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como de los sectores público, social y privado y de organismos e instituciones internacionales, para el cumplimiento de los objetivos del Decreto. Esta Cruzada contra el Hambre está orientada a la población objetivo constituida por las personas que viven en condiciones de pobreza multidimensional extrema y que presentan carencia de acceso a la alimentación. Tiene los objetivos siguientes (CONAPO 2005):

- I. Cero hambres a partir de una alimentación y nutrición adecuada de las personas en pobreza multidimensional extrema y carencia de acceso a la alimentación;
- II. Eliminar la desnutrición infantil aguda y mejorar los indicadores de peso y talla de la niñez;
- III. Aumentar la producción de alimentos y el ingreso de los campesinos y pequeños productores agrícolas;

-
- IV. Minimizar las pérdidas post-cosecha y de alimentos durante su almacenamiento, transporte, distribución y comercialización, y
 - V. Promover la participación comunitaria para la erradicación del hambre.

La presente propuesta contribuirá al objetivo III. Aumentar la producción de alimentos y el ingreso de los campesinos y pequeños productores agrícolas, mediante la estimación de su competitividad y su acceso al mercado e identificación de oportunidades de agronegocios, basados en la tecnología, el uso de los recursos humanos y de la situación contextual de la comunidad

MATERIAL Y METODOS

El trabajo se realizó en el municipio de Tahdziú localizado en la región sur del Estado de Yucatán, comprendido entre los paralelos 20° 12' y 20° 15' de latitud norte y los meridianos 88° 51' y 88° 59' de longitud oeste, a una altitud promedio de 32 metros sobre el nivel del mar. La superficie total del municipio ocupa una superficie de 247.7 Km², que representa el 0.60% de la superficie estatal (Diagnostico Tahdziu 2008). Las actividades que se desarrollaron estuvieron encaminadas a Identificar los factores que limitan la competitividad y determinan el portafolio de oportunidades. Se recopiló información por medios indirectos relacionada con la superficie, principales actividades económicas, características del medio físico, disponibilidad de recursos, suelo, agua, flora, fauna, así como población y sus características, principales problemas de las comunidades.

Se realizaron recorridos por la comunidad con el auxilio de las autoridades locales y mediante una guía se realizarán entrevistas informales a actores clave con la finalidad de recabar información sobre actividades económicas, especies, manejo, rendimientos, recursos disponibles. Se realizó una encuesta formal de línea base a 40 productores para describir las actividades económicas de los agricultores, estimando su competitividad e identificando sus limitantes y determinar oportunidades de negocio. La información se procesó y analizó en hojas de Excel, mediante la metodología de análisis de ingresos ya referida. Se calculó la superficie total y en producción por tipo de cultivo, el inventario de especies pecuarias, capital de la unidad de producción, disponibilidad y uso de mano de obra familiar y asalariada, así como, las operaciones corrientes realizadas en el ciclo de producción 2013, incluyendo el autoconsumo, ventas y costos de operación. En la sistematización

de la información se eliminaron 4 entrevistas la poca confiabilidad de los datos. Se realizó un taller de planeación estratégica donde se generaron Indicadores de valoración y discriminación. El objetivo de esta actividad fue conformar el portafolio de posibilidades de negocios para la comunidad. Mediante la metodología de Sheaffer-Kenhert (1981) y Rodríguez *et al.*, (2013), se codificó la información y se estructuraron matrices de datos en Excel y se calculó el Valor Agregado Neto y la Relación de Competitividad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los recorridos técnicos se relacionan a continuación:

Lugar: Sociedad de Producción “San Juan”

La sociedad de producción “San Juan, es una unidad de riego, que se encuentra ubicada en la parte noreste de la comunidad. Posee tanto planadas de suelo susceptibles de mecanizar como también lomeríos pedregosos poco aptos para la agricultura. En esta unidad se tiene establecido un sistema de producción de policultivo, teniendo como cultivos principales el limón y el cocotero, en sus 3 primeros años de establecidos se produjo sandía, maíz y frijol y papaya. Actualmente el coco y el limón están en sus primeros años de producción, sin embargo, han enfrentado problemas de accesibilidad a los mercados.

Tienen también establecido una superficie de aproximadamente 2500m² de Estevia un cultivo, de reciente introducción en el estado y de potencial de mercado. Actualmente este cultivo presenta problemas de manejo deficiente por lo que su cobertura es de aproximadamente el 50 %

A esta unidad de riego, recientemente el gobierno del estado de Yucatán, México, a través de la Secretaria de Desarrollo Rural, les otorgó un apoyo para establecimiento de pastos para pastoreo, pasto de corte ambos para la crianza de ovinos y un área de reforestación. Para la realización del proyecto se destinaron 6 hectáreas

- Pasto de corte.
- Reforestación.
- Praderas.

El sistema de riego será con paneles solares con una localización hacia el Norte. Contará con 9 paneles solares, inversor, estanque elevado, pozo de agua al nivel del manto freático y una motobomba, y presentará un sistema de riego por goteo.

Lugar: Unidad de Producción “San Demetrio”, producción familiar de chile habanero.

Esta unidad de producción es una empresa familiar donde se cultiva chile habanero en una superficie de 1.5 ha. Este cultivo tiene una demanda de mercado relativamente estable. El productor recibe apoyo tanto del gobierno del estado como de empresas de agroquímicos para promocionar sus productos, el cultivo se encuentra en buen estado. Está en fase de precosecha y de acuerdo al productor la producción estimada es de 4 toneladas por ha, el precio del mercado se ubica entre \$10 y \$15 el kg.

Durante este recorrido se visitaron milpas donde se producen maíz asociado con frijol y calabaza. Este sistema de producción es muy difundido en la comunidad aproximadamente el 60 % de los productores practica el sistema, complementada con la producción de miel

Asimismo se visitó a un grupo de productores que se está capacitando en la producción de plantines de Estevia, cultivo cuya planta tiene buena aceptación.

En cuanto al análisis de ingreso se encontró que la superficie promedio de las Unidades de Producción (UP), fue de 3.4 ha, las cuales son cultivadas en su totalidad con maíz solo o asociado con frijol, ib y calabaza. Existen también productores que siembran chile habanero, estevia y un módulo de producción de policultivo donde destaca el limón persa, coco, estevia y chile habanero. El 50 % de los productores poseen animales de los cuales los más comunes son las aves en traspatio. El 22 % de las UP poseen colmenas donde producen miel y cera.

El 100 % de las UP utilizan mano de obra familiar en un promedio 12.4 meses/hombre/año. El 30 % de las Up contratan trabajadores asalariados con un promedio de 0.4 meses/hombre/año. El activo neto promedio de las Up es de \$70,913 e incluye tierra, equipo, ganado y deudas por cobrar.

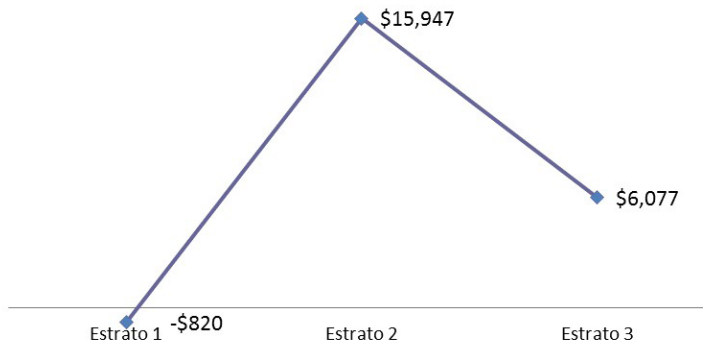
En el Cuadro 1 se presentan el resultado del análisis de competitividad de las UP encuestadas, se observa que 14 de las 36 UP resultaron ser competitivas.

Cuadro 1

Situación actual del nivel de competitividad de las UP del municipio de Tahdziú, Yucatán

Competitividad	UP (No)	Coef. promedio de competitividad
Negativas (E1)	2	-3.6
Entre 0 y 1 (E2)	14	0.64
• 1 (E3)	20	2.31

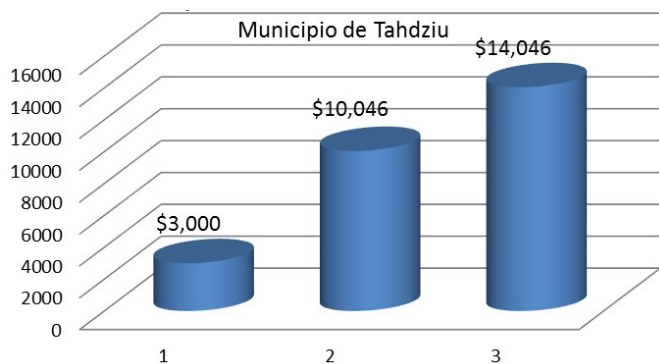
Para la obtención de estos niveles tal y como indica la metodología descrita anteriormente, se calculó el costo de los factores internos y el valor agregado derivado de las operaciones corrientes de las UP. El valor agregado, resultado de la diferencia entre la suma del promedio de las ventas y el autoconsumo de las UP y los costos de operación sin salarios y la depreciación de equipo, se observa en la gráfica 1. Ese alcanza \$15,947 en las UP que son competitivas. Destacan en este sentido los altos niveles de autoconsumo y las ventas de productos con demanda de mercado como es la miel, chile habanero y ganado mayor. Lo anterior coincide por lo encontrado por Góngora *et al.*, (2012), en un estudio similar realizado en el mismo municipio de Tahdziú y por Rodríguez *et al.*, (2013) en dos comunidades de la Sierra de Oaxaca, México.



Gráfica 1. Valor agregado neto por estrato en unidades de producción del municipio de Tahdziú.

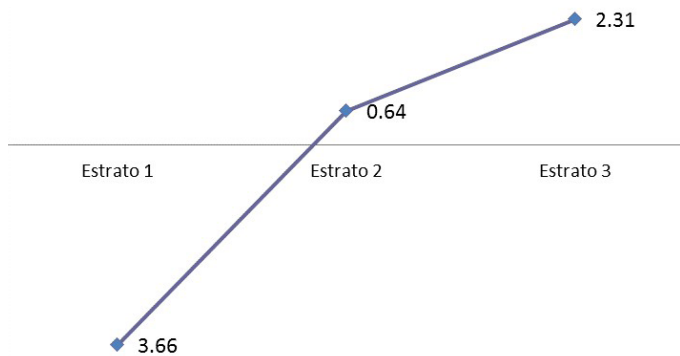
Los factores internos se reducen básicamente a uso de mano de obra, tanto familiar como asalariada. En la Gráfica 2 se presenta los valores obtenidos para esta variable, siendo para LAS UP competitivas de \$10,046, lo que indica un exceso de

mano de obra en las UP con indicadores de competitividad negativos y > 1 , ya que la productividad de esa mano de obra utilizada, no se refleja en su producción. Otro de los factores que inciden es el tipo de agricultura que es de temporal lo que no garantiza la producción, repercutiendo en pérdidas completas en producción de maíz, frijol y otros productos de autoconsumo



Gráfica 2. Costo de la mano de obra familiar y asalariada por estrato en unidades de producción del municipio de Tahdziu.

El índice de competitividad de las UP, se presenta en la gráfica 3, ahí se indica que para las UP que tienen tendencia a ser competitivas, la relación entre la utilización de insumos comerciales (herbicidas, insecticidas, semillas, etc.) y el uso de mano de obra familiar y asalariada es eficiente, lo que se refleja en un mayor valor agregado.



Gráfica 3. Relación de competitividad en unidades de producción del municipio de Tahdziu.

Oportunidades de negocios en el municipio de Tahdziú, Yucatán, México

Como resultado del proceso de diagnóstico en sus diversos componentes como la recopilación de información indirecta, recopilación de información en campo a través de una encuesta, recorridos técnicos de campo y los talleres de planeación estratégica con los actores locales, se obtuvo este portafolio de oportunidades de negocios para el municipio de Tahdziú, Yucatán. El portafolio consiste en una descripción general de las alternativas con potencial de negocio en condiciones de marginación en que se encuentra la comunidad, tiene la finalidad de dar a conocer a los actores que convergen en la comunidad las diversas opciones que tienen con base a los recursos naturales y humanos disponibles, a las condiciones climáticas y socioeconómicas particulares y a la existencia de un respaldo tecnológico. Una vez descritas las alternativas tecnológicas se procede a su priorización tomando en cuenta criterios cualitativos específicos que en su conjunto definen escalas de prioridades. Las alternativas mejor calificadas pueden pasar a la etapa de formulación del plan de negocio.

Producción de chile habanero (*Capsicum chinense*)

Es el chile habanero en lo particular es una de las variedades con mayor intensidad de sabor picante todo el género. Los ejemplares inmaduros de esta variedad son de color verde, pero su color varía en la madurez. Los colores más comunes son anaranjados (semimaduros) y rojos (maduros), pero también existen en colores blancos, marrones, amarillos y rosados. Dada la demanda mundial de este cultivo, la Península de Yucatán recibió en el 2008 la denominación de origen, lo que lo hace una buena oportunidad de negocio, dadas la oportunidad que tienen que se refleja en lo siguiente:

- se puede producir a cielo abierto y en invernadero
- mercado nacional e internacional creciente, principalmente Asia y EE UU
- condiciones climáticas favorables para producir con precios de garantía para cualquier época
- cuenta con un sistema producto reconocido y con gran actividad
- existe tecnología para producir tanto en cielo abierto como en condiciones protegidas que permiten altos rendimientos y calidad del producto como producción de plantas, manejo agronómico, variedades control de plagas y enfermedades.

Producción de estevia

La estevia (*stevia rebaudiana bertonii*), es una planta originaria de Paraguay. Es un cultivo que está atrayendo la atención de amplios sectores como un edulcorante natural que sustituye a los artificiales, debido a que los glucósidos que se extraen de sus hojas secas son de 200 a 300 veces más dulce que la sacarosa. Esta planta constituye una alternativa natural para incursionar en un negocio rentable. Las condiciones que favorecen sus cultivos son.

- existe marcado interés por agroempresas en su cultivo
- hay interés en programas de gobierno para proporcionar apoyo a su producción
- existe tecnología en proceso de validación que considera los aspectos de manejo agronómico y combate de plagas y enfermedades
- en el municipio de Tahdziú, se está realizando una reconversión productiva lo que implica establecer unidades de riego.
- existe un mercado en expansión con precios atractivos para la hoja seca y producción de plantines
- hay interés de comercializadores para hacer convenios de producción

Producción agrícola diversificada

En el municipio de Tahdziú, como comunidad que está siendo apoyada con la cruzada contra el hambre, se están abriendo unidades de riego para impulsar la producción agrícola, una alternativa para aprovechar estas unidades de producción es implementando una estrategia de producción diversificada con cultivos con demanda en el mercado y entre ellos está la producción de limón persa intercalado con cocotero como cultivos perenes y en los 3 primeros años de establecido, sembrar cultivos anuales y bianuales como sandía, maíz y papaya. Esta estrategia cuenta con las siguientes ventajas

- hacer un uso intensivo del suelo
- producir a lo largo del año diferentes cultivo
- permite generar ingresos desde el primer año de establecida la plantación
- el productor cuenta con tecnología para producir cultivos anuales y existe tecnología para producción de cultivos perenes como limón y cocotero
- hay disponibilidad de la gente para trabajar las unidades de riego

Producción apícola diversificada

El estado de Yucatán es el primer productor de miel de México. Esta es una actividad de gran arraigo en el municipio de Tahdziú pero solo se produce miel en forma tradicional y no se aprovechan otros productos de la colmena que tienen demanda de mercado como es la cera estampada y paquetes de abejas. Hacer un aprovechamiento integral de los productos de la colmena es una buena alternativa de negocios que posee ventajas para el productor apícola como son.

- hay un mercado de miel con demanda internacional
- existe la tecnología para incorporar en la producción de miel, cera estampada, y paquetes de abeja, estos últimos con gran demanda local
- hay disposición de los productores ya que es una actividad con tradición
- hay apoyos de comercializadores para garantizar precios atractivos
- las condiciones climáticas son adecuadas para la producción apícola
- se cuenta con gran número de apiarios y dos centros de acopio en el municipio

Alternativa de negocio	Criterio 1	Criterio2	Criterio3	Criterio4	Criterio5	Resultado
Chile habanero	4	4	4	4	3	19
Estevia	4	5	4	4	5	22
Producción diversificada	4	3	4	4	4	19
Producción apícola	4	5	4	3	4	20

Criterio 1: condiciones climáticas y edáficas ;Criterio 2: mercado ;Criterio 3: tecnología disponible

Criterio 4: infraestructura disponible; Criterio 5: motivación de los actores

Escala: 5=excelente, 4=bueno, 3: regular, 2: malo, 1: muy malo

CONCLUSIONES

- Los resultados de la encuesta indican que 14 de 36 UP son competitivas. Dentro de los principales factores que inciden en la no competitividad de las unidades de producción, destaca la baja productividad de la mano de obra que no se refleja en la producción y por otro lado la agricultura de temporal que no garantiza ciclos de producción estables.

-
- En el portafolios de oportunidades se detectaron al menos 4 posibilidades de agronegocios, de las cuales la que resulto con una prioridad mayor para convertirse en plan de negocios fue la producción de estevia, seguida por la producción de miel y subproductos de la colmena (apicultura)

LITERATURA CITADA

- CONAPO (2005) Índices de marginación. Consejo Nacional de Población. Mexico D.F.
- Diagnostico Tahdziú 2008. Diagnostico Municipal de Desarrollo Rural Sustentable. (2008). Consejo Municipal de Desarrollo Rural sustentable de Thadziu. Thadziu, Yucatán, Octubre 2008.
- Góngora G., S.; Rodríguez H., R.; Jácome M.; S.; Salinas C., E.; Berdugo R., J. (2012) Análisis de la incorporación de innovaciones tecnológicas tendientes a mejorar la competitividad de unidades de producción campesina en el estado de Yucatán: Caso Tahdziú. Memoria del IV Congreso Internacional Perspectivas del Desarrollo Rural Regional. Agosto del 2012 Villahermosa, Tabasco.
- Rodríguez-H.R, Cadena-Iñiguez Góngora-González S, Jácome-Maldonado S, Zambada-Martínez A, Ayala-Sánchez A, Rendón R. (2014) Linking the market to competitiveness, the role of innovation in rural agriculture in Oaxaca, Mexico. *Global Journal of Agricultural Economics, Extension and Rural.* 2:145-151.
- Rodríguez H.R., P. Cadena I., M. Morales G., S. Jácome M., S. Góngora G., E. Bravo M., J. R. Contreras H. (2013) Competitividad de las unidades de producción rural en Santo Domingo Teojomulco y San Jacinto Tlascotepec, Sierra Sur, Oaxaca, México. *Revista Agricultura Sociedad y Desarrollo* 10:11-126.
- Scheafer-Kehnert, W. (1981) Metodología de análisis de las inversiones en explotaciones agrícolas. Nota del curso 030/031. Instituto de Desarrollo Económico, Banco Mundial. 40

EL ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS Y SU APLICACIÓN EN LA CLASIFICACIÓN DE AGRICULTORES SEGÚN USO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

CLUSTER ANALYSIS AND ITS APPLICATION IN THE CLASSIFICATION OF FARMERS BY USE OF AGRICULTURAL MACHINERY

Uzcanga PNG¹, Cano GA² y Ramírez SJ²

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá, INIFAP. Km. 25 Antigua Carretera Mérida-Motul, Mocochoá Yucatán. C.P. 97454. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Cooperación para el Desarrollo de los Trópicos (CECODET). Calle 6 No. 398 x13, Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130 Mérida Yucatán México.

Autor para correspondencia: uzcanga.nelda@inifap.gob.mx*

RESUMEN

El trabajo se realizó con información del proyecto de estimación del rendimiento de maíz en diez municipios del estado de Campeche durante el ciclo primavera verano 2014, tomando como casos de análisis 597 agricultores que siembran en suelos con aptitud mecanizable. El objetivo del trabajo fue clasificar a los agricultores en grupos de acuerdo al uso de maquinaria agrícola (desvaradora, barbechadora, rastra agrícola, rastra semipesada, sembradora, fumigación con tractor y cosechadora). Se utilizó el análisis de conglomerados con el método jerárquico de vinculación inter-grupos y distancia euclidiana al cuadrado. Se clasificaron dos grupos con una distancia promedio de 5 entre grupos. El grupo A se conformó por 124 agricultores que utilizan rastra agrícola para la preparación del terreno que en promedio es de 16.4 ha. También utilizan maquinaria para la siembra de materiales híbridos preferentemente en densidades de 49,490 plantas de maíz por hectárea y el control de plagas y enfermedades lo realizan con tractor. Estos agricultores alcanzan rendimientos de 4.6 ton ha⁻¹. El grupo B se integró por 35 agricultores que utilizan maquinaria como desvaradora y rastra semi-pesada, para la preparación del terreno que en promedio es de una extensión de 10.0 hectáreas con una preferencia

marcada por los híbridos y densidad de siembra de 46,584 plantas de maíz con rendimiento promedio de 4.5 ton ha⁻¹.

Palabras clave: maíz, conglomerado jerárquico, clasificación

INTRODUCCIÓN

El análisis de conglomerados es una técnica del grupo estructural, también llamadas independientes, el cual tiene por objeto resumir información. Este análisis se aplica para la segmentación y formación de grupos o conglomerados de individuos o de objetos similares.

El término de análisis de conglomerados fue utilizado por primera vez por Tryron en 1993 (De la Garza *et al.*, 2013). A esta técnica también se le conoce como análisis de agrupamiento, análisis de segmentación de datos o Clúster analysis.

Este análisis establece grupos basándose en la similitud que presenta un conjunto de entidades respecto a una serie de características que el investigador especifica previamente. El análisis extrae los grupos de sujetos y sus características definitorias: número de segmentos, número de integrantes de cada segmento etc.

También, es una de las técnicas ampliamente utilizada en diversas áreas del conocimiento como la medicina, mercadotecnia, economía, biología, agronomía etc., que ha facilitado el análisis de una población a través de la formación de grupos. Como ejemplo están los trabajos de agrupamiento según adopción de tecnología y fenotipos (Sánchez *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2004).

Debido a que la clasificación es uno de los procesos de la ciencia y al hecho, que los fenómenos hay que clasificarlos para poderlos entender, el objetivo principal de este trabajo es justamente clasificar a los agricultores de maíz en grupos de acuerdo al uso de maquinaria agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en diez municipios del estado de Campeche durante el ciclo primavera verano 2014. El marco de muestreo se construyó con información de años anteriores del proyecto “*Estimación de la producción de maíz grano en diez municipios del estado de Campeche durante los ciclos primavera verano del 2010 al 2013*”. Se tomo como referencia para el cálculo del tamaño de muestra la variable

rendimiento con una distribución de Neyman (Taro, 1967), es decir, directamente proporcional al tamaño y a la variabilidad del estrato, medida esta última en desviación estándar (Cuadro 1).

Cuadro 1
Número de estratos y elementos de la población

Estratos (Ki)	Población (Ni)
K ₁ =espeque*	184
K ₂ =mecanizado**	735
Total	919

*Parcelas de maíz en suelos pedregosos

**Parcelas de maíz en suelos mecanizables

El tamaño de muestra fue de 649 agricultores con mediciones de rendimiento e igual número de cuestionarios. Debido a que las variables de agrupamiento fueron las referentes al uso de maquinaria agrícola (desvaradora, barbechadora, rastra agrícola, rastra semi-pesada, sembradora, fumigación con tractor y cosechadora), no se consideraron para el análisis de conglomerados a los agricultores que siembra en suelos pedregosos, debido a no utilizan maquinaria. De tal manera que se conto con 597 agricultores cuyas parcelas se ubican en suelos con aptitud mecanizable.

Los datos fueron dicotómicas de tipo dummy y por su naturaleza se utilizó el método jerárquico de vinculación inter-grupos, el cual utiliza el mismo criterio tanto para la disimilaridad como similaridad cuya ecuación esta representada por la ecuación 1:

$$D_{[U,V],W} = \frac{\sum_{i,k} d_{i,k}}{N_{(U,V)} N_{(W)}} \quad Y \quad S_{[U,V],W} = \frac{\sum_{i,k} s_{i,k}}{N_{(U,V)} N_{(W)}}$$

Donde:

$d_{i,k}$ =distancia entre el elemento i en el grupo (U, V) y el objeto k en el grupo (W).

$N_{(U,V)}$ = número de elementos en el segmento (U, V).

$N_{(W)}$ =número de objetos en el segmento (W).

La medida de proximidad fue binaria con distancia euclidiana al cuadrado (Pérez, 2009) representada por la ecuación 2.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^r (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

El análisis de conglomerados y descriptivo fue realizado con el paquete estadístico Predictive Analytical Software and Solut (PASS) versión 21.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de conglomerados de uso de maquinaria agrícola permitió identificar dos grupos de agricultores a una distancia promedio de 5 entre todas las combinaciones posibles de parejas de variables (Figura 1).

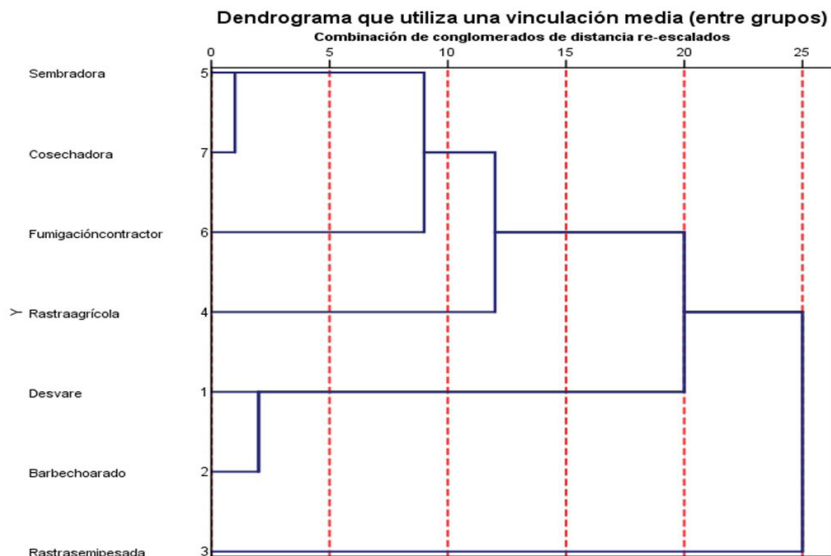


Figura 1. Dendrograma para los agricultores de maíz de acuerdo al uso de maquinaria agrícola

El grupo A se conformó por 124 agricultores que utilizan rastra agrícola para la preparación del terreno, Sembradora y Fumigan con tractor. El grupo B se integró por 35 agricultores que utilizan maquinaria para la preparación del terreno como desvaradora y rastra semi-pesada (Cuadro 1).

Cuadro 1

Maquinaria agrícola utilizada por grupo de agricultores

Tipo de maquinaria	Grupo A (n=124)		Grupo B (n=35)	
	Si (%)	No (%)	Si (%)	No (%)
Desvaradora**	12.9	87.1	100.0	0.0
Barbereco o arado	22.6	77.4	34.3	65.7
Rastra semi-pesada**	54.0	46.0	100.0	0.0
Rastra agrícola*	100.0	0.0	57.1	42.9
Sembradora	100.0	0.0	82.9	17.1
Fumigación con tractor*	100.0	0.0	48.6	51.4
Cosechadora	93.5	6.5	71.4	28.6

*variables de agrupamiento del grupo A/**variables de agrupamiento del grupo B

Para las variables métricas se realizó la prueba T para una muestra con una confianza del 95 % y nivel de significancia $\alpha=0.05$. El valor de prueba e hipótesis planteada para ambos grupos fue la media general de los agricultores de suelos mecanizables: superficie (7.5 hectáreas) ($H_0: \mu \leq 7.5$, $H_1: \mu > 7.5$), densidad (37,000 plantas ha^{-1}) ($H_0: \mu \leq 37,000$ $H_1: \mu > 37,000$) y rendimiento (3.7 ton ha^{-1}) ($H_0: \mu \leq 3.7$, $H_1: \mu > 3.7$) (Quezada, 2012).

Para ambos grupos de agricultores (A y B), se encontró que el promedio de la superficie, número de plantas y rendimiento por hectárea se ubicó por encima del valor de prueba debido al nivel de significancia encontrado en las pruebas estadísticas, por lo que la evidencia fue suficiente para aceptar H_1 (Cuadro 2).

Cuadro 2

Superficie, densidad y rendimiento por hectárea por grupo de agricultores

Variables métricas	Grupo A (n=124)	Grupo B (n=35)
Superficie sembrada	16.4	10.0
Número de plantas de maíz	49490.1	46584.6
Rendimiento	4.6	4.5

Por otra parte los agricultores del grupo A, comercializan su producción a través del silo o centro de acopio y como segunda opción el intermediario. Tienen preferencia por semillas híbridas y el 60.5 % de ellos establece el cultivo de maíz durante el mes de julio. Aplican en promedio 170 kg de 18-46-00 junto con la actividad de siembra. El 100 % realiza labores de control de maleza a través de la aplicación de algún agroquímico. Solo el 58.9 % manifestó haber tenido presencia de plaga (gusano cogollero) y también realizaron medidas de control.

Al igual que los agricultores del grupo A, los del grupo B comercializan su producción a través del silo o centro de acopio (57.6 %) y el resto (42.4 %), lo comercializa con el intermediario. También tienen preferencia por los híbridos y el 57.1.0 % de ellos establece el cultivo durante la primera quincena del mes de julio. En promedio aplican 167 kg de 18-46-00, el 80 % lo realiza junto con la siembra y el resto a los 15 días de haber sembrado. El 100 % realiza labores de control de maleza a través de la aplicación de algún agroquímico. Solo el 20.0 % manifestó haber tenido presencia de plaga (gusano cogollero) y también realizaron medidas de control.

CONCLUSIONES

El análisis de conglomerados permitió identificar a dos grupos de productores, los cuales representan el 26.6 % del total de la población analizada. Estos grupos se segmentaron de acuerdo a la similaridad en el uso de maquinaria agrícola, resaltando que ambos obtienen rendimientos, densidades y superficies por encima de la media poblacional. Son productores que siembran durante el período óptimo para el cultivo de maíz (15 de junio al 15 de julio), aplican fertilizante junto con la siembra y realizan control de plagas y enfermedades. El destino de la producción para ambos casos es la comercialización del grano en los silos o centros de acopio del Estado.

LITERATURA CITADA

Sánchez T.B., Zegbe D.J.; Rumayor R. A. 2013. Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las nuevas innovaciones tecnológicas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 6:855-868.

-
- Martínez L. J.; Barrientos L. M. C., Reyes A. A. C.; Hernández D. S., Padilla R. J., Mayek P. N. 2004: Diversidad fenotípica y genética en huertas de guayabo de Clavillo, Aguascalientes. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 3:243-249.
- Pérez L. C. 2009. *Técnicas de análisis de datos con SPSS 15*. Pearson Prentice Hall. Madrid, España. Cap. 16, pp.558-570.
- Quezada L. N. 2012. *Estadística con SPSS 20*. MACRO. Lima, Perú. Cap. 5, pp. 139-145.

Tecnología de Alimentos

DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE NANOEMULSIONES CON CURCUMINA

Ochoa FAA^{1*}, Hernández BJA², Cavazos GA³ y García GHS³.

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias. UJAT, 25 km carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco, México. ²División de Procesos Industriales, UTTab. 15 km carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco, México. ³UNIDA, Instituto Tecnológico de Veracruz, M.A. de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, Veracruz, Veracruz, México.
Autor para correspondencia: angelica.ochoa@ujat.mx.

RESUMEN

La curcumina es un compuesto biológicamente activo, con potente actividad antioxidante, antiinflamatoria y anticarcinogénica. Sin embargo, es pobremente absorbida en el tracto gastrointestinal, por lo que su biodisponibilidad por vía oral es muy baja. Las nanoemulsiones ofrecen el potencial para mejorar la solubilidad y biodisponibilidad de los compuestos bioactivos y, en comparación con los métodos mecánicos tradicionales, el ultrasonido es una herramienta superior para la obtención de nanoemulsiones con un menor y más homogéneo tamaño de glóbulo, así como una mayor estabilidad. El objetivo de este estudio fue obtener una nanoemulsión con curcumina, obtenida por combinación de los métodos de de hidratación en capa delgada emulsificación y ultrasonificación, con la mayor cantidad del principio bioactivo, el menor tamaño de glóbulo, así como con una buena estabilidad. Se evaluó el efecto de la cantidad de curcumina utilizada y la adición de glicerol como co-solvente en la preparación de las nanoemulsiones, sobre el tamaño, distribución de tamaños y carga superficial de glóbulo, concentración y eficiencia de atrapamiento de curcumina de las nanoemulsiones. Empleando 5 % de aceite de cadena media, 10 % de fosfatidilcolina y 42.5 % de glicerol, a una cantidad de curcumina utilizada de 2.5 mg por g de nanoemulsión, se obtuvieron nanoemulsiones con un tamaño de glóbulo de 108 nm y un 100 % de eficiencia de atrapamiento de curcumina, estables por 120 días a 4 °C.

Palabras clave: Curcumina, Nanoemulsiones, Fosfatidilcolina, Glicerol, Ultrasonificación.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, los alimentos son considerados no solo una fuente de nutrientes, sino que contribuyen también a la salud del consumidor. Cada día aumenta el número de consumidores interesados en conocer la composición de los alimentos que ingieren, así como el efecto de la dieta en la salud y prevención de enfermedades. Surge así el concepto de “alimento funcional”, aquel que actúa beneficiosamente sobre una o más funciones del cuerpo, más allá de su aspecto nutricional, mejorando la salud y el bienestar o reduciendo el riesgo de enfermedad (Hasler, 1998).

Los alimentos funcionales se caracterizan por la presencia de compuestos biológicamente activos, sustancias orgánicas presentes en diferentes alimentos de origen vegetal o animal con utilidad para la promoción de la salud y prevención de algunas enfermedades crónicas y degenerativas. Actualmente, son muchos los compuestos biológicamente activos de plantas (fitoquímicos) y animales (zooquímicos) que se están investigando, por sus beneficios potenciales en la prevención y la promoción de la salud, para su incorporación en alimentos y desarrollo de alimentos funcionales novedosos (Hasler, 2000).

Uno de los compuestos biológicamente activos que más interés ha cobrado en la actualidad por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antitumorales, anticarcinogénicas, antiangiogénicas, inmunomodulatorias y por su reconocido potencial terapéutico para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, metabólicas, inmunológicas, inflamatorias y el cáncer es la curcumina (Aggarwal y Sung, 2009); ésta se obtiene de los rizomas de la especie *Curcuma longa*, planta herbácea de la familia de las zingiberáceas, de cultivo ampliamente extendido en India, China y otros países tropicales (Jagetia y Aggarwal, 2007).

Es un pigmento amarillo utilizado por los pueblos asiáticos desde tiempos remotos por sus poderes curativos y colorantes; actualmente es uno de los principales ingredientes que da color, sabor y aroma a su gastronomía. Se introdujo a Europa en el siglo XIII, en donde se le denominó azafrán de la india y en Inglaterra, se le combinó con otras especias y se le llamó polvo de curry (Aggarwal *et al.*, 2007).

La curcumina es prácticamente insoluble en agua a pH neutro o ácido, y a pH básico su solubilidad se incrementa pero se hidroliza rápidamente, cambiando su coloración amarilla a rojo (Suresh *et al.*, 2009). Tonnesen y colaboradores (2002) reportan una solubilidad máxima para curcumina de 11 ng por mL en solución acuosa a pH 5. Su absorción oral se ve muy afectada por su baja solubilidad en condiciones ácidas o neutras y por su pobre estabilidad en los fluidos gastrointestinales;

además, su metabolismo y rápida eliminación son también factores importantes que conducen a su baja biodisponibilidad (Anand *et al.*, 2007).

Hoy en día, la nanotecnología ofrece el potencial para mejorar significativamente la biodisponibilidad de los compuestos biológicamente activos debido a el incremento sustancial de su velocidad de disolución y su solubilidad, como resultado de la reducción en su tamaño de partícula (Acosta *et al.*, 2009); trata con la capacidad de observar, medir, modelar, controlar y manipular la materia en dimensiones de aproximadamente 1 a 1000 nanómetros, donde los fenómenos interfaciales introducen nuevas funcionalidades; comprende nanoestructuras con morfologías diversas, entre éstas, nanopartículas biopoliméricas, nanopartículas lipídicas sólidas, nanomicelas, nanoliposomas, nanodispersiones y nanoemulsiones (Chen *et al.*, 2006).

Las nanoemulsiones son dispersiones finas de aceite en agua de unos 20 hasta 200 nm, estabilizadas con pequeñas cantidades de emulsificantes, particularmente atractivas por su transparencia y relativamente alta estabilidad cinética (Gutiérrez *et al.*, 2008). Pueden vehiculizar ingredientes biológicamente activos pobremente solubles en agua hasta el sitio deseado y tienen la ventaja de que debido a su pequeño tamaño de partícula, el área superficial por unidad de masa se incrementa, permitiendo un mayor transporte, exposición del compuesto bioactivo y un incremento en su actividad biológica (McClements, 2010). Pueden también mejorar su estabilidad, al protegerlos de la degradación química o biológica (Silva *et al.*, 2012). Por todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue preparar, caracterizar y evaluar la estabilidad de nanoemulsiones con curcumina, utilizando fosfatidilcolina como emulsificante.

MATERIALES Y MÉTODOS

La curcumina (C) se adquirió de la compañía LKT Laboratories (St. Paul, MN) y la fosfatidilcolina (PC) de soya (95 %) de la compañía Avanti Polar Lipids (Alabaster, AL). El aceite de cadena media (ACM) fue el aceite comercial Original Thin Oil® de la compañía Sound Nutrition (Dover, Idaho) y el glicerol (GLI) grado alimenticio (99.5 %) de la compañía KIC Chemicals (New Paltz, NY). Todos los reactivos fueron adquiridos de Sigma (St. Louis, MO) y los solventes grados HPLC de Teqsiqum (México, DF). Agua destilada-desionizada (ADD) fue utilizada en todos los experimentos.

Preparación de las nanoemulsiones (NE). Diez formulaciones de nanoemulsiones con curcumina fueron preparadas (ver Tabla 1 para composición e ingredientes) por combinación de los métodos de hidratación en capa delgada emulsificación y ultrasonificación, previamente reportado por Anuchapreeda *et al.* (2012), con ligeras modificaciones. Brevemente, la PC se disolvió en 5 mL de etanol, por agitación durante 5 min; se agregó el ACM y la mezcla se agitó durante 3 min. C fue adicionada a la mezcla, dispersándose mediante agitación vigorosa y ultrasonificación durante 15 min en un baño ultrasónico Aquawave 9376 (Barnstead/Labline). La mezcla se sometió al evaporador rotatorio para eliminar el disolvente y generar una película delgada. La película delgada se hidrató con ADD, o con la mezcla de ADD + GLI, de acuerdo con la formulación; la mezcla se calentó a 45 °C y se agitó durante 15 min, se homogeneizó durante 3 min a 20,000 rpm usando un homogeneizador digital T25 ULTRA-TURRAX (IKA Works, Inc., Wilmington, NC) para producir una emulsión gruesa de aceite en agua, que posteriormente se sometió a ultrasonificación a 20 % de amplitud y 50 % del ciclo de trabajo en un Sonicador Branson Digital S-450D (Emerson Electric Co., St. Louis, MO) durante 12 minutos para obtener la nanoemulsión. Todas las NE fueron preparadas por duplicado.

Cuadro 1

Composición de las nanoemulsiones preparadas por combinación de los métodos de hidratación en capa delgada emulsificación y ultrasonificación

Formulación	Componentes		
	GLI (%, w/w)	ADD (%, w/w)	C (mg/g NE)
F ₁	0	85	0
F ₂	42.5	42.5	0
F ₃	0	85	2.5
F ₄	42.5	42.5	2.5
F ₅	0	85	5.0
F ₆	42.5	42.5	5.0
F ₇	0	85	7.5
F ₈	42.5	42.5	7.5
F ₉	0	85	10.0
F ₁₀	42.5	42.5	10.0

GLI = glicerol; ADD = agua destilada desionizada; C = curcumina. Las formulaciones fueron preparadas con aceite de cadena media (ACM) 5 % w/w y fosfatidilcolina (PC) 10 % w/w.

Caracterización de las NE. Se determinó el tamaño de gota (DS) y la distribución de tamaño de gota, como índice de polidispersidad (PDI), en las NE preparadas, así como la carga superficial de gota, como potencial zeta (ζ), en un dispositivo comercial de dispersión de luz dinámica Zetasizer Nano-ZS90 (Malvern Instruments Inc., a un ángulo fijo de 90° y una temperatura de 25 °C. Para evitar los efectos múltiples de dispersión, las muestras se diluyeron con ADD utilizando un factor de dilución de 1:200 para las determinaciones de DS y PDI. Para la determinación de ζ , las muestras se diluyeron con ADD a un factor de dilución de 1:100.

Concentración de curcumina (CC) y eficiencia de atrapamiento (EE) de las NE. La CC en las NE se determinó por HPLC de acuerdo con el método descrito previamente por Shaikh *et al.* (2009). Se generó una curva estándar a partir de concentraciones conocidas de C en etanol. Después de centrifugación, 5 μ L de la nanoemulsión se vertió en un tubo de ensaye (13X100), se añadieron 5 mL de etanol y después de su mezcla en un agitador orbital, 10 μ l fueron inyectados en un sistema de HPLC Waters equipado con una Bomba binaria Waters 1525, Automuestreador Waters 717plus, Detector UV-Visible Waters 2487 y una columna Waters Econosphere C18 5 μ m (250 X 4.6 mm). La fase móvil consistió de acetonitrilo, ácido acético (2.8 %) y metanol, a una velocidad de flujo de 1 ml/min. C fue detectada a 428 nm; su tiempo de retención fue de 4.6 minutos. La EE de curcumina en las NE se calculó con la siguiente ecuación:

$$\%EE = \frac{MAC}{TAC} \times 100$$

Donde:

$\% EE$ es la eficiencia de atrapamiento de curcumina en la NE, MAC es la cantidad de curcumina en la NE y TAC es la cantidad total de curcumina utilizada en la preparación de la NE.

Estabilidad de las NE. Las NE fueron almacenadas a una temperatura de 4 °C durante seis meses. Durante este periodo, cada 30 días se les determinó DS, PDI, ζ , CC y EE.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se evaluó el efecto de la cantidad de C utilizada (0, 2.5, 5, 7.5 y 10 mg por g de NE) y la adición de GLI como co-

solvente (0 y 42.5 %) en la preparación de las NE, sobre el DS, PDI, ζ , la CC y la EE de C en las NE (%), utilizando un diseño bifactorial 5 X 2. El análisis estadístico de los resultados obtenidos se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de Tukey, utilizando el paquete estadístico STATISTICA V. 6.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK); un valor de $p < 0.05$ fue considerado significativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la adición de GLI en las NE

Con la finalidad de evaluar el efecto de la cantidad de C utilizada y la adición de GLI como co-solvente sobre el DS, PDI, ζ , la CC y la EE de C de las NE preparadas por combinación de los métodos de hidratación en capa delgada emulsificación y ultrasonificación; se prepararon la serie de NE de acuerdo con el diseño experimental propuesto. El análisis de varianza de los resultados obtenidos indicó, para el factor de adición de GLI como co-solvente, efectos significativos sobre todas las variables de respuesta evaluadas. La adición de GLI a la fase acuosa de las NE resultó en todos los casos en cambios en el DS. Pero, mientras que para las NE preparadas con GLI, con las menores cantidades de C utilizada (0 a 5 mg por g de NE), los DS fueron inferiores que los obtenidos para las mismas formulaciones preparadas sin GLI; los DS para las NE preparadas con GLI, con mayores cantidades de C utilizada (0 a 5 mg por g de NE), resultaron ser más grandes (Figura 1a). Una posible explicación a la reducción en el DS por la adición de GLI a las menores cantidades de C utilizada es que el GLI disminuye la tensión superficial en la fase continua de la emulsión. La PC se mueve libremente y es capaz de adsorberse alrededor de las gotitas de ACM, lo que resulta en un aumento en la relación superficie-volumen (Zhou *et al.* 2010). Por otro lado, el aumento en la cantidad de C utilizada resultó en un aumento de la viscosidad de la fase acuosa continua. Esta mayor viscosidad generó dificultades en el movimiento de PC, una difusión más lenta y su menor adsorción a las gotitas de aceite durante el procedimiento de preparación. De acuerdo con McClements (2012) cambios en la viscosidad de la fase continua pueden influir en tamaño de las gotas a través de una serie de diferentes mecanismos: (a) una mayor fragmentación de las gotas debido al aumento en las tensiones tangenciales perturbadoras, (b) disminución de la re-coalescencia de las gotas debido a la disminución de la frecuencia de colisiones entre éstas o, (c) el aumento de la re-coalescencia de

las gotitas debido a una reducción en la tasa de adsorción de emulsionante. Sin embargo, la importancia de estos factores es altamente dependiente del sistema, equipo utilizado y condiciones de operación (Hakansson *et al.* 2009). La adición de GLI a la fase acuosa de las NE presenta un efecto positivo sobre la EE de C. Aunque a la menor cantidad de C utilizada (5 mg por g de NE) la EE es similar para ambas formulaciones (con y sin GLI), pudo observarse que a mayores cantidades de C utilizada (5 y 7.5 mg), la EE se incrementó con la adición de GLI como co-solvente en la preparación de las NE (Figura 1b).

Efecto de la cantidad de C utilizada en las NE

El análisis de varianza de los resultados obtenidos indicó también para el factor de C utilizada como co-solvente en la preparación de las NE, efectos significativos sobre todas las variables de respuesta evaluadas. La cantidad de C utilizada en la preparación de las NE tiene un claro impacto en el DS; es así que a medida que la cantidad de C utilizada se incrementa desde 0 hasta 10 mg por g de NE, el DS de las NE pasó desde 77 hasta 243 nm, respectivamente (Figura 1a). El PDI también se incrementó (desde 0.12 hasta 0.59), con el incremento en la cantidad de C utilizada en la preparación de las NE; no obstante, a la menor cantidad del principio bioactivo utilizada (2.5 mg por g de NE), el PDI no mostró cambios significativos en relación con la NE preparada sin C. Por su parte, la carga superficial o ζ de las NE, mostró una disminución significativa a medida que se incrementó la concentración del principio activo en su preparación. Al estudiar el efecto de la cantidad de C utilizada en la preparación de las NE sobre la EE, se observó que, al centrifugar las NE para separar la C no emulsionada, después del tratamiento de ultrasonificación, cúmulos de C precipitada se pudieron observar cuando se añadieron más de 2.5 mg de C por g de NE. Se encontró que la EE disminuyó notablemente con el incremento en la cantidad de C utilizada (Figura 1b); resultados que son consistentes con los reportados por Anuchapreeda *et al.* (2012). Estos resultados indican que para la formulación con 5 % de ACM, 10 % de PC y 42.5 % de GLI, su capacidad máxima de incorporación de C fue de 2.5 mg por g de NE. En comparación con la cantidad máxima de C incorporada en una NE reportada por Anuchapreeda *et al.* 2012, nuestra formulación exhibió 3 veces mayor capacidad de incorporación de C. Otros informes indican cantidades de C incorporadas de 0.25 a 2 mg por g de NE (Ahmed *et al.*, 2012;. Chen *et al* 2011; Ganta y Amiji 2009).

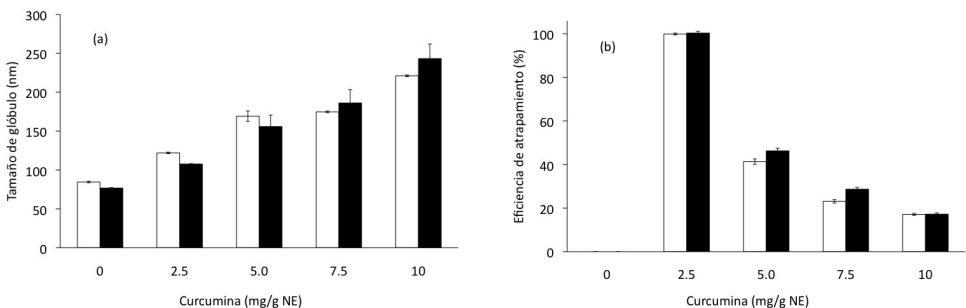


Figura 1. Efecto de la cantidad de curcumina y la adición de glicerol en la preparación de las nanoemulsiones, sobre su tamaño de glóbulo (a) y su eficiencia de atrapamiento (b). Las barras claras corresponden a las formulaciones preparadas sin glicerol y las barras oscuras a las formulaciones preparadas con glicerol.

Estabilidad de las NE

Los cambios en el DS, PDI, ζ , CC y EE de C de las NE preparadas con 25 mg de C por g de NE, 10 % de PC y 42.5 % de GLI, preparadas por la combinación los métodos de hidratación en capa delgada emulsificación y ultrasonificación, se evaluaron durante su almacenamiento a 4 ° C. Los resultados muestran que el DS de las NE se incrementó de 108 a 169 nm en 120 días, llegando hasta los 192 nm, a los 180 días de almacenamiento; mientras que, no se observaron cambios significativos en el PDI. En la EE se encontró que durante el almacenamiento, ésta disminuyó de 100 a 95 %, después de 180 días. Esto representa una reducción de sólo el 5 %. Sin embargo, cuando no se utilizó GLI como co-solvente en la preparación de las NE, éstas presentaron un mayor DS durante todo el tiempo de almacenamiento (Figura 2a) y una reducción mayor en su EE de C (30 % en 180 días) que cuando se utilizó GLI como co-solvente en su preparación (Figura 2b). Esto puede ser debido a que, a pesar de que las emulsiones son termodinámicamente inestables, y la presencia de material cristalino o impurezas podría promover la nucleación y su inestabilidad durante el almacenamiento, incluir sustancias co-solventes como el GLI, puede inhibir la nucleación en el sistema y prevenir la nucleación indeseable, el crecimiento de cristales y la precipitación del compuesto biológicamente activo (Warren *et al.*, 2010). El GLI incrementa la micro-viscosidad de la fase continua, hace más lenta la

difusión de las moléculas del soluto a través de la solución, retarda de este modo su agregación en la interfase sólido-líquido y promueve la estabilidad física de las NE.

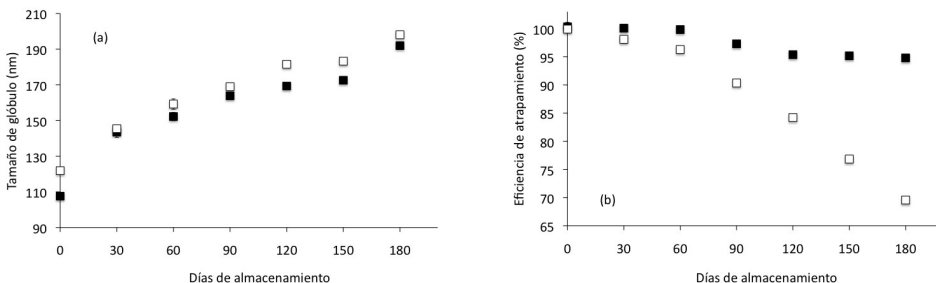


Figura 2. Tamaño de glóbulo (a) y eficiencia de atrapamiento (b) de las nanoemulsiones, durante su almacenamiento. Las barras claras corresponden a la formulación preparada sin glicerol (F₃) y las barras oscuras a la formulación preparada con glicerol (F₄).

CONCLUSIONES

Este estudio mostró que tanto la cantidad de C utilizada, como la adición de GLI en la preparación de las NE, tienen efecto sobre sus características (DS, PDI, ζ , CC y EE); siendo favorecida la EE de C en las NE por la adición de GLI a la fase acuosa. La combinación de los métodos de hidratación en capa delgada emulsificación y ultrasonificación, utilizando 5 % de ACM, 10 % de PC, 42.5 % de GLI y una cantidad de C de 2.5 mg por g de NE, permitieron la obtención de NE con una EE de C del 100 %, estables durante 120 días en almacenamiento a 4 ° C. Cantidades de C mayores a 2.5 mg por g de NE provocaron su saturación.

LITERATURA CITADA

- Acosta E (2009) Bioavailability of nanoparticles in nutrient and nutraceutical delivery. *Curr Opin Colloid In* 14:3-15.
- Aggarwal BB, Sundaram C, Malani N, Ichikawa H (2007) Curcumin: the Indian solid gold. *Adv Exp Med Biol* 595:1-75.

-
- Aggarwal BB, Sung B (2009) Pharmacological basis for the role of curcumin in chronic diseases: an age-old spice with modern targets. *Trends Pharmacol Sci* 30:85-94.
- Ahmed K, Li Y, McClements DJ, Xiao H (2012) Nanoemulsion- and emulsion-based delivery systems for curcumin: Encapsulation and release properties. *Food Chem* 132:799-807.
- Anand P, Kunnumakkara AB, Newman RA, Aggarwal BB (2007) Bioavailability of curcumin: Problems and promises. *Mol Pharmaceut* 4:807-817.
- Anuchapreeda S, Fukumori Y, Okonogi S, Ichikawa H (2012) Preparation of lipid nanoemulsions incorporating curcumin for cancer therapy. *J Nanotechnol* 2012:1-11.
- Chen H, Weiss J, Shahidi F (2006) Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. *Food Technol* 60:30-36.
- Ganta S, Amiji M (2009) Coadministration of paclitaxel and curcumin in nanoemulsion formulations to overcome multidrug resistance in tumor cells. *Mol Pharmaceut* 6:928-939.
- Gutiérrez JM, González C, Maestro I, Solè I, Pey CM, Nolla J (2008). Nanoemulsions: new applications and optimization of their preparation. *Curr Opin Colloid In* 13:245-251.
- Hasler CM (1998) Functional foods: Their role in disease prevention and health promotion. *Food Technol* 52:63-70.
- Hasler CM (2000) The changing face of functional foods. *J Am Coll Nutr* 19:499S-506S.
- Jagetia GC, Aggarwal BB (2007) "Spicing up" of the immune system by curcumin. *J Clin Immunol* 27:19-35.
- McClements DJ (2012) Crystals and crystallization in oil-in-water emulsions: Implications for emulsion-based delivery Systems. *Adv Colloid Interfac* 174:1-30.
- McClements DJ (2010) Emulsion design to improve the delivery of functional lipophilic components. *Annu Rev Food Sci T* 1:241-269.
- Shaikh J, Ankola DD, Beniwal V, Singh D, Ravi Kumar MNV (2009) Nanoparticle encapsulation improves oral bioavailability of curcumin by at least 9-fold when compared to curcumin administered with piperine as absorption enhancer. *Eur J Pharm Sci* 37:223-230.
- Silva HD, Cerqueira MA, Vicente AA (2012) Nanoemulsions for Food Applications: Development and Characterization. *Food Bioprocess Tech* 5:854-867.

-
- Suresh D, Gurudutt KN, Srinivasan K (2009) Degradation of bioactive spice compound: curcumin during domestic cooking. *Eur Food Res Technol* 228:807-812.
- Tonnesen HH, Masson M, Loftsson T (2002) Studies of curcumin and curcuminoids. XXVII. Cyclodextrin complexation: solubility, chemical and photochemical stability. *Int J Pharm* 244:127–135.
- Warren DB, Benameur H, Porter CJH, Pouton CW (2010) Using polymeric precipitation inhibitors to improve the absorption of poorly water-soluble drugs: a mechanistic basis for utility. *J Drug Target* 18:704-31.
- Zhou H, Yue Y, Liu G, Li Y, Zhang J, Gong Q, Yan Z, Duan M (2010) Preparation and characterization of a lecithin nanoemulsion as a topical delivery system. *Nano Res Lett* 5:224-230.

EVALUACIÓN TÉRMICA DEL PROCESO SECADO SOLAR DE GRANO DE CAFÉ

TERMICAL EVALUATION OF SUN DRY PROCESS IN COFFE GRAIN

Quintanar OJ¹ y Roa DR¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Martinito. Km 56.5 carretera federal México– Puebla, Tlahuapan, Puebla, México.
quintanar.juan@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En el proceso de obtención de café pergamino seco a partir de café cereza, el secado es fundamental, ya que se debe disminuir el contenido de humedad del café lavado (48 a 56% en base húmeda) a un rango que oscile entre el 10% y 12% de humedad, niveles de humedad apropiado para inhibir la formación de hongos y evitar que el grano sufra daños en su aspecto físico y composición química. Para la evaluación se utilizó un secador solar tipo invernadero con colector integrado formando parte de la estructura, circulación de aire forzada. El grano fue puesto en tres niveles de camas dentro del secador en proporción de 19.5 kg/m². En 5 días, se obtuvo un porcentaje de humedad del café pergamino de 11%. La eficiencia térmica del secador solar fue de 14%. Los resultados demuestran que el secador es apto para obtener café pergamino seco a nivel de pequeños productores.

Palabras clave: Eficiencia secado, Curva secado, Secador tipo invernadero.

INTRODUCCIÓN

Al proceso industrial para la transformación del café cereza a pergamino, se le denomina como beneficio y comprende las siguientes etapas: clasificación, lavado, despulpado, remoción de mucílago y secado. De estas etapas, el secado es fundamental, ya que tiene como finalidad disminuir el contenido de humedad del

café lavado (varia de 48 a 56% en base húmeda) a un rango que oscile entre el 10% y 12% de humedad.

El proceso de secado parece muy simple, debido a que solo se necesitaría de elevarse la temperatura del aire para ver aumentado y disminuida su presión, creando un aire seco que absorba humedad de los productos, que entren en contacto con él. Además, el aire caliente al entrar en contacto con el producto, le trasmite calor, con lo que aumentará la presión de vaporización del agua que contiene el producto, estableciéndose una gran diferencia de presiones que aceleren el proceso de secado. Sin embargo, el mecanismo de secado de café es más complicado que el de cualquier otro grano, en éste puede ocurrir volatilización de componentes aromáticos, si se emplean altas temperaturas y al mismo tiempo, el efecto negativo que las condiciones de operación pueden causar en el aspecto físico y particularmente en la bebida.

El proceso tradicional del secado del grano de café en las regiones cafetaleras del país, es al aire libre sobre planillas de concreto (asoleaderos), donde se exponen los granos húmedos directamente a los rayos del sol. Este método tiene serias limitantes, que reducen la calidad del mismo; como lo son las lluvias repentinas, el polvo, la basura y los animales; también se debe guardar o cubrir el café por las noches para evitar que vuelva a absorber la humedad ambiental y la imposibilidad de secar alto volumen de café.

Una de las alternativas de solución, para mejorar el aprovechamiento de la energía solar, es mediante el uso de los secadores solares para secar el grano de café. El funcionamiento de éstos secadores, está basado en el principio invernadero, donde la energía solar es atrapada mediante colectores que elevan la temperatura del fluido (aire), el cual realiza el proceso de secado, al circular a través de capas de aproximadamente de 3 cm de grosor sobre charolas de malla, transportando la humedad evaporada de los granos.

La eficiencia de un sistema de secado habitualmente se expresa a través de diferentes parámetros tales como: eficiencia del secador, eficiencia del captador solar, tasa de extracción de humedad específico, capacidad evaporativa (Montero, 2005).

Eficiencia del secador solar. Se define como la relación entre la cantidad de energía destinada al secado y la cantidad de agua evaporada durante el proceso. La eficiencia térmica total es la relación de la ganancia de calor útil a la energía solar disponible en el interior del secador solar (Almuhanna, 2012). Así, la eficiencia de un secador solar es una medida de la eficacia con que se utiliza la radiación solar

por el sistema para secar el producto y evaluar su rendimiento (Keke *et al*, 2014). Esto es, la energía necesaria para evaporar el agua del grano (KJ h^{-1}) dividido por la entrada de energía al secador, se expresa en % (Parra-Coronado *et al*, 2008, Chavan *et al*, 20011). Valores habituales de este parámetro se encuentran en el rango 10-50 %, dependiendo del modo de funcionamiento y del tipo de secadero y se puede determinar mediante la siguiente ecuación (Montero, 2005, Tiwaria *et al*, 2013, Zakaria, 2013):

$$h_s = \frac{(W_o - W_t) * L_v}{(H_t * A_c) + P_v}$$

Donde:

W_o = Peso del material inicial (Kg),

W_t = Peso del material en el tiempo t (Kg),

L_v = Calor latente de vaporización del agua en el café pergamino (kJ/kg).

H_t = Radiación horaria incidente sobre la superficie inclinada del colector (kJ/m²)

A_c = área del colector (m²)

P_v = Consumo de energía por los ventiladores (kJ)

El objetivo fue evaluar la eficiencia térmica y determinar la curva de secado (pérdida de humedad vs tiempo) del proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de secador bajo estudio es de tipo invernadero, con colectores internos y circulación forzada. Consta de un colector de 15 m² formando parte de la cámara de secado, construido con láminas galvanizadas del calibre más bajo, pintadas de negro "mate" en la parte expuesta al sol, con una orientación hacia el sur y una inclinación igual a la latitud del lugar. La construcción es a base de bastidores de madera y cubierta con polietileno transparente. Además, cuenta con un panel con un ventilador eléctrico con motor de ¼ HP para mover el aire al interior del secador a una velocidad de 1.5 m/seg. Cuenta con ventilas de cierre manual para la extracción del aire humedo.

El grano fue puesto en tres niveles de camas dentro del secador en proporción de 19.5 kg/m².

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proceso tradicional de secado, el tiempo que tarda el grano de café en secarse es de 9-12 días aproximadamente mientras que utilizando un secador solar es de 44 horas de sol acumuladas (5 días en promedio), con un porcentaje de humedad del café pergamino de 11%. Esto hace que el secador solar reduce hasta en un 40-60% el tiempo de secado (Fig. 1).

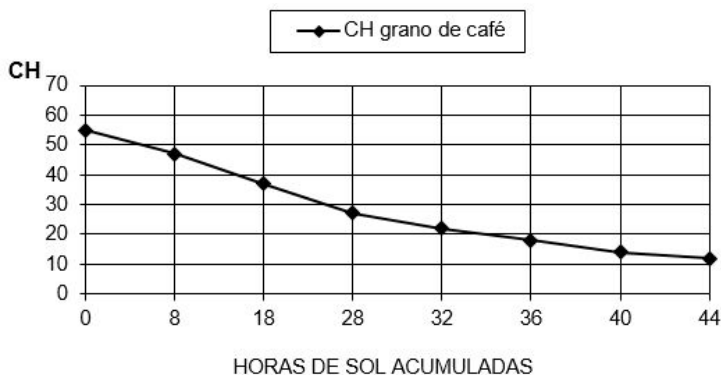


Figura.1. Curva de secado para granos de café, en secador solar.

Al evaluar las condiciones de temperatura al interior del secador y medio ambiente, se ha determinado que al interior del mismo siempre son mayores que las existentes en el medio ambiente (Fig. 2), con una diferencia de 20 °C aproximadamente a las 16 horas, esto permite un secado más acelerado respecto al medio ambiente. La diferencia entre la temperatura interna y del medio ambiente es mayor a lo reportado por Almuhanha (2012), que determinó una diferencia de temperatura de 14.1°C mayor al interior del secador tipo invernadero.

Sin embargo, el perfil de temperatura no es contante durante las horas de un mismo día, y tampoco durante los días que dura el proceso de secado. Esto se debe a que la temperatura del secador depende de la radiación solar, que no es constante. También la humedad relativa del aire de secado es un factor crítico para controlar

la velocidad de secado del producto. Cuanto menor sea la humedad relativa, mayor es la capacidad de absorción de aire de secado. Si la humedad relativa del aire a la salida del secador muestra que aún tiene potencial considerable de secado, implica que la capacidad nominal de la secadora no se ha utilizado plenamente.

La eficiencia global de secado del secador solar se estimó en 14 %. Presentando una mayor eficiencia durante el primer día de secado, la cual se reduce en los días posteriores. Esto se debe a que en las etapas iniciales del secado, el grano tiene mayor contenido de humedad y el agua presente es más fácil de evaporarse. Estos resultados son congruentes con lo reportado por Bergues-Ricardo y Díaz-López (2014), quienes al evaluar una muestra de los secadores solares existentes en Latinoamérica, los valores de eficiencia térmica media van de 2 a 50 %.

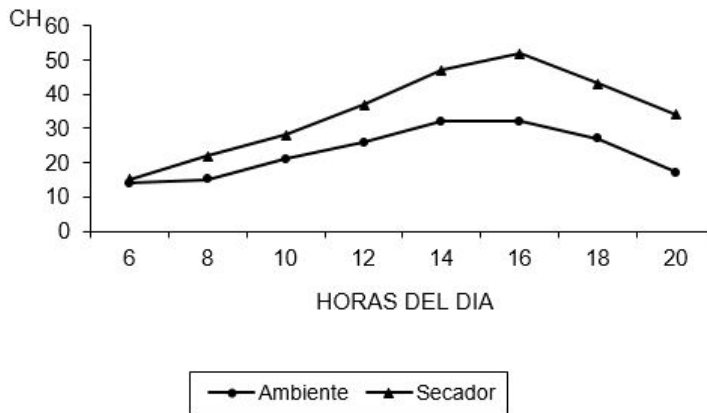


Figura. 2. Temperaturas interior-exteriores en el secador solar, en un día típico.

Dependiendo de la ubicación del secador y las condiciones de insolación, en ciertas horas del día se pueden alcanzar temperaturas de hasta 50 °C al interior del secador, que son apropiadas para el proceso de secado del café, y así mantener su calidad, debido a que cuando se sobrepasan 50 °C de temperatura en el secado durante un periodo de 4 a 10 horas, existen pérdidas en el sabor del café. Un sobrecalentamiento durante el secado produce sabores agrios o “cocinados” en la bebida de café (MARCALA, 2010).

CONCLUSIONES

El tiempo promedio para secar café utilizando un secador solar es de 5 días en promedio. Lo que se infiere que el tiempo de secado se reduce hasta un 40-50 % aproximadamente, con un incremento de la temperatura interior de 20 °C respecto a la temperatura ambiente, que genera una eficiencia global del secador solar estimada en aproximadamente 14 %, que lo hace apto obtener café pergamino seco a nivel de pequeños productores.

LITERATURA CITADA

- Almuhanna E. A. 2012. Utilization of a solar greenhouse as a solar dryer for drying dates under the climatic conditions of the eastern province of Saudi Arabia. Part I: Thermal performance analysis of a solar dryer. *Journal of Agricultural Science* 4(3): 237-246.
- Bergues-Ricardo C. C. y J. R. Díaz-López. 2014. Diagramas de tendencia para la generalización sostenible de secadores solares directos de productos agropecuarios. *Tecnología química* 34(2):143-151.
- Chavan B. R.; A. Yakupitiyage and S. Kumar. 2001. Drying Performance, Quality Characteristics, and Financial Evaluation of Indian Mackerel (*Rastrilliger Kangurta*) Dried by a Solar Tunnel Dryer. *Thammasat Int. J. Sc. Tech* 16(2):11-25.
- Keke M., M.; A. Femi S.; S. Kayode A. and I. Abimbola A. 2014. Qualitative performance and economic analysis of low cost solar fish driers in Sub-Saharan Africa. *Journal of Fisheries* 2(1):64-69.
- Montero P., I. 2005. Modelado y construcción de un secadero solar híbrido para residuos biomásicos. Tesis doctoral. Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Extremadura. Badajoz. España. 262 p.
- Parra-Coronado A., G. Roa-Mejía y C. E. Oliveros-Tascón. 2008. SECAFÉ Parte II: Recomendaciones para el manejo eficiente de los secadores mecánicos de café pergamino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 12(4):428-434.
- Tiwaria G.; V. K. Katiyara; V. Dwivedia; A. K. Katiyarb and C. K. Pandeyb. 2013. A comparative study of commonly used solar dryers in India. *International Journal of Current Engineering and Technology* 3(3): 994-999.

-
- Trejos, R. R. 1986. Determinación de las curvas de humedad relativa de equilibrio y del calor latente de vaporización del café pergamino y trillado. Tesis Ingeniería. Cali: Universidad del Valle, Departamento de Procesos Químicos y Biológicos. 171p.
- Zakaria H. M. 2013. Development of solar dryer for drying of chilli seeds. Thesis Master of science. Bangladesh Agricultural University. Mymensingh, Bangladesh. 57 p.

Referencias informáticas

- MARCALA, 2010. Denominación de origen café MARCALA, secadoras solares. <http://www.cafemarcala.com/userfiles/file/documento%20secadora%20solar.pdf>. Revisado el 09 de junio del 2014.

**ORIGEN FLORAL Y CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL POLEN (*Pollinis*),
COLECTADO POR *Apis mellifera* L. EN EL SURESTE DEL ESTADO DE
CAMPECHE**

**FLORAL ORIGIN AND PHYSICOCHEMICAL QUALITY POLLEN (*pollinis*),
COLLECTED BY *Apis mellifera* L. IN THE SOUTHEAST STATE OF CAMPECHE**

López HMA^{1*}, Alfaro BR² y Catzín VG¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Km 25 Antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán, México. Autor para correspondencia: lopez.aurelia@inifap.gob.mx. ²Jefa del Laboratorio de Bio Mielles del Sureste S. A. de C.V. Mérida, Yucatán.

RESUMEN

Se determinó el origen floral y la calidad fisicoquímica del polen colectado por *Apis mellifera* L. en el sureste del estado de Campeche. A cada colmena se le colocó una trampa para polen de piquera. Para la cosecha de polen se utilizó un esquema de siete días de colecta de polen y siete días de descanso para permitir el libre ingreso de polen en las colonias. Los muestreos se realizaron en los meses de enero (E), febrero (F), marzo (M), agosto (A) septiembre (S) y octubre (O). Se realizó el análisis melisopalínológico para determinar las fuentes botánicas que dieron origen al polen (Erdtman, 1969). La calidad del polen se determinó en porcentaje midiendo la humedad (H), materia seca (MS), Cenizas (Cen) y proteína cruda (PC) (AOAC, 1990). Se identificaron 15 familias con un total de 38 especies en el polen evaluado, sobresaliendo las fabáceae, seguido de las asteráceae. Relacionado a la calidad, sobresalió la PC del polen colectado del mes de octubre (18.6 %). Mediante la información obtenida se conoce la vegetación que rodea el apiario y la floración que las abejas visitan, con lo cual se puede planificar el aprovechamiento apícola de la zona.

Palabras clave: Polen, origen floral, calidad fisicoquímica, *Apis mellifera*.

INTRODUCCIÓN

La península de Yucatán es una de las regiones con mayor tradición apícola en México. Destaca por su gran diversidad de especies nativas que florecen en las diferentes épocas del año, registrándose hasta la fecha 1,300 especies vegetales, lo que permite que siempre existan plantas produciendo néctar y polen (Flores, 1990). Esta diversidad en la vegetación, sustenta la actividad apícola en el estado de Campeche, la cual está constituida predominantemente por vegetación secundaria, árboles y arbustos en diferentes fases de sucesión. La disponibilidad y abundancia de esta vegetación determina la producción apícola y la calidad de los productos de la colmena, tales como la miel y el polen. Sin embargo, a pesar de la gran diversidad de especies de importancia apícola los apicultores de la región se dedican exclusivamente a la producción de miel y solamente algunos obtienen otros productos como el polen o la jalea real (Echazarreta *et al.*, 1997). El polen es una fuente principal de proteínas y lípidos para las abejas. Este producto tiene interés en la alimentación humana debido a su contenido de carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales, la cual varía dependiendo del tipo de vegetación de la que se obtenga, del sistema de secado, condiciones y tiempo de almacenamiento (Lazcano *et al.*, 2006). El polen por ser un alimento de consumo humano está regido por normas que establecen criterios de calidad (NMX-FF-094-1998-SCFI). El objetivo del trabajo fue determinar el origen floral y la calidad fisicoquímica del polen (*Pollinis*), colectado por *Apis mellifera* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de las muestras de polen, se seleccionaron al azar cuatro colonias de abejas alojadas en colmenas Langstroth, en un apiario en la localidad de los Laureles, en el sureste del estado de Campeche, ubicado entre los paralelos 18° 29' latitud norte y el meridiano 89° 14' longitud oeste a una altitud de 80 m, con clima cálido subhúmedo, presenta temperatura media anual de 27 °C, con máxima promedio de 29.6 °C y una mínima promedio de 23.2 °C. A cada colmena en estudio se observó que tuviera las siguientes características: Población abundante (buena postura de la reina) y buena reserva de polen y miel en los panales. A cada colmena se le colocó una trampa para polen de piquera, dejándola con la rejilla abierta durante 7 días para que las abejas se familiaricen con la trampa. Para la cosecha de polen se utilizó un esquema de siete días de colecta y siete días de

descanso para permitir el libre ingreso del material en las colonias, el retiro de polen se realizó cada segundo día. La colecta de polen fue en los meses de enero (E), febrero (F), marzo (M), agosto (A) septiembre (S) y octubre (O). Se realizó el análisis melisopalinológico para determinar las fuentes botánicas que dieron origen al polen; el medio de montaje utilizado fue gelatina glicerizada teñida con fucsina básica para la observación del polen al natural; al mismo tiempo se acetolizaron según la técnica de (Erdtman, 1969). La calidad del polen se obtuvo en porcentaje mediante la determinación de la humedad (H) materia seca (MS), Cenizas (Cen) y proteína cruda (PC) (AOAC, 1990). El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS y la comparación de medias con tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis palinológico del polen colectado, se puede observar 15 familias presentes con un total de 38 especies (Cuadro 1). La familia de mayor importancia fue la de las fabaceae que se encontró su presencia en el material colectado en los meses de E, F, M, S y O, con 12 especies (*Bahuinia unguolata*, *Caesalpinia sp*, *Dyphisa*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Glicine max*, *Haematoxylum campechianum*, *Mimosa bahamensis*, *Mimosa púdica*, *Leucaena leucocephala*, *Lonchocarpus sp*, *Senna sp* y *piscidia piscipula*. Seguido de las asteráceas con seis especies *Viguiera dentata*, *Bernonia aff canescens*, *Melanthera*, *Eupatorium sp*, *Parthenium hysterophorus* y *Coniza bonariensis* presentes en los meses de E, F, A, S y O. En menor cantidad se encontraron las poaceae con cuatro especies (*aff purpureum*, *pennisetum sp* 40 μ (E), *Zea mays* (A, S y O) y anillado 80-100 μ (S)). Las familias que se observaron su presencia con uno y dos especies fueron las amarantaceae (M, A y O), arecaceae (E y F), boraginaceae (E y F), convolvulaceae (E, F y M), Cucurbitaceae (E y A), euphorbiaceae (E y F), malvaceae (E, F, y A), gentianaceae (E, F y A), nyctaginaceae (E y F), polygonum (A), solanaceae (F y M) y morfo 6 (F). Existen pocos trabajos relacionados a análisis palinológicos de polen recolectado, entre los que se puede mencionar el de Lazcano *et al.* (2006), quienes reportaron 11 especies en muestras de polen en Puebla. Arana *et al.* (2002), reportaron 250 especies polínicas presentes en 78 muestras de miel recolectadas en la península de Yucatán, con un rango entre 2 y 17 especies por muestra y una media de 9.5 y López *et al.* (2009) reportaron para polen recolectado en la Zona Centro del estado de Yucatán de 9 a 13 especies botánicas, mencionando que las sobresalientes fueron las fabaceae (leguminosas) y Compositae con 5 y 11 especies respectivamente.

Cuadro 1*Especies presentes en el polen colectado en el sureste del estado de Campeche*

	E	F	M	A	S	O
Amaranthaceae: <i>Amaranthus aff spinous</i>			x	x		x
Arecaceae	x	x				
Asteraceae: <i>Eupatorium aff pynocephalum</i>	x	x				
Asteraceae: sp1 (<i>Coniza aff bonariensis</i>)	x	x				
Asteraceae: <i>Vernonia aff canescens</i>	x	x				
Asteraceae: <i>Parthenium hysterophorus</i>	x	x		x	x	x
Asteraceae: <i>Viguiera dentata</i>	x	x				
Asteraceae: <i>Melanthera aff nivea</i>				x	x	x
Boraginaceae: <i>Bourreria</i> sp		x	x			
Boraginaceae: <i>Bourreria aff. Huanita</i>	x	x				
Boraginaceae: <i>Cordia gerascanthus</i>	x	x				
Convolvulaceae <i>Jacquemontia aff pentantha</i>	x	x	x			
Cucurbitaceae: <i>Cucurbita aff mixta</i>	x			x		
Euphorbiaceae: <i>Croton aff niveus</i>	x			x		
Euphorbiaceae; <i>Phyllantus</i> sp	x	x				
Fabaceae: <i>Haematoxylum campechianum</i>	x					
Fabaceae: <i>Caesalpinia aff violaceae</i>	x		x			
Fabaceae: <i>Bauhinia unguolata</i>	x	x	x			
Fabaceae: <i>Leucaena leucocephala</i>	x				x	x
Fabaceae: <i>Enterolobium cyclocarpum</i>			x			
Fabaceae: <i>Piscidia piscípula</i>			x			
Fabaceae: <i>Mimosa púdica</i>	x					
Fabaceae: <i>Mimosa bahamensis</i>					x	x
Fabaceae: <i>Lonchocarpus</i> sp.				x		
Fabaceae: <i>Senna</i> sp.			x			
Fabaceae: <i>Dyphisa</i>				x		
Fabaceae: <i>Glycine max</i>				x	x	
Gentianaceae: <i>Schultesia</i>	x	x		x		
Malvaceae: <i>Abutilon permolle</i>		x		x		
Malvaceae: <i>Sida aff acuta</i>	x					
Nyctaginaceae: <i>Boerhavia erecta</i>	x	x				
Poaceae (<i>Pennisetum</i> o <i>Setaria parviflora</i>)	x	x				
Poaceae: <i>Paspalum plicatulum</i>	xX	x				
Poaceae: <i>Pennisetum</i> sp.	x			x	x	
Poaceae: <i>Zea mays</i>				x	x	x
<i>Polygonum aff punctatum</i>				x		
Solanaceae: <i>Solanum aff lanceolatum</i>		x	x			
Morfo 6		x				

Respecto a la calidad del polen colectado (Cuadro 2), el contenido de MS entre colectas varió ($P < 0.05$) de 84.2 a 89.8 % y la H de 10.2 a 15.8 %. En cuanto a Cen se encontraron variaciones ($P < 0.05$) con valores que van de 2.0 a 3.0 %. Los resultados de PC, también mostraron diferencias ($P < 0.05$) entre meses, los rangos fueron de 15.0 a 18.6 %, siendo el polen del mes de O el que presentó el valor más alto (18.6 %). De acuerdo a la Norma Mexicana NMX-FF-094-SCFI-2008, los resultados de humedad se situaron fuera del rango, indicando que faltó ajustar el secado, la cual es importante en la vida de anaquel del producto. Para las cenizas solo la colecta del mes de F se encontró en el rango de la norma (2.0 %), las demás presentaron mayor porcentaje de lo reportado por la NMX-FF-094-SCFI-2008. La PC del polen de E, F, M, A y S, se situaron entre los rangos reportados por la NMX-FF-094-SCFI-2008; la PC de la colecta del mes de O se encontró arriba de lo que establece dicha norma, indicando que existen especies con alto valor nutritivo en el polen de este mes. La PC reportados en este trabajo es menor al reportado por López *et al.* (2009) en polen de la zona centro de Yucatán (26.7 % de PC). Los resultados obtenidos en este trabajo, así como de la literatura citada se puede atribuir a la vegetación circundante al apiario en el cual se realizó la colecta del polen, ya que la calidad de este producto depende de la vegetación del cual proviene (Lazcano *et al.*, 2006)

Cuadro 2

Calidad fisicoquímica del polen colectado en el sureste de campeche

Mes de colecta	%MS	%H	%PC	%Cen
Enero	84.2	15.8	17.8	2.5
Febrero	89.8	10.2	15.0	2.0
Marzo	86.1	13.9	16.8	3.0
Agosto	89.4	10.6	16.2	2.7
Septiembre	88.6	11.4	18.0	2.6
Octubre	84.2	15.8	18.6	2.5

CONCLUSIONES

En el análisis polínico del polen evaluado sobresalieron las familias de las fabáceae y asteráceae. Relacionado a la calidad, sobresalió la PC del polen colectado del mes de octubre (18.6 %).

Se observó un elevado valor proteico en las especies polínicas de importancia para la apicultura. Con la información obtenida se puede planificar épocas de colecta de polen a través del año.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. (1990). "Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists," Ed. Kenneth Helrich, A.O.A.C., U.S.A. pp. 320- 330.
- Arana, L.G., Villanueva, G.R., Moguel, O.Y. y Echazarreta, G.C., (2002). Caracterización palinológica de las mieles producidas en la península de Yucatán. Memorias del Seminario Americano de Apicultura. Tuxtla Gutiérrez. Chiapas.
- Echazarreta, C.M., Quezada-Euan, J.J.G., Medina, M.L and Pasteur, K. 1997. Beekeeping in the Yucatán península: development and current status. *Bee World* 78:115-127.
- Erdtman, G. 1969. Handbook of Palinology. An introduction to the study of pollen grains and spores. Munksgaard, Copenhagen pp: 208-216
- Flores, S. 1990. The flowering periods of leguminosae in the Yucatan peninsula in relation to honey flows. *J. of Apicultural Research*. 29(2): 82-88.
- Lazcano, H. M., Navarro, C. A. R., Ávila, S-S. R., Dávila, m. R. y Marroquín G. I. Análisis químico-nutricional y palinológico de polen recolectado por abejas en las regiones IV, V, VI del estado de Puebla. Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ciudad Universitaria. www.respyn.uanl.mx/especiales/2006/ee-14-2006/documentos/Art56.pdf. Consulta 06 de junio de 2015.
- López, H. A. Vivas, R. J. Villanueva, G. R. y Moguel, O. Y. 2009. Calidad nutritiva y origen floral del polen Recolectado en la Zona Centro del Estado de Yucatán, México. LV Reunión Anual del PCCMCA del 7- 11 de septiembre de 2009, San Francisco Campeche, México.
- NMX-FF-094-1998-SCFI. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Norma Mexicana. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano- polen.

PRODUCCIÓN A NIVEL FERMENTADOR DE UNA PROTEÍNA NUTRACÉUTICA DE AMARANTO

FERMENTER LEVEL PRODUCTION OF AN AMARANTH NUTRACEUTICAL PROTEIN

Espinosa HE¹, Rosas CFF^{1*}, Castillo HD¹, Luna SS¹

¹Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Instituto Politécnico Nacional. Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tepetitla, Tlaxcala C.P. 90700, México.

Autor para correspondencia: silvials2004@yahoo.com.mx

RESUMEN

En el presente trabajo se hizo la producción a nivel fermentador de la subunidad ácida de la amarantina, la proteína mayoritaria del amaranto, la cual se modificó previamente, de tal manera que en su estructura contuviera dipéptidos con actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina; para esto se utilizó un medio a base de suero de leche, en un fermentador de 5 L a 37° C y con control de pH a 6.5. El organismo genéticamente modificado que se utilizó fue *E. coli* Rosetta (DE3). La aparición del polipéptido recombinante se observó a partir de las 4 horas de crecimiento celular, donde comenzó la fase exponencial de crecimiento de la bacteria; la producción de proteína estuvo asociada al crecimiento, obteniéndose un rendimiento de 596 mg de proteína recombinante / L de medio, la proteína mayoritariamente se produjo en cuerpos de inclusión, aunque una parte sí se logró obtener en forma soluble. La proteína soluble se purificó mediante cromatografía de afinidad a metal inmovilizado y se caracterizó, obteniéndose características muy similares a las predichas mediante el programa ProtParam.

Palabras clave: proteína recombinante, proteína nutracéutica, amaranto, amarantina, suero de leche

INTRODUCCIÓN

Las proteínas de amaranto son una excelente alternativa desde el punto de vista nutricional y como una fuente potencial para la alimentación humana debido a que exhiben un balance muy equilibrado de aminoácidos esenciales y suficiente contenido de aminoácidos azufrados [1]. La proteína de almacenamiento más predominante en la semilla de amaranto es la globulina 11S. Es un hexámero con peso molecular de 300-400 kDa, constituida de dos subunidades cada una con un polipéptido ácido y uno básico, unidos por un puente disulfuro [2]. Las globulinas 11S están compuestas de seis subunidades con masa molecular de 50 -60 kDa [3], las cuales son la síntesis de un polipéptido precursor único, el cual es un monómero que puede ser dividido en dos módulos muy similares, el amino terminal y el carboxilo terminal cada uno con un dominio β -barril.

La introducción de péptidos bioactivos en el polipéptido ácido de esta proteína se ha reportado [4], siendo un buen método para mejorar sus propiedades funcionales, ya que como consecuencia de la digestión de las proteínas se liberan estos péptidos que pueden atravesar el epitelio intestinal y llegar a tejidos periféricos vía circulación sistémica, pudiendo ejercer funciones específicas a nivel local, tracto gastrointestinal y sistémico. Los péptidos con actividad antihipertensiva tienen gran importancia debido al aumento de la incidencia de hipertensión arterial en la población. Esta enfermedad la padece alrededor del 30% de la población mundial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el vector de expresión pET-AC-M36His conteniendo el cDNA que codifica para la subunidad ácida de la amarantina, modificada con la inserción de los codones que codifican para el péptido VY en la región variable 3 y en el extremo carboxilo terminal el péptido IPP y seis Histidinas, con éste plásmido se transformaron células de *E. coli* Rosetta (DE3). Se llevó a cabo la fermentación a nivel reactor utilizando un medio a base de suero de leche adicionado con los antibióticos: ampicilina (100ug/mL) y cloramfenicol (34ug/mL), el cultivo se llevó a cabo en lote, utilizando un fermentador de 5 L Biostat® A de 5L, usando un volumen de trabajo de 3.5 L, utilizando una agitación de 340 rpm, 1 vvm de aireación, una temperatura de 37 °C, pH de 6.5, el cual se controló con una solución de NaOH 2 M y H₃PO₄ 0.67 M. El cultivo se inoculó con el 2.5 % (v/v) de células crecidas en medio LB por 12 h. La cinética de crecimiento

fue seguida por intervalos de 1h a una densidad óptica de 600 nm y finalmente las células recuperadas por centrifugación se utilizaron para el análisis de proteínas.

Se tomaron muestras cada hora con el fin de analizar la expresión de las proteínas recombinantes, se hizo el análisis mediante electroforesis SDS-PAGE, y western blot. Se identificó en qué fracción (soluble o insoluble) se encontraba la proteína recombinante y posteriormente se realizó la purificación de la misma.

Purificación

Cromatografía de afinidad con metal inmovilizado

La subunidad ácida de la amarantina modificada con cola de seis histidinas fue purificada utilizando la resina Ni-NTA agarose (Qiagen) que tiene la capacidad de fijar níquel. Se aplicó una alícuota de la fracción soluble de la proteína a la resina activada previamente y equilibrada con amortiguador de adhesión (fosfatos 20 mM pH 7.5, NaCl 0.1 M e imidazol 5 mM). Posteriormente se lavó la columna con 40 volúmenes de amortiguador de lavado (fosfatos 20 mM pH 7.5, NaCl 0.5 M e imidazol 10 mM). Seguido de un tercer lavado con 20 volúmenes de amortiguador (fosfatos 20 mM pH 7.5, NaCl 0.5 M e imidazol 20 mM). Las fracciones proteicas fueron eluidas con amortiguador de elusión fosfatos 20 mM pH 7.5, NaCl 0.5 M e imidazol en varias concentraciones (50, 80, 100, 250 y 500 mM). El efluente de la columna fue monitoreado a una densidad óptica de 280 nm y posteriormente analizada SDS-PAGE y western blot.

Caracterización de la proteína modificada

Determinación del peso molecular

La determinación del peso molecular aparente de la subunidad ácida de la amarantina modificada se llevó a cabo mediante la técnica de Weber y Osborn [5], a partir de geles SDS-PAGE.

Determinación del punto isoeléctrico

El punto isoeléctrico se determinó mediante la técnica de enfoque isoeléctrico (Katsube et al., 1994) [6], utilizando tiras de acrilamida con valores de 3-10 unidades

de pH y de 7 cm de longitud (IPG strip, Bio Rad, Hercules, CA, EUA). Se tomaron 10 mg de proteína pura o parcialmente pura y se precipitaron utilizando el kit 2-D clean up (AmershamPharmaciaBiotech AB). La pastilla se resuspendió en amortiguador de solubilización (urea 8 M, CHAPS 4 %, anfolitos acarreadores 0.5 %, TBP 40 Mm, azul de bromofenol 0.002 % y 1.5 ml de reactivo de Destreak). Las muestras se cargaron en tiras de gel de poliacrilamida, las cuales fueron rehidratadas por 12 h a 25 °C a un voltaje constante de 50 V.

Posteriormente se llevó a cabo un electroenfoque con el siguiente programa:

1. Acondicionamiento: 250 V por 15 min.
2. Incremento de voltaje: lineal a 4000 V durante 2 h
3. Enfoque: 40 000 V-h (aplicando 4000 V)

Después las tiras se equilibraron en amortiguador DTT (Urea 6M, SDS 2 %, Tris-HCl 0.05 M, pH 8.8, glicerol 20 % y DTT 2 %) por un lapso de 10 min. Posteriormente se incubaron 10 min en amortiguador de equilibrio adicionado con iodoacetamina al 2.5 %. Después de este tratamiento las tiras se colocaron en la parte superior de un gel SDS-PAGE.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la cinética de crecimiento de la cepa Rosetta (DE3) expresando la proteína recombinante, donde se observa que la aparición de la proteína fue a partir de las 4 horas de crecimiento, donde comenzó la fase exponencial de crecimiento de la bacteria.

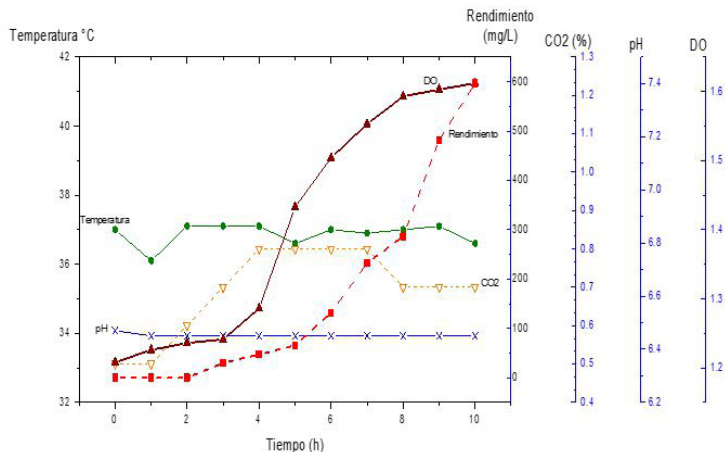


Figura 1: Producción del polipéptido ácido modificado, de la globulina 11S de amaranto a nivel fermentador

La temperatura y el pH (6.5) se mantuvieron constantes; con el único fin de proporcionar un ambiente más estable al medio para el crecimiento celular y para evitar la disminución de pH debido a la acumulación de subproductos ácidos [7],. En la línea correspondiente al dióxido de carbono (CO₂) se puede observar un aumento de la producción de este como subproducto del crecimiento celular ya que a medida que se incrementa la concentración celular, la producción de CO₂ aumenta y por lo tanto su concentración en el medio [8]; como puede verse, inició con valores de 0.5 % hasta alcanzar 0.8 % a las 4 h, a partir de la cual se mantuvo constante hasta las 7 h para luego disminuir a 0.7 % y permanecer invariable hasta el final de la fermentación.

En la misma grafica puede observarse el rendimiento de la subunidad ácida de la amarantina modificada recombinante obtenido durante la fermentación, en la cual se dio un rendimiento de 596 mg/L de medio de dicha proteína a las 10 h de fermentación, que fue la hora a la cual se recuperaron las células. Además se observa que la expresión de la proteína comienza a ser notoria a partir de las 6 horas de crecimiento celular, obteniéndose un rendimiento de 131.3 mg/L de proteína de interés a esta hora. La producción de proteína estuvo asociada al crecimiento, pues a medida que incrementó la densidad celular se dio el incremento en el rendimiento de la amarantina modificada.

Análisis de las fracciones soluble e insoluble de la proteína producida en fermentador

Con la finalidad de saber en cual fracción se acumuló de manera mayoritaria la proteína producida en el fermentador, se analizaron las fracciones soluble e insoluble, probando dos amortiguadores de extracción con el fin de ver con cuál de estos se obtenía mayor cantidad de proteína soluble; el primero fue de Tris-HCl 20 mM, pH 7.5 y NaCl 1 M y el segundo fue de fosfatos 20 mM, pH 7.5, NaCl 1M y azida de sodio 1.5 mM; además se probó un sonicador y un disruptor de células para llevar a cabo la lisis celular. Se obtuvo mayor cantidad de proteína utilizando el amortiguador de extracción de fosfatos y el disruptor, razón por la cual se decidió utilizar dicho amortiguador.

La proteína mayoritariamente se produjo en cuerpos de inclusión, aunque una parte sí se logró obtener en forma soluble.

Caracterización parcial de la proteína modificada

Peso molecular

Los resultados obtenidos a partir de geles SDS-PAGE señalaron que la subunidad ácida de la amarantina modificada tiene un peso molecular aparente de 33.6 kDa, peso mayor a los 32 kDa de la subunidad ácida sin modificar. Dicha diferencia se explica por la inserción de los péptidos y el epítipo de histidinas.

Punto Isoeléctrico

El punto isoelectrico de la subunidad ácida de la amarantina modificada en la tercera región variable con la inserción del péptido VYVYVYVY, en el extremo carboxilo terminal con el péptido RIPP y con epítipo de histidinas mostró un punto isoelectrico de 5.87 (Figura 2), valor con únicamente 0.1 unidades de pH menor al punto isoelectrico teórico y el cual concuerda con lo reportado por [9].



Figura 2: Electroforesis 2D de la subunidad ácida de la amarantina modificada. La letra M indica el marcador de peso molecular, la flecha indica la proteína y los símbolos son: cátodo (-) y ánodo (+).

CONCLUSIONES

- Se logró un rendimiento mejorado de proteína recombinante utilizando un medio de más bajo costo, el rendimiento es superior al reportado por otros autores utilizando medios más costosos [9], [10] y [11]
- Las características del polipéptido modificado fueron similares a las predichas mediante el programa ProtParam.

LITERATURA CITADA

- Bressani, R. (1989) The Proteins of Grain Amaranth. *Food Rev Int.* 5:13-38
- Sanfeng C. y Paredes-López O. (1997) Isolation and characterization of the 11S globulin from amaranth seeds, *Journal of Food Biochemistry*, 21:53-65.
- Utsumi, S. (1992) Plant food protein engineering, *Adv Food Nutr Res.* 36: 89-208
- Luna-Suárez S., Medina-Godoy S., Cruz-Hernández A. y Paredes-López O., (2010) Modification of the amaranth 11S globulin storage protein to produce an inhibitory peptide of the angiotensin I converting enzyme, and its expression

-
- in *Escherichia coli*, Journal of Biotechnology, 148:240-247
- Weber, K y Osborn, M. (1969) The Reliability of Molecular Weight Determinations by Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis, J BiolChem., 244:4406-12.
- Katsube, T., Gidamis, A. B., Kanamori, J., Kang, I. J., Utsumi, S y Kito, M. (1994) Modification tolerability of the hypervariable region of soybeanproglycinin. J. Agric. FoodChem., 42:2639-2645
- Lara, A. R. (2011) Recombinant Protein production in *Escherichia coli*. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 10:209-223
- Castan, A., Näsman, A. y Enfors, S. (2002) Oxygen enriched air supply in *Escherichia coli* processes: Production of biomass and recombinant human growth hormone. Enz Microbiol Technol, 30:847-854
- Castro-Martínez, C., Luna-Suárez, S. y Paredes-López, O. (2012) Over expression of a modified protein from amaranth seed in *Escherichia coli* and effect of environmental conditions on the protein expression. J. Biotech, 158:59– 67
- Arano-Varela, H., Domínguez-Domínguez, J. y Paredes-López, O. (2012) Effect of environmental conditions on the expression levels of a recombinant 11S amaranth globulin in *Escherichia coli*. Recent Patents on Biotechnology. 6: 23-31
- Morales-Camacho JI., Dominguez-Dominguez J, Paredes-Lopez O. (2013) Over expression of a modified amaranth protein in *Escherichia coli* with minimal media and lactose as inducer. Recent Pat Biotechnol, 7:61-70.

COMPORTAMIENTO POSTCOSECHA DE FRUTOS DE *Muntingia calabura* L. BAJO CONDICIONES AMBIENTALES Y DE REFRIGERACIÓN

POSTHARVEST BEHAVIOUR OF FRUITS OF *Muntingia calabura* L. UNDER ENVIRONMENTAL AND COOLING

Ochoa FAA^{1*}, Hernández BJA², García JR², Ruiz SFL², Rocher CR², Valadez VA², Hernández MAL².

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. -
Autor para correspondencia: angelica.ochoa@ujat.mx.

RESUMEN

Muntingia calabura L. es un árbol nativo del sur de México, Centroamérica y América del sur. Esta planta produce unas pequeñas bayas de aproximadamente 1.5 cm de diámetro de color verde pálido que cambian a color rojo al madurar. Estos frutos son carnosos, dulces con un sabor almizclado característico. Diferentes partes de la planta han sido motivo de estudio recientemente, encontrando que diversos extractos obtenidos a partir de ella muestran actividad farmacológica importante. En este mismo sentido, extractos obtenidos a partir de los frutos han demostrado actividad antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana. Lo anterior sugiere que estos frutos podrían representar, a través de su consumo, una fuente potencial de componentes bioactivos con notables beneficios a la salud. No obstante, los frutos de *Muntingia calabura* L. son escasamente aprovechados y comercializados. Lo anterior muy posiblemente debido a corta vida útil de estos frutos una vez cosechados. A este respecto, no existen reportes sobre el comportamiento postcosecha de estos frutos, así como del efecto de diferentes tratamientos o condiciones de almacenamiento encaminados a incrementar su vida útil. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio consistió en evaluar los principales cambios postcosecha que los frutos de *Muntingia calabura* L. experimentan durante su almacenamiento bajo condiciones ambientales y de refrigeración. Los resultados encontrados

indican que el almacenamiento de los frutos de *Muntingia calabura* L. mantenidos bajo refrigeración retrasan ligera y favorablemente los cambios en la pérdida de peso, acidez, contenido de sólidos solubles y color durante los primeros 3 días de almacenamiento. Sin embargo después de este tiempo los cambios en la pérdida de peso y el color no hacen atractivos los frutos para su consumo. Lo anterior plantea la necesidad de evaluar diferentes tratamientos postcosecha que reditúen un mayor aumento en la vida útil de este tipo de frutos.

Palabras clave: *Muntingia calabura*, Capulín, Jamaica cherry, Comportamiento postcosecha.

INTRODUCCIÓN

Muntingia calabura L. es un árbol nativo del sur de México, Centroamérica y América del sur. Actualmente la planta se encuentra ampliamente distribuida en casi todas las regiones tropicales del mundo. Esta planta es común en zonas tropicales bajas, puede desarrollarse en suelos pobres, con tolerancia a condiciones ácidas o alcalinas, así como a sequías. No obstante es intolerante a condiciones de salinidad (Lim, 2012).

Esta planta produce unas pequeñas bayas de aproximadamente 1.5 cm de diámetro de color verde pálido que cambian a color rojo al madurar. Estos frutos son carnosos, dulces con un sabor almizclado característico y con muchas pequeñas semillas (1 a 2 mm) de forma elíptica y color amarillo grisáceo (Lim, 2012).

Ha sido reportado que por cada 100 g de fruto fresco, éste contiene aproximadamente 77.8 g de agua, 0.32 g de proteína, 1.56 g de lípidos, 4.6 g de fibra y 1.14 g de cenizas (Morton, 1987). Así mismo, numerosos compuestos volátiles han sido identificados a partir de diferentes extractos obtenidos a partir de estos frutos. Entre los diferentes tipos de compuestos encontrados destacan: ésteres, alcoholes, compuestos fenólicos, sesquiterpenoides y furano derivados (Morton, 1987).

Diferentes partes de esta planta (hojas, corteza, raíz, flores y frutos) han sido empleadas por diferentes pueblos como remedios herbolarios para el tratamiento de diversos padecimientos, tales como fiebre, resfriado, disfunciones hepáticas y algunas infecciones (Sufian *et al.*, 2013). En este sentido, en años recientes se han realizado diferentes estudios enfocados a evaluar objetivamente los efectos farmacológicos de extractos obtenidos principalmente a partir de las hojas de

esta planta. Los resultados de dichas investigaciones han indicado importante actividad antioxidante (Siddiqua *et al.*, 2010), anticarcinogénica (Chen *et al.*, 2005), antinociceptiva (Zakaria *et al.*, 2007; Zakaria *et al.*, 2008), antiinflamatoria y antipirética (Zakaria *et al.*, 2007). Así mismo, se ha reportado actividad hipotensiva (Shih, 2009), cardioprotectora (Nivethetha *et al.*, 2009) y antibacteriana (Sibi *et al.*, 2012).

Si bien, la mayoría de los estudios recientemente realizados se han enfocado a evaluar los efectos medicinales de extractos obtenidos a partir de las hojas de esta planta, otros estudios han identificado también efectos farmacológicos interesantes en extractos obtenidos a partir de los frutos de *Muntingia calabura* L. A este respecto, Preethi *et al.*, (2010) evaluaron la actividad antioxidante de diferentes extractos obtenidos a partir de este fruto, encontrando que esta actividad correlacionaba muy bien con el contenido total de polifenoles, el cual varió desde 358 a 1485 mg GAE/100g de peso fresco. Así mismo, también se ha demostrado que extractos de los frutos de *Muntingia calabura* L. poseen potente actividad antiinflamatoria (Preethi *et al.*, 2012). Por otro lado, extractos metanólicos de estos frutos mostraron significativa actividad antimicrobiana, específicamente en contra de *Serratia marcescens* y *Micrococcus luteus* (Sibi *et al.*, 2012). Todo lo antes mencionado indica que los frutos de *Muntingia calabura* L. podrían representar, a través de su consumo, una fuente potencial de componentes bioactivos con notables propiedades antiinflamatorias y antioxidantes con beneficios a la salud.

A pesar de sus propiedades funcionales, los frutos de *Muntingia calabura* L. son escasamente aprovechados y comercializados en México y el mundo. Generalmente estos frutos son consumidos en fresco por las personas que habitan cerca de dichos arbustos. Sin embargo, estos pueden ser procesados para la elaboración de néctares, mermeladas y otros derivados como tartas horneadas (Pradeepkumar *et al.*, 2011). Una característica fisiológica de este fruto es su muy corta vida útil bajo condiciones ambientales, siendo ésta una de las posibles razones de su bajo aprovechamiento y comercialización. En este sentido, no existen reportes sobre el comportamiento postcosecha de estos frutos, así como del efecto de diferentes tratamientos o condiciones de almacenamiento encaminados a incrementar su vida útil. Considerando lo antes planteado, el objetivo del presente estudio consistió en evaluar los principales cambios postcosecha que los frutos de *Muntingia calabura* L. experimentan durante su almacenamiento bajo condiciones ambientales y de refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos. Frutos de *Muntingia calabura* L. en estado de madurez verde sazón y maduros fueron recolectados de plantas localizadas en los alrededores de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. La identificación y autenticación de dichas plantas fue realizado por investigadores de la Universidad Tecnológica de Tabasco y de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Los frutos recolectados fueron trasladados el mismo día de su recolección al laboratorio de Análisis especiales de la Universidad Tecnológica de Tabasco. El transporte de los frutos fue realizado a temperatura ambiente (25 °C) en canastos de plástico conteniendo aproximadamente 300 g de producto por canasto.

Preparación de las muestras. Los frutos de *Muntingia calabura* L. a su llegada al laboratorio fueron lavados con agua potable y posteriormente divididos en 4 lotes, cada uno de éstos subdividido en 18 sublotes. Cada sublote constaba de aproximadamente 30 g de fruto (15 piezas). Uno de los lotes, constituido por 18 sublotes de frutos en estado maduro, fue almacenado en refrigeración (14 °C); tres de estos sublotes fueron empleados para la determinación de pérdida de peso y cambios de color al día 1, 2, 3, 6 y 7 de almacenamiento; de los 15 sublotes restantes, fueron tomados 3 sublotes cada vez, al día 1, 2, 3, 6 y 7 de almacenamiento; fueron homogenizados con un homogenizador manual Ultra-Turrax IKA® T25 Digital (Ika-Werke, Staufen, Germany). Los homogenizados fueron empleados para determinar el contenido de sólidos solubles, pH y acidez titulable. Un segundo lote, constituido por 18 sublotes, de 15 frutos en estado maduro cada uno, fue almacenado a temperatura ambiente (25 °C) durante 7 días. Las determinaciones de pérdida de peso y los cambios del color, así como del contenido de sólidos solubles, pH y acidez titulable, se realizaron al día 1, 2, 3, 6 y 7 de almacenamiento, como se ha descrito previamente. Finalmente, otros dos lotes de 18 sublotes cada uno, conformados por frutos en estado verde-sazón, fueron almacenados, uno en refrigeración (4 °C) y el otro a temperatura ambiente (25 °C). Las determinaciones de pérdida de peso y los cambios del color, así como del contenido de sólidos solubles, pH y acidez titulable, se realizaron al día 1, 2, 3, 6 y 7 de almacenamiento, como se ha descrito previamente para los lotes conformados por frutos en estado maduro.

Estimación de la pérdida de peso. La pérdida de peso fue estimada mediante el pesaje de cada uno de los tres subtotes seleccionados para este fin. 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):

$$\%pp = \frac{Pi - Pf}{Pi} \cdot 100 \quad (1)$$

Donde:

$\%pp$ = Porcentaje de pérdida de peso

Pi = Peso inicial

Pf = Peso final

Sólidos solubles. El contenido de sólidos solubles fue realizado en base a lo establecido en la Norma Mexicana NMX-FF-015-1982. Para ello, dos gotas de homogenizado de los frutos de *Muntingia calabura* L. considerados fueron colocadas sobre el prisma de un refractómetro Abbe ATAGO NAR-3T (Minato-ku, Tokyo, Japan). Las lecturas fueron realizadas en % de sólidos solubles totales y corregidas a una temperatura de 20 °C.

pH. La medición del pH fue realizada empleando un medidor de pH Hanna Instruments HI 211 (Woonsocket, RI, USA)

Acidez titulable. La Acidez titulable fue determinada en base a la Norma Mexicana NMX-FF-010-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable método potenciométrico.

Cambios en el color. Los cambios de color en los frutos de *Muntingia calabura* L. durante su almacenamiento fueron determinados mediante el método de captación digital de imágenes, de acuerdo con Vignoni y Césari (2006). Para ello, los frutos fueron fotografiados con una cámara digital Fujifilm Power Shot A220 de 12.2 megapíxeles. Las fotografías fueron tomadas bajo incidencia de luz blanca con una intensidad suficiente que permitiera apreciar los detalles en la fruta. 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los frutos de *Muntingia calabura* L. representan un fruto comestible con un importante potencial comercial debido sus diferentes propiedades funcionales con beneficios a la salud. No obstante este fruto es escasamente aprovechado debido a que es altamente perecedero con una muy corta vida útil durante su almacenamiento bajo condiciones ambientales (Pradeepkumar *et al.*, 2011). El almacenamiento bajo temperaturas de refrigeración es la primera estrategia a considerar en la búsqueda de aumentar la vida útil de este fruto. A este respecto, durante el presente estudio se evaluaron los cambios en la pérdida de peso, pH, acidez, sólidos solubles y color en frutos de *Muntingia calabura* L. almacenados bajo temperaturas de refrigeración y ambientales. En la Figura 1 se presenta la pérdida de peso observada en los frutos durante su almacenamiento. Una mayor tasa de pérdida de peso es observada en los frutos mantenidos a temperatura ambiente en comparación con los almacenados bajo refrigeración. Al comparar el comportamiento de la pérdida de peso en función al estado de madurez de los frutos, se observa que los frutos verdes muestran una mayor velocidad de pérdida de peso que los maduros. La razón de lo anterior podría estar relacionado con la menor humedad relativa imperante bajo las condiciones de refrigeración en comparación con el almacenamiento bajo condiciones ambientales.

En la Figura 2 a y b, se presentan los valores de pH y acidez observados en los frutos bajo las condiciones de almacenamiento evaluadas. Los valores de pH promedio variaron de entre 5.5 y 6.5. Estos valores está por encima de los indicados por Pradeepkumar *et al.* (2011), quienes reportan valores de alrededor de 5.0 en néctares elaborados a partir de pulpa de frutos de *Muntingia calabura* L. No se observa tendencia de cambio en los valores de pH en los frutos durante su almacenamiento. Únicamente puede apreciarse valores de pH ligeramente más bajos en el caso de los frutos en un estado de madurez definido como verdes en comparación con los maduros. Lo anterior puede apreciarse más claramente al considerar la acidez estimada en los frutos almacenados (Figura 2b). En este sentido los frutos en estado de madurez verde presentaron una acidez estimada significativamente mayor que los

frutos maduros. En el caso de los frutos en estado de madurez verde almacenados bajo condiciones ambientales se observa una tendencia a incrementar significativamente el contenido de acidez después del segundo día de almacenamiento. Esta tendencia se mantiene a lo largo de los días subsiguientes.

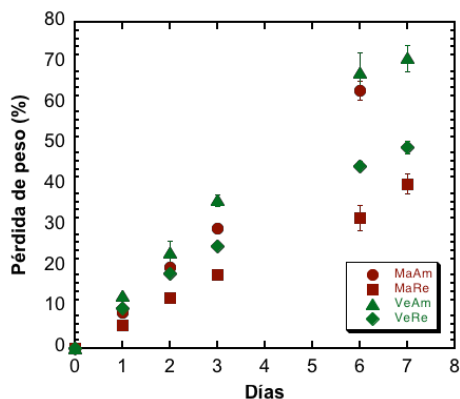


Figura 1. Pérdida de peso en frutos durante su almacenamiento. MaAm, frutos maduros bajo condiciones ambientales; MaRe, frutos maduros bajo condiciones de refrigeración; VeAm, frutos verdes bajo condiciones ambientales y VeRe, frutos verdes bajo condiciones de refrigeración.

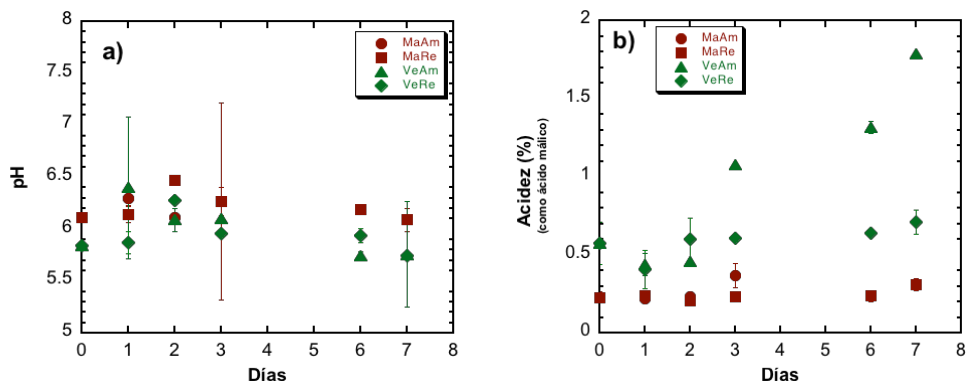


Figura 2. a) Valores de pH en frutos durante su almacenamiento. b) Acidez expresado como % de ácido málico en frutos durante su almacenamiento. MaAm, frutos maduros bajo condiciones ambientales; MaRe, frutos maduros bajo condiciones de refrigeración; VeAm, frutos verdes bajo condiciones ambientales y VeRe, frutos verdes bajo condiciones de refrigeración.

La Figura 3 muestra el contenido de sólido soluble total en los frutos durante los primeros 3 días de almacenamiento. Se puede apreciar al inicio del almacenamiento un contenido significativamente mayor en el caso de los frutos maduros (19 %) sobre los verdes (13 %). Sin embargo, los frutos en estado de madurez verde muestran un incremento en el contenido de sólidos solubles hasta alcanzar un contenido de alrededor del 18 % durante los primeros tres días. Este incremento es observado tanto en los frutos almacenados bajo refrigeración como a temperatura ambiente. En cuanto los frutos maduros, sólo se observa un ligero incremento en el contenido de sólidos solubles, pasando del 19 % al 21-22 % en ambos tipos almacenamiento.

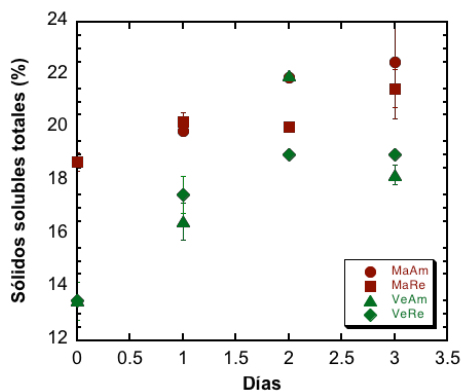


Figura 3. Contenido de sólidos solubles totales en los frutos durante su almacenamiento.

MaAm, frutos maduros bajo condiciones ambientales; MaRe, frutos maduros bajo condiciones de refrigeración; VeAm, frutos verdes bajo condiciones ambientales y VeRe, frutos verdes bajo condiciones de refrigeración.

En el cuadro 1 se presentan los valores promedio de L^* , a^* y b^* derivados del análisis digital de las imágenes tomadas de los diferentes frutos sometidos a almacenamiento. Tendencias de cambio significativo en dichos valores son apreciadas a lo largo del almacenamiento en los frutos con diferentes estados de madurez. Con el objeto de proporcionar sentido visual a los valores promedio estimados, éstos fueron empleados para construir una tabla comparativa en la que se aprecia los cambios de color promedio observado en los frutos durante su almacenamiento (Figura 4). En esta figura puede apreciarse que el color

rojo violáceo de los frutos maduros (almacenados bajo temperatura ambiente y refrigeración) tiende a oscurecerse al paso los días. No obstante, la refrigeración retrasó ligeramente dicho oscurecimiento. Por otro lado, los frutos con un estado de madurez verde almacenados bajo condiciones ambientales pasaron (después de 3 días) de un color verde a una coloración naranja, casi similar a la observada en los frutos maduros al inicio del experimento. En cuanto a los frutos en estado de maduración verde, mantenidos bajo refrigeración, éstos se mantuvieron así durante los primeros tres días de almacenamiento. No obstante, después de este tiempo se observó en ellos la aparición de manchas de color marrón, muy posible derivadas de daño por frío, lo que ocasionó el cambio de color de verde a marrón. Sin embargo nunca se apreció un cambio a color rojo o naranja como el observado en el mismo tipo de frutos almacenados a temperatura ambiente. Lo mismo se observó en un grupo de frutos caracterizados inicialmente por una coloración verde-marrón. Estos frutos mostraron una intensificación de la coloración marrón pasando a ser cada vez más oscura pero sin desarrollar coloración rojo-naranja de un fruto maduro.
























	MaAm	MaRe	VeAm		VeRe	
						
	Rojo	Rojo	Verde	Verde-Marrón	Verde	Verde-Marrón
D0						
D1						
D2						
D3						
D6						
D7						

Figura 4. Variación en el color de los frutos almacenados bajo diferentes condiciones.

MaAm, frutos maduros bajo condiciones ambientales; MaRe, frutos maduros bajo condiciones de refrigeración; VeAm, frutos verdes bajo condiciones ambientales y VeRe, frutos verdes bajo condiciones de refrigeración.

CONCLUSIONES

El almacenamiento de los frutos de *Muntingia calabura* bajo condiciones de refrigeración retrasó ligera y favorablemente los cambios en la pérdida de peso, acidez, contenido de sólidos solubles y color durante los primeros 3 días de almacenamiento. Sin embargo después de este tiempo los cambios en la pérdida de peso y el color no hacen atractivos los frutos para su consumo. Lo anterior plantea la necesidad de evaluar diferentes tratamientos pos cosecha que reditúen un aumento en la vida útil de este tipo de frutos.

LITERATURA CITADA

- Chen, J. J., Lee, H. H., Duh, C. Y., and Chen, I. S. (2005) Cytotoxic chalcones and flavonoids from the leaves of *Muntingia calabura*. *Planta Med.*, 71(10):970–973.
- Lim, T. K. (2012) *Muntingia calabura*. In: *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 3, Fruits*, pages 486–492. Springer Science-Business Media.
- Morton, J. (1987) Jamaica cherry. In Morton, J., editor, *Fruits of warm climates*, pages 65–69.
- NMX-FF-010-1982 Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable método potenciométrico. Dirección General de Normas.
- NMX-FF-015-1982 Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Determinación de sólidos solubles totales en frutas frescas. Dirección General de Normas.
- Pradeepkumar, C., Chikkasubbanna, V., Santhosha, H., Manjunath, B., and Renukaradya, S. (2011) Shelf-life quality parameters evaluation in jamaican cherry (*Muntingia calabura* L.) nectar during storage. *The Asian Journal of Horticulture*, 6:128–131.
- Preethi, K., Premasudha, P., and Keerthana, K. (2012) Anti-inflammatory activity of *Muntingia calabura* fruits. *Pharmacognosy Journal*, 4:51–56.
- Preethi, K., Vijayalakshmi, N., Shamna, R., and Sasikumar, J. M. (2010) In vitro antioxidant activity of extracts from fruits of *Muntingia calabura* Linn. from India. *Pharmacognosy Journal*, 2:11–14.

-
- Shih, C. D. (2009) Activation of nitric oxide/cgmp/pkg signaling cascade mediates antihypertensive effects of *Muntingia calabura* in anesthetized spontaneously hypertensive rats. *Am. J. Chin. Med*, 37:1045–1058.
- Sibi, G., Naveen, R., Dhananjaya, K., Ravikumar, K., and Mallesha, H. (2012) Potential use of *Muntingia calabura* l. extracts against human and plant pathogens. *Pharmacognosy Journal*, 4:44–47.
- Siddiqua, A., Premakumari, K. B., Sultana, R., and Vithya, S. (2010) Antioxidant activity and estimation of total phenolic content of *Muntingia calabura* by colorimetry. *Int. J. Chem Tech. Res.*, 2:205–208.
- Sufian, A. S., Ramasamy, K., Ahmat, N., Zakaria, Z. A., Izwan, M., and Yusof, M. (2013) Isolation and identification of antibacterial and cytotoxic compounds from the leaves of *Muntingia calabura* l. *Journal of Ethnopharmacology*, 146:198–204.
- Vignoni, L. A., Cesari, R. M., Forte, M., and Mirabile, M. L. (2006) Determinación de índice de color en ajo picado. *Información Tecnológica*, 17:63–67.
- Zakaria, Z. A., Nor-Hazalin, N. A., Zaid, S. N., Ghani, M. A., Hassan, M. H., Gopalan, H. K., and Sulaiman, M. R. (2007) Antinociceptive, anti-inflammatory and antipyretic effects of *Muntingia calabura* aqueous extract in animal models. *Nat. Med.*, 61:443–448.
- Zakaria, Z. A., Somchit, M. N., Sulaiman, M. R., Mat-Jais, A. M., and Fatimah, C. (2008) Effects of various receptor antagonist, pH and enzymes on *Muntingia calabura* antinociception in mice. *Res. J. Pharmacol.*, 2:31–37.

Cuadro 1

Valores de L*, a* y b* estimados para los frutos almacenados bajo diferentes condiciones. Mama, frutos maduros bajo condiciones ambientales; Mare, frutos maduros bajo condiciones de refrigeración; Vean, frutos verdes bajo condiciones ambientales y Veré, frutos verdes bajo condiciones de refrigeración.

Día	Mama						Vean						Veré								
	Rojo		Verde		Verde-Marrón		Rojo		Verde		Verde-Marrón		Verde		Verde-Marrón		Verde		Verde-Marrón		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	27.7 ±2.5	31.4 ±1.3	14.2 ±4.4	45.2 ±1.8	45.2 ±1.8	39.4 ±1.4	-12.0 ±2.2	39.4 ±1.4	39.4 ±2.1	0.8 ±2.4	34.1 ±2.5	43.5 ±4.7	-15.1 ±2.3	37.9 ±2.6	34.4 ±1.8	2.2 ±4.9	27.9 ±2.6				
1	23.1 ±4.4	20.1 ±7.2	10.8 ±5.2	39.0 ±7.5	39.0 ±7.5	33.9 ±6.6	-2.7 ±6.1	30.3 ±6.6	30.3 ±8.2	13.8 ±10.5	24.3 ±6.2	34.2 ±6.1	-13.2 ±2.0	32.4 ±4.2	28.3 ±0.9	5.0 ±0.2	22.7 ±1.2				
2	19.2 ±3.6	14.7 ±6.0	8.8 ±3.4	41.1 ±8.9	41.1 ±8.9	35.4 ±9.4	15.9 ±12.3	27.2 ±9.4	27.2 ±3.7	22.3 ±11.3	20.6 ±1.2	38.8 ±2.3	-13.2 ±2.8	34.1 ±2.5	30.6 ±2.5	4.5 ±2.8	24.2 ±3.0				
3	13.9 ±6.2	7.6 ±5.1	5.4 ±3.4	31.7 ±9.5	31.7 ±9.5	26.5 ±7.9	18.5 ±8.0	15.8 ±7.9	15.8 ±2.8	11.9 ±7.0	10.8 ±3.6	32.1 ±3.5	-11.1 ±4.4	29.2 ±3.2	19.5 ±0.5	6.2 ±1.1	14.2 ±0.9				
6				21.6 ±10.9	11.4 ±7.6	16.6 ±12.8	11.4 ±10.9	16.6 ±1.8	10.4 ±1.7	2.7 ±1.3	2.9 ±1.3	26.1 ±4.4	-6.1 ±4.7	21.3 ±5.2	21.0 ±5.6	5.1 ±4.1	14.2 ±6.4				
7				21.2 ±8.7	11.9 ±5.8	15.0 ±10.6	11.9 ±5.8	15.0 ±0.3	10.8 ±0.5	3.4 ±0.5	1.9 ±0.9	20.8 ±8.8	-3.1 ±5.7	15.6 ±9.8	19.0 ±0.4	5.9 ±0.1	11.2 ±1.5				

CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE MIELES EN EL ESTADO DE TABASCO

HONEY CLASIFICATION IN TABASCO'S STATE

¹Jacinto PS.; ²Sol SA., ¹Hernández MW. Y ³Zaldívar CJM*

^{1,2,3}Postgrado en Producción Agroalimentaria en el Trópico. Colegio de Postgraduados. Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 86500.

Autor para correspondencia: zaldivar@colpos.mx.

RESUMEN

Se analizó el polen contenido en mieles colectadas en los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Centro, Tacotalpa, Centla y Balancán, pertenecientes a las cinco regiones del estado de Tabasco (Región de la Chontalpa, Centro, Sierra, Pantanos y Ríos). Los resultados mostraron 129 especies, destacando 13 tipos polínicos de importancia (>10 %): *Bursera simaruba* L. Sarg; *Cecropia obtusifolia* Bertol; *Cocos nucifera* L., *Stemmadenia donnell-smithii* Rose. Woodson, *Cissus sicyoides* L., *Rumex americanus* Campd; *Cordia alliodora* Ruiz et Pavón Oken, *Mimosa albida* Humb. & Bompl. ex Willd.; *Mimosa pigra* L.; *Heliocarpus appendiculatus* Turcz, *Celtis iguanaea* Jacq. Sarg; *Piper* sp., y algunas especies de la familia *Asteraceae*. Las mieles se clasificaron como multiflorales. Se encontró un desfase anticipado en la floración de *Mimosa albida*; *Cissus sicyoides* y *Stemmadenia donnell-smithii*, las cuales representan el 30.76 % del total de las especies de importancia, por su parte las especies restantes mostraron un comportamiento similar en la floración de años anteriores.

Palabras clave: Miel, tipos polínicos, melisopalinología, clasificación

INTRODUCCIÓN

La miel es un producto natural, una mezcla compleja de carbohidratos y de compuestos minoritarios. La composición química de la miel depende en gran medida de los tipos de flores utilizados por las abejas, así como de las condiciones

regionales y climatológicas que prevalecen en los sitios donde se encuentran localizados los apiarios. La producción de miel en México es de una gran tradición. México es el quinto productor de miel en el mundo, después de China, Argentina, EE.UU. y Turquía, con una producción anual de 55 mil 500 ton, de las cuales se exporta aproximadamente el 44 %. El estado de Tabasco en México, produce 235.5 toneladas y sus apicultores diferencian sus mieles solo por el área de colecta (INEGI, 2013).

Los métodos melisopalínológicos han sido de gran ayuda para determinar el origen botánico y geográfico de las mieles, ya que de esta forma es posible observar que tipo de polen está presente en la miel y relacionarlo con la flora que se encuentra alrededor del apiario. Entre los estudios melisopalínológicos realizados en México, destacan los de Acosta-Castellanos & Palacios-Chávez (2001) quienes a partir de dos muestras de miel y cargas de polen de dos apiarios durante un ciclo anual, determinaron las plantas de interés apícola en la zona de Pluma Hidalgo, Oaxaca. Por otro lado, Villanueva (2002), identificó las plantas poliníferas y las estrategias de pecoreo de *Apis mellifera* L. en la península de Yucatán; mientras que Piedras-Gutiérrez y Quiroz-García (2007) citaron cuatro especies como importantes en dos mieles de la porción Sur del Valle de México; se mencionan nueve especies botánicas de importancia en la Sierra Norte de Puebla para *A. mellifera* L. y *Scaptotrigona mexicana* Guérin. Quiroz-García y Arreguín-Sánchez (2008) señalan siete especies melíferas pertenecientes a cuatro familias en el estado de Morelos. También destacan los realizados en la península de Yucatán por Villanueva-Gutiérrez *et al.* (2009), reportando 16 taxas en mieles monoflorales de importancia y los trabajos de Ramírez-Arriaga *et al.* (2011) de mieles colectadas en la costa de Oaxaca, que fueron caracterizadas como monoflorales, biflorales, oligoflorales y poliflorales recuperando 64 taxa con porcentajes mayores al 1 % y los trabajos para el estado de Tabasco de Castellanos-Potenciano *et al.*, (2012) realizado con 40 muestras de mieles maduras de 4 zonas del estado encontrando 14 mieles monoflorales, 7 biflorales y 19 multiflorales con 29 taxas de interés y el de Córdova-Córdova *et al.* (2013) con 12 muestras de mieles, identificando 3 monoflorales y 9 multiflorales y 63 taxa pertenecientes a 32 familias botánicas y siete tipos polínicos indeterminados, de este gran total, solo 18 fueron de real importancia por presentarse con porcentajes mayores o iguales al 10 %.

El estado de Tabasco posee una amplia diversidad botánica con potencial apícola, y aunque no destaca como uno de los principales estados productores de mieles a nivel nacional, existen solo dos trabajos realizados sobre la

caracterización botánica de las mismas (Cárdenas-Chávez, 1985; Castellanos-Potenciano *et al.* 2012), ya que la mayoría de las investigaciones se han centrado en las propiedades fisicoquímicas y el perfil de aromas de mieles maduras (Viuda-Martos *et al.*, 2010), la actividad antioxidante de las mieles cosechadas (Ruiz-Navajas *et al.*, 2011), por lo que el objetivo del estudio fue caracterizar botánicamente mediante el análisis melisopalinológico mieles de cinco municipios correspondientes a las regiones Chontalpa, Pantanos, Ríos y Sierra del estado de Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio. (Cuadro 1)

Un conjunto de seis muestras fueron seleccionadas de las cinco diferentes regiones fisiogeográficas del estado de Tabasco (Pantanos, La Chontalpa, La Sierra, Los Ríos y Centro). Las mieles fueron proporcionadas por apicultores profesionales y colectadas entre enero a diciembre del 2013, las muestras fueron almacenadas en oscuridad hasta su análisis e identificación.

Cuadro 1

Localización de los apiarios

Apiarios	Municipios	Región	Longitud	Latitud
Campo Experimental (Km 21)	Cárdenas	Chontalpa	438466.5'E	1988122.71'N
José Mercedes Gamas 2da. Sección	Huimanguillo	Chontalpa	440247.04'E	1961510.09' N
Plátano y Cacao 1ra. Sección	Centro	Centro	482705.61'E	1986197.97'N
Francisco I. Madero 2da. Sección	Tacotalpa	Sierra	531896.42'E	1922355.86'N
CBTA 82	Balancán	Ríos	656284.18'E	1970872.42'N
Nuevo Centla	Centla	Pantanos	550043.00'E	2059098.10'N

Análisis Melisopalinológico

El análisis melisopalinológico se realizó en el Laboratorio de Ciencia de Alimentos del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco). Dicho análisis se hizo para caracterizar los granos de polen a fin de determinar su origen botánico y geográfico.

La técnica convencional de Louveaux *et al*, 1978, fue modificada a fin de tener una mejor representatividad del contenido polínico de las muestras de miel, esta modificación, consistió en analizar 50 ml de muestra en lugar de los 10 que propone el método. Posteriormente se procedió a la acetolisis siguiendo el método de Erdtman 1969, así mismo se prepararon 4 laminillas por muestra de las mieles colectadas, las cuales fueron registradas e incorporadas a la colección palinológica del Colegio de Postgraduados. Estos análisis incluyeron el procesamiento (Louveaux *et al*, 1978) de las muestras de miel, para conocer la morfología polínica de los granos de polen (procedencia floral) y poder describirlos, identificarlos hasta el nivel posible y realizar el conteo de los mismos para conocer su representatividad. Este análisis contó con dos etapas: una cualitativa y otra cuantitativa.

Análisis cualitativo

En un microscopio de luz transmitida Carl Zeiss de contraste de fases, bajo el objetivo 100 %, se observaron las preparaciones de las muestras de miel, observándose, la morfología de los granos de polen, de cada muestra se hizo una descripción de los tipos polínicos encontrados en una frecuencia mayor al 10 %. Lo anterior permitió la identificación, por comparación con la colección de referencia del mismo laboratorio, además se consultaron Catálogos Palinológicos como el “Atlas de las plantas y el polen utilizados por las cinco especies principales de las abejas productoras de miel en la región del Tacaná, Chiapas, México” (1993) y “Flora palinológica de la reserva de la biosfera de Sian Ka’an Quintana Roo, México” (1991). Las determinaciones de los granos de polen se realizaron a nivel de familia, género y/o especie. En aquellos casos donde no fueron determinados se les asignó un número que corresponde a un tipo morfológico.

Análisis cuantitativo

Una vez descritos y diferenciados los tipos polínicos se procedió a realizar el conteo de 500 granos de polen al azar, de acuerdo a Louveaux *et al.*, 1978 y de manera independiente se llevó el registro de esporas de *Lycopodium clavatum*. Posteriormente, se calcularon los porcentajes de cada especie para conocer su representatividad en cada muestra, especies con porcentajes ≥ 10 % fueron consideradas importantes.

Cantidad de granos de polen

Para calcular la cantidad de los granos de polen por gramo de muestra de miel, se utilizó la fórmula de Stockmarr (1971) y Maher (1981):

$$PCONC=RM/V$$

Donde:

Pconc es el polen por gramo;

R son los granos de polen contados/el número de esporas contadas;

M es el número de esporas adicionadas en cada tableta;

V es el peso total de la muestra de miel.

Las concentraciones de polen fueron clasificados siguiendo el esquema de Maurizio (1939).

Caracterización botánica de la miel

Una vez obtenida la cantidad de granos de polen, la miel fue caracterizada como “monofloral” cuando en su composición presentó una especie con porcentaje superior o igual al 45 % y multifloral cuando tres o más especies se presentaron con porcentajes ≥ 10 % (Louveaux et al, 1978). Las mieles multiflorales se dividieron en “biflorales” cuando dos tipos de polen tuvieron porcentajes secundarios

RESULTADOS

En el análisis melisopalinológico realizado a las seis muestras de miel, colectadas en las cinco regiones del estado de Tabasco, se identificaron 129 especies de las cuales 13 destacaron por su presencia, así se consideró que especies con un 10 % o más son importantes para la producción de miel (Cuadro 2).

Los 13 tipos polínicos de importancia fueron: *Cocos nucifera* L. (Coco), *Stemmadenia donnell-smithii* Rose. Woodson (Cojón), *Cordia alliodora* Ruiz y Pavón Oken (Bojón), *Bursera simaruba* L. Sarg. (Palo mulato), *Celtis iguanae* Jacq. Sarg. (Uña de gato), *Mimosa albida* Humb. & Bonpl. ex Willd. (Dormilona grande), *Mimosa*

pigra L. (zarza negra), *Cecropia obtusifolia* Bertol. (Guarumo), *Rumex americanus* Campd., *Piper* sp., *Heliocarpus appendiculatus* Turcz (Jonote), *Cissus sicyoides* L (Uva silvestre) y algunas especies de la familia *Asteraceae* (Figura 1).

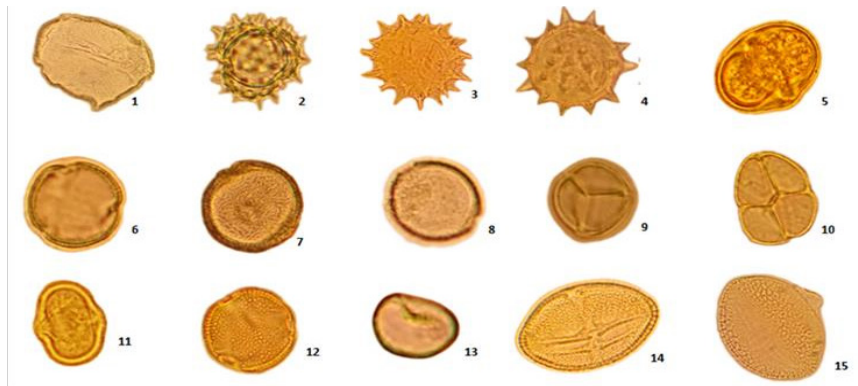


Figura 1. Tipos polínicos con presencia >10 %; (1) *C. nucifera*; (2,3,4) *Asteraceae*; (5) *S. donnell-smithii*; (6) *C. alliodora*; (7) *B. simaruba*; (8) *C. iguanaea*; (9) *M. albida*; (10) *M. pigra*; (11) *C. obtusifolia*; (12) *R. americanus*; (13) *Piper* sp.; (14) *H. appendiculatus*; (15) *C. sicyoides*.

CONCLUSIONES

- Los análisis melisopalinológicos son importantes porque determinan que especies son de importancia melífera, con lo cual el apicultor puede elegir el sitio idóneo para establecer la colmena o bien introducir la flora que prefieren las abejas en zonas específicas. Esto puede mejorar la actividad apícola, permitiendo optimizar los recursos florales.
- De las mieles analizadas, ningún tipo polínico supero el 45 % de presencia, por lo cual las mieles se clasificaron como multiflorales.
- De acuerdo a la bibliografía consultada, las especies *S. donnell-smithii* y *C. sicyoides*, no son reportadas, sin embargo en este estudio se encontraron en la región de la Chontalpa con presencia del 24 % y 23 %, respectivamente.
- La especie *M. albida*, *C. sicyoides* y *S. donnell-smithii*; mostraron un desfase anticipado en su época de floración, posiblemente debido al comportamiento de la temperatura y la precipitación.

Cuadro 2
Tipos polínicos de importancia

Nombre científico	Región Chontalpa		Región Centro	Región Sierra	Región Ríos	Región Pantanos
	Huimanguillo	Cárdenas	Centro	Tacotalpa	Balancán	Centla
Arecaceae						
<i>Cocos nucifera</i> L.						17.6 %
Asteraceae						
Asteraceae				19.2 %	37.8 %	
Apocynaceae						
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> Rose. Woodson		24.0 %				
Boraginaceae						
<i>Cordia alliodora</i> Ruiz et Pavón Oken			11.6%			
Burseraceae						
<i>Bursera simaruba</i> L. Sarg.	10.2 %	10.5 %				10.4 %
Cannabaceae						
<i>Celtis iguanaea</i> Jacq. Sarg.				10.8 %		
Fabaceae						
<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.			28.1 %		10.2 %	
<i>Mimosa pigra</i> L.			14.4 %			
Moraceae						
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	17.7 %	16.5 %	24.1 %			
Polygonaceae						
<i>Rumex americanus</i> Campd.					19.8%	
Piperaceae						
<i>Piper</i> sp.				10.5%		
Tiliaceae						
<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.				28.1%		
Vitaceae						
<i>Cissus sicyoides</i> L.	23.0%					
Otros	49.1%	49%	21.8%	31.4%	32.2%	72%

LITERATURA CITADA

- Acosta-Castellanos S, Palacios-Chávez R. 2001. "Plants of apicultural interest in the Pluma Hidalgo Zone, Oaxaca, Mexico". In: Goodman, D.K. and Clarke, R (eds), Proceedings of the IX Internacional Palynological Congress. Houston, Texas, U.S.A. 1996; American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 459-469 pp.
- Cárdenas-Chávez S. 1985. Caracterización del ciclo apícola y flora nectarífera y polinífera, en la Chontalpa, Tabasco, México. Tesis. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. D.F. 119 pp.
- Castellanos-Potenciano BP, Ramírez-Arriaga E, Zaldívar-Cruz JM. 2012. Análisis del contenido polínico de mieles producidas por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Tabasco, México. Acta Zoológica Mexicana 28(1):13-36.
- Córdova-Córdova, Claudia Ivette, Ramirez-Arriaga, Elia, Martínez-Hernández, Enrique, & Zaldívar-Cruz, Juan Manuel. 2013. Caracterización botánica de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) de cuatro regiones del estado de Tabasco, México, mediante técnicas melisopalinológicas. *Universidad y Ciencia*, 29(2), 163-178.
- INEGI. 2013. Anuario de estadísticas por entidad federativa 2012. 13: 666 p.
- Loveaux J, Mauricio A, Vorwhol G. 1978 Methods in melissopalynology. Bee world 59: 139-157.
- Maher LJ. 1981. Statistics for microfossil concentration measurements employing samples spiked with marker grains. Review of Palaeobotany and Palynology 32: 153-191.
- Maurizio A. 1939. Untersuchungen zur quantitativen Pollen-analyse des Honigs. Mitteilungen ausdem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 30: 27-69.
- Piedras-Gutiérrez B, Quiroz-Gracia DL. 2007. Estudio Melisopalinológico de dos Mieles de la Porción Sur del Valle de México. Polibotánica 23: 57-75.
- Quiroz-García DL, Arreguín-Sánchez ML. 2008. Determinación palinológica de los recursos florales utilizados por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera:Apidae) en el estado de Morelos, México. Polibotánica 26: 159-173.
- Ramírez-Arriaga E, Navarro-Calvo L, Díaz-Carbajal E. 2011. Botanical characterization of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. Grana 50: 40-54.

-
- Ruiz-Navajas Y, Viuda-Martos M, Fernández-López J, Zaldívar-Cruz JM, Kuri V, Pérez-Álvarez JA. 2011. Antioxidant activity of artisanal honey from Tabasco, Mexico. *International Journal of Food Properties* 14: 459-470.
- Stockmarr J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* 13: 615-621.
- Villanueva GR. 2002. Polliniferous plants and foraging strategies of *Apis mellifera* (Hymenoptera:Apidae) in the Yucatán Peninsula, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 50: 1035-1043.
- Villanueva-Gutiérrez R, Moguel-Ordóñez Y, Echazarreta-González C, Arana-López G. 2009. Monofloral honeys in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Grana* 48: 214-223.
- Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Zaldívar-Cruz JM, Kuri V, Fernández-López J, Carbonell-Barrachina AA, Pérez-Álvarez JA. 2010. Aroma profile and physico-chemical properties of artisanal honey from Tabasco, Mexico. *International Journal of Food Science and Technology* 45: 1111-1118.

VALOR AGREGADO A LAS MIELES TROPICALES: EVALUACIÓN DEL CONTENIDO FENÓLICO Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

VALUE ADDED TO TROPICAL HONEY: EVALUATION OF PHENOLIC CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY

¹López GM, ²Sauri DE., ³Moo HV., ⁴Estrada MI., ⁵Sol SA y ⁶Zaldívar CJM*

^{1,5,6}Colegio de Postgraduados, Campus-Tabasco. ²Instituto Tecnológico de Mérida. ^{3,4}Instituto Tecnológico Superior de Calkiní. e-mail: zaldivar@colpos.mx

RESUMEN

La miel contiene compuestos fenólicos (flavonoides y ácidos fenólicos) que le confieren propiedades antioxidantes. Estos han sido reconocidos por su amplio espectro de actividades biológicas: anticancerígenos, antiinflamatorios, analgésicos y antioxidantes. Las mieles tabasqueñas han sido caracterizadas polínicamente, pero poco se conoce acerca de sus propiedades antioxidantes. Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la actividad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos en mieles de diferentes regiones del estado. Se colectaron mieles de la primera temporada de 2012 en seis municipios del estado. Los compuestos fenólicos totales se cuantificaron por el método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante se midió a través de ensayos *in vitro* de captura de radicales. Los resultados obtenidos fueron expresados como μM equivalentes a trolox (ET)/100 g de miel y mostraron que el contenido de compuestos fenólicos totales estuvo comprendido entre 0.23-0.55 mg EAG/100 g de miel. Mientras que la actividad antioxidante fue de 25.52 ± 14.33 $\mu\text{moles ET}/100$ g de miel para DPPH y 51.02 ± 17.30 $33 \mu\text{M ET}/100$ g de miel para ABTS. Estos resultados muestran que las mieles tabasqueñas poseen contenidos apreciables de fenoles que pudieran darle valor agregado.

Palabras clave: *mieles, actividad antioxidante, valor agregado, Tabasco*

INTRODUCCIÓN

La miel es el producto alimenticio complejo natural producido por las abejas a partir del néctar de las plantas. La composición química de la miel es compleja, y contiene aproximadamente 181 sustancias que incluyen azúcares, proteínas, vitaminas, minerales, enzimas, flavonoides, ácidos fenólicos y compuestos volátiles (Al-Mamary *et al.*, 2002). Los principales componentes de la miel son, la glucosa, fructosa, sacarosa, minerales y proteínas. Se ha demostrado que la miel sirve como una fuente de antioxidantes naturales, que son eficaces en la reducción del riesgo de enfermedades del corazón, cáncer, disminución del sistema inmune, cataratas, procesos inflamatorios, etc (The National Honey Board, 2003). La miel también puede prevenir las reacciones de oxidación de deterioro en alimentos como el pardeamiento enzimático de frutas y hortalizas (Chang *et al.*, 2011), la oxidación de los lípidos en la carne (McKibben y Engeseth, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

Productos químicos

Todos los productos cumplieron los estándares establecidos para ser utilizados en el laboratorio. ABTS^{•+} (ácido 2,2-azinobis-3-etilbenzotioazolín-6-sulfónico), DPPH[•] (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), ácido gálico, quercetina, trolox, Folin Ciocalteu, NaNO₂, NaOH, AlCl₃, K₂S₂O₈, Na₂CO₃, Ácido gálico, ácido cafeico, ácido ellágico, ácido transcinámico, quercetina, catequina, epicatequina, ácido trans-ferúlico, kaempferol, ácido 4-hidroxibenzoico, ácido sinápico, miricetina, ácido vanillico, ácido clorogénico, isorhamnetin, apigenina y crisina (Sigma-Aldrich).

Análisis de fenoles totales

El contenido de fenoles totales se determinó utilizando el método Folin-Ciocalteu modificado por González-Aguilar *et al.* (2007). La concentración de fenoles libres se expresó como mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/100 g de miel utilizando una curva de calibración con patrones de ácido gálico con concentraciones entre 0.5 y 10 ppm.

Contenido de flavonoides totales

El contenido de flavonoides totales fue determinado por el método del tricloruro de aluminio (descrito por Zhishen *et al.* (1999) modificado por González-Aguilar *et al.* (2007). La concentración de flavonoides totales se expresó como mg equivalentes de Quercetina (EQ)/100 g de miel utilizando una curva de calibración con patrones de quercetina con concentraciones de 5-60 ppm.

Determinación de la actividad antioxidante por el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)

La actividad de eliminación contra el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (Sigma-Aldrich) se realizó de acuerdo a Brand-Williams *et al.* (1995) con algunas modificaciones. La disminución de la absorbancia a 515 nm fue medida después de 30 min. Se calculó el porcentaje de inhibición del radical DPPH como:

$$\frac{(absorbancia_{control} - absorbancia_{muestra})}{absorbancia_{control}} * 100$$

El resultado fue expresado como μ Moles equivalentes a trolox (ET)/100 g de miel usando una curva de calibración con patrones de trolox con concentraciones entre 100 y 1000 μ M ET/mL.

Determinación de la actividad antioxidante en la reacción catión radical ABTS^{•+} (ácido 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolín-6-sulfónico)

La actividad antioxidante se determinó por el método ABTS modificado por Re *et al.* (1999). Se calculó el porcentaje de inhibición como:

$$\frac{(absorbancia_{control} - absorbancia_{muestra})}{absorbancia_{control}} * 100$$

El resultado fue expresado como μ Moles equivalentes a trolox (ET)/100 g de miel usando una curva de calibración con patrones de trolox con concentraciones entre 100 y 1700 μ M ET/mL.

Determinación de los compuestos fenólicos más comunes en la miel por HPLC (High-performance liquid chromatography)

Para la extracción de los compuestos fenólicos en las muestras de miel, se utilizó la cromatografía en columna por elución de acuerdo al método de Ferreres *et al.*, (1991 y 1994). Se diluyeron 50g de miel en 250 ml agua acidificada con HCl a un pH de 2. esta solución de miel se homogenizó y se filtro a través de un algodón, para remover las partículas solidas. El líquido filtrado fue colocado en una columna de vidrio de (2 cm de ancho x 50 cm de alto) para cromatografía rellena con Amberlita XAD-2. Los azúcares y otros compuestos polares fueron eluidos con 250 ml de agua acidificada (pH 2 con HCl) y posteriormnnete se adicionaron 250 ml de agua destilada para que los compuestos fenólicos se retuvieran en la columna y finalmente fueron eluidos con 300 ml de metanol puro. El extracto obtenido de compuestos fenólicos fue evaporado a 40°C utilizando un rotoevaporador hasta obtener un extracto de alrededor de 3-5 ml. Una alícuota del extracto fue filtrado (filtros Teknokroma de 0.45µm) de ésta se tomaron 0.02 ml para su análisis en el HPLC-1220 de Agilent (utilizando una columna Nucleosil C18 250 x 4.6 mm, 5 µm); la detección fue llevada a cabo a 280 nm. La fase móvil consistió de 1% de ácido fórmico (98%) (A) y acetonitrilo (2%) (B) a un flujo de 0.5 mL/min. El gradiente de elución fue de 2 a 100% B de 0 a 70 min.

La identificación de los compuestos fenólicos en las muestras fue realizada por comparación de tiempos de retención con los correspondientes estándares conocidos (Sigma Aldrich): Acido gálico, ácido cafeico, ácido ellágico, ácido trans-cinámico, quercetina, catequina, epicatequina, ácido trans- ferúlico, kaempferol, ácido 4-hidroxibenzoico, ácido sinápico, miricetina, ácido vanillico, ácido clorogénico, isorhamnetin, apigenina y crisina.

Análisis estadístico

La prueba de t de Student se utilizó para todas las comparaciones de variables. La prueba de correlación de Pearson fue llevada a cabo para la correlación lineal entre las variables. Las diferencias entre las medias del 95% se consideró nivel de confianza ($P \leq 0,05$) estadísticamente significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó la actividad antioxidante de 6 muestras de mieles de diferente origen floral del Estado de Tabasco, México. El contenido total de fenoles en las mieles fue expresado en equivalente en ácido gálico por cada 100 g de miel, y el contenido de flavonoides totales se expresó en equivalente a quercetina por cada 100 g de miel (Cuadro 1).

Cuadro 1

Contenido de fenoles y flavonoides contenidos en miel en diferentes regiones del Estado de Tabasco, México

Municipios	Contenido fenólico mg EAG/ 100 g miel	Contenido de flavonoides mg EQ/100 g miel
Balancán	0.23 ± 0.00 ab	1.52 ± 0.07 a
Cárdenas	0.36 ± 0.02 c	3.30 ± 0.19 d
Tacotalpa	0.30 ± 0.05 bc	2.31 ± 0.10 c
Huimanguillo	0.23 ± 0.00 a	1.80 ± 0.12 b
Centro	0.55 ± 0.02 d	2.25 ± 0.06 c
Centla	0.32 ± 0.04 c	1.89 ± 0.03 b
Promedio	0.32 ± 0.10	2.12 ± 0.58
CV%	32.70%	27.54%

Los valores representan el promedio de cuatro repeticiones ± la desviación estándar.

Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,5$).

CV coeficiente de variabilidad.

Contenido total de compuestos fenólicos

El contenido de compuestos fenólicos totales para todas las mieles analizadas estuvo comprendido entre 0.23 y 0.55 mg EAG /100 g de miel, con un promedio de 0.32 ± 0.10 EAG /100 g de miel, tal y como se especifica en la Tabla 1. Estos resultados son similares a los obtenidos por Muñoz *et al.* (2007) para mieles chilenas (0 y 8.83 mg EAG/100 g). Otros autores reportan valores de mayor amplitud, como los de Socha *et al.* (2011) para mieles de Polonia (4.46 y 15.04 mg EAG/ 100 g), Meda *et al.* (2005) para mieles de Burkina Faso (32.59 y 114.75 mg EAG/100 g), Ciappini *et al.* (2013) para mieles de Argentina de alfalfa, tréboles y eucalipto (40.30 y 193.03 mg EAG/100 g) y los de Vit *et al.* (2008) para mieles checas (47.40 y 265.49 mg EAG/ 100 g).

Contenido total de flavonoides

El contenido de flavonoides para todas las mieles analizadas estuvo comprendido entre 1.52 y 3.30 mg EQ/100 g, con un promedio de 2.12 ± 0.58 mg EQ/100 g de miel (Tabla 1). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Meda *et al.* (2005) para mieles multiflorales y mieles de mielada de Burkina Faso (2.57 ± 2.09 mg EQ/100 g); Martos *et al.* (2000) para miel de eucalipto de Australia (2-2.5mg EQ/100 g); Ciappini *et al.* (2013) para mieles de Argentina de tréboles, eucalipto y alfalfa (3.52 ± 1.19 EQ/100 g), Muños *et al.* (2007) para mieles chilenas (0.014 y 13.8 mg EQ/100 g) y los de Lachman *et al.* (2010) para mieles multiflorales de la República Checa (0.56 y 0.62 mg EQ/100 g).

Perfil fenólico

Los datos de cromatografía mostraron la presencia de 14 diferentes compuestos fenólicos en las mieles estudiadas. Los compuestos fenólicos presentes en la miel provienen a partir del néctar de las flores, polen y propóleos (Estevinho *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2013).

Los siguientes ácidos fenólicos y flavonoides fueron identificados y cuantificados en las mieles analizadas: ácido gálico, ácido clorogénico, catequina, ácido 4-hidroxibenzoico, epicatequina, ácido cafeico, ácido Vanílico, ácido ellagico, ácido sinapico, ácido ferúlico, miricetina, quercetina, ácido trasn-cinamico, kaemperol, apigenina, isorhamnolin, crisina. Los niveles de ácidos fenólicos individuales en las mieles se especifican en la Cuadro 2.

Cuadro 2

Ácidos fenólicos contenidos en mieles de diferentes regiones del Estado de Tabasco, México

Muestras	Ácido gálico	Ácido clorogénico	Acido 4-hidroxibenzoico	Ácido cafeico	Ácido vanillico
Balancan	0.874±0.013				
Cárdenas	0.636±0.020	1.901±0.075			
Tacotalpa			0.106±0.014		
Huimanguillo				0.129±0.004	
Centro	0.616±0.011				
Centla	0.487±0.005		0.021±0.001	0.081±0.001	

Muestras	Ácido sinápico	Ácido ferulico	Ácido ellágico	Acido trasncinámico
Balancan				
Cárdenas	0.455±0.004			0.036±0.000
Tacotalpa			0.753±0.008	
Huimanguillo				
Centro		0.037±0.000	1.427±0.176	
Centla		0.062±0.000	0.293±0.009	0.018±0.001

Los valores representan el promedio de dos repeticiones ± la desviación estándar

El ácido gálico se identificó en la mayoría de muestras de miel estudiadas (Tabla 2) con valores entre 0.487 ± 0.005 mg/100 g y 0.875 ± 0.013 mg/100 g. Su presencia ha sido reportada a menudo en mieles naturales (Aljadi y Yusoff, 2003). Estos valores son superiores a los encontrados por Habib *et al.* (2014) para mieles de región árida de Emiratos Árabes Unidos (0.006 ± 0.0001 mg /100 g) y Socha *et al.* (2011) para mieles de acacia de Polonia (0.109 ± 0.009 mg /100 g). El ácido clorogénico solo fue identificado en una muestra (Cárdenas) y fue el que presentó la mayor concentración (1.901 ± 0.075 mg /100 g) entre los ácidos fenólicos identificados. Autores como Socha *et al.* (2011) reportan valores de menor amplitud para mieles de lima de Polonia (0.022 ± 0.003 mg/100 g) y Yao *et al.* (2005) para mieles de madreSelva de Australia (0.49 ± 0.15 mg / 100 g).

El ácido cafeico se identificó en dos mieles, de Huimanguillo (0.013 ± 0.004 mg/100 g) y Centla (0.081 ± 0.0001 mg/100 g), valores similares a los obtenidos por Álvarez-Suarez *et al.* (2012) para mieles cubanas de *Gouania polygama* (0.03763 ± 0.00353 mg /100 g) y *Turbina corymbosa* (0.024 ± 0.005 mg /100g) y por Socha *et al.* (2011) para mieles polacas de trigo (0.707 ± 0.032 mg/100 g). El ácido ferúlico fue

identificado en mieles de los municipios del Centro y Centla (0.037 ± 0.000 mg/100 g y 0.620 ± 0.000 mg/100 g respectivamente) que son similares a los obtenidos por Yao *et al.* (2003) para mieles de Australia y Nueva Zelanda (0.48 ± 0.13 mg/100 g) y Socha *et al.* (2011) para mieles multiflorales de Polonia (0.153 mg/100 g). El ácido sinápico fue identificado solo en la miel de Cárdenas (0.455 ± 0.004 mg/100 g), valor menor al obtenido por Socha *et al.* (2011) para mieles polacas de trigo (0.707 mg/100 g). Por otro lado, el ácido elágico fue identificado en tres muestras de miel de Tacotalpa, Centro y Centla, con valores de 0.753 ± 0.008 mg/100 g; 1.427 ± 0.176 mg/100 g y 0.293 ± 0.009 mg/100 g, respectivamente, resultados similares a los obtenidos por Yao *et al.* (2003) para mieles de manuka con denominación de origen geográfico de Australia y Nueva Zelanda (0.59 ± 0.39 mg/100g). El ácido 4-hidroxibenzoico fue identificado en muestras de Tacotalpa (0.106 ± 0.001 mg/100 g) y Centla (0.021 ± 0.001 mg/100 g), que son similares a los obtenidos por Hamdy *et al.* (2009) 0.1 ± 0.01 mg / 100 g para mieles egipcias de cítricos y Andrade *et al.* (1997) para mieles portuguesas de brezo (0.33 mg/100 g). El ácido trans-cinámico se identificó en mieles de Cárdenas (0.004 ± 0.000 mg/100 g) y Centla (0.018 ± 0.001 mg/100 g), que son menores a los obtenidos por Lianda *et al.* (2012) para mieles brasileñas de azahar (0.304 mg/100 g) y Hamdy *et al.* (2009) para mieles egipcias de cítricos (1.35 ± 0.21 mg /100 g).

Los flavonoides identificados en el estudio fueron: catequina, miricetina, quercetina y kaemperol. Las cantidades de flavonoides cuantificadas se muestran en la Tabla 3. La catequina se identificó en la mayoría de muestras de miel estudiadas (Tabla 3), con valores entre 1.81 ± 1.07 mg /100 g y 21.47 ± 0.40 mg /100 g. Estos valores son superiores a los obtenidos por Habib *et al.* (2014) para mieles monoflorales de zonas áridas de Emiratos Árabes Unidos (0.147 ± 0.002 mg /100 g). Miricetina se encontró solo en mieles de Balancán (0.41 ± 0.001 mg /100 g) y Huimanguillo (0.40 ± 0.054 mg /100 g), valores mayores a los obtenidos por Iurlina *et al.* (2009) para mieles de Argentina de la provincia de Buenos Aires (0.21 ± 0.03 mg /100 g). La quercetina fue identificada en mieles de Centro (0.20 ± 0.003 mg /100 g) y Centla (0.005 ± 0.005 mg/100 g), que son valores menores a los obtenidos por Iurlina *et al.* (2009) para mieles argentinas de la provincia de Buenos Aires (1.02 ± 0.10 mg/100 g). Otros autores obtuvieron valores de menor amplitud, entre ellos Kenjeric *et al.* (2007) para mieles de *Robinia* de Croacia con rangos entre 0.006 ± 0.004 mg/100 g en el periodo 2002 y 0.030 ± 0.021 mg/100 g en el periodo 2003, mientras que Socha *et al.* (2011) obtuvo 0.02931 ± 0.0016 mg /100 g para mieles de acacia de Polonia.

Kaempferol se encontró en mieles de Tacotalpa (0.031 ± 0.003 mg/100 g) y Centro (0.029 ± 0.014 mg/100 g), estos valores son similares a los de Yao *et al* (2003) para mieles de *Leptospermum polygalifolium* (0.060 ± 0.040 mg/100 g) en Australia y para mieles de Manuka (0.150 ± 0.02 mg/100 g) de Nueva Zelanda. Otros autores obtuvieron valores de menor amplitud, como Kenjeric *et al* (2007) para mieles de *Robinia* en Croacia, producidas en 2002 (0.014 ± 0.057 mg/100 g) y en 2003 (0.028 ± 0.010 mg /100 g) y Socha *et al* (2011) para miel de lima en Polonia (0.079 ± 0.002 mg/100g).

Apigenina solo se encontró en una muestra (Centro) y su valor es similar a los de Kenjeric *et al* 2007 0.0065 ± 0.0027 mg /100 g en el periodo de 2002 y 0.013 ± 0.0062 en el periodo de 2003 para mieles de *Robinia* de Croacia. Isorhamnetin fue el segundo compuesto identificado con más frecuencia en las muestras después de catequina. Los valores obtenidos fueron mayores a los reportados por otros autores Yao *et al.*, (2003) 0.07 ± 0.03 para mieles de (*leptospermum polygalifolium*) de Australia y 0.40 ± 0.10 para miesles de manuca (*leptospermum scoparium*) de Nueva Zelanda, y Alvares-Suarez *et al.* (2012) 0.03793 ± 0.00522 para vid de lino (*Gouania polygama*) y 0.03125 ± 0.00283 navidad vid (*Turbina corymbosa*) para mieles de Cuba.

CONCLUSIONES

En el presente estudio, se estableció que todos los tipos de miel contenían, fenoles, flavonoides y poseían actividad antioxidante y éstos varían entre los distintos tipo de miel debido a su origen botánico y geográfico. Se observaron diferencias significativas en la actividad antioxidante medidas por DPPH y ABTS entre los tipos de miel. La miel de Centro presentó los valores más altos en el contenido fenólico, flavonoides y actividad antioxidante. El contenido fenólico, y los flavonoides, se relacionan estrechamente con la actividad antioxidante de la miel. Estos resultados pueden agregar valor a las mieles producidas en el estado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los apicultores cooperantes por la donación de las muestras de miel. M.M. López González es becaria del CONACYT y alumna del

Postgrado en Producción Agroalimentaria en el Trópico, El trabajo fue financiado por las Líneas Prioritarias de Investigación LPI-8 “Impacto y Mitigación del Cambio Climático” y la LPI-12 “Agregación de Valor” del Colegio de Postgraduados. Los análisis de la actividad antioxidante y el perfil de compuestos fenólicos se realizaron en el Laboratorio del Dr. Enrique Sauri Duch, del Instituto Tecnológico de Mérida.

LITERATURA CITADA

- Al-Mamary, M., Al-Meer, A., & Al-Habori, M. (2002) Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*, 22:1041–1047.
- Aljadi, A.M & Yusoff, K. M. (2003) Isolation and identification of phenolic acids in Malaysian honey with antibacterial properties. *Turk J Med Sci*, 33:229-236.
- Alvarez-Suárez J.M., Tulipani, S., Díaz, D., Estevez, Y., Romandini, S., Giampieri, F., Damiani, E., Astolfi, P., Bompadre, S. & Battino, M. (2010) Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food Chem Toxicol*, 48:2490-2499.
- Andrade, P., Ferreres, F. & Amaral, M. T. (1997) Analysis of honey phenolic acids by HPLC, its application to honey botanical characterization. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 20:2281–2288.
- Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M. & Maffei-Facino, R. (2005) Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 533:185–191.
- Bertoncelj, J., Dobersek, U., Jamnik, M., & Golob, T. (2007) Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105:822-828.
- Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier M.E. & C. Berset. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. (1995) *LWT-Food Sci Technol*, 28:25–30.
- Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M. & Chern, J.C. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10:178-182.
- Ciappini, M., Stoppani, F., Martinet, R., María B. Alvarez, M. (2013) Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en mieles de tréboles, eucalipto y alfalfa. *Rev. Ciencia y Tecnología*. 15:59-63.

-
- Estevinho, L.M., Pereira, A.P., Moreira, L., Días, L.G. & Pereira, L. (2008) Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey. *Food and Chemical Toxicology*, 46:3774–3779.
- Ferreres, F., García-Viguera, C., Tomás-Lorente, F. & Tomás-Barberán, F.A. (1991) Hesperetin: a marker of the floral origin of citrus honey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61:121–123.
- Ferreres, F., Tomás-Barberán, F.A., Soler, C., García-Viguera, C., Ortiz, A. & Tomás-Lorente, F. (1994) A simple extractive technique for honey flavonoid HPLC analysis. *Apidologie*, 25: 21–30.
- Frankel, S., Robinson, G.E. & Berenbaum, M. R. (1998) Antioxidant capacity and correlated characteristics of 14 unifloral honeys. *Journal of Apicultural Research*, 37:27–31.
- Fredes, C. & Montenegro, G. (2006) Heavy metals and other trace elements contents in Chilean honey. *Ciencia. Investigación. Agraria*, 33:50-58.
- Gheldof, N., Wang, X.H. & Engeseth, N.J. (2002) Identification and quantification of antioxidant components of honey from various floral sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:5870– 5877.
- Gheldof, N., Wang, X.H. & Engeseth, N.J. (2003) Buckwheat honey increases serum antioxidant capacity in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:1500-1505.
- Gómez-Caravaca, A.M., Gómez-Romero, M., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A. & Fernández-Gutiérrez, A. (2006) Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41:1220-1234.
- González-Miret, M.L., Terrab, A., Hernanz, D., Fernández-Recamales, M.A. & Heredia, F.J. (2005) Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin. *J. Agric. Food Chem*, 53:2574-2580.
- González-Aguilar, G., Villegas-Ochoa, M., Martínez-Téllez, M.A., Gardea, A.A. & Ayala-Zavala, J.F. (2007) Improving Antioxidant Capacity of Fresh-Cut Mangoes Treated with UV-C. Improving Antioxidant Capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. *Journal of Food Science*, 72:S197-S202.
- Habib, H., Al Meqbali, F., Kamal, H., Souka, U. & Ibrahim, W. (2014) Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. *Food Chemistry*, 153:35–43.

-
- Hamdy, A., Ismail, H., AL-Ahwal, A. & Gomaa, N. (2009) Determination of flavonoid and phenolic acid contents of clover, cotton and citrus floral honeys. *Egypt Public Health Assoc*, 84:245-259.
- Iurlina, M.O., Saiz, A.I., Fritz, R. & Manrique, G.D. (2009) Major flavonoids of Argentinean honeys. Optimization of the extraction method and analysis of their content in relationship to the geographical source of honeys. *Food Chem*, 115:1141–1149.
- Kenjerić, D., Mandić, M., Primorac, L., Bubalo, D. & Perl, A. (2007) Flavonoid profile of Robinia honeys produced in Croatia. *Food Chem*, 102:683–690.
- Lachman, J., Hejtmánková, A., Sýkora, J., Karban, J., Orsák, M. & Rygerová, B. (2010) Contents of major phenolic and Flavonoid Antioxidants in Selected Czech Honey. *Czech J. Food Sciences*, 28:412–426.
- McKibben, J., & Engeseth, N. J. (2002) Honey as a protective agent against lipid oxidation in ground turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:592–595.
- Martos, I., Ferreres, F., Yao, L. H., D Arcy, B. R., Caffin, N., & Tomás-Barberán, F. A. (2000) Identification of flavonoid markers for the botanical origin of eucaliptus honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:1498-1502.
- Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J. & Nacoulma, O.G. (2005) Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91:571–577.
- Muñoz, O., Copaja, S., Speisky, H., Raúl C. Peña, R., Gloria Montenegro, G. (2007) Contenido de flavonoides y compuestos fenólicos de mieles chilenas e índice antioxidante. *Quim. Nova*, 30:848-851.
- Perna, A., Simonetti, A., Intaglietta, I., Sofo, A. & Gambacorta, E. (2013) Antioxidant Properties, Polyphenol Content and Colorimetric Characteristics of Different Floral Origin Honeys from Different Areas of Southern Italy. *Journal of Life Sciences*, 7:428-436.
- Piljac-Zegarac, L., Stip_cevi_c, T., & Bel_s_cak, A. (2009) Antioxidant properties and phenolic content of different floral origin honeys. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 1, 43-50.
- Regina L. P. Lianda, Luiza D'Oliveira Sant'Ana, Aurea Echevarria and Rosane N. Castro. (2012) Antioxidant activity and phenolic composition of Brazilian honeys and their extracts regina *J. Braz. Chem. Soc.*, 23:618-627.
- Rodríguez, B.A., Mendoza, S., Iturriga, M.H., & Castaño-Tostado, E. (2012) Quality

-
- parameters and antioxidant and antibacterial properties of some Mexican honeys. *Journal of Food Science*, 71:C121-C127.
- Silva, T. M. S., Santos, F. P., Rodrigues, A. E., Silva, E. M. S., Silva, G. S. S., Novais, J. S., et al. (2013) Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. *Journal of Food Composition and Analysis* 29:10.
- Socha, R., Juszcak, L., Pietrzyk, S., Gałkowska, D., Fortuna, T. & Witczak, T. (2011) Phenolic profile and antioxidant properties of Polish honeys. *International Journal of Food Science and Technology*, 46:528–534.
- Stanislava Z. Gorjanovic, Álvarez-Suárez, J.M., Miroslav M. Novakovic, Ferenc T. Pastor, Lato Pezo, Maurizio Battino, Desanka Z. Suznjevic. (2103) Comparative analysis of antioxidant activity of honey of different floral sources using recently developed polarographic and various spectrophotometric assays. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30:13–18.
- The National Honey Board. (2003) Honey–Health and therapeutic qualities. 390 Lashley Street Longmont. www.nhb.org.
- USDA. US Department of Agriculture. Database for the Flavonoid Content of Selected Foods. (2007) Release 2.1. Nutrient Data Laboratory. Beltsville Human Nutrition Research Center. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture; Betsville.
- Gutierrez, V. P., Titera, M. G., Bednar, M. & Rodríguez-Malaver, A.J. (2008) Mielles checas categorizadas según su actividad antioxidante. *Acta Bioquím Clín Latinoam*, 42:237-244.
- Yao, L., Datta, N. Francisco A. Tomás-Barberán, F., Ferreres, F. Martos, I. & Singanusong, R. (2003) Flavonoids, phenolic acids and abscisic acid in Australian and New Zealand Leptospermum honeys. *Food Chemistry*, 81:159–168.
- Yao, L., Jiang, Y. Riantong Singanusong, Nivedita Datta, Katherine Raymont.(2005) Phenolic acids in Australian Melaleuca, Guioa, Lophostemon, Banksia and Helianthus honeys and their potential for floral authentication. *Food Research International* 38:651–658.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999) The determination of flavonoids content in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64:555-9.

EXTRACCIÓN DE ESTEVIÓSIDO Y REBAUDIÓSIDO A POR MÉTODOS NO CONVENCIONALES

EXTRACTION OF STEVIOSIDE AND REBAUDIOSIDE A FOR UNCONVENTIONAL METHODS

Ríos CAM^{1*}, Rosas MM¹, López VF¹, Cabrera HSL², Ríos CG³ Rodríguez LLL³

¹ CIBA-IPN, *CIBA-IPN Tepetitla de Lardizábal C.P. 90700*, Tlaxcala. adarioscort@yahoo.com.mx, ² Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla C.P. 72000. ³Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz C.P. 94320.

RESUMEN

El esteviósido y rebaudiósido A, son glucósidos diterpenoides extraídos de *Stevia rebaudiana* (Bertoni), los cuales cada día cobran mayor interés ya que poseen un poder edulcorante 300 veces mayor que el azúcar, son no calóricos y tienen propiedades medicinales. La extracción de dichos compuestos hasta el momento se ha realizado únicamente por métodos convencionales. No obstante; los métodos no convencionales han ganado mayor popularidad en los procesos industriales a causa de los buenos rendimiento que generan, así como la reducción en la velocidad de extracción y el uso de disolventes, lo que hace un proceso ecoamigable. Por todo esto, en el presente trabajo se planteó la extracción de dichos compuestos combinando dos métodos no convencionales. En este caso se empleó una extracción enzimática y una extracción por ultrasonicación, de igual forma se aplicó una extracción enzimática asistida por ultrasonido. La cuantificación se realizó por HPLC logrando la separación e identificación del esteviósido a un tiempo de 5.6 min. y del rebaudiósido a un tiempo de 5.35 min. Los métodos aplicados favorecieron la extracción del rebaudiósido A, el cual posee mayor interés comercial debido al sabor y potencia. Los métodos no convencionales realizados fueron efectivos en la extracción de los glucósidos ya que reducen el tiempo del proceso y el uso de disolventes.

Palabras clave: Stevia, extracción, ultrasonido.

INTRODUCCIÓN

La *Stevia rebaudiana* Bertoni es una planta nativa de la región Amambay en Paraguay, ha sido utilizada como endulzante natural, así como por sus efectos benéficos sobre la salud. Las hojas de la planta son 30 veces más dulces que el azúcar y el extracto hasta 300 veces. El extracto está mayormente compuesto por glucósidos derivados del esteviol como el esteviósido y rebaudiósido "A", es éste último el que posee una capacidad edulcorante de hasta 450 veces más que el azúcar (Genus, 2003). Estos compuestos edulcorantes se encuentran en las hojas de la planta, en las cuales, el esteviósido se encuentra como componente dulce mayoritario llegando hasta un 20 % del total de la hoja. El rebaudiósido A, por otra parte, ocupa un máximo del 4 % en el total de la hoja, sin embargo, el rebaudiósido A está libre de sabores amargos o metálicos característicos de los edulcorantes sintéticos. Otra característica de importancia es su estabilidad, esto debido a que resisten temperaturas de hasta 140 °C y soportan un amplio rango de pH, el cual va desde el pH 2 hasta el pH 10. Es debido a todo ello que estos edulcorantes naturales tienen un importante papel en la industria alimenticia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Se utilizaron hojas de *Stevia rebaudiana* secas (humedad no mayor al 3%) de la variedad criolla, posteriormente fueron pulverizadas y tamizadas para obtener un tamaño de partícula uniforme.

Para la extracción convencional con equipo Soxhlet se utilizó 5 g de pulverizado de hoja el cual fue posteriormente extraído con metanol en una proporción de 1:10 (w/v) y una temperatura de 50 °C por 2 h (equivalente a 4 reflujos).

Extracción por ultrasonido. La extracción asistida por ultrasonido se utilizó el pulverizado de hoja, 2.5 g de hoja, se disolvió en una mezcla de 12.5 ml de una solución buffer de acetato de sodio (0.02 M, pH 5) y 25 ml de metanol. La mezcla fue expuesta a sonicación en un baño de ultrasonido de 44 kHz por 60 min a temperatura ambiente.

Extracción enzimática. En el caso de la extracción enzimática se pesaron 2.5 g de hoja pulverizada en un matraz Erlenmeyer y se disolvieron en una mezcla de

12.5 ml de solución buffer de acetato de sodio (0.02 M, pH 5) y 25 ml de metanol. Por otra parte se realizó una mezcla de tres enzimas: celulasa, hemicelulasa y pectinasa para obtener una concentración de 0.2 g/ml de cada enzima. La mezcla del extracto fue tratada con dos cantidades diferentes de enzimas, al 0.5 % y al 3.0% con respecto al peso total del material vegetal, posteriormente la mezcla se trató a diferentes temperaturas, 50, 55 y 60 °C por 60 min.

Para la extracción enzimática asistida por ultrasonido (EEAU) se pesaron 2.5 g de pulverizado de hoja y se disolvieron en 12.5 ml de solución buffer de acetato de sodio y 25 ml de metanol. Se agregó 0.5 % de enzimas, la mezcla se expuso a sonicación en un baño de ultrasonido por 1 hora.

El método de clarificación de los extractos se realizó con carbón activado (1 g de carbón por cada 50 ml de extracto), después un proceso de filtrado junto con enjuagues de metanol. Por último una concentración del extracto hasta obtención de polvo mediante el uso de rotaevaporador acoplado a vacío.

Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución. Para la determinación de esteviósido y rebaudiósido “A” se ocupó el método analítico de HPLC con equipo HP 1100 (Módulo de separación DAD) y un sistema cuantificador (Agilent OpenLAB CDS Chem Station 490 Micro GC Driver v1.9.0. Software). Se utilizó una columna LiChrospher® 100, 250-4 mm RP-18c (5 µm, Agilent) a 20 °C. Las muestras (10 µL) fueron eluidas a un flujo de 0.7 mL/min, utilizando una fase móvil isocrática de agua (H₂O) y acetonitrilo (CH₃CN) relación 65:35 respectivamente. Los compuestos fueron detectados a 210 nm utilizando un detector de arreglo de diodos (DAD Agilent HP 1100 G1312A). La cuantificación de esteviósido y rebaudiósido “A” se realizó por el método estándar externo, por lo que se construyeron curvas de calibración con soluciones estándar de 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 mg/mL en agua con los compuestos puros de esteviósido (TCI) rebaudiósido “A” (TCI).

Los glucósidos extraídos por los diferentes métodos fueron analizados por HPLC utilizando un sistema isocrático de agua y acetonitrilo a la proporción de 65:35 respectivamente usando la misma columna RP-18 con un flujo de 0.7 ml/min. Para el análisis de datos se realizó un ANOVA (p<0.05) utilizando el software Minitab® 17.1.0.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método de extracción enzimática obtuvo los mayores rendimientos, siendo de 20.56 ± 2.21 y 68.40 ± 7.88 mg/ g de hoja para esteviósido y rebaudiósido A respectivamente. Sin embargo, el método propuesto en el presente trabajo, EEAU, fue el método con los menores rendimientos (esteviósido: 16.19 ± 2.73 y rebaudiósido A: 56.72 ± 9.40), incluso menores a los encontrados por el método convencional. El método con ultrasonido demostró ser mejor que el método convencional con Soxhlet, pero no mejor que el método enzimático, esto de acuerdo a lo presentado en el Cuadro 1, donde se muestran todos los resultados de los métodos desarrollados en el presente estudio.

El efecto de la disminución en la los glucósidos de esteviol observada en el método EEAU puede ser debido a un tiempo mayor de exposición a radiación ultrasónica según lo sugerido por Subhedar *et al.* (2014) donde menciona que una exposición por arriba de los 50 minutos decrece significativamente el rendimiento de la enzima, encontrando cantidades inclusive por debajo de un tratamiento enzimático simple.

El método de extracción ultrasónico resultó con menores rendimientos en comparación al método enzimático debido a la temperatura, según distintos autores (Liu *et al.*, 2010; Gasmalla *et al.*, 2014) mencionan que la extracción de esteviósido y rebaudiósido A se ve favorecida al aumentar la temperatura, de forma que este factor tiene efecto importante en la extracción.

La extracción de rebaudiósido “A” fue en promedio 77.4 % mayor en comparación con el esteviósido, esto observado en todos los métodos de extracción realizados en el presente estudio. Este fenómeno fue debido a la variedad de la planta (criolla) tanto como por el uso de metanol.

Cuadro 1

Rendimiento de esteviósido y rebaudiósido A por los distintos métodos empleados

Método de extracción	Glucósidos totales (mg/g de hoja)	Esteviósido (mg/g de hoja)	Rebaudiósido A (mg/g de hoja)
Enzimático 0.5%	88.96 ± 10.08	$20.56 \pm 2.21_a$	$68.40 \pm 7.88_a$
Ultrasonido	78.12 ± 4.64	$16.81 \pm 1.09_b$	$61.31 \pm 3.55_b$
Soxhlet	76.97 ± 0.68	$17.39 \pm 0.40_c$	$59.58 \pm 0.30_c$
EEAU	72.91 ± 12.13	$16.19 \pm 2.73_d$	$56.72 \pm 9.40_d$

La temperatura tiene una importante influencia en la actividad enzimática ($p < 0.05$) encontrándose que a los 50 °C se obtuvieron los mejores rendimientos tanto de esteviósido (20.56 ± 2.21 mg/g de hoja) como de rebaudiósido “A” (68.40 ± 7.88 mg/g de hoja). Conforme se incrementó la temperatura, el rendimiento disminuía gradualmente para el caso del uso de celulasa, hemicelulasa y pectinasa, observándose el menor rendimiento a la temperatura de 60°C (19.25 ± 0.78 mg/g de hoja para esteviósido y 61.97 ± 2.88 mg/g de hoja para rebaudiósido “A”), sin embargo, dichos rendimientos son mayores a los blancos (Cuadros 2 y 3). Estos resultados concuerdan con los encontrados por Puri *et al.* (2012) debido que a los 50 °C existe una sinergia entre la mezcla enzimática y la posible degradación de la pared celular, logrando así rendimientos mayores que a temperaturas cercanas a los 60 °C. Se menciona que la pectinasa y celulasa tienen un descenso en el rendimiento sobrepasando los 60 °C, siendo similar al observado en este trabajo, esto es debido a la desnaturalización de la proteína y evidente inactivación de la misma, sin embargo, la hemicelulasa tiene su mayor rendimiento a los 60 °C. Para el caso de la concentración de enzima, el uso de 0.5 % de la mezcla de enzimas resultó la mejor ya que se obtuvieron los mejores rendimientos (68.40 ± 7.88 mg/g de hoja) en comparación por los observados con el uso de enzimas al 3 % (66.22 ± 2.65 mg/g de hoja). Esto es benéfico debido a que se puede obtener mayores concentraciones de glucósidos de esteviol con un menor gasto de enzimas.

Cuadro 2

Rendimiento de esteviósido por el método enzimático

Temperatura (°C)	Rendimiento (mg/g de hoja seca)		
	Blanco	0.50 %	3.00 %
50	$12.38 \pm 0.12_a$	$20.56 \pm 2.21_c$	$20.32 \pm 1.18_c$
55	$16.01 \pm 0.04_b$	$19.81 \pm 1.78_d$	$19.52 \pm 1.06_{d,f}$
60	$15.93 \pm 0.27_b$	$17.92 \pm 0.70_e$	$19.25 \pm 0.78_f$

Cuadro 3

Rendimiento de rebaudiósido A por el método enzimático

Temperatura (°C)	Rendimiento (mg/g de hoja seca)		
	Blanco	0.50 %	3.00 %
50	$43.15 \pm 0.10_a$	$68.40 \pm 7.88_c$	$67.77 \pm 3.41_c$
55	$53.59 \pm 0.15_b$	$68.32 \pm 5.29_c$	$66.22 \pm 2.65_e$
60	$53.14 \pm 0.19_b$	$61.97 \pm 2.88_d$	$65.03 \pm 2.10_f$

El método de cuantificación usado en el presente trabajo logró una adecuada separación de los glucósidos de interés, así como se observa en las figuras 1 y 2. De igual manera, se observó una linealidad en la cuantificación de estevósido y rebaudiósido A (Cuadro 4).

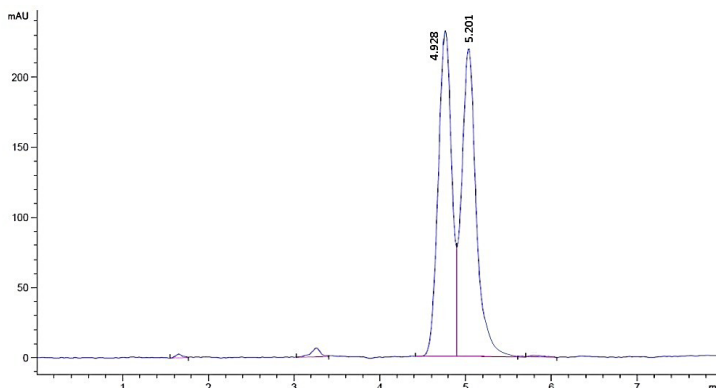


Figura 1. Cromatograma de la mezcla de estevósido (5.201 min; 2 mg/ml) y de rebaudiósido "a" (4.928 min; 2 mg/ml).

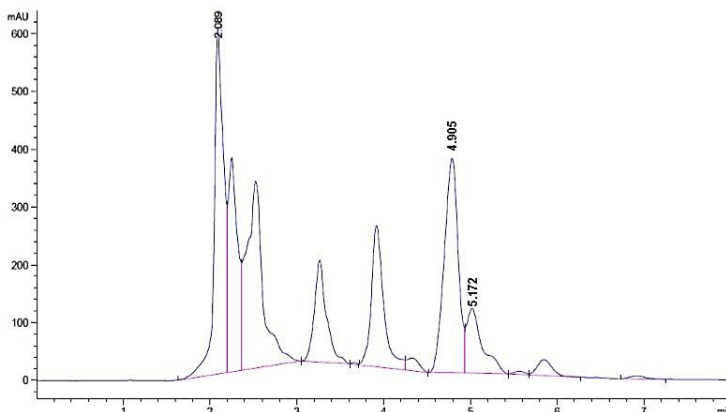


Figura 2. Cromatograma de extracción química convencional con sistema Soxhlet. Señal de estevósido a 5.172 min (0.98 mg/ml) y señal de rebaudiósido "A" a 4.90 5 min (3.40 mg/ml).

Cuadro 4

Condiciones del análisis por HPLC del esteviósido y rebaudiósido "A"

Compuesto	tiempo de retención (min)*	Pendiente**	Intersección del eje Y **	Coefficiente de correlación**
Esteviósido	5.194 ± 0.036	1399.2	+48.465	0.9996
Rebaudiósido "A"	4.915 ± 0.044	1225.2	+17.015	0.9985

CONCLUSIONES

- La extracción enzimática obtuvo el mayor rendimiento de glucósidos de esteviol en el presente estudio, al usar 0.5 % de la combinación de celulasa, hemicelulasa y pectinasa a una temperatura de 50 °C por un lapso de 60 minutos. Bajo las condiciones anteriores se logró un rendimiento de 13.9 % mayor al obtenido por el método convencional.
- El uso de ultrasonido a temperatura ambiente, con una frecuencia de 44 kHz y por un lapso de 60 minutos mostró un rendimiento de 10.4 % menor al método enzimático, pero 2.9 % mayor al método convencional.
- El método de extracción enzimática asistida por ultrasonido demostró tener menor rendimiento en comparación con el método convencional (4.9 %) y los no convencionales (17.1 %), debido a una posible inactivación enzimática a las condiciones expuestas en el presente estudio.
- La extracción de rebaudiósido "A" fue en promedio 77.4 % mayor en comparación con el esteviósido, esto observado en todos los métodos de extracción realizados en el presente estudio. Este fenómeno fue debido a la variedad de la planta (criolla) tanto como por el uso de metanol.
- La extracción del rebaudiósido A fue mayor a la del esteviósido debido a la variedad de planta utilizada, así como el uso de metanol para su extracción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos Instituto Politécnico Nacional y al Instituto Tecnológico de Orizaba el apoyo financiero otorgado para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Gasmalla M.A.A., Yang R., Musa A., Hua X., Faying Y. "Influence of sonication process parameters to the state of liquid concentration of extracted rebaudioside A from *Stevia rebaudiana* bertoni leaves". *Arabian Journal of Chemistry*, 2014 doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.06.012>.
- Liu J., Jin-Wei L., Tang J... "Ultrasonically assisted extraction of total carbohydrates from *Stevia rebaudiana* Bertoni and identification of extracts, short communication". *Food and bioproducts processing*, 88, 2010, pp. 215–221.
- Pol J., Ostra E.V., Karasek P., Roth M., Benesova K., Kotlarikova P., *et al.* "Comparison of two different solvents employed for pressurized fluid extraction of stevioside from *Stevia rebaudiana*: methanol versus water". *Anal. Bioanal. Chem.*, 388, 2007, pp. 1847–57.
- Puri M., Sharma D., Barrow A. C. J., Tiwary K. "Optimisation of novel method for the extraction of steviosides from *Stevia rebaudiana* leaves". *Food Chemistry*, 132, 2012, pp. 1113–1120.
- Puri, M., Sharma, D., Tiwary, A.K. 2012. Downstream processing of stevioside and its potential applications. *Biotechnology Advances*, 29, 781–791.
- Qian Z., Ming-Ming Z., Pei-Lin C., Yun-Ying C., Xiang-Ling T. "Optimization of Ultrasonic-Assisted Enzymatic Hydrolysis for the Extraction of Luteolin and Apigenin from Celery". *Journal of Food Science*, 76(5), 2011, pp. 680–685.
- Romaris-Hortas V., Bermejo-Barrera P., Moreda-Piñeiro A. "Ultrasound-assisted enzymatic hydrolysis for iodinated amino acid extraction from edible seaweed before reversed-phase high performance liquid chromatography–inductively coupled plasma-mass spectrometry". *Journal of Chromatography A*, 1309, 2013, pp. 33–40.
- Subhedar P. B., Gogate P. R. "Enhancing the activity of cellulase enzyme using ultrasonic irradiations". *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 101, 2014, pp. 108–114.
- Teo C. C., S. N. Tan, Hong Yong J. W., Hew C. S., Ong E. S. "Validation of green-solvent extraction combined with chromatographic chemical fingerprint to evaluate quality of *Stevia rebaudiana* Bertoni". *J. Sep. Sci.* 32, 2009, pp. 613 – 622.
- Genus, J.M.C. 2003. Molecules of Interest: Stevioside. *Phytochemistry*. 64, 913–921.
- Toma M., Vinatour M., Paniwnyk L., Mason T., J. "Investigation of the effects

-
- of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction". *Ultrasonics Sonochemistry*, 8, 2001, pp. 137-142.
- Vale G., Rial-Otero R., Mota A., Fonseca L., Capelo J.L. "Ultrasonic-assisted enzymatic digestion (USAED) for total elemental determination and elemental speciation: A tutorial". *Talanta*, 75, 2008, pp. 872–884.
- Wang J., Sun B., Liu Y., Zhang H. "Optimisation of ultrasound-assisted enzymatic extraction of arabinoxylan from wheat bran". *Food Chemistry*, 150, 2014, pp. 482–488.

DESARROLLO, EVALUACIÓN SENSORIAL Y VIDA DE ANAQUEL DE UNA MERMELADA ELABORADA CON HOJAS DE *Stevia rebaudiana* Bertoni

DEVELOPMENT, SENSORY EVALUATION AND SHELF LIFE OF JAM PRODUCED WITH *Stevia rebaudiana* Bertoni LEAVES

Moguel OYB^{1*}, Murguía OML¹, Cabrera ADL¹ y Ruiz RJC³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochoá. Km 25, antigua carretera Mérida-Motul. C.P. 97454. Mocochoá, Yucatán, México. ²Departamento de Ingeniería Química-Bioquímica, Instituto Tecnológico de Mérida, Av. Tecnológico Km 4.5 S/N, C.P. 97118. Mérida, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: moguel.yolanda@inifap.gob.mx

RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo desarrollar y evaluar una mermelada baja en calorías utilizando hojas de *S. rebaudiana* como edulcorante natural. Se utilizaron hojas molidas de stevia variedad Morita II para la formulación de una mermelada de fresa. A las hojas se les evaluó el contenido de humedad y la carga microbiana. Se probaron tres concentraciones de stevia; 0.3, 0.6 y 0.9 % las cuales se evaluaron sensorialmente para identificar el producto más aceptado. Al producto más aceptado se le realizó una prueba de aceptación con 80 jueces no entrenados utilizando una escala de 7 puntos que fué de “me disgusta mucho” (1) hasta “me gusta mucho” (7) y un punto intermedio “ni me gusta, ni me disgusta” (4). Se analizó la carga microbiana a la mermelada al inicio y mensualmente durante seis meses. Las hojas de stevia en polvo presentaron una humedad de 7.72 % y una carga microbiana dentro de rangos; no obstante, la carga de hongos y levaduras fueron elevados. La mejor formulación de la mermelada fue incorporando 0.6 % de stevia en polvo y tuvo una aceptación del 75.3 % de los jueces dentro de la categoría de “me gusta” y “me gusta mucho”. No se detectó presencia de mesófilos aeróbicos, hongos y levaduras y fue negativo a coliformes totales y Salmonella al inicio y a los 6 meses de almacenamiento. Se concluye que se elaboró una mermelada con stevia con un alto nivel de aceptación, que puede ser una alternativa para personas que no

pueden consumir elevadas concentraciones de azúcar o que deseen disminuir el consumo de calorías.

Palabras clave: *S. rebaudiana*, mermelada, evaluación sensorial, vida de anaquel

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), México es uno de los países en el mundo que cuenta con problemas de obesidad entre su población, ya que dos de cada tres mexicanos tienen sobrepeso, lo que hace que incremente la posibilidad de contraer diabetes u otras enfermedades como las incluidas en el Síndrome Metabólico. La Federación Mexicana de la Diabetes, indicó que en México existen 14 millones de diabéticos y 12.5 millones prediabéticos haciendo que el cuidado de la dieta sea una tarea importante. Debido a esto, es necesario encontrar alternativas de alimentación con bajo aporte de calorías, pero con una adecuada aceptación de dichos productos.

Actualmente la industria de los alimentos le ha prestado atención a la planta *Stevia rebaudiana* Bertoni por contener edulcorantes naturales no calóricos (glicósidos de esteviol) denominados “esteviósidos”. Esta propiedad hace a la estevia una alternativa para el desarrollo de nuevos productos alimenticios con bajo contenido calórico, con lo cual, se contribuiría a la disminución de la obesidad en la población y podría ser una opción para el consumo de personas con diabetes.

A pesar del gran potencial de la estevia como un cultivo alternativo en México, solo existe mercado para la hoja seca en la industria de extracción de edulcorantes. Existen incipientes esfuerzos para la formulación de productos alimenticios en los cuales se puedan utilizar las hojas de forma directa y aprovechar la presencia de otros componentes de la hoja como fibras, clorofila, etc., Los esteviósidos pueden emplearse para la elaboración de productos alimenticios como alimentos salados, bebidas refrescantes y lácteas, postres, frutas enlatadas, conservas, golosinas, dulces y gomas de mascar, edulcorantes de mesa y dentífricos, debido a que posee propiedades fisicoquímicas que permiten su uso. Entre dichas propiedades se puede mencionar que son resistentes al calor, poseen alta solubilidad en agua y en soluciones hidroalcohólicas y resisten diferentes pHs.

Debido a estos, el presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar y evaluar una mermelada baja en calorías utilizando hojas de *S. rebaudiana* como edulcorante natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la muestra. Se utilizaron hojas de *S. rebaudiana* variedad Morita II obtenidas de una plantación establecida en Tizimín, Yucatán. El manejo agronómico de las plantaciones donde se obtuvieron los materiales se realizó de acuerdo a lo descrito por Jaramillo *et al.*, (2011). Las muestras se obtuvieron al primer corte a una edad de siembra de 4 meses de establecidas, se secaron a la sombra, se molieron utilizando un molino Ciclotec hasta obtener un polvo y se guardaron en frascos de plástico alejados de sol y calor.

Evaluación de la calidad de las hojas. Antes de elaborar el producto alimenticio se evaluó la calidad de las hojas secas molidas. Se analizó la humedad (A.O.A.C., 1997), mesófilos aeróbicos (NOM-092-SSA-1-1994), hongos y levaduras (NOM-111-SSA-1-1994), bacterias coliformes (NOM-112-SSA1-1994) y salmonella (NOM-114-SSA1-1994).

Desarrollo de la mermelada. La mermelada se realizó sustituyendo la sacarosa por hojas de estevia molidas a diferentes concentraciones para asemejar el grado de dulzor proporcionado en una mermelada tradicional.

Se probaron diversas concentraciones de polvo de stevia (0.3, 0.6, 0.9%) en la formulación de la mermelada y se determinó la mejor con base a pruebas sensoriales realizadas entre un pequeño grupo de prueba (10 personas). Con dicha formulación se procedió a elaborar el producto en mayor volumen para posteriormente realizar una prueba de aceptación a través de una evaluación sensorial con consumidores.

Los ingredientes a utilizados fueron fresas frescas, agua purificada, ácido cítrico, colorante vegetal y pectina. Las mermeladas obtenidas se envasaron en frascos de vidrio y se almacenaron para su evaluación sensorial y vida de anaquel.

Evaluación sensorial. La evaluación sensorial es una herramienta importante para conocer la aceptación de algún producto. Las características sensoriales, juegan un papel importante para determinar las condiciones adecuadas de aceptación de un alimento, y son el reflejo de sus características microbiológicas, físicas y químicas (Hough y Fiszman, 2005).

La metodología que se empleó para evaluar sensorialmente la mermelada elaborada con hojas de stevia fue a través de un panel de 80 jueces no entrenados,

los cuales señalaron el nivel de agrado o desagrado por medio de una escala hedónica, estructurada con siete puntos. Esta escala contenía un punto intermedio (el 4) con la finalidad de proporcionarle a cada juez un punto de indiferencia en los productos en cuestión. Los puntos superiores al cuatro indicarán agrado; me gusta poco (5), me gusta (6) y me gusta mucho (7); los puntos inferiores de cuatro indicarán desagrado, me disgusta poco (3), me disgusta (2) y me disgusta mucho (1). A cada juez se le proporcionó el producto alimenticio formulado con las hojas de stevia con la cual emitieron su opinión.

Evaluación de la estabilidad y vida de anaquel del producto. La mermelada se almacenó a temperatura ambiente, en un lugar fresco y seco.

Para evaluar su estabilidad bajo las condiciones de almacenamiento se les realizaron al inicio y mensualmente los siguientes análisis; Cuenta microbiana total (NOM-092-SSA-1-1994), hongos y levaduras (NOM-111-SSA-1-1994) y bacterias coliformes (NOM-112-SSA1-1994).

Las pruebas de estabilidad se desarrollaron durante seis meses de almacenamiento a temperatura ambiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la calidad de las hojas. El contenido de mesófilos aeróbicos para el polvo de hojas de Morita II fue de 2.23×10^3 UFC/g y 1.67×10^3 de hongos y levaduras; sin embargo, debido a que aún no existe una norma para la *S. rebaudiana* en México, no es posible realizar una comparación exacta. Actualmente en el mercado internacional, los compradores para cristales de glucósidos establecieron requisitos de calidad, solicitando un máximo de 100 UFC/g de bacterias aeróbicas y 50 UFC/g de levaduras los cuales son inferiores a los obtenidos en las hojas de stevia en polvo.

Comparando los resultados encontrados de la stevia en polvo con los límites microbiológicos establecidos en la NOM-247-SSA1-2008 para harina de cereales (máximo; 50,000 UFC/g de mesófilos aeróbicos, 300 UFC/g de hongos y negativo a coliformes totales) se puede observar que se encuentran dentro de los límites, excepto el contenido de hongos. A pesar que las hojas alcanzaron una baja humedad (7.72 %), el prolongado tiempo de secado a la sombra pudo haber propiciado el crecimiento de hongos; sin embargo, el conteo de coliformes totales

fue menor de 3 UFC/g, y negativo a Salmonella, lo cual indica que existió un manejo higiénico adecuado.

Desarrollo de la mermelada. La formulación de la mermelada de fresa con el 0.3 % y 0.9 % de incorporación de stevia, presentaron una baja aceptación debido a que la primera formulación no presentó un sabor dulce y la segunda se percibió mucho el sabor a hoja de stevia.

La formulación de mayor aceptación entre el primer grupo de prueba, fue la formulación al 0.6 %. Con dicha formulación se procedió a realizar las pruebas de aceptación con el panel de jueces.

Evaluación sensorial. Dentro de la clasificación de agrado o desagrado, ningún juez indicó una calificación dentro del rango de “disgusto” (menor a 3), quedando todos los jueces hacia una tendencia de “aceptación” (Figura 1). El 75.3 % de los jueces aceptaron la mermelada e indicaron interés en su consumo.

El 40 % de los jueces fueron mujeres y 60 % hombres, con un rango de edad de 19 hasta 66 años y un promedio 41.6 años, no existiendo diferencias entre la aceptación por edades ni por género; sin embargo, se observó una tendencia hacia una mayor aceptación en personas mayores a 60 años (Figura 2), los cuales indicaron presentar problemas de salud como la diabetes, y se mostraron receptivos a nuevas opciones de productos alimenticios agradables sin contener elevadas concentraciones de azúcar.

Evaluación de la estabilidad y vida de anaquel del producto. La mermelada de fresa formulada con el 0.6 % de hojas de stevia en polvo, presentó una carga microbiana aceptable muy por debajo de los límites máximos permitidos en la normas mexicanas (Cuadro 1).

A pesar que stevia al inicio presentó un elevado contenido de hongos y levaduras, éstas fueron eliminadas durante el tratamiento termico realizado durante la elaboración de la mermelada.

Cuadro1

Cuenta microbiana en mermelada de fresa elaborada con 0.6% de hojas stevia en polvo

	Mermelada con stevia	NOM-130-SSA1-1995 Límite máximo permitido
Mesófilos aeróbicos (UFC/g)	No detectado	50 UFC/g
Hongos (UFC/g)	No detectado	Menos de 10 UFC/g
Coliformes Totales (UFC/g)	No detectado	Menos de 10 UFC/g

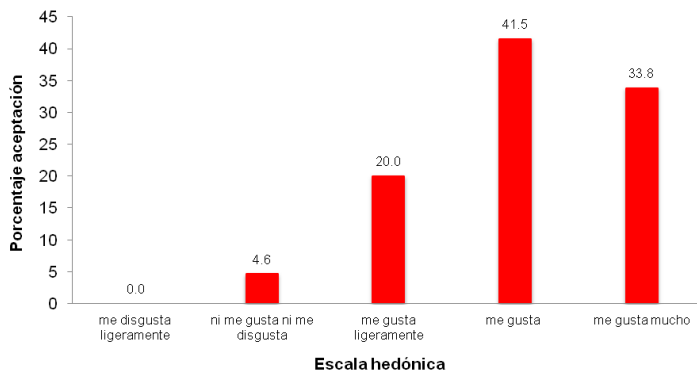


Figura 1. Aceptación de la mermelada de fresa elaborada con 0.6% de hojas stevia en polvo

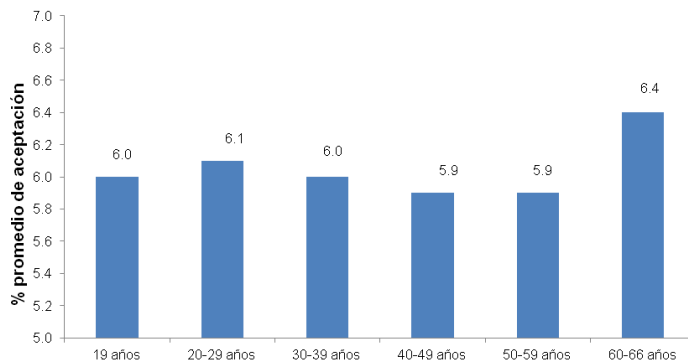


Figura 2. Aceptación de la mermelada de fresa elaborada con 0.6% de hojas stevia en polvo de acuerdo con el rango de edades de los jueces

Las pruebas de almacenamiento mostraron que a los 6 meses de elaborado, no existió un aumento en la carga microbiana, indicando efectividad del tratamiento térmico y una adecuada estabilidad y vida de anaquel en dicho período.

Estos resultados fueron similares a los obtenidos por De Paula y col., (2010) los cuales reportaron cuentas microbianas inferiores a 10 UFC/ml y 3 UFC/ml para mesófilos aeróbicos y coliforme y fecales respectivamente en una mermelada de guayaba elaborada con cristales de stevia.

CONCLUSIONES

Se formuló una mermelada de fresa con hojas de *S. rebaudiana* variedad Morita II la cual tuvo una elevada aceptación entre los consumidores, con adecuada carga microbiana, estabilidad y vida de anaquel de al menos 6 meses.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1997. Official Methods of analysis. Association of official analytical chemists, 15th ed. William Horwitz Editor. Washington, D. C. USA.
- De Paula D. Claudia, Mónica M. Simanca S., Yenís I. Pastrana P., Angela M. Carmona, Gilma P. Lombana G. (2010). CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DEL ESTEVIÓSIDO EN LA ELABORACIÓN DE MERMELEDA DE GUAYABA DULCE (*Psidium guajava* L.). Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Hough, G y Fiszman S. Estimación de la vida sensorial de los alimentos. Primera edición. Editorial Programa CYTED, España 2005. Pp:13-23.
- NOM-092-SSA1-1.994. Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-111-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana. Bienes Y Servicios. Método para la Cuenta de Mohos y Levaduras en Alimentos.
- NOM-112-SSA-1-1994. Norma Oficial Mexicana. Bienes Y Servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
- NOM-114-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la determinación de salmonella en alimentos.
- NOM-130-SSA1-1995. Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometido a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias.

NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

Ramírez, J.G., Avilés, B.W.I., Moguel, O.Y.B., Góngora, G.S.F., May, L.C. (2011). Estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), un cultivo con potencial productivo en México. CIRSE-INIFAP. Publicación Especial No.4-ISB

FORTIFICACION DE HOTCAKES A PARTIR DE HARINA COMESTIBLE DE JATROPHA CURCAS L.

FORTIFICATION OF HOTCAKES A PARTIR OF FLOUR EDIBLE OF JATROPHA CURCAS L.

Martínez HJ^{1*}, Argüello GE² y Sánchez SO³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas. Huimanguillo, Tabasco C.P. 86400. ² Universidad Popular de la Chontalpa. Km 2 Carretera Cárdenas-Huimanguillo Ranchería Paso y Playa. Cárdenas, Tabasco. C.P. 86500.

³ Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO-UV) Ex-Hacienda Lucas Martín Priv. Araucarias s/n, Col. Periodistas. Xalapa, Veracruz. C.P. 91019.

Autor para correspondencia: martinez.jorge@inifap.gob.mx*

RESUMEN

El piñón mexicano comestible (*Jatropha curcas* L.), originario de México posee alto contenido de lípidos (45-48%) y proteína (18-30 %). La harina desgrasada alcanza hasta un 55-60 % de proteína. Además, destaca su perfil de aminoácidos azufrados (metionina y cisteína). En la harina se reporta digestibilidad “*in vitro*” superior al 85 %, y su uso en la alimentación humana de forma tradicional ha sido demostrado, por los pobladores de la región del Totonacapan. La harina de piñón resulta una fuente promisoría de proteína en la fortificación de diversos productos alimenticios elaborados a partir de trigo y maíz. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la adición de harina de *J. curcas* a diferentes porcentajes (5, 10 15 y 20 %) en la elaboración de hotcakes. La harina entera y desgrasada de piñón presentaron valores nutricionales de humedad 4.5 y 6.8 %, proteína 23.5 y 54.0 %, lípidos 52.52 y 1.56 %, cenizas 5.29 y 11.4 %. El contenido proteico de la muestra de hotcakes testigo fue 8.4 %, el cual se incrementó hasta un 16.5 % en la harina fortificada con piñón al 20 %. El análisis microbiológico a la harina desgrasada registro que la cuenta de mesofílicos aerobios fue de 7100 UFC/g, hongos 200 UFC/g y levaduras 20 UFC/g (valor estimado); estos valores estuvieron por debajo de los reportados para la norma oficial mexicana para harinas de trigo y maíz. Finalmente, se determinó

contenido de plomo y cadmio siendo no detectados en harina. Por ello, la harina de piñón comestible, tiene un potencial para la fortificación de alimentos industrializados a nivel nacional y en otros países. No obstante se deberá de realizarse un análisis cromatográfico para la detección de los esteres de forbol, reportados en semillas tóxicas.

Palabras clave: *Jatropha curcas*, harina, Hotcakes, fortificación

INTRODUCCIÓN

La planta de *J. curcas* pertenece a la familia de las Euphorbiaceae, originaria de México y Centroamérica, en altitudes de 0 a 1700 msnm, y precipitaciones promedio de 300-2500 mm, y sus características agronómicas como resistencia a suelos pobres y arenosos y desarrollo en climas tropicales y semi-tropicales. En México se encuentra en forma silvestre en más de 17 estados, entre ellos, Veracruz, Morelos, Puebla, Hidalgo, Tamaulipas, Tabasco, Chiapas, Yucatán, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Campeche, Sonora, etc. En algunos de ellos se han identificado genotipos tóxicos y no tóxicos. La planta de *J. curcas* L., es conocida con diferentes nombres de acuerdo al lugar o región de México como: piñón, piñón de cerro, piñoncillo, Aixte (Náhuatl) Xuta o chote (totonaco), Sikil Té (Maya), Scu-Lu'ú, etc (Martínez et al., 2010).

Como anteriormente se mencionó, solo en México, existen 2 ecotipos, los denominados tóxicos debido a su alto contenido de esteres de forbol, los cuáles son compuestos co-carcinogénicos, que atacan el sistema nervioso central y provocan la muerte en animales y en humanos (Wink et al., 1997) y los no tóxicos cuyo contenido de ésteres de forbol son bajos o nulos; ambos ecotipos poseen compuestos no nutricionales como inhibidores de tripsina, lectinas, fitatos, saponinas, taninos. Además, las semillas de *J. curcas* son una buena fuente de aceite, que puede ser utilizado como sustituto del diesel, gracias a sus propiedades físico-químicas. Es evidente que la harina de *J. curcas* desgrasada al someterla a un proceso de cocción, los compuestos no nutricionales como inhibidores de tripsina y lectinas son parcialmente o totalmente eliminados y no causan daño en el producto a elaborar (Martínez et al., 2006 y 2010).

La composición química de las semillas, de la harina, y la calidad nutricional de *J. curcas* comestibles ha sido reportados y comparada con semillas tóxicas (Martínez-Herrera et al., 2006, 2010). El contenido de aceite en semillas y la composición de ácidos grasos son similares tanto en semillas comestibles como no comestibles, no obstante, de acuerdo a las condiciones agroclimáticas de la región de donde provengan los genotipos, suele presentarse en mayor porcentaje el ácido oleico que el linoleico y en otras regiones, el comportamiento es inverso; así mismo la composición química de la harina de ambas semillas no son muy diferentes. La composición de aminoácidos tampoco son distintos entre semillas tóxicas y no tóxicas, y los niveles de aminoácidos esenciales excepto lisina, fueron superiores al patrón de referencia FAO/WHO y comparable a la harina de soya. Un producto resultante de la extracción de aceite es la pasta residual que se caracteriza por su alto contenido de proteína, cuando se prensa la semilla con todo y testa puede tener de 38-48 % de proteína con un 10 % de aceite residual y cuando se extrae con disolventes orgánicos como hexano la almendra, alcanza valores superiores al 55 % de proteína. También se hay reportes referente a la relación de eficiencia proteica (REP) de harinas de piñón suplementadas con lisina de 1.77 en ratas Winstar, el cual fue mayor que el reportado para soya (1.4), por lo tanto se puede considerar que la harina desgrasada no tóxica es de alta calidad como ingredientes en nutrición animal y peces (Martínez *et al.*, 2012; Richter, 2012).

Del conocimiento empírico del uso de la semilla del piñón comestible por los pobladores de la región de Papantla y Sierra Nororiental de Puebla en la elaboración de platillo tradicionales, dieron la pauta para la utilización de la harina desgrasada en la elaboración de diversos productos industriales, además por su alto contenido proteico para la fortificación de alimentos carentes de proteína derivados de trigo y maíz; por ello la implementación de harina de piñón desgrasada con harina de trigo para la preparación de panes, galletas, Hotcakes, pasteles, panques, pizzas, etc., así como con harina de maíz para elaboración de tortillas es permisible (Martínez et. al, 2013). La fortificación de los alimentos, es una alternativa que contribuye a mejorar el contenido nutricional, por medio del agregado de nutrientes, tales como vitaminas, minerales y aminoácidos (u otros suplementos proteínicos), mediante el aprovechamiento de diversas fuentes naturales (Figuroa *et al.*, 2001). Es por ello que el uso promisorio de la pasta residual para alimentación de peces, aves, ganado e incluso humana se hace posible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta y acondicionamiento de materia prima

La semilla de piñón fue recolectada en el mes de agosto, 2013 en Papantla, Veracruz. Ésta, se descascaró manualmente, la almendra resultante se molió en un molino Cyclotec, y se procedió a desgrasar durante 16 h, con hexano en un equipo Soxhlet. El exceso de hexano se eliminó a temperatura ambiente en campana de extracción durante 12 h. Después se realizaron las mezclas de harinas a 0, 5, 10, 15 y 20 % con harina de trigo. Se procedió a elaborar los hotcakes de forma tradicional.

Análisis químico proximal

Se determinó el contenido de humedad, cenizas, fibra, lípidos y proteína a la harina entera, desgrasada y hotcakes, de acuerdo a los métodos de la AOAC (1995). Se realizó el análisis químico proximal a cada concentración.

Análisis Microbiológico en la harina desgrasada

Se determinó mesofílicos totales, hongos y levaduras de acuerdo a las siguientes normas:

Cuenta de mesofílicos aerobios: Este ensayo se realizó en agar para cuenta estándar incubados por 48 h a 35 °C, de acuerdo con NOM-092-SSA1-1994.

Hongos y levaduras: Los ensayos de hongos y levaduras se realizaron en agar papa dextrosa acidificación, incubados a 25 °C ± 1 °C durante 5 días, según lo indicado en NOM-111-SSA1-1994.

Así mismo, se determinó contenido de plomo y cadmio por el método espectrofotométrico de absorción atómica, como lo señala la NOM-247-SSA-1-2008.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de la harina

Se realizó un análisis del rendimiento, donde se obtuvo que de un kilogramo de harina entera de *J. curcas*, el 57.17 % es aceite y el 42.83 % es harina desgrasada, también conocida como “press cake” o pasta residual.

Se requiere de 1.64 kg de semilla entera para obtener 1 kg de harina entera; y se necesita de 2.33 kg de harina entera para obtener 1 kg de harina desgrasada, la cual puede ser utilizada en el proceso de fortificación de diferentes productos alimenticios (Figura 1). Estos valores, pueden variar indudablemente dependiendo a la procedencia de la semilla, la cual presenta diferentes porcentajes de testa y almendra, la semilla de Papantla, mostró un 39.1 % de testa y 60.9 % de almendra, valores altos comparados con otras semillas mexicanas de diferentes estados (Martínez *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2006)



Figura 1. Harina entera (izquierda) y desgrasada de *J. curcas* (derecha)

Composición química nutricional

En el cuadro 1, se muestran los valores de la composición química de la harina entera y desgrasada de *J. curcas*, resaltando el alto contenido proteico en la harina sin aceite, superando incluso a oleaginosas como la soya.

Cuadro 1

Composición química de la harina entera y desgrasada de J. curcas comestible

	Harina entera	Harina desgrasada
Humedad (%)	4.5	6.8
Cenizas (%)	5.2	11.4
Proteína (%)	23.5	54.0
Lípidos (%)	52.5	1.56

Se elaboraron Hotcakes mezclando harina de *J. curcas* desgrasada a concentraciones de 5, 10, 15 y 20 %, en el cuadro 2, se muestran la composición proximal en las diferentes mezclas harinas de Hotcakes + harina de piñón. Donde se aprecia que el contenido proteico inicial del testigo de 8.45 % incrementó a 16.49 %, cuando se añadió hasta un 20 % de harina de piñón.

Cuadro 2

Composición química proximal de mezclas de harina de Hotcakes con J. curcas

	Humedad (%)	Cenizas (%)	Lípidos (%)	Proteína (%)
Hotcakes Testigo	0.580± 0.21	1.57± 0.26	0.3±0.28	8.45±0.07
5%	0.8 ± 0.13	1.87± 0.03	0.0±0.0	9.95±0.14
10%	1.10 ± 0.11	1.96± 0.06	0.13±0.03	11.57±0.1
15%	0.94 ± 0.03	2.24± 0.03	0.2±0.18	13.25±0.035
20%	1.25 ± 0.05	2.54± 0.46	0.1±0.01	16.49±0.04

*Promedio de 3 repeticiones

Actualmente se tienen los resultados reológicos de las masas de *J curcas* para su uso en la elaboración de productos de panificación (datos no mostrados), incluso tortillas, dándole una amplia perspectiva de uso, no obstante que se ha certificado que la harina de piñón no contenga ésteres de forbol mediante cromatografía de líquidos acoplada a masas, hay cierta renuencia en la utilización a gran escala de la harina para alimentación humana por la posible presencia de los ésteres de forbol, sin embargo, no hay estudios científicos contundentes que puedan demostrar que puede existir una acumulación en el cuerpo humano, por el consumo prolongado de los diferentes alimentos a base de piñón, lo que abre otra línea de investigación.

En el cuadro 3, se presentan los resultados de los análisis microbiológicos a la harina desgrasada de *J. curcas* comparada con otras harinas de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, donde se aprecia claramente que la harina de piñón, está por debajo en la cuenta de mesofílicos aerobios de cualquiera de las harinas de trigo, maíz, arroz, avena, etc. Incluso la cuenta de hongos se observa por debajo de trigo y maíz, similares a los valores de harina de centeno, cebada, y arroz. Estas determinaciones son muy importantes efectuarlas, dado que se pretende utilizar la harina de piñón para consumo humano y se deberá de garantizar la inocuidad de la misma y de los productos a obtener, dado que es una harina no convencional, que hasta el momento no se había considerado para consumo humano, tampoco existe una norma oficial mexicana de la misma.

Cuadro 3

Análisis microbiológico a la harina de J. curcas desgrasada comparado con otras fuentes de harina de acuerdo a la norma oficial mexicana

	Mesofílicos aerobios UFC/g	Coliformes Totales UFC/g	Hongos UFC/g
Harina de trigo, sémolas o semolinas	50,000	NA	300
Harina de Jatropha desgrasada	7,100	NA	200
Harina de maíz	100,000	100	1000
Harina de maíz nixtamalizada	50,000	100	1000
Harina de centeno	100,000	100	200
Harina de cebada	100,000	100	200
Harina de avena	50,000	50	100
Harina de arroz	100,000	100	200
Harinas integrales	500,000	500	500

UFC = unidades formadoras de colonias, NA = No Aplica.

Finalmente, también se determinó contenido de plomo y cadmio, para verificar que no existiesen estos metales en la harina de piñón, los cuales no fueron detectados. Lo que indica que además de ser una excelente fuente nutricional también presenta calidad sanitaria.

CONCLUSIONES

Es importante mencionar que se debe garantizar la inocuidad de la harina de piñón, dado a la presencia de ésteres de forbol que existen en semilla tóxicas y que un error en mezclar ambas semillas pudieran ocasionar un grave problema toxicológico, por ello solo se recomienda las semillas que han sido plenamente identificadas de ciertos cultivares y procedencias para evitar este tipo problema. Aunque se ha reportado que la semilla comestible pudiera también contener ciertas trazas de estos alcaloides, no hay estudios científicos contundentes que puedan demostrar que puede existir una acumulación en el cuerpo humano, por el consumo prolongado de los diferentes alimentos a base piñón, lo que abre otra línea de investigación que habrá que continuar.

En base a los resultados obtenidos y a la falta de alimentos con alto valor proteico, se propone el uso de semilla comestible y harina de *J. curcas* para la elaboración de hotcakes y diversos alimentos para consumo humano.

LITERATURA CITADA

- AOAC. (1995). Official Methods of Analysis (15 th edn), Association of Official Analytical Chemist, Arlington, VA, USA.
- Figuroa C J D, Acero G Ma. G, Vasco M N L, Lozano G A, Flores A L M, Gonzáles H J (2001). Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 51(3), pp. 293-302.
- Martínez Herrera, j., Martínez Ayala, A.L. Makkar H., Francis G., Becker K. 2010. Agroclimatic Conditions, Chemical and Nutritional Characterization of Different Provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. European Journal of Scientific Research, Vol.39 No.3 (2010), pp.396-407.
- Martínez, Herrera J., Sidduraju, P. Francis, G. Becker, K. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico Food Chemistry 96, 80–89.
- Martínez-Herrera J., Jiménez-Martínez C., Martínez-Ayala A.L., Mora-Escobedo R., Dávila-Ortiz G., Makkar H., Francis, G., Becker, K. (2012). "Evaluation of the nutritional quality of nontoxic kernel flour from *Jatropha Curcas* L. in rats". *Journal of Food Quality*, 35, pp. 152-158.

-
- Martínez-Herrera J., Jiménez-Martínez C., Güemes-Vera N. (2013). “Use of *Jatropha Curcas L.* (non toxic variety) as traditional food and generation of new products in Mexico”, in *Jatropha, Challenges for a New Energy Crop*. Editors N. Carels, M. Sujatha. B. Bahadur, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, pp. 333-341.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
- Richter, N., 2012. Evaluation of suitability of non-toxic and detoxified *Jatropha curcas L.* meal as feed for fingerling common carp, *Cyprinus carpio L.*: with reference to phytase application. Ph.D. Thesis, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany
- Wink, M., Koschmieder, C., Sauerweien, M., Sporer, F., 1997. Phorbol esters of *J. curcas* biological activities and potential applications. In: Gubitza, G.M., Mittelbach, M., Trabi (Eds.), *Biofuel and industrial products from Jatropha curcas*. DBV, Graz, pp. 160–166.

Créditos Editoriales

COORDINACIÓN GENERAL

Jorge Martínez Herrera

EDICIÓN Y FORMACIÓN

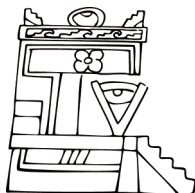
Jorge Martínez Herrera
Rutilo López López
Manuel Barrón Arredondo
Miguel Angel Ramírez Guillermo
Alfonso Azpeitia Morales
Felipe Mirafuentes Hernández
Lorenzo Granados Zurita
Dante Sumano López
Gliselda Calles Sánchez

COMPILACION

Jorge Martínez Herrera
Rutilo López López
Manuel Barrón Arredondo
Bertha Mejía Jauregui

DISEÑO

Bertha Mejía Jauregui
Gliselda Calles Sánchez



**Difusión y Divulgación
Científica y Tecnológica**

José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Wilfrido Contreras Sánchez
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Andrés González García
Director de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica

Francisco Morales Hoil
Jefe del Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas

Esta obra se terminó de editar el 02 de diciembre de 2015, en la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en el Km.25 de la Carretera Villahermosa-Teapa. El cuidado estuvo a cargo de los autores y editores consignados.