

AGRO
PRODUCTIVIDAD

AP

 **ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS**
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Riqueza agronómica en
colectas mexicanas de
tomates nativos
(*Solanum lycopersicum* L.)

pág. 68

Año 9 • Volumen 9 • Número 12 • diciembre, 2016

ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA <i>in vitro</i> DEL EXTRACTO ACUOSO Y ALCALOIDEO DE <i>Lupinus</i> spp. SOBRE <i>Moniliophthora roreri</i>	3
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ABONOS ORGÁNICOS ENRIQUECIDO CON GUANO DE MURCIÉLAGO	10
COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE <i>Theobroma cacao</i> L. EN PLANTACIONES CON RECONVERSIÓN ORGÁNICA EN TABASCO, MÉXICO	16
DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE UN MÓDULO ORGANOPÓNICO	22
EFFECTO DEL ENCALADO EN LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO EN UN SISTEMA AGROFORESTAL	28
EFICIENCIA DE TRES DISEÑOS DE TRAMPA PARA LA CAPTURA DE <i>Opsiphanes cassina fabricii</i> (Boisduval) EN <i>Elaeis guineensis</i> Jacq, COMO ALTERNATIVA ORGÁNICA	34
y más artículos de interés...	

PRECIO AL PÚBLICO \$75.00 PESOS

Estructura

Agroproductividad es una revista de divulgación científica y tecnológica, auspiciada por el Colegio de Postgraduados de forma mensual para entregar los resultados obtenidos por los investigadores en ciencias agrícolas y afines. En ella se publica información original y relevante para el desarrollo agropecuario, social y otras disciplinas relacionadas, en formato de artículo, nota o ensayo. Las contribuciones son arbitradas y la publicación final se hace en idioma español. La contribución debe tener una extensión máxima de 15 cuartillas, incluyendo las ilustraciones. Deberá estar escrita en Word a doble espacio empleando el tipo Arial a 12 puntos y márgenes de 2.5 cm. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las ilustraciones serán de calidad suficiente para su impresión en offset a colores, y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW.

La estructura de la contribución será la siguiente:

1) Artículos: una estructura clásica definida por los capítulos: Introducción, Resumen, abstract, objetivos, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Literatura Citada; 2) Notas, Ensayos y Relatorías: deben tener una secuencia lógica de las ideas, exponiendo claramente las técnicas o metodologías que se transmiten o proponen.

Formato

Título. Debe ser breve y reflejar claramente el contenido. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en *itálicas*.

Autor o Autores. Se escribirán él o los nombres completos, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Al pie de la primera página se indicará el nombre de la institución a la que pertenece el autor y la dirección oficial, incluyendo el correo electrónico.

Cuadros. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro.

Figuras. Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Las fotografías deben ser de preferencia a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW.

Unidades. Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Citas libros y Revistas:

- Bozzola J. J., Russell L. D. 1992. Electron Microscopy: Principles and Techniques for Biologists. Ed. Jones and Bartlett. Boston. 542 p.
- Calvo P., Avilés P. 2013. A new potential nano-oncological therapy based on polyamino acid nanocapsules. *Journal of Controlled Release* 169: 10-16.
- Gardea-Torresdey J. L., Peralta-Videa J. R., Rosa G., Parsons J. G. 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordination Chemistry Reviews* 249: 1797-1810.

Agro productividad. Año 9, Volumen 9, número 12, diciembre 2016, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-022412450500-102. ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Impresa en México por LIBROS EN DEMANDA, S. DE R. L. DE C. V. Calle 3 No. 1000, Zona Industrial, Guadalajara, Jalisco, México. CP. 44940. Este número se terminó de imprimir el 31 de diciembre de 2016 con un tiraje de 3000 ejemplares.



Contenido

3	ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA <i>in vitro</i> DEL EXTRACTO ACUOSO Y ALCALOIDEO DE <i>Lupinus</i> spp. SOBRE <i>Moniliophthora roreri</i>
10	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ABONOS ORGÁNICOS ENRIQUECIDO CON GUANO DE MURCIÉLAGO
16	COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE <i>Theobroma cacao</i> L. EN PLANTACIONES CON RECONVERSIÓN ORGÁNICA EN TABASCO, MÉXICO
22	DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE UN MÓDULO ORGANOPÓNICO
28	EFEECTO DEL ENCALADO EN LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO EN UN SISTEMA AGROFORESTAL
34	EFICIENCIA DE TRES DISEÑOS DE TRAMPA PARA LA CAPTURA DE <i>Opsiphanes cassina fabricii</i> (Boisduval) EN <i>Elaeis guineensis</i> Jacq, COMO ALTERNATIVA ORGÁNICA
39	NUTRICIÓN ORGÁNICA EN PLANTACIONES DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) EN TABASCO, MÉXICO
45	LA CERTIFICACION ECOLÓGICA; UNA DUALIDAD AGRICOLA: Mejorar la prosperidad del agricultor y medio ambiente
51	MANEJO ORGÁNICO DE HORTALIZAS EN TENOSIQUE, TABASCO, MÉXICO
57	MÉTODOS NO NORMALIZADOS PARA CARACTERIZACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS
63	ESCUELA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE CACAO CRIOLLO (<i>Theobroma cacao</i> L. var. Carmelo), EN TABASCO, MÉXICO.
68	RIQUEZA AGRONÓMICA EN COLECTAS MEXICANAS DE TOMATES (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) NATIVOS
76	POTENCIAL PRODUCTIVO DE <i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni, BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN MÉXICO
82	UNA APROXIMACIÓN DIALÉCTICA A LOS AGROECOSISTEMAS
87	DESARROLLO DE CARTOGRAFÍA BASE PARA UNA MICROREGIÓN DE ATENCIÓN PRIORITARIA

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Alejandro Rojas Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:

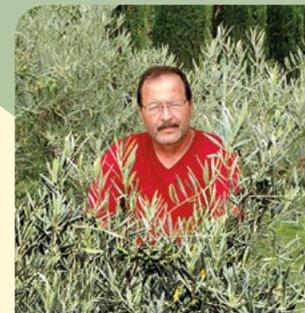
Guerrero 9, esquina Avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.

Teléfono: 01 (595) 928 4703 jocadena@colpos.mx; jocadena@gmail.com

Impresión 3000 ejemplares.

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

Directorio

Said Infante Gil
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro[†]
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez
Director de Agroproductividad

Comité Técnico-Científico

Colegio de Postgraduados—Montecillo
Ma. de Lourdes de la Isla
Dr. Ing. Agr. Catedrática Aereopollución

Ángel Lagunes T.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Entomología

Enrique Palacios V.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Hidrociencias

Colegio de Postgraduados—Córdoba
Fernando Carlos Gómez Merino
Dr. Ing. Agr. Biotecnología

Colegio de Postgraduados—San Luis Potosí
Fernando Clemente Sánchez
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

Luis Antonio Tarango Arámbula
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

Instituto de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Pedro Cadena I.
Dr. Ing. Agr. Transferencia de Tecnología

Carlos Mallen Rivera
M. C. Director de Promoción y Divulgación

Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura
Victor Villalobos A.
Dr. Ing. Agr. Biotecnología

Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura
(Guatemala)
Manuel David Sánchez Hermosillo
Dr. Ing. Agr. Nutrición Animal y manejo de Pastizales

Servicio Nacional de Inspección y
Certificación de Semillas
(SNICS-SAGARPA)
Manuel R. Villa Issa
Dr. Ing. Agr. Economía Agrícola.
Director General

Editorial

Volumen 9 • Número 12 • diciembre, 2016.

La producción de alimentos para familias en áreas rurales es una lucha constante, se realiza diariamente. En el ámbito rural de México, habitan cerca de 26 millones de personas, y cerca de 35% de ese número, están en extrema pobreza. Hoy presentamos algunos resultados de investigación que abonan en alternativas para la producción de alimentos con técnicas sencillas, con recursos locales y en los sitios donde se requieren, esperando contribuir con esta lucha de alimentar a las familias. Dentro de su plan de mejoras, Agroproductividad ha establecido para el año 2017, insertar el DOI: Digital Object Identifier system, por sus siglas en inglés, a las contribuciones seleccionadas para su publicación. También realizará un ajuste a 80 páginas por número impreso, debido a contracciones presupuestales, sin embargo, esperamos continuar con el número de entre 100 a 104 páginas en el formato electrónico, con el fin de que los ajustes financieros del país impacten en menor medida la divulgación científica y tecnológica. Apelamos a su comprensión.

ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA *in vitro* DEL EXTRACTO ACUOSO Y ALCALOIDEO DE *Lupinus* spp. SOBRE *Moniliophthora roreri*

In vitro ANTIFUNGAL ACTIVITY OF THE AQUEOUS AND ALKALOID EXTRACT OF *Lupinus* spp. ON *Moniliophthora roreri*

De la Cruz-Ricardez, D.¹; Lagunes-Espinoza, L.C.²; Ortiz-García, C.F.^{2*}; Pablo-Pérez, M.¹

¹Instituto Tecnológico de Huimanguillo. Carretera del Golfo Malpaso - El Bellote Km. 98.1, Ranchería Libertad. 86400 Huimanguillo, Tabasco. ²Posgrado en Producción Agroalimentaria en el Trópico. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, LGAC-2: Sistemas Sustentables de Producción Agrícola y Pecuaria. Periférico Carlos A. Molinas s/n, 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: cfortiz@colpos.mx

RESUMEN

Se realizó una evaluación de la actividad antifúngica *in vitro* de extractos acuoso y alcaloideo de semillas, hojas y tallos de *L. campestris* (*Lc*) y *L. montanus* (*Lm*) sobre la inhibición del crecimiento micelial y esporulación de *M. roreri*. El menor crecimiento micelial ($p \leq 0.05$) de *M. roreri* fue registrado al 25% del extracto acuoso de semillas de *Lm*. De forma similar los extractos alcaloideo totales de semillas y hojas más tallos de *Lc* y *Lm* inhibieron el crecimiento micelial de *M. roreri*, registrando una inhibición total en todas las concentraciones hasta seis días de evaluación, después de los cuales el crecimiento del hongo se activó, pero sin alcanzar al del testigo. La esporulación sólo fue afectada por el extracto de alcaloides de semillas. La concentración de 10 mg mL⁻¹ presentó la mayor inhibición de la esporulación (83.6%) en semillas de *Lm*. Los niveles de inhibición del crecimiento micelial con extractos de semillas de *Lm* fueron de 84.8% a 93.6% (acuoso) y 73.4% a 85.2% (alcaloideo); y los extractos de alcaloides de hojas más tallos de *Lm* fue de 61.3% a 79.7% y para *Lc*, 57.9% a 72.1%.

Palabras claves: Moniliasis, crecimiento micelial, alcaloides, esporulación, cacao.

ABSTRACT

An evaluation of the *in vitro* antifungal activity of aqueous and alkaloid extracts of seeds, leaves and stems of *L. campestris* (*Lc*) and *L. montanus* (*Lm*) on the inhibition of the mycelial growth and sporulation of *M. roreri* was performed. The lower mycelial growth ($p \leq 0.05$) of *M. roreri* was recorded at 25 % of the aqueous extract of *Lm* seeds. Similarly, the total alkaloid extracts from seeds and leaves plus stems of *Lc* and *Lm* inhibited the mycelial growth of *M. roreri*, showing a total inhibition in all the concentrations up to six days of evaluation, after which the fungus growth was activated, although without reaching the control. Sporulation was only affected by the extract of alkaloids from seeds. The concentration of 10 mg mL⁻¹ presented the highest sporulation inhibition (83.6 %) in *Lm* seeds. The levels of inhibition of mycelial growth with *Lm* seed extracts were 84.8 % to 93.6 % (aqueous) and 73.4% to 85.2% (alkaloid); and the extracts of alkaloids from *Lm* leaves plus stems were 61.3% to 79.7%, and for *Lc*, 57.9% to 72.1%.

Keywords: Moniliasis, mycelial growth, alkaloids, sporulation, cacao

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016. pp: 3-9.

Recibido: julio, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.



INTRODUCCIÓN

El control intensivo de plagas y enfermedades en la agricultura convencional es basado en pesticidas cuyo efecto acumulativo es negativo para los sistemas agrícolas. El uso de estos pesticidas no es aceptado en la agricultura orgánica y son reemplazados con productos o compuestos químicos altamente solubles que ocurren naturalmente en las compostas o en plantas de la familia Fabaceae (IFOAM, 2009). La mayoría de las especies que conforman esta familia son fuente de metabolitos secundarios, que extraídos y administrados en forma adecuada producen un efecto curativo en el manejo de insectos-plagas y microorganismos fitopatógenos (López-Báez *et al.*, 2009; Lozada *et al.*, 2012). Estos metabolitos secundarios presentan diversidad en estructuras químicas lo que resulta en acciones biológicas específicas, las que pueden ser aprovechadas para el diseño de productos químico-biológicos que tienen el potencial de reducir las pérdidas de cultivos al controlar los fitopatógenos. Además, de que se degradan fácilmente, son de bajo costo, y pueden adaptarse al manejo integrado para una agricultura orgánica y sustentable (Gurjar *et al.*, 2012). Entre los metabolitos secundarios con acción fúngica y farmacológica presentes en fabáceas, específicamente en el género *Lupinus* L., son los alcaloides quinolizidínicos que funcionan como mecanismos de defensa contra depredadores y agentes patógenos (Muzquiz *et al.*, 1993). Extractos de especies de *Lupinus* L., que contienen lupanina, 13-hidroxilupanina, multiflorina, angustifolina y esparteína han demostrado tener acción biofungicida contra microorganismos patógenos (Ruiz-López *et al.*, 2010). El extracto alcaloideo de semillas de *L. mexicanus* inhibe el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* (Zamora-Nátera *et al.*, 2008) y el de *L. exaltatus* el de *Sclerotium rolfsii*, *Alternaria solani* y *R. solani* (Zamora-Nátera *et al.*, 2005). *Moniliophthora roreri* es un hongo que ataca al cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) en América latina, y causa la enfermedad Moniliasis, la cual ocasiona daños en frutos de cacao como deformaciones y manchas color café ("chocolate") en cualquier etapa de desarrollo, lo que tiene un alto impacto económico que degenera en el abandono del cultivo, o su reemplazo (Avendaño *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2015). El manejo de la Moniliasis está basado en podas, remoción de frutos enfermos y aplicación intensiva de fungicidas para evitar la diseminación del hongo, sin embargo, la baja capacitación de productores y los costos de la implementación de éste conjunto de prácticas

hacen difícil su estandarización, por lo que no se logra el control eficiente de la enfermedad. Aunado a ello, los resultados del uso de fungicidas son inconsistente de un año a otro, su aplicación no controlada puede tener un efecto ambiental negativo, y si el productor decidiera producir cacao orgánico, no podría usar estos productos. Por ello, es necesario la búsqueda de alternativas sustentables para el manejo de la Moniliasis del cacao y el uso de extracto de plantas con antecedentes de actividad fungicida (Pablo-Pérez *et al.*, 2015). Con base en lo anterior, se evaluó la actividad fungicida *in vitro* de los extractos acuoso y alcaloideos de semillas, hojas y tallos de *L. campestris* y *L. montanus* sobre la inhibición del crecimiento micelial y esporulación de *M. roreri*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Semillas y material vegetativo de *L. campestris* y *L. montanus* fueron proporcionados por el Laboratorio de Fisiología Vegetal del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Estas especies crecen en los ecosistemas agrícolas y forestales de los municipios de Chalchicomula de Sesma y Tlachichuca en la región de los Valles del Serdán, Puebla (18° 48' 30" y 19° 16' 30" N, y 97° 18' 10" y 97° 35' 20" O), a una altitud de 1800 a 3600 m (Lagunes-Espinoza *et al.*, 2012) bajo un clima templado subhúmedo, con una temperatura media de entre 12 a 18 °C y precipitación media anual de 400 a 600 mm.

La obtención del extracto acuoso fue a través de semillas de *L. montanus* usando 15 g de semillas las cuales se desinfectaron con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 1% durante 15 min con seis lavados con agua destilada estéril. A las semillas desinfectadas se les agregaron 200 mL de agua destilada, se dejaron reposar por 12 h, y se maceraron en un mortero. El macerado se colocó en la solución de imbibición y se mantuvo en agitación constante por 24 h. La solución del macerado se centrifugó a 10000 xg durante 30 min a 20 °C y el sobrenadante se utilizó para realizar el bioensayo de actividad fúngica. Para el extracto alcaloideo de semillas de *L. montanus* y de hojas más tallos de *L. campestris*, se usaron 50 g de cada material desengrasados de acuerdo a Muzquiz *et al.* (1993). Para la extracción de



alcaloides totales, a las muestras desengrasadas se les agregó ácido tricloroacético 0.3 M, manteniéndose en agitación constante 16 h a 180 rpm. La mezcla homogenizada se centrifugó a 4500 xg a 25 °C 15 min; la fase líquida fue decantada. El decantado se alcalinizó con hidróxido de sodio 10 M y se dejó reposar 1 min, y una vez alcalinizado se le agregó diclorometano, se agitó vigorosamente y se dejó reposar hasta la separación de fases. La fase orgánica con los alcaloides (fase inferior) se decantó en matraces previamente secados y tarados, tapados con papel aluminio (repetiendo esta operación tres veces más). Todo se dejó evaporar completamente a temperatura ambiente. Al final se registró el peso de los matraces más muestra para determinar por diferencia el contenido de alcaloides totales (Wysocka *et al.*, 1989; Bernal-Alcocer *et al.*, 2005), y se almacenaron a 4 °C para su posterior uso. El porcentaje de alcaloides totales se calculó con la fórmula:

$$\% \text{ de alcaloides totales} = [(P_2 - P_1) / P_3] 100$$

donde P_1 es el peso inicial del matraz vacío sin tapa (g); P_2 es el peso final del matraz más residuo sin tapa (g) y P_3 es el peso de la muestra seca (g).

Obtención del hongo fitopatógeno: La cepa No. MRV8070515 de *Moniliophthora roreri* aislada de frutos de cacao de Tabasco, fue proporcionada por el Laboratorio de Fitopatología del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.

Bioensayo: Para el extracto acuoso, se prepararon concentraciones de 10%, 17.5% y 25% de éste extracto en un volumen de 100 mL del medio de cultivo V8. Se incluyó un testigo (0%). Para los de alcaloides totales, los residuos de semillas de *L. montanus* y de hojas más tallos de *L. campestris* y *L. montanus* se disolvieron con 500 μ L de metanol y se diluyeron hasta 50 mL con agua destilada para obtener el extracto alcaloideo; de éste se prepararon concentraciones de 5, 7.5 y 10 mg mL⁻¹ de alcaloides totales en 100 mL de medio de cultivo V8 clarificado. Se incluyó un testigo (0 mg mL⁻¹). Los medios con cada tratamiento se agitaron para garantizar la homogeneidad de la mezcla, y se esterilizaron en autoclave a una presión de 15 lb cm⁻² y 121 °C. Por cada concentración de alcaloides se realizaron 10 repeticiones. El ensayo se realizó en cajas Petri de 9 cm de diámetro, a las que se les agregaron 10 mL de medio.

Inoculación del hongo: A partir de colonias *M. roreri* de 10 días de crecimiento, se extrajeron discos de micelio de 5 mm de diámetro con un sacabocados y se colocaron en el centro de las cajas Petri con medio V8 clarificado con las concentraciones a evaluar (diez repeticiones por tratamiento), y se incubaron a 25±1°C. Se midió el crecimiento micelial (mm) en dos ejes perpendiculares: horizontal y vertical, cada 24 h, con la ayuda de un vernier manual marca Pretul®. Las mediciones se detuvieron hasta que el testigo (sin ninguna concentración de alcaloides) llenó la caja. Para determinar

el porcentaje de inhibición se utilizó la fórmula usada por Zamora-Natera *et al.* (2008):

$$I = [(C - T) / C] 100$$

donde I es la inhibición (%), C es el diámetro del micelio en la caja Petri del control (0 mg mL⁻¹), T es el diámetro del micelio en la caja Petri del tratamiento (5, 7.5 y 10 mL⁻¹).

La esporulación se determinó mediante el conteo de esporas. Para ello con una pipeta Pasteur estéril, se agregaron 5 mL de agua destilada estéril en cada caja de Petri, y con la ayuda de un tubo de vidrio estéril se hizo un raspado de esporas, recuperándose la solución nuevamente con la pipeta Pasteur, y colocándose en un tubo de ensayo con tapa. Todo se agitó en vortex, posteriormente con otra pipeta Pasteur se tomó una gota de la concentración de esporas y se colocó en un Hematocitómetro marca Lumicyte para su conteo.

Análisis estadístico: Se utilizó un diseño completamente al azar, los datos de crecimiento micelial se sometieron al análisis de varianza, y a la separación de medias por la prueba de Tukey ($p \leq 0.5\%$) mediante el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN
Efectividad fungicida del extracto acuoso de semillas *L. montanus* sobre *M. roreri*. Los resultados mostraron que hubo diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre las concentraciones del extracto acuoso de semillas de *L. montanus* evaluadas. Las tres dosis probadas redujeron el crecimiento micelial de *M. roreri* con respecto al testigo



(Figura 1A). Una completa inhibición del crecimiento micelial fue observada, por cuatro días en las concentraciones de 10% y 15 % y de ocho días con la concentración mayor (Figura 1B) después mostró crecimiento. La mayor concentración (25%) del extracto acuoso de semillas de *L. montanus* registró el mejor efecto fungicida sobre *M. roreri* ($p \leq 0.05$) con respecto al testigo (0%) y a las otras dos concentraciones evaluadas (10% y 15%) con similar comportamiento. Otros estudios realizados con especies de *Lupinus* L., confirman el efecto fungida observado. Así, una relación inversa del crecimiento del micelio (diámetro, cm) de *A. solani* y *Fusarium solani* y el incremento de la concentración del extracto acuoso de semillas de *L. mutabilis* fue reportado por Yepes *et al.* (2009). Concentraciones a 5000, 10000 y 20000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de alcaloides totales presentes en las aguas de cocción e hidratación de semillas de *L. mutabilis*, manifestaron actividad antimicrobiana frente *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella gallinarum*, *Klebsiella pneumoniae*, *Mycobacterium Smegmatis* y *Pseudomona aeruginosa* (Rodríguez, 2009). En contraste, estos tratamientos no mostraron actividad fungicida frente a *Candida albicans*, *Mycrosporium canis* y *Trichophyton rubrum* (Coloma, 2009).

Efectividad in vitro del extracto alcaloideo de semillas de L. montanus.

Los resultados del crecimiento micelial de *M. roreri* presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por efecto de la concentración del extracto alcaloideo de semillas de *L. montanus*, siendo la concentración más alta (10 mg mL^{-1}) la que presentó la menor área micelial (Cuadro 1). La tasa del crecimiento micelial registró una relación inversa respecto a las concentraciones evaluadas (7.5 y 10 mg mL^{-1}). La me-

nor concentración evaluada (5 mg mL^{-1}) mantuvo un efecto reductivo significativo con respecto al testigo.

Una completa inhibición del crecimiento de *M. roreri* hasta por seis días se observó en todas las concentraciones evaluadas (Figura 2A), después de los cuales el crecimiento del *M. roreri* se activó, sin alcanzar al testigo.

Los extractos alcaloideos de especies de *Lupinus* L., pueden mostrar o no capacidad fungicida sobre diferentes hongos fitopatógenos, tales como extractos alcaloideos de *L. montanus* y *L. rotundiflorus* que no inhibieron el crecimiento micelial de *Fusarium* sp. en ninguna de las concentraciones evaluadas, lo que contrasta con lo observado en *M. roreri*; y cuando se probaron sobre *S. rolfsii*, *A. solani*, *R. solani* y *F. oxysporum*, el extracto de *L. montanus* fue el de menor actividad fungicida (Bernal-Alcocer *et al.*, 2005). En contraste, el extracto de *L. rotundiflorus* mostró alta actividad fungicida ($p < 0.01$) en los cuatro hongos y una inhibición de 92% con 2500 mg mL^{-1} para *S. rolfsii*. Otra especie de *Lupinus* L., que ha mostrado efecto antifúngico es *L. exaltatus*, cuyo extracto crudo de alcaloides a partir de semillas inhibió el crecimiento de *A. solani*, *R. solani* y *S. rolfsii* pero no de *F. oxysporum* (Zamora-Natera *et al.*, 2005).

Efectividad in vitro del extracto alcaloideo de hoja más tallo de L. campestris y L. montanus.

La Figura 2B muestra que en ambas especies se observó una reducción significativa del crecimiento micelial con respecto al testigo (0 mg mL^{-1}), siendo mayor el efecto a la concentración más alta (10 mg mL^{-1}). El comportamiento semejante entre las especies evaluadas para inhibir el crecimiento micelial de *M. roreri* puede deberse a su contenido similar de

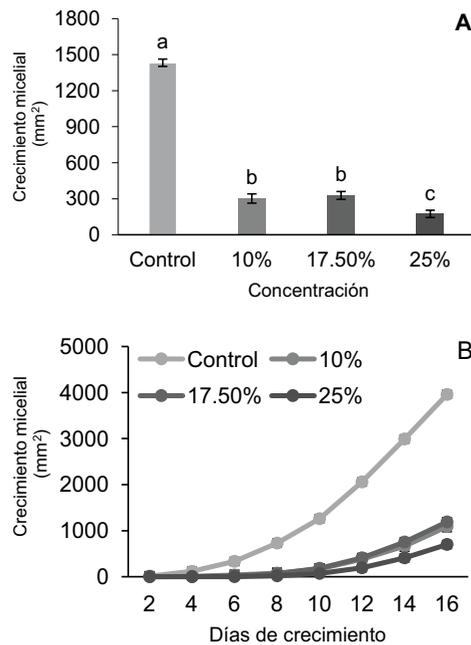


Figura 1. Efecto fungicida de la concentración de extracto acuoso de semillas de *L. montanus* sobre el crecimiento micelial de *M. roreri*.

Concentración (mg mL^{-1})	Crecimiento micelial (mm^2)
0	1609.84 a
5	738.49 b
7.5	578.54 c
10	464.60 c

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

alcaloides totales. *L. montanus* contiene 1.2 g 100 g⁻¹ en hojas más tallos y *L. campestris* 1.4 g 100 g⁻¹ (Pablo-Pérez *et al.*, 2015). Aunque el perfil de alcaloides es diferente entre estas especies, *L. montanus* contiene esparteína como alcaloide mayoritario y en bajos niveles angustifolina que también posee actividad bioplaguicida y farmacológica (Ruiz-López *et al.*, 2010) y *L. campestris* presenta como alcaloide mayoritario a hidroxifilidina (Cortés *et al.*, 2005). Extractos de otras especies vegetales han demostrado inhibir el crecimiento micelial de *M. roleri*, entre ellas los aceites esenciales de hojas y tallos de especies de *Lippia* en concentraciones de 800 y 1000 µg mL⁻¹ (Lozada *et al.*, 2012).

Inhibición de la esporulación de *M. roleri*. El extracto acuoso de semillas de *L. montanus* no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) sobre la esporulación de *M. roleri* en ninguna de las concentraciones evaluadas. En contraste, los extractos alcaloideos de semillas ($p < 0.0001$) y de hoja más tallo ($p < 0.005$) de esta especie presentaron inhibición significativa en la esporulación de *M. roleri*. En ambos casos la concentración más alta (10 mg mL⁻¹) presentó una mayor inhibición en la esporulación, siendo el extracto de semillas el que mayor efecto mostró (Figura 3). La inhibición del porcentaje de esporulación de *M. roleri* fue observado por Lozada *et al.* (2012) al usar aceites esenciales de tres especies de *Lippia*.

Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de *M. roleri*. Los resultados mostraron que hubo diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre las

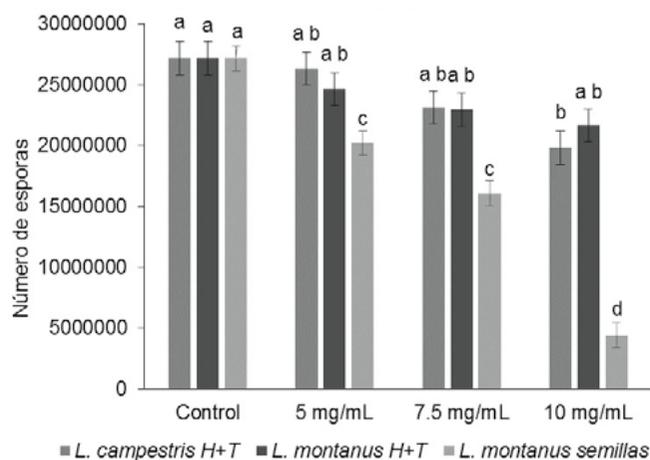


Figura 3. Efecto de la concentración del extracto alcaloideo de semillas y hojas más tallos de *L. campestris* y *L. montanus* sobre la esporulación de *M. roleri*. Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

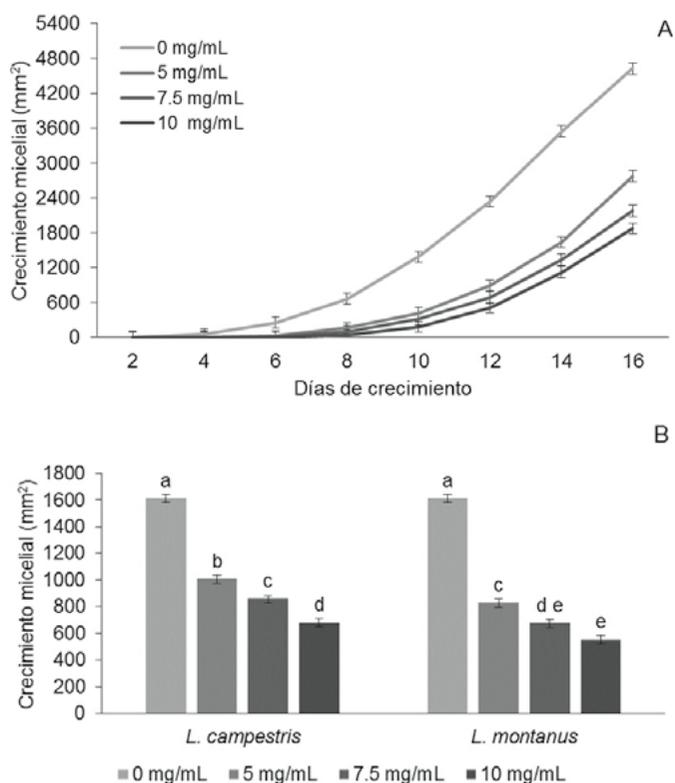


Figura 2. A) Efecto del extracto alcaloideo de semillas de *L. montanus* sobre crecimiento micelial de *M. roleri*. B) Efecto de la concentración de alcaloides (mg mL⁻¹) de hojas más tallos de *L. campestris* y *L. montanus*.

concentraciones del extracto acuoso de semillas de *L. montanus* evaluadas en la inhibición del crecimiento micelial de *M. roleri*. La concentración de 25% inhibió, en un 93.6% a los 16 días de desarrollo, mientras que las concentraciones de 17.5% y 10% éste fue de 84% respecto al desarrollo micelial del testigo (Figura 4A). Resultados similares de inhibición del crecimiento micelial fueron observados en los hongos *A. solani* (74.2%) y en *F. solani* (66.8%) utilizando el extracto acuoso de semillas, *L. mutabilis* a una concentración de 13% (Yepes *et al.*, 2009).

Efecto de los extractos alcaloideos de *L. campestris* y *L. montanus*. Los extractos alcaloideos de semillas y los de hojas más tallo de *L. campestris* y *L. montanus* presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) sobre el crecimiento del micelio de *M. roleri* (Figura 4B). En semillas, todas las concentraciones mostraron diferencias significativas respecto al control (0 mg mL⁻¹). La concentración más alta manifestó un mayor porcentaje de inhibición (85.29%), aunque menor inhibición al registrado por la mayor concentración del extracto acuoso. Todas las concentraciones de los extractos en estudio presentaron un porcentaje de inhibición

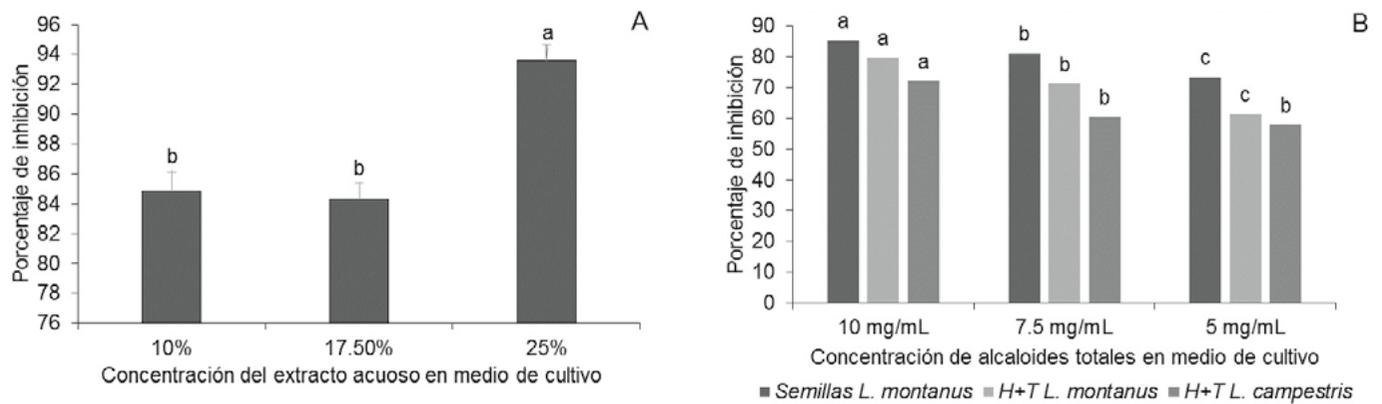


Figura 4. Efecto del extracto acuoso (A) de semillas de *L. montanus* y del alcaloide (B) semillas y de hoja más tallo de *L. campestris* y *L. montanus* sobre el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de *M. roleri* en relación al control 0%. Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

superior al 50%, manteniendo una relación directa entre la concentración y el porcentaje de inhibición.

Estudios similares demuestran la actividad inhibitoria del desarrollo micelial de hongos fitopatógenos que ejercen los extractos de alcaloides específicos de especies de *Lupinus* (Bernal-Alcocer *et al.*, 2005; Zamora-Natera *et al.*, 2005; Zamora-Natera *et al.*, 2008). El conocimiento del efecto de los alcaloides de especies de *Lupinus* L., sobre el crecimiento micelial y esporulación de *M. roleri* es un buen potencial para encontrar nuevas alternativas en el manejo sustentable y orgánico de la Moniliasis del cacao. Por lo que deberá ser deben realizar los ensayos de campo para determinar dosis de extractos o mezclas de compuestos naturales como agentes para el biocontrol en la producción orgánica del cacao.

CONCLUSIONES

En condiciones *in vitro* los alcaloides presentes en las semillas de *L. montanus* y hojas más tallos de *L. campestris* y *L. montanus* presentan un efecto fungicida sobre *M. roleri*, tanto en extractos acuosos como en alcaloideos. La inhibición de la esporulación de *M. roleri* se observó con el extracto alcaloideo a partir de semillas de *L. montanus*, principalmente con la concentración de 10 mg mL⁻¹ (83.6%).

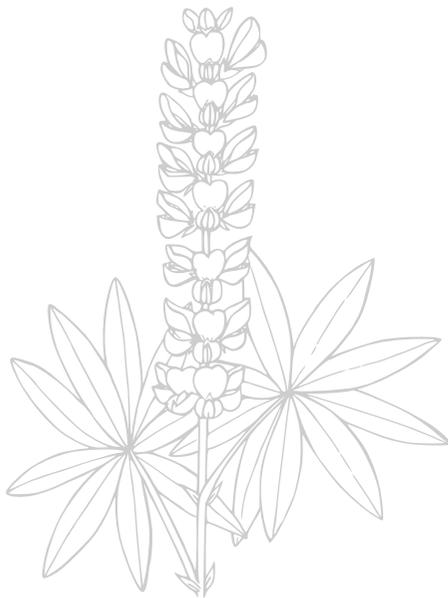
LITERATURA CITADA

- Avendaño A.C.H., Villareal F.J.M., Campos R.E., Gallardo M.R.A., Mendoza L.A., Aguirre M.J.F., Sandoval E.A., Espinosa Z.S. 2011. Diagnóstico de cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 80 p.
- Bernal-Alcocer A., Zamora-Natera J.F., Virgen-Calleros G., Nuño-Romero R. 2005. Actividad biológica *in vitro* de extractos de

Lupinus spp., sobre hongos fitopatógenos. Revista Mexicana de Fitopatología 23:140-146.

- Coloma R.J.M. 2009. Evaluación *in vitro* de la actividad antifúngica de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis de grado para obtener el Título de Bioquímico Farmacéutico. Riobamba, Ecuador. 92 p.
- Cortes S.M., Altares P., Pedrosa M.M., Burbano C., Cuadrado C., Goyoaga C., Muzquiz M., Jiménez-Martínez C., Dávila-Ortiz G. 2005. Alkaloid variation during germination in different lupin species. Food Chemistry 90: 347-355.
- Hernández G.E., Hernández M.J., Avendaño A.C.H., López G.G., Garrido R.E.R., Romero N.J., Nava Díaz C. 2015. Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 33(2):232-246.
- IFOAM. 2009. Organic agriculture a guide to climate change & food security. www.infoam.org.
- Lagunes-Espinoza L.C., López-Upton J., García-López E., Jasso-Mata J., Delgado-Alvarado A., García de los Santos G. 2012. Diversidad morfológica y concentración de proteína de *Lupinus* spp., en la región centro-oriental del estado de Puebla, México. Acta Botánica Mexicana 99: 73-90.
- López-Báez O., Ramírez-González S.I., Ramírez-González M., González-Mejía O., Espinosa-Zaragoza S., Villarreal-Fuentes J.M. 2009. Extractos de *Thymus vulgaris* y *Heliotropium indicum* sobre el crecimiento *in vitro* de *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler en cacao (*Theobroma cacao* L.). Quehacer Científico en Chiapas 1(8) 44-51.
- Lozada B.S., Herrera L.V., Perea J.A., Stashenko E., Escobar P. 2012. Efecto *in vitro* de aceites esenciales de tres especies de *Lippia* sobre *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans *et al.*, agente causante de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.). Acta Agronómica 61 (2): 102-110.
- Muzquiz M., Cuadrado C., Ayet G., De la Cuadra C., Burbano C., Osagie A. 1993. Variation of alkaloid components of lupin seeds in 49 genotypes of *Lupinus albus* L. from different countries and locations. Journal of Agricultural and Food Chemistry 42:1447-1450.
- Pablo-Pérez M., Lagunes-Espinoza L.C., López-Upton J., Aranda-Ibáñez E.M., Ramos-Juárez J. 2015. Composición química de

- especies silvestres del género *Lupinus* del estado de Puebla, México. Revista Fitotecnia Mexicana 38 (1): 49-55.
- Rodríguez B.A.I. 2009. Evaluación "in vitro" de la actividad antimicrobiana de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis de grado previa la obtención del título de Bioquímico farmacéutico. Riobamba, Ecuador. 83 p.
- Ruiz-López M.A., García-López P.M., Rodríguez-Macías R., Zamora-Natera J.F. 2010. Mexican wild lupines as a source of quinolizidine alkaloids of economic potential. Polibotánica 29: 159-164.
- Wysocka W., Brukwicki T., Jalszynski R., Hoffmann K. 1989. A new and efficient method of extraction of alkaloids from Lupin seed. Lupin NewsLetter 13:59-65.
- Yepes P.A., Rodríguez E.M., Enriquez L.P., Zafra P.H., Villegas L.S., Barboza A.Y., Alvarado C.P. 2009. Efecto antifúngico del extracto acuoso de semillas del chocho, *Lupinus mutabilis* sobre *Alternaria solani* y *Fusarium solani*. REBIOL 29(1).
- Zamora-Natera F., García-López P., Ruiz-López M., Salcedo-Pérez E. 2008. Composition of alkaloids in seeds of *Lupinus mexicanus* (Fabaceae) and antifungal and allelopathic evaluation of the alkaloid extract. Agrociencia 42:185-192.
- Zamora-Natera J.F., Bernal-Alcocer A., Ruiz-López M., Soto-Hernández M., Escalante-Estrada A., Vibrans-Lindemann H. 2005. Perfil de alcaloides de semillas de *Lupinus exaltatus* Zucc. (Fabaceae) y la evaluación antifúngica del extracto alcaloideo y Lupanina contra fitopatógenos. Revista Mexicana de Fitopatología 23:124-129.



CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ABONOS ORGÁNICOS ENRIQUECIDO CON GUANO DE MURCIÉLAGO

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF ORGANIC FERTILIZERS ENRICHED WITH BAT GUANO

Palma-López, D.J.¹; Castillo-Salas, J.M.²; Salgado-García, S.^{1*}; Ortiz-Ceballos, Á.I.³; Aceves-Navarro E.⁴

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n km 3.5. H. Cárdenas, Tabasco. México. ²Escuela Superior de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Campeche. ³Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana. ⁴Colegio de Postgraduados-Campus Campeche.

*Autor de correspondencia: salgados@colpos.mx

RESUMEN

Una alternativa para solucionar el problema de los residuos agroindustriales es el composteo, por ello el objetivo de este trabajo fue caracterizar químicamente las compostas elaboradas con subproductos agroindustriales y enriquecidas con guano de murciélago. Para generar los tratamientos de composta, se utilizó un diseño factorial 3x4 con cachaza de *Saccharum* spp., desecho de plátano (*Musa* sp.), cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), en cantidades de 20, 30, 40 y 50 kg cada uno; y 30, 20, 10 y 0 kg de guano de murciélago en presentación comercial. Se utilizó el proceso Indore con cuatro repeticiones. Para el control de madurez se evaluó la temperatura, humedad, y relación amonio/nitrato. Los cambios de temperatura durante el proceso de composteo permitieron identificar las fases mesófila, termófila y mesófila; la humedad y la relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ confirmaron la madurez de las compostas, y el pH varió de ácido a alcalino, considerado como benéfico para aplicaciones diferenciadas al suelo. Los valores de pH, CE, MO, N, y Humedad, así como los contenidos de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn de las compostas, sugieren buena calidad para suministro al suelo.

Palabras claves: compostas, estiércol, cachaza, desecho de cacao, plátano.

ABSTRACT

An alternative to solve the problem of agroindustrial residues is composting, so the objective of this study was to chemically characterize the composts elaborated with agroindustrial byproducts and enriched with bat guano. To generate the compost treatments, a 3x4 factorial design was used with *Saccharum* spp. sludge, banana (*Musa* sp.) waste, cacao (*Theobroma cacao* L.) chaff, in the amounts of 20, 30, 40 and 50 kg each; and 30, 20, 10 and 0 kg of bat guano in commercial presentation. The Indore process was used with four repetitions. For the control of maturity, the temperature, moisture and ammonium/nitrate relation were evaluated. The temperature changes during the composting process allowed identifying the mesophyll, thermophyll and mesophyll phases; the moisture and the $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ relation confirmed the maturity of the composts, and the pH varied from acid to alkaline, considering this as a beneficial for differentiated applications on the soil. The values of pH, CE, MO, N, and Moisture, as well as the contents of P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Mn from the composts suggest good quality for the soil supply.

Keywords: composts, manure, sludge, cacao waste, banana.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016, pp: 10-15.

Recibido: junio, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

La pérdida de materia orgánica (MO) es un proceso que ha provocado la degradación física en los suelos del estado de Tabasco, México, lo cual se refleja en problemas asociados con la estructura, tales como la disminución de porosidad y mayor compactación. En el estado de Tabasco, los suelos arcillosos más representativos son Vertisoles éútricos (VRe) y Vertisoles peli-éútricos (VRep), con 19.9% de la superficie; además, de una asociación con Leptosoles réndzicos que representan 2.4% (Palma-López *et al.*, 2007). La degradación física se debe al bajo contenido de MO que genera un aumento en la cohesión entre las partículas más finas provocando un drenaje deficiente. El estado de Tabasco produce 2 211,116 t de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), 541,998 t de plátano (*Musa paradisiaca*) y 16,269 t de cacao (*Theobroma cacao*) (SAGARPA, 2014); que ha generado una alerta ecológica por la cantidad de desechos al ambiente; los cuales se sabe son del orden de 68,313 t año⁻¹ de cachaza; 1073,722 t año⁻¹ de desperdicio de plátano y 83,759 t⁻¹ de cáscara de cacao. Otro residuo en la región son los importantes depósitos de guano de murciélago (Albuja, 1999), ubicados en la región Montañosa de Boca del Cerro, Municipio de Tenosique, los cuales pueden ser aprovechados a través del composteo para enriquecer al suelo con MO a largo plazo. El aporte de abonos orgánicos al suelo puede ayudar a conservar y fomentar la estructura, debido a que la MO es considerada como un agente activo que favorece la agregación a través de mecanismos físicos y químicos (Arreola *et al.*, 2004), siempre que se apliquen procesos de compostaje (Chen e Inbar, 1993). Con la finalidad de generar información que coadyuve al aprovechamiento de estos recursos se caracterizaron químicamente compostas elaboradas con subproductos agroindustriales y enriquecidas con guano de murciélago.



MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el campo experimental del Colegio de Posgraduados Campus Tabasco, ubicado en el km. 21 de la carretera Cárdenas-Coatzacoalcos (17° 59' N y 93° 34' O), el clima es cálido húmedo con lluvias durante todo el año, con temperatura media anual de 26 °C, precipitación media anual de 2256 mm, y humedad relativa mayor de 80%.

Recolección de residuos agroindustriales y guano de murciélago

Cachaza (CA): son los lodos del proceso de filtración del jugo de caña (Salgado *et al.*, 2013), recolectados en el ingenio Pdte. Benito Juárez. **Desecho de plátano (DP),** consisten en raquis y frutos manchados o lesionados que por su tamaño no cumplen con las normas de calidad, y se recolectaron de una empacadora, ubicada en la Ranchería Quintana Roo en Teapa, Tabasco. **Cascari-lla de cacao (CC),** son el pericarpio del fruto ("mazorca") que se obtienen de la cosecha del grano de cacao y se obtuvo de un predio de producción orgánica de cacao en la ranchería Miguel Hidalgo de H. Cárdenas, Tabasco. El **Guano de murciélago (GM),** se adquirió con Agregados del Usumacinta, que es la empresa que está realizando la extracción del guano de murciélago en las cavernas de las Montañas de Boca del Cerro en Tenosique, Tabasco. Se tomaron muestras de estos residuos y del GM, para caracterizar el contenido nutrimental, los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Suelos Plantas y Aguas (LASPA) del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco con los métodos descritos en la NOM-021-RECNAT (2000).

Diseño experimental y tratamientos de composteo

Se utilizó un diseño factorial 3x4 (tres residuos agroindustriales: CA, DP y CC, en cantidades de 20, 30, 40 y 50 kg⁻¹ cada uno; y cuatro niveles de GM: 30, 20, 10 y 0 kg⁻¹), formando 12 tratamientos de composteo. Se utilizó el proceso Indore (Seymour, 1980), que consiste en un contenedor de 60 cm de diámetro y 30 cm de alto, se aplicaron capas de 5 cm en el siguiente orden: paja seca, paja fresca, desechos agroindustriales, guano, suelo y cenizas, hasta llenar el contenedor. El peso total de cada tratamiento fue de 85 kg, conformado por 50 kg de residuos agroindustriales más guano, 5 kg de paja seca de arvenses, 5 kg de paja de arvenses fresca, 20 kg de suelo de cacaotal, 5 kg de ceniza producto de la quema del bagazo en las calderas del Ingenio Pdte. Benito Juárez. Todos los materiales fueron picados manualmente y cernidos. Los 12 tratamientos se distribuyeron en un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El área de composteo fue un cobertizo techado, con piso de cemento y ventilación natural. El proceso de composteo se completó a los 102 días, y cada 30 días se realizó una aireación y riego para mantener la humedad de la composta.



Variables

Indicadores de madurez: temperatura, humedad y la relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$.

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), se registró con un termómetro de mercurio en $^{\circ}\text{C}$, las lecturas se registraron cada dos días a tres profundidades del contenedor. Humedad (%), se determinó con el método gravimétrico, cada 15 días. Para la relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$, se tomaron muestras compuestas provenientes de cinco puntos del contenedor, las cuales se homogenizaron y mantuvieron refrigeradas para su transporte al LASPA. Las muestras fueron secadas a la sombra, molidas y tamizadas a 2 mm para su análisis (NOM-021-RECNAT, 2000). Propiedades químicas de las compostas. La muestra fue llevada al LASPA, donde fueron secadas, molidas y tamizadas para su análisis de pH, MO, CE, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, de acuerdo con los métodos descritos en la NOM-021-RECNAT (2000). Con respecto a los indicadores de madurez solo se calculó la media. Para las propiedades químicas se realizó el análisis de varianza con el diseño factorial y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, con el SAS 6.12 para Windows[®] (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de madurez

La temperatura tuvo un comportamiento normal de acuerdo al proceso de composteo, únicamente se observó disminución de temperatura después del riego. La fase mesófila tuvo una duración de 18 días, seguida de la fase termófila que duró aproximadamente 58 días en la cual ocurre la mineralización de los residuos agrícolas, para retornar a la fase mesófila, esta última con una duración de 26 días y donde la mineralización es muy lenta. Lo anterior es indicativo del proceso de madurez de la composta (Lazcano *et al.*, 2008). Este periodo de composteo de 102 días fue mayor a los 90 días registrados para el composteo de cachaza (Bojórquez *et al.*, 2014). La humedad de la composta se mantuvo cercana a 30% durante el proceso de composteo, únicamente, en las compostas conformadas por residuos agroindustriales de 20 kg+30 kg de guano de murciélago, se observó humedad mayor de 30%. No obstante, esta humedad estuvo en el rango de 20% a 40% estipulada en la NMX-FF-109-SCFI-2008 y menor a 68% de humedad reportado para vermicomposta de estiércol vacuno, reportado por Durán y Enríquez (2010) y a 59% de humedad reportado para la composta de cachaza de Arreola *et al.* (2004).

Referente a la relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$, únicamente en la composta de cachaza 50 kg+0 kg de GM, se obtuvo una relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ mayor de 1; en el resto se observaron relaciones menores de 0.6; lo cual ratifica la madurez de la composta. Las relaciones $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ de las compostas, son similares a las reportadas para otras compostas a base de lodos municipales, lodos de cerveza, bagazo de sorgo, desechos de algodón y corteza de pino, cuyos valores fluctúan entre 0.04 a 0.16 (Bernai *et al.*, 1998).

Características químicas de las compostas

Acidez (pH). El pH de las compostas presentó diferencias significativas para el efecto de dosis de guano y su interacción $\text{G} \times \text{R}$ (Cuadro 1). La adición de guano tuvo un efecto acidificante en la composta, lo cual se explica por la mineralización de los compuestos de nitrógeno y fósforo, liberación de CO_2 y ácidos orgánicos de metabolismo microbiano, así como, producción de ácidos húmicos y fúlvicos (Lazcano *et al.*, 2008). Por el contrario, la composta de residuo agroindustrial de plátano presentó un pH alcalino, que coincide con el valor de 9 para vermicompost de plátano (Dúran y Enríquez, 2007). Esta diversidad de pH se considera benéfica y está dentro del rango considerado como adecuado (5.5 a 8.5, según NMX-FF-109-SCFI-2008). El pH de la composta puede usarse para realizar aplicaciones dirigidas por ejemplo composta de pH alcalino para suelos ácidos, mejorando la disponibilidad de los nutrientes en el suelo (Arreola *et al.*, 2004).

En cuanto a la Conductividad eléctrica (CE, dSm^{-1}), las compostas presentaron respuesta significativa a las dosis de guano, a los residuos agroindustriales y su interacción $\text{G} \times \text{R}$ (Cuadro 1). El aumento de la dosis de guano incrementó la CE de la composta, debido a la liberación de sales solubles como amonio y fosfato después de la degradación de los compuestos más lábiles en la etapa termófila de compostaje (Lazcano *et al.*, 2008), de acuerdo con la NMX-FF-109-SCFI-2008 la CE debe ser menor de 4 dSm^{-1} , para no afectar el desarrollo de los cultivos sensibles a la salinidad. La composta a base de residuos de plátano presentó mayor CE que la establecida en la norma, lo cual sugiere, que no deben elaborarse mezclas con 10 kg de guano y 40 kg de residuo de plátano y cacao respectivamente; ya que las sales presentes aumentan la CE.

Materia orgánica (MO, %) de la composta presentó respuestas significativa a las dosis de guano y residuos agroindustriales (Cuadro 1), registrando una tendencia a

disminuir significativamente en las compostas, con el siguiente orden Cacao>Cachaza>Plátano. Por otra parte, el incremento de las dosis de guano favoreció la mineralización de los restos orgánicos, por ello se observó menor contenido de MO en las compostas elaboradas con 30 kg de guano, 33.7% de MO en promedio. La MO de las compostas es alto y se encuentra dentro del intervalo de la norma (20% a 50%, NMX-FF-109-SCFI-2008). Asegurando el aporte de nutrientes y su acción como mejorador del suelo en general.

Nitrógeno total (N). El contenido de N en las compostas registró diferencias significativas para las dosis de guano, residuos agroindustriales y su interacción G×R (Cuadro 1). El aumento de la dosis de guano tiene un efecto negativo en el contenido de N y los residuos agroindustriales presentan una tendencia a disminuir la concentración de N en el siguiente orden cachaza>cacao>plátano; la pérdida de N se debe a la volatilización del NH₃ durante la fase termófila. Únicamente la composta de cachaza supera al 1% de N, establecido como nivel mínimo para compostas de buena calidad (20% a 50%, NMX-FF-109-SCFI-2008). Las compostas de cachaza y cacao sin adición de guano presentaron 1.16% y 1.25% de N respectivamente. El guano acelera la mineralización de los residuos y genera compostas con un contenido pobre de N (Lazcano *et al.*, 2008). La cachaza del ingenio Pdte. Benito Juárez genera compostas más pobres en N que las compostas elaboradas en el ingenio Pujiltic, que se caracterizan por presentar 1.6% de N (Salgado *et al.*, 2014). Las compostas mostraron una relación C/N de 22.5 a 32, superior a la relación C/N de 20 establecida en la NMX-FF-109-SCFI-2008, sin embargo, cuando la relación C/N están entre 20 a 25, la mineralización y la inmovilización ocurren simultáneamente con una liberación de N (Cerrato *et al.*, 2007).

Fósforo (P). El contenido de P en las compostas presentó diferencias significativas únicamente para dosis de guano y su interacción G×R (Cuadro 1). La composta de cacao con 30 kg de guano y la de residuos agroindustrial de plátano, presentaron los mayores contenidos de P con 0.29% y 0.25%. No existe referencia en la NMX-FF-109-SCFI-2008 para el P y el resto de los nutrientes K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn. Las comparaciones se realizarán con los resultados de compostas reportadas en la literatura. El contenido de P de las compostas es mayor al 0.001% de P reportado para composta de cachaza elaborada en la región (Córdova *et al.*, 2016), lo cual ase-

gura un suministro de P para la planta. El contenido de P en las compostas es variable y depende del P presente en el suelo (Arreola *et al.*, 2004; Salgado *et al.*, 2011, Salgado *et al.*, 2014).

Potasio (K). El contenido de K en las compostas presentó diferencias significativas para las dosis de guano, residuos agroindustriales y su interacción G×R (Cuadro 1). Se observó que la adición de guano a los residuos agroindustriales indujo una reducción en el contenido de K. La composta elaborada con residuos de plátano y cacao, presentaron mayor contenido de K en comparación con la composta de cachaza. Estos contenidos aseguran buen suministro para las plantas. El contenido de K de las compostas es variable y depende del residuo usado: 0.21% de K para las compostas y lombricompostas de cachaza elaboradas en Pujiltic (Salgado *et al.*, 2014), 0.009% de K para composta de cachaza elaborada en la región (Córdova *et al.*, 2016).

Calcio (Ca). Únicamente se observaron diferencias significativas a dosis de guano en el contenido de Ca (Cuadro 1), lo que indica que a medida que se aumenta la dosis se incrementa el contenido de calcio. El contenido de Ca superó el 0.76% reportado por Córdova *et al.* (2016) para composta de cachaza elaborada en la región de la Chontalpa; pero resultó inferior al 6.75% de Ca de la composta de cachaza elaborada en Pujiltic, donde los suelos son calcáreos (Salgado *et al.*, 2014), por lo cual, el contenido de Ca registrado en las compostas, asegura el suministro de este nutriente para la planta.

Magnesio (Mg). Se observaron diferencias significativas a dosis de guano en el contenido de Mg (Cuadro 1), lo que indica que a medida que se aumenta la dosis de guano se reduce el contenido de Mg, observando un efecto de dilución. La composta elaborada con los residuos de plátano y cacao presentaron mayor contenido de Mg en comparación con la composta de cachaza. El 0.08% de Mg de la cachaza superó al 0.04% reportado para composta elaborada con cachaza en la región de la chontalpa (Córdova *et al.*, 2016); pero inferior al 0.16% de Mg para composta y lombricomposta de cachaza del ingenio Pujiltic (Salgado *et al.*, 2014).

Capacidad de intercambio de cationes (CIC). La CIC en las compostas registró diferencias significativas para las dosis de guano, residuos agroindustriales y su interacción G×R (Cuadro 1). La adición de guano a los residuos

Cuadro 1. Características químicas de las compostas enriquecidas con guano de murciélago.

Factores de estudio		pH _{H₂O} rel 1:2	CE (dSm ⁻¹)	MO	N	P	K	Ca	Mg	CIC cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	Fe	Cu	Zn	Mn
				(%)									(ppm)	
Residuo Agro industrial	Plátano	7.2 a	4.1a	41.3b	1.00a	0.23a	0.69a	1.45a	0.14a	21.2c	18.7b	7.6a	20.1b	4.3a
	Cacao	6.9ab	3.5b	45.5 a	0.90b	0.22a	0.58b	1.42a	0.11b	27.1a	35.8a	6.2b	23.9ab	4.1ab
	Cachaza	6.8b	2.9c	42.5b	0.80c	0.21a	0.25c	1.38a	0.08c	23.4b	33.0a	7.1a	21.0b	3.8b
Guano (kg)	30	6.5c	3.7b	33.7d	0.78c	0.29a	0.34d	2.32a	0.07d	17.3d	23.9b	7.5a	32.2a	3.4b
	20	6.6bc	3.9b	40.5c	0.84bc	0.21bc	0.43c	1.94b	0.09c	19.6c	28.3b	7.8a	25.2b	2.8b
	10	7.0b	4.2a	47.4b	0.87b	0.13c	0.55b	1.14c	0.13b	25.0b	28.0b	6.6b	18.7c	3.3b
	0	7.8a	2.1c	50.8a	1.12a	0.25ab	0.69a	0.29d	0.15a	33.5a	36.4a	5.7c	10.5d	6.8a
CV (%):		5.0	4.8	7.0	12.4	31.7	10.5	8.2	10.4	6.6	16.1	10.5	14.1	13.0
Prob de F:														
Guano (G):		0.09NS	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
Residuos (R):		0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.56NS	0.01**	0.08NS	0.08NS	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
Int. G×R:		0.01**	0.01**	0.11NS	0.05*	0.01**	0.01**	0.10NS	0.10NS	0.01**	0.01**	0.01**	0.66NS	0.01**

agroindustriales redujo la CIC. Las compostas de residuos agroindustriales de cacao y cachaza presentaron la mayor CIC en comparación con la composta de residuos de plátano. La CIC de las compostas fue menor a los 40 cmol(+) kg reportada por la NMX-FF-109-SCFI-2008, como parámetro de calidad.

Micro nutrientes: Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeso (Mn). Se observaron diferencias significativas para dosis de guanos, residuos agroindustriales, y su interacción G×R (con excepción de Zn). Las dosis de guano tuvieron efecto negativo en la concentración de Fe y Mn, ya que se redujeron a medida que se incrementó la dosis; por el contrario, se observó un efecto positivo en las concentraciones de Cu y Zn. Las compostas elaboradas con residuos agroindustriales de cacao y cachaza presentaron mayor concentración de micro nutrientes que el residuo de plátano. Sin embargo, estos contenidos nutrimentales son menores a los reportados para composta elaborada con cachaza del ingenio Pujilic con 3525, 125, 88 y 141 mg kg⁻¹ de Fe, Cu, Zn y Mn (Salgado *et al.*, 2014) y a la composta de cachaza elaborada en la región de la chontalpa con 107, 28.8, 26.5, 20.9 mg kg⁻¹ de Fe, Cu, Zn y Mn (Córdova *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los valores de temperatura, humedad y relación NH₄⁺/NO₃⁻ de las compostas, se sugiere que éstas alcanzaron la madurez a los 102 días. La adición de guano tiene un efecto acidificante en la composta; la composta de residuo de plátano presentó un pH alcali-

no, variación benéfica para realizar aplicaciones diferenciadas según el pH del suelo. La calidad de las compostas se considera aceptable de acuerdo a los parámetros pH, CE, MO, N y Humedad. Los contenidos de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn de las compostas evaluadas, aseguran buen suministro para el suelo.

LITERATURA CITADA

- Albuja L. 1999. Murciélagos del Ecuador. 2da Edición. Departamento de Ciencias Biológicas. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 288 p.
- Arreola E.J.A., Palma L.D.J., Salgado G.S., Camacho CH.W., Pastrana A.L. 2004. Efecto de Cachaza enriquecida sobre la producción y la calidad de la caña de azúcar. *TERRA* 22(3): 351-357.
- Cerrato M.E., Leblanc H.A., Kameko C. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, Compost y lombricompost producidos en la universidad EARTH. *Tierra Tropical* 3 (2): 183-197.
- Chen Y., Inbar Y. 1993. Chemical and spectroscopical analyses of organic matter transformations during composting in relation to compost maturity. *In: Science and Engineering of composting: Design, environmental, microbiological and utilization aspects.* Ed: H.A. Hoitink and H. Keener. The Ohio State University.
- Bernai M.P., Paredes C., Sánchez-Monedero M.A., Cegarra J. 1998. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*, 63(1): 91-99.
- Córdova-Gamas G., Salgado-García S., Castelán-Estrada M., Palma-López D.J., García-Moya E., Lagunes-Espinoza L.C., Córdova-Sánchez S. 2016. Opciones de fertilización para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en Tabasco, México. *Agroproductividad* 9(3):27-34.
- Durán L., Enriquez C. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía mesoamericana* 21(1):85-93.

- Lazcano C., Gómez-Brandón M., Domínguez J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere* 72: 1013–1019.
- Palma L.D.J., Cisneros D.J., Moreno C.E., Rincón R.J.A. 2007. *Suelos De Tabasco: Su Uso Y Manejo Sustentable*. Colegio De Postgraduados- ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México.
- SAGARPA. 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo 2013. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. México, D.F. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (Consultada 06/05/2016).
- Salgado-García S., Castelán-Estrada M., Aranda-Ibañez E.M., Ortiz-García C.F., Ortiz-Laurel H., Lagunes-Espinoza L.C., Mendoza-Hernández J.R.H., Córdova-Sánchez S. 2014. Validación de dosis generadas por el sistema de fertilización SIRDF para caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L). *Agroproductividad* 7(2):47-54.
- Salgado G.S., Lagunes E.L.C., Núñez E.R., Ortiz G.C.F., Bucio A.L., y Aranda I.E.M. 2013. *CAÑA DE AZUCAR: Producción sustentable*. BBA, Colegio de Postgraduados-Mundi Prensa. México, D.F. 520 p.
- 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. A. y Córdova-Sánchez S. 2011. Un programa de fertilización sustentable para el Ingenio "Presidente Benito Juárez" en Tabasco, México. México. *REVAIA* 15(3):45-65.
- SAS Institute Inc. 1999. *Statistical Analysis System. Version 6.12*. Cary, NC.
- Seymour J. 1980. La práctica del horticultor autosuficiente. 229 p. <https://es.scribd.com/doc/41487324/La-Practica-Del-Horticultor-Autosuficiente-John-Seymour> (consultada junio de 2007).



COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE *Theobroma cacao* L. EN PLANTACIONES CON RECONVERSIÓN ORGÁNICA EN TABASCO, MÉXICO

REPRODUCTIVE BEHAVIOR OF *Theobroma cacao* L. IN PLANTATIONS WITH ORGANIC RECONVERSION IN TABASCO, MÉXICO

Triano-Sánchez, A.¹; Palma-López, J.D.¹; Lagunes-Espinoza, L.C.^{1*}; Salgado-García, S.¹; Córdova-Ávalos, V.¹

¹Posgrado en Producción Agroalimentaria en el Trópico. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n 86500 H. Cárdenas, Tabasco.

*Autor de correspondencia: lagunes@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluaron dos plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) reconvertidas a orgánicas en Tabasco, México con diferente densidad de árboles de sombra, para conocer su efecto sobre la floración y fructificación de los árboles de cacao. La plantación de alta densidad tenía 233 árboles de sombra y la de baja densidad 123 árboles. Se evaluó el número de flores abiertas, número de chillillos (frutos inmaduros) formados y "amarrados", número de frutos/planta/mes y la radiación fotosintéticamente activa incidente e interceptada sobre el dosel del árbol de cacao (RFA, μmol de fotones $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Los árboles de sombra interceptaron el 51% de la RFA incidente en la plantación de baja densidad y el 62.4% en la plantación de alta densidad, llegando a los árboles de cacao 49% y 37.6% de la RFA total incidente respectivamente con diferencias significativas. De la RFA total incidente sobre los árboles de cacao, el dosel de éstos interceptó 80.9% en la plantación de baja densidad y 68.5% en alta densidad de árboles de sombra. El número de flores en alta densidad de sombra fue mayor (164.5 flores por árbol), mientras que en la baja densidad (60.5 flores por árbol). En las plantaciones en estudio, una RFA incidente de 49% sobre el dosel de cacao favorece la producción, amarre de chillillos y número de frutos maduros por árbol.

Palabras claves: Cacao, radiación fotosintéticamente activa, floración, Sombra.

ABSTRACT

Two cacao (*Theobroma cacao* L.) plantations reconverted into organic ones with different shade tree density were evaluated in Tabasco, México, in order to understand their effect on the flowering and fruition of cacao trees. The high-density plantation had 233 shade trees and the low-density one 123 trees. The number of open flowers, number of formed and "tied" chillillos (immature fruits), and number of fruits/plant/month were evaluated, as well as the photosynthetically active and intercepted radiation on the cacao tree canopy (RFA, μmol of photons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$). The shade trees intercepted 51 % of the incidental RFA in the low-density plantation, and 62.4 % in the high-density plantation, with 49% and 37.6 % of the total incidental RFA reaching the cacao trees respectively, with significant differences. Of the total incidental RFA on cacao trees, their canopies intercepted 80.9 % in the low-density plantation and 68.5 % in the high-density of shade trees. The number of flowers in the high density shade was higher (164.5 flowers per tree) than in the low density (60.5 flowers per tree). In the plantations being studied, an incidental RFA of 49 % on the cacao canopy favors the production, tying of chillillos and number of mature fruits per tree.

Keywords: cacao, photosynthetically active radiation, flowering, shade.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016. pp: 16-21.

Recibido: julio, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.



INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo sombra permanente es un sistema agroalimentario tradicional en zonas tropicales, donde las temperaturas presentan poca variabilidad, hay abundante precipitación y baja intensidad lumínica. Los árboles de sombra, son fuente de ingresos económicos que complementan la economía del agricultor y mantienen la biodiversidad del sistema, proveyendo diferentes niveles de sombreado al cacao (Young, 1994; Jaimez *et al.*, 2013), reducen el estrés del árbol de cacao y su manejo regulado es importante para el control integrado de plagas y enfermedades (Beer *et al.*, 1998). Se ha observado que bajo sombra intensa el rebrote foliar y el florecimiento del cacao son menores y con menor frecuencia que bajo sombra rala (poca sombra) o a pleno sol, y que un sombreado excesivo disminuye el rendimiento debido a baja producción fotosintética de los árboles de cacao (Zuidema *et al.*, 2005). Sin embargo, el tiempo de vida de una hoja es mayor en plantas bajo sombra (450 días) que a plena exposición solar (250 días) (Muller *et al.*, 1993). Jaimez *et al.* (2008) indican que la intensidad de luz que reciben las plantas de cacao regulada por la sombra de los árboles, afecta otros factores microclimáticos, tales como temperatura, humedad relativa, evaporación y disponibilidad de agua en el suelo; que influyen en la fertilidad de la plantación al modificar las velocidades de incorporación de hojarasca. La suma de estos factores afecta tanto el crecimiento del cacao como su producción. Pone de manifiesto además, la necesidad de estudios específicos acerca de la cantidad de luz proporcionada por el sombreado, la interceptada por los cultivos y su relación con la producción de frutos, cantidad de semilla y calidad de las misma. Al respecto algunos estudios han mostrado que un sombreado intermedio de 60% parece ser apropiado para la mayoría de los cultivos de cacao, ya que bajo estas condiciones se incrementa el área foliar y se mantiene el rendimiento. Pero a altos niveles de sombra (>80%), el índice de área foliar (IAF) disminuye de nuevo. En Malasia los mejores rendimientos (6126 kg ha⁻¹) presentan niveles de sombreado de 40% a 50% cuando la radiación es alta en los meses más secos (Zuidema *et al.*, 2005; De Almeida y Valle, 2007). En Tabasco, el sistema cacao cuenta con una diversidad de árboles de sombra nativos, entre los que destacan *Samanea saman*, *Diphysa robinoides*, *Guazuma ulmifolia*, *Erythrina* sp., *Colubrina arborescens*, *Musa* sp., *Gliricidia sepium*, y *Cedrela odorata* (Ramírez-Meneses *et al.*, 2014). Esta diversidad permite la conservación de la biodiversidad (Jaimez *et al.*, 2013), producción de madera, frutos comestibles y conservación de numerosas especies forestales (Méndez *et al.*, 2007; Jaimez *et al.*, 2008). Desde los años noventa, una característica de este sistema de producción de cacao, fue la heterogeneidad de las especies de árboles de sombra empleados, su densidad, baja o nula aplicación de insumos y manejo cultural (López, 1987), lo que se reflejó en rendimientos de 490 kg ha⁻¹ (Palma-López y Cisneros, 2000). Actualmente se están realizando nuevas combinaciones agroforestales asociadas al cultivo de cacao en las regiones tropicales, pero el manejo de las mismas se realiza basado en sistemas agroforestales tradicionales, incluyendo la fertilización, y los productores tienen poco conocimiento sobre el diseño y manejo del dosel de sombra según la edad de la plantación y ciclo anual (Silva *et al.*, 2013). El sombreado depende del tamaño de copa, orientación, distribución de ramas, y hojas durante las diferentes épocas del

año. Una alternativa para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad del sistema, es la reconversión orgánica, utilizando compostas hechas con materiales del mismo sistema de producción. Con base en lo anterior, se evaluó la intensidad de floración y fructificación de dos plantaciones de cacao en reconversión orgánica en Tabasco, México, en respuesta a diferentes densidades de árboles de sombra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio y diseño experimental: Dos plantaciones de cacao en reconversión del sistema tradicional al orgánico localizadas en la Primera sección (alta densidad) y Segunda Sección (baja densidad) de la Ranchería Río Seco del municipio de Cunduacán, Tabasco, México (93° 20' 42" O, 18° 06' 30" N), y altitud de 15 m. La plantación de alta densidad fue establecida hace 25 años con la variedad Guayaquil presenta una densidad de 233 árboles de sombra ha⁻¹, lo que resulta en 2.68 árboles de cacao por árbol de sombra establecido. La plantación de baja densidad fue establecida hace 35 años con una mezcla de variedades donde predomina la variedad Guayaquil con 123 árboles de sombra ha⁻¹ dando una relación de cinco árboles de cacao por árbol de sombra establecido. Ambas plantaciones presentaron una densidad de 625 plantas de cacao ha⁻¹. La altura de los árboles de cacao en ambas plantaciones, fue de entre 3 y 4 m. En estas plantaciones se realizan dos cosechas por año durante los meses de febrero y septiembre. El manejo agronómico en ambas plantaciones fue realizado según el programa orgánico establecido por el productor que utiliza composta orgánica preparada con materiales

del mismo sistema cacao. Las dos plantaciones se ubican sobre suelos Fluvisoles. En cada plantación se seleccionaron bloques de 28 árboles con cuatro y tres repeticiones, de acuerdo a la superficie de la plantación. Los bloques fueron establecidos en el centro de cada plantación, y abarcaron 1792 m² para la plantación de alta densidad de árboles de sombra y 1344 m² para los de baja densidad. Los datos de temperatura máxima, mínima y promedio, precipitación pluvial y horas brillo durante el periodo de evaluación se obtuvieron de la Estación Meteorológica del Colegio de Postgraduados, ubicada a 25 km de las plantaciones.

Dinámica de floración, "amarre" de frutos y radiación fotosintéticamente activa incidente:

Para conocer la dinámica de floración y el amarre de frutos, se realizaron muestreos quincenales de julio a diciembre del año 2005 en los árboles de cacao que constituyeron los bloques por plantación. En cada árbol se marcó un 1 m lineal del tronco a partir de los 50 cm del suelo. En esta superficie se contó el número de flores abiertas, el número de chilillos formados (frutos inmaduros), número de chilillos amarrados y número de frutos en madurez fisiológica ("mazorcas"). En las mismas fechas, dentro de cada bloque por repetición y plantación en estudio, se realizaron mediciones quincenales de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA, μmol de fotones $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con un medidor de RFA de Spectrum Technologies, Inc. Modelo BQM-SUN-5133. Las lecturas de RFA se tomaron en los cuatro puntos cardinales al interior de cada bloque sobre y bajo la copa del árbol de cacao, empezando a las 11:00 a.m. Una lectura al exterior de la plantación fue tomada al inicio y al final de las lecturas de cada bloque al interior de la plantación. Con los datos se calculó la cantidad de RFA incidente y la interceptada por el árbol de cacao de acuerdo a Wolf y Brown (1972). Los datos de la dinámica de floración, fructificación, RFA incidente fueron sometidos a un análisis de varianza bajo un diseño de bloques al azar en arreglo factorial. Los factores fueron dos densidades de árboles de sombra de la plantación (alta y baja densidad), cinco meses de muestreo (agosto-diciembre) y la interacción densidad por mes. Las pruebas de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) fueron realizadas, empleando el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de evaluación las condiciones climáticas variaron. En los meses de agosto y septiembre se presentaron los mayores promedios de horas luz (7.4 y 7.2, respectivamente) disminuyendo a 3.7 h en el mes de diciembre, representando menor presencia de nubes durante los meses de agosto y septiembre comparada con mayor nubosidad y menor radiación incidente en el mes de diciembre. Las temperaturas promedio fueron 26.5 °C y 25.9 °C para agosto y septiembre respectivamente y 19.8 °C para el mes de diciembre. Las mayores precipitaciones se presentan en los meses de septiembre y diciembre con 344 mm y 307 mm respectivamente, la menor precipitación en el mes de octubre con 132 mm.

Estrato arbóreo presente en cada plantación: En la plantación de alta densidad los árboles de sombra más abundantes fueron el cocohite (*Gliciridia sepium* (Jacq.) Steud), el chipilcohite (*Dyphysa robinooides* Benth) y el moté (*Eritrina* sp.) con 64%, 18% y 16% del total, respectivamente (Cuadro 1).

En ambas plantaciones la densidad de árboles de cacao fue la misma (625 árboles ha^{-1}). En la plantación de baja densidad, destacaron el chipilcohite (*Dyphysa robinooides* Benth), el plátano (*Musa* sp.), el moté (*Eritrina*

Cuadro 1. Principales especies de árboles de sombra en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) evaluadas.

Especie	Núm. árboles	%
Plantación alta densidad		
Cocohite (<i>Gliciridia sepium</i> (Jacq.) Steud)	150	64.4
Chipilcohite (<i>Dyphysa robinooides</i> Benth)	42	18.0
Moté (<i>Eritrina</i> sp.)	38	16.3
Macuilis (<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) D.C)	1	0.43
Mango (<i>Mangifera indica</i> L.)	1	0.43
Guarumo (<i>Cecropia obtusifolia</i>)	1	0.43
Total:	233	100
Plantación baja densidad		
Chipilcohite (<i>Dyphysa robinooides</i> Benth)	36	29.3
Plátano (<i>Musa</i> sp.)	31	25.2
Moté (<i>Eritrina</i> sp.)	27	22.0
Cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.)	10	8.1
Tatúan (<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.)	7	5.7
Cocohite (<i>Gliciridia sepium</i> (Jacq.) Steud)	6	4.9
Macuilis (<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) D.C)	4	3.3
Ceiba (<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn)	1	0.8
Chinin (<i>Persea schiedeana</i>)	1	0.8
Total	123	100

sp.) y el cedro (*Cedrela odorata* L.) con 29%, 25%, 22% y 8% del total respectivamente. Las especies coinciden con las observadas por Ramírez-Meneses *et al.* (2014) al evaluar plantaciones de cacao de 30 y 50 años de edad en la Región de la Chontalpa, Tabasco.

Perfil de transmisión de luz en las plantaciones en estudio: La RFA incidente sobre los árboles de sombra durante agosto a diciembre de 2005 fue $1430.9 \mu\text{mol f m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en promedio. La RFA incidente sobre el árbol de cacao, promedio de agosto a diciembre del 2005, para la plantación de alta densidad fue de $537.9 \mu\text{mol f m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y para la de baja densidad de $701.5 \mu\text{mol f m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 1). Lo anterior significa que los árboles de sombra interceptaron 51% de la RFA incidente en la plantación de baja densidad y 62.4% en la plantación de alta densidad de árboles de sombra, llegando a los árboles de cacao 37.6% y 49% de la RFA total incidente para alta y baja densidad respectivamente. De la RFA total incidente sobre los árboles de cacao, el dosel de éstos interceptó el 80.9% en la plantación de baja densidad y 68.5% en la de alta densidad de árboles de sombra. Esta diferencia de intercepción de RFA por los árboles de sombra en las densidades evaluadas, se debió probablemente a la heterogeneidad entre los estratos arbóreos y densidad de árboles en las mismas. Jaimez *et al.* (2008) indican que el porcentaje de luz que debe llegar al dosel del cacao debe ser de 60% para lograr un óptimo crecimiento y rendimiento de los cultivares. Aunque niveles de sombreado de entre 40% a 50% generan altos rendimientos de cacao en Malasia (Zuidema *et al.*, 2005; De Almeida y Valle, 2007). El nivel de sombreado registrado por el dosel de cacao de la plantación de baja densidad de sombra fue de 49%.

El patrón de incidencia de RFA a los árboles de cacao fue variable entre los meses de evaluación mostrando diferencias entre plantaciones para el mes de agosto y diciembre (Figura 2). En la plantación de baja densidad (bd), la menor cantidad de RFA incidente ($119 \mu\text{mol f m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) sobre el dosel de cacao fue en el mes de agosto. En la plantación de alta densidad (ad), la

menor fue en el mes de diciembre ($83.5 \mu\text{mol f m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Esta diferencia de RFA incidente sobre el árbol de cacao durante los meses del año es resultado del patrón con el patrón de senescencia y renuevo foliar de los árboles de sombra, lo cual requerirá evaluarse en ensayos posteriores. Diferentes estudios han reportado que el sombreado protege de altos niveles de radiación, generando condiciones microclimáticas más apropiadas para la producción (Díaz *et al.*, 2005). En particular un sombreado regulado que permita periodos intermitentes de luz combinados con fuertes intensidades a través del año, minimiza la respuesta a la estacionalidad de los árboles de cacao (De Almeida y Valle, 2007). En el caso de las plantaciones en estudio, las diferencias en la RFA interceptada por los árboles de sombra entre las plantaciones, asociadas éstas a la densidad de los mismos, permitió un paso de luz que indudablemente cambió en cantidad y calidad hacia el siguiente estrato arbóreo que son los árboles de cacao.

En contraste a lo mostrado por De Almeida y Valle (2007), Zuidema *et al.* (2005) indican que la aplicación de sombreado ligero a moderado (50%) reduce los rendimientos de cacao, ya que el área foliar se incrementa produciendo hojas más delgadas (mayor área foliar específica) dando índices de área foliar elevados. En las plantaciones en estudio los árboles de cacao recibieron desde 37% (ad)

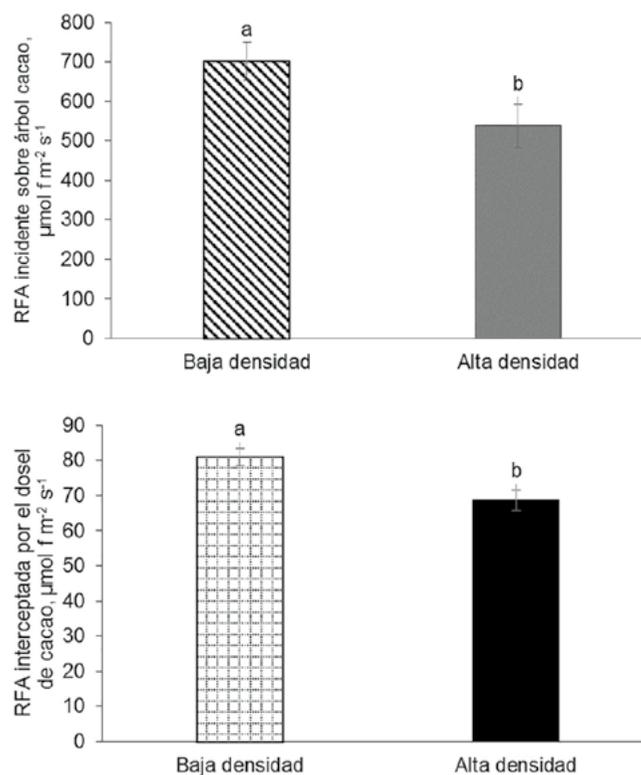


Figura 1. RFA incidente e interceptada por el dosel de los árboles de cacao en plantaciones de alta y baja densidad en Tabasco, México. Letras diferentes indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$). Las barras verticales representan \pm error estándar de la media.

hasta 49% (bd) de la RFA total incidente.

Producción de flores:

La producción de flores registró un efecto altamente significativo entre plantaciones y meses de muestreo. La Figura 3 muestra que la producción promedio de flores en los árboles de cacao en la ad, fue mayor (164.5 flores por árbol) que en la bd, (60.5 flores por árbol), registrando en agosto la mayor producción de flores en ambas plantaciones (608.3 en ad, y 204.3 en bd).

Lo anterior, refleja la importancia de la cantidad de RFA incidente sobre el dosel del árbol de cacao, ya que según Alvim *et al.* (1974) la sombra excesiva afecta la fenología del árbol de cacao, al disminuir la floración, la intensidad y frecuencia del rebrote foliar. En este estudio, una RFA incidente de 37.6% sobre el dosel

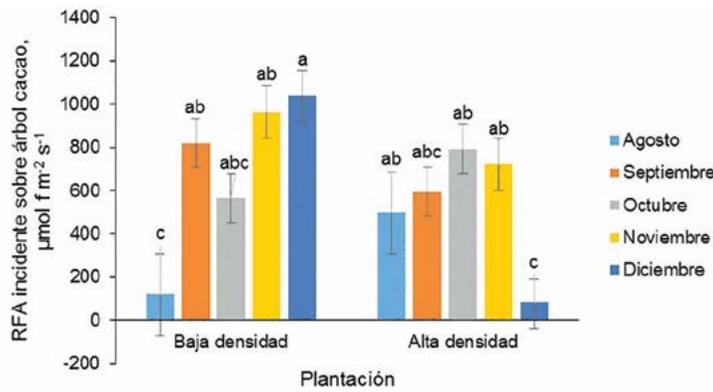


Figura 2. RFA incidente sobre el dosel del cacao (*Theobroma cacao* L.) en plantaciones de alta y baja densidad en Tabasco, México de agosto a diciembre de 2005. Letras diferentes indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$). Las barras verticales representan el error estándar de la media.

de cacao favoreció la producción de flores, pero su efecto fue negativo sobre la producción y amarre de chillillos y finalmente en el número de mazorcas por árbol. Las que se incrementaron con una RFA incidente de 49%. Las condiciones microclimáticas resultado de mayor sombreado pudieron afectar la polinización

y mayor incidencia de plagas y se ha observado que una alta intensidad de polinización en cacao incrementa el porcentaje de aborto de frutos (Groeneveld *et al.*, 2010), debido a competencia entre las diferentes estructuras (Alvim *et al.*, 1974). El rendimiento promedio de cacao seco fue de 414.3 kg ha⁻¹ y 745.6 kg ha⁻¹ para ad y bd respectivamente, considerado alto para esta última, si se compara con los rendimientos promedio obtenidos en plantaciones de cacao bajo sombra que oscila de 300 kg ha⁻¹ a 400 kg ha⁻¹; pero es bajo

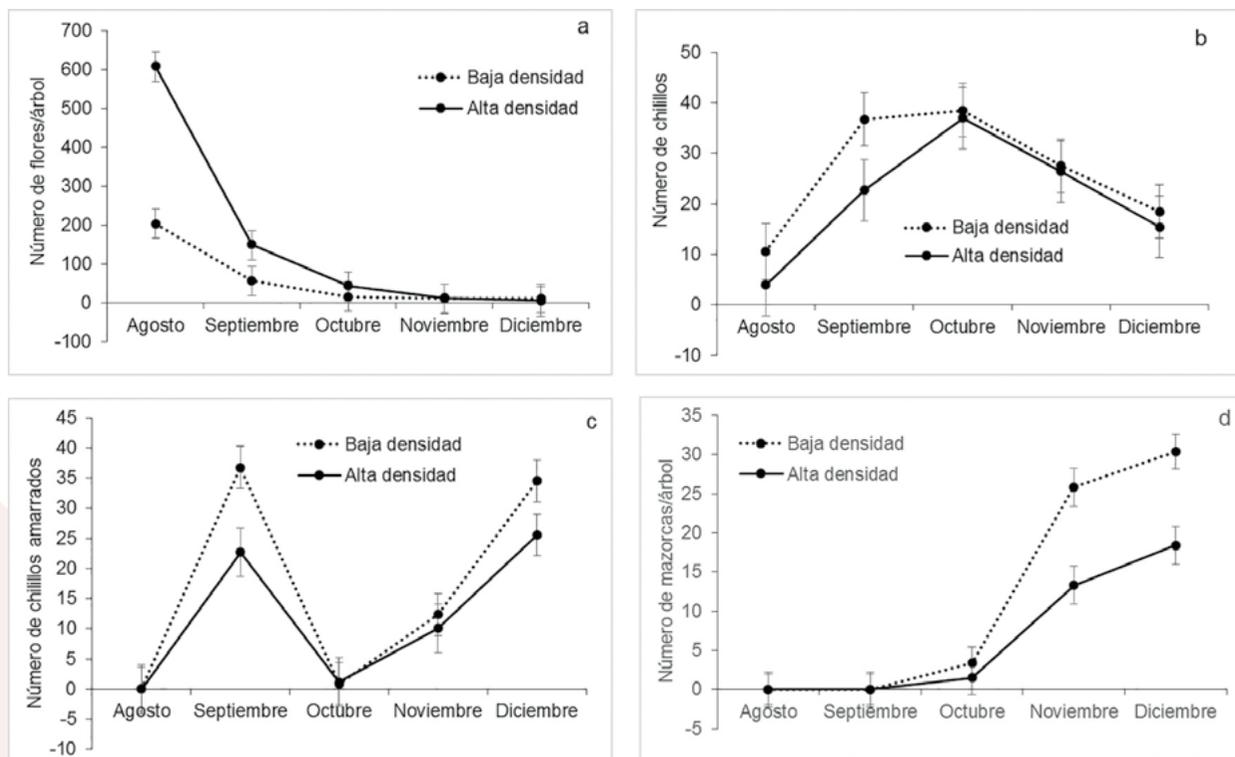


Figura 3. Floración mensual (a), chillillos (b), chillillos amarrados (c) y número de mazorcas (frutos) por árbol (d) de las plantaciones de alta y baja densidad de árboles de sombra en Tabasco, México. Letras diferentes indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$). Las barras verticales representan \pm error estándar de la media.

si se comparan con los rendimientos de plantaciones a pleno sol (1.5 a 2 t ha⁻¹).

CONCLUSIONES

Las plantaciones evaluadas presentaron un estrato arbóreo que difiere en tipo y densidad, lo que se reflejó en la cantidad de RFA que incide sobre el dosel de los árboles de cacao. La cantidad de RFA recibida por el dosel de los árboles de cacao tiene un efecto en la intensidad de flores, formación de chillillos y amarre de frutos.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Tabasco A.C., por el apoyo financiero otorgado para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Alvim P. de T., Dantas M.A., Vello F. 1974. Physiological responses of cacao to environmental factors. *Revista Theobroma* 4(4):3-25.
- Beer J., Muschler R., Kass D., Somarriba E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- De Almeida A. A. F., Val R.R. 2007. Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19(4):425-448.
- Díaz C. A., Aceves N.L.A., Juárez L.J.F., Muñoz M.L. 2005. Eficiencia en la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), bajo diferentes condiciones de sombreado, en el Estado de Tabasco. In: Memoria de la XVIII Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Villahermosa, Tabasco. pp. 404-411.
- Jaimez R.E., Tezara W., Coronel I., Ulrich R. 2008. Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 52(2): 253-258.
- Jaimez, R.E., Araque O., Guzman D., Mora A., Espinoza W., Tezara W. 2013. Agroforestry systems of timber species and cacao: survival and growth during the early stages. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 114(1): 1-11.
- López M.R. 1987. El cacao en Tabasco. Universidad Autónoma Chapingo. Colección Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 13. Chapingo, México. 287 p.
- Palma L.D.J., Cisneros D.J. 2000. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. 2ª. Edición. ISPROTAB-Fundación produce Tabasco-Volegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 179 p.
- Ramírez-Meneses A., García-López E., Obrador-Olán J.J., Ruiz-Rosado O., Camacho-Chiu W. 2014. Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 29(3):215-230.
- Silva C., Orozco L., Rayment M., Somarriba E. 2010. Conocimiento local sobre los atributos deseables de los árboles y el manejo del dosel de sombra en los cacaotales de Waslala, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* (4) 9: 51-60.
- Wolf D.D., Carson E., Brown H. 1972. Light interception efficiency measurements. *Journal of Agronomy for Education* 1: 40-42.
- Young A.M. 1994. The Chocolate tree. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. USA.
- Zuidema P.A., Leffelaar P.A., Gerritsma W., Mommer L., Anten N.P.R. 2005. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agricultural systems* 84:195-225.



DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE UN MÓDULO ORGANOPÓNICO

DESIGN AND ESTABLISHMENT OF AN ORGANOPONIC MODULE

Rivera-Hernández, B.¹; Palma-López, D.J.^{2*}; Roberto Gutiérrez-Burón, R.¹; Villareal-Ibarra, E.C.¹;
Palma-Cancino, D.Y.²; Peña Peña, A.J.²

¹Universidad Popular de la Chontalpa. Carretera Cárdenas-Huimanguillo, km 2.0, R/a Pazo y Playa, Cárdenas, Tabasco. Tel: 01 937 3727050. Ext. 7027. ²Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. Carretera Cárdenas-Huimanguillo km 3.5. C. P. 86500. Tel: 937 3722275. Ext. 5002.

*Autor para correspondencia: dapalma@colpos.mx

RESUMEN

La producción de alimentos bajo el enfoque de sistemas organopónicos en Tabasco, México, es una técnica poco conocida, por lo que se diseñó y construyó un módulo de producción de hortalizas bajo el concepto de sistema organopónico con 20 arriates (eras) elaborados con subproductos de madera y bloques de cemento, sobre el suelo y aéreos. Los arriates fueron diseñados para la producción intensiva de plantas comestibles sin el uso de pesticidas y fertilización química, e incluyó la implementación de técnicas de control orgánico de organismos plaga mediante cultivos trampa, cebos, colores, aplicación de extractos vegetales y especies para repeler insectos. Se presentan recomendaciones como resultado de tres años de evaluación del modelo organopónico.

Palabras clave: hortalizas, plantas aromáticas, sustratos, solar, composta.

ABSTRACT

Food production under the approach of organoponic systems in Tabasco, México, is a little-known technique, so a module for vegetable production was designed and built under the concept of organoponic system with 20 beds elaborated with wood derivatives and cement blocks, on the soil and aerial. The beds were designed for the intensive production of edible plants without the use of pesticides and chemical fertilization, and included the implementation of organic control of pest organisms through trap crops, baits, colors, application of plant extracts and species to fend off insects. Recommendations are presented as the result of three years of evaluation of the organoponic model.

Keywords: vegetables, aromatic plants, substrates, solar, compost.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016. pp: 22-27.

Recibido: julio, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.



INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas orgánicas en el solar o traspatio es una forma de producir alimentos, aumentar la soberanía alimentaria, el ahorro y autoempleo de las familias rurales del estado de Tabasco, México. Una opción para la producción de alimentos sin uso de pesticidas y fertilizantes inorgánicos, son los sistemas organopónicos. Esta técnica se basa en prácticas sostenibles que permiten el reciclaje de los desechos vegetales, animales y agroindustriales; los cuales mediante el proceso de compostaje permiten cultivar hortalizas en contenedores o arriates (Gliessman, 2002). La producción de alimento familiar bajo el enfoque de los sistemas organopónicos difiere de los sistemas hortícolas tradicionales del estado de Tabasco, sobre todo; en el énfasis que pone en la preparación de los sustratos orgánicos, el reciclaje de nutrimentos, manejo gradual de la base biológica del suelo, diversificación de cultivos y uso de variedades nativas o locales (Jeavons, 2002). El sistema organopónico es una técnica de cultivo sobre espacios abiertos, establecida sobre sustratos preparados mezclando materiales orgánicos con capas vegetales, los cuales se colocan dentro de contenedores, camas o canteros y se instalan en espacios vacíos en las zonas densamente pobladas, donde el suelo resulta improductivo por diversas razones (Vega-Ronquillo *et al.*, 2006). El objetivo principal del diseño del sistema organopónico es proporcionar al productor una tecnología sostenible para producir alimentos para su consumo o comercialización que complemente la economía familiar.

MATERIALES Y METODOS

El módulo se estableció en el recinto del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, ubicado en el km 3 de la carretera Cárdenas-Huimanguillo, en Cárdenas,

Tabasco, México. Se ocupó un espacio con relleno de piedra y escombros, con la finalidad de demostrar al productor que es posible producir alimentos bajo condiciones (propiedades físicas, químicas y biológicas) demeritorias del suelo. Se utilizó una superficie de 800 m². En la práctica, el área a cultivar depende de la superficie con que cuente el productor, de la disponibilidad de los abonos orgánicos y de los miembros de la familia. La orientación del módulo fue de norte a sur; las dimensiones de los arriates (camas o eras) fueron de 1.20 m de ancho por 10 m de largo y 30 cm de profundidad en suelos con buen drenaje. Los arriates se colocaron a 0.50 m de distancia entre cada uno y un perímetro de 2 m de distancia con respecto a los bordes externos de los arriates de la orilla (Figura 1).



Figura 1. Preparación del terreno para la instalación del módulo.

Diseño de arriates

Arriates contruidos con madera o block de cemento.

La madera o block de cemento tiene como objetivo mantener el sustrato orgánico dentro del arriate. Se cavaron 30 cm de profundidad y los primeros 10 cm de la capa superficial de suelo y se depositó en un lugar específico, para posteriormente mezclarlo con material orgánico. Se dejó una pendiente de 2% dentro de la superficie del arriate y se depositó nuevamente el suelo sin compactar. Para el caso de los suelos con mal drenaje interno como los arcillosos Gleysoles y Vertisoles (Palma-Lopez *et al.*, 2007) fue necesario cavar a 40 cm de profundidad y agregar en los primeros 10 cm una capa de grava o arena para mejorar el drenaje; posteriormente se depositó nuevamente el suelo (Figura 2).

Arriates tipo chino. Tiene forma trapezoidal de 1.2 m de ancho en la parte superior, 1.4 m de ancho en la base inferior y una altura de 30 cm; se dejó un talud de 20 % entre la base superior y la inferior. Los cuatro bordos del trapecio fueron aplanados para evitar que el sustrato orgánico fuera erosionado por causa de las lluvias o por el riego (Figura 3a,b).



Figura 2. Instalación de los arriates de madera y block de cemento.

Arriate tipo cajón aéreo. El sustrato orgánico no está sobre el nivel del suelo; sino que, está depositado sobre una superficie de madera. La altura desde el nivel del suelo hasta el borde del arriate es de 1 m, y la altura de la base donde se deposita el sustrato orgánico es de 0.50 m (Figura 3c). La parte interior del arriate se cubrió con tela de mosquitero y se depositó una capa de 10 cm de espesor de grava lavada de río; que sirvió como drenaje interno y evitó la pérdida del material orgánico; se depositó sustrato orgánico hasta alcanzar 30 cm de altura. Este diseño puede brindar a las familias que habitan en zonas bajas con riesgo de inundación una opción viable para producir alimentos en las épocas de lluvias y frentes fríos (nortes).

Sustratos orgánicos utilizados

El establecimiento de un sistema organopónico demanda una cantidad considerable de sustrato orgánico al principio. La mezcla de sustratos se realizó con base en los porcentajes indicados por Castellanos (2003), y se calculó el volumen de abono orgánico por arriate (Cuadro 1).

Elaboración de la composta

Se empleó el método convencional para la elaboración de abonos orgánicos o composta (Jeavons, 2002). Los

materiales vegetales y animales utilizados para la obtención del abono orgánico; que sirvió como medio de cultivo para reponer los nutrientes necesarios que demandan las plantas fueron los siguientes: hoja ancha seca, pasto seco y verde, tallo de plátano, estiércol vacuno, cachaza y bagacillo de caña y cáscara de cacao. La dimensión del arriate para la composta fue de 2.5 por 1.2 m y 1.5 m de altura, a continuación, se describe el procedimiento de colocación de los materiales.

- Primera capa: 30 cm de pasto verde.
- Segunda capa: 10 cm de estiércol vacuno.
- Tercera capa: 30 cm de mezcla de hoja ancha seca y pasto seco.

Cuadro 1. Materiales y proporciones usadas para sustratos por arriate.

Material orgánico	%	Volumen (m ³)
Cachaza y bagacillo	30	1.08
Tierra de monte	20	0.72
Estiércol	40	1.44
Suelo (10 cm superficiales)	10	0.36

Anualmente se deben adicionar 1.2 m³ de sustrato orgánico por arriate, con el objetivo de reponer la pérdida de nutrimentos por la extracción de los cultivos, y por erosión de las lluvias o riego.



Figura 3. a) Arriate tipo chino; b, c) Arriate tipo cajón aéreo.

- Cuarta capa: 20 cm de una mezcla de 50% cachaza y 50% bagacillo.
- Quinta capa: 30 cm de tallo de plátano.
- Sexta capa: 25 cm de cáscara de cacao.

Este mismo orden se repitió hasta alcanzar la altura mencionada de 1.5 m (Figura 4).

Control de insectos plaga

Barreras con plantas trampa. Se establecieron plantas con follaje denso formando una barrera alrededor de los arriates, ya que la alta producción de cobertura, ocasiona que el insecto tome como refugio las hojas de estas plantas y no llega a las hortalizas (Vázquez, 2010). Posteriormente, se aplicaron insecticidas de línea orgánica para disminuir la incidencia de insectos; las plantas utilizadas en este módulo fueron jamaica (*Hibiscus sabdarifa* L.), maíz (*Zea mays* L.), y yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (Figura 5). Se sembraron en el perímetro del sistema de producción a una distancia de 6 m, con respecto a los arriates.

Barreras con plantas aromáticas. Es indispensable establecer barreras de control con plantas aromáticas, estas tienen la función de producir



Figura 5. Barrera con plantas de Jamaica (*Hibiscus sabdarifa* L.).



Figura 4. Elaboración de la composta.

olores dentro del sistema (Abdo y Riquelme, 2008), creando un clima químico variado (Figura 6). El aroma de las plantas jóvenes, las secreciones de sus raíces y el polen funcio-



Figura 6. Barrera de plantas aromáticas.

nan muy bien para atraer a los insectos predadores (Nieto, 2011).

El Cuadro 2 menciona las especies de plantas repelentes y las plagas que controlaron dentro del módulo. Así mismo, estas plantas tienen otros usos, tales como, condimento para alimentos y medicinales.

Trampas de color. Se diseñaron tableros con un marco de madera de 50 cm de ancho y 40 cm de largo, sostenidos en el centro con una madera de 1.5 m de alto. Los cuadros se forraron con nylon en colores azul y amarillo. Se les aplicó grasa blanca para que los colores no se opacaran, el principal objetivo de esta labor es que con el reflejo de la luz solar y lunar, los insectos sean atraídos y al posarse en el nylon quedan pegados por la acción de la grasa hasta que finalmente murieron. Las trampas se colocaron en cada extremo de los arriates a una distancia de 2 m y a una altura de 60 cm. Se intercalaron los colores al colocarlas (Figura 7). En la época de sol la grasa se aplicó cada 12 días, y en la época de lluvia cada seis días; el tiempo de duración de las trampas fue de 6 a 9 meses (González et al., 2006; Larraín et al., 2006).

Cebos. Se elaboraron con harina de trigo aplicando el mismo procedi-



Figura 7. Trampas de colores con bolsas de nylon.

nejo agronómico de la siembra de las semillas.

Cuadro 2. Especies aromáticas sembradas como plantas repelentes de plagas en el módulo organopónico del Campus Tabasco, México.

Nombre común	Nombre científico	Acción contra plagas
Albahaca	<i>Ocimum Basilicom</i> L.	Gusanos
Ruda	<i>Ruta graveolens</i> L.	Mosca blanca y mosquito de la malaria
Perejil	<i>Eryngium foetidum</i> L.	Palomilla
Cempasúchil	<i>Taguetes erecta</i> L.	Moscas y piojos
Hierbabuena	<i>Mentha piperita</i> L.	Gusano trozador
Orégano	<i>Lippia Graveolens</i> H.B.K.	Hormigas

Distancia de siembra

Se sembraron hortalizas de ciclo cortos intercaladas dentro de un mismo arriate, en el Cuadro 5 se muestran las hortalizas sombras con sus respectivas distancias de siembra. Las distancias están basadas en la observación y medición de variables de crecimiento y producción durante un período tres años. Solo se enlistan 17 de 20 arriates implementados, debido a que algunos cultivos se repitieron.

Cuadro 3. Método de control utilizado en el sistema organopónico.

Receta	Método de preparación.	Acción
Chile y Ajo	Licuar cuatro cabezas de ajo y dejar reposar por 24 horas en un litro de agua. Licuar 250 gramos de chile en 1 litro de agua, posteriormente se mezcla con la solución de ajo y se deja reposar por 30 minutos llevar esta dosis a 15 litro de agua.	Controla gusanos, pulgones y caracoles. Se aplica cada 15 días
Albahaca	Se muele toda la planta en un molino casero, posteriormente se deposita en un bote con 10 litros de agua durante 24 horas.	Controla pulgones y arañas rojas. Se aplica una vez a la semana.
Ajo y jabón	Se licuan seis cabezas de ajo y se depositan en 10 L de agua durante 24 horas, posteriormente se agrega 100 gramos de jabón neutro y se lleva al fuego por 15 minutos hasta quedar bien diluido el jabón, dejar que se enfríe por 15 minutos y posteriormente aplicar.	Controla pulgones, mosquita blanca en estado de ninfa. Repetir esta dosis cada cuatro días.

CONCLUSIONES

La implementación del módulo organopónico puede adecuarse a las necesidades del productor. El espacio se puede aprovechar de manera eficiente, así como los diversos desechos orgánicos que se produzcan en las áreas donde se quiera implementar. Generalmente se utilizan materiales accesibles y económicos, así como, la participación de mano de obra de

miento que utilizan para mezclar la masa de maíz. Se utilizaron bolas de 8 a 10 g de peso y con una brocha se les aplicó insecticida (Malathion y Methomyl). Se depositaron a un costado de la guardera del arriate, sin colocarlo en el sustrato, controlándose con esto la población de grillos y gusanos.

Fumigación con extractos vegetales. Se controlaron las plagas mediante la aplicación de una solución elaborada a partir de recetas sugeridas por Romaní (2005). En el Cuadro 3 se muestran las recetas utilizadas en el módulo.

Producción de plántulas

Se realizó en charolas de plástico de 200 cavidades, a excepción de las de pepino que fueron de 50 cavidades. Se utilizó como medio de cultivo una mezcla de Sunshine (turba Canadiense) y vermicomposta (cachaza y bagacillo) en una relación (1:1 v/v), se humedeció al 50%, posteriormente se llenaron las charolas. En el Cuadro 4, se presentan algunos aspectos sobre el ma-

lo familia, lo cual reduce costos. Los diferentes tipos de arriates, se adecuan de acuerdo a la edad o condición física de las personas participantes. Los métodos de control de plagas son efectivos, económicos y pueden cumplir más de un propósito. Por lo tanto, un módulo de producción organopónico en el trópico, bien cuidado e implementado, puede ser rentable para autoconsumo y comercialización.

LITERATURA CITADA

Abdo G., Riquelme A.H. 2008. Las aromáticas en la huerta orgánica y su rol en el manejo de los insectos. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2da edición. Buenos Aires, Argentina. 111 p.

Castellanos J.Z. 2003. Manual de producción hortícola en invernadero. Ed. Intagri. 2da Edición. México. 469 p.

Gliessman S.R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, C. R: CATIE. 359p.

González A.A., Del Pozo N. E. M., Galván P. B., González C.A., González C.J.C. 2006. Barreras físicas y biológicas como alternativa de control de mosca blanca (*Bemisia* spp.) en berenjena (*Solanum melongena* L.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. Revista UDO Agrícola 6 (1): 76-83.

Cuadro 4. Siembra de semilla de hortalizas en charolas de plástico y en arriate.

Hortalizas	Semilla por sitio	Profundidad de semilla (cm)	Tiempo de germinación (días)	Trasplante (ddg)
Tomate	1-2	2	5-7	20
Chile habanero	1-2	2	8-12	25
Chile dulce verde	1-2	2	9-7	26
Chile dulce blanco	1-2	2	9-8	29
Pepino blanco	2	2-2.5	4-6	22
Cilantro	Chorrillo ligero	2	5-8	directo
Rábano	1	2-2.5	3-6	directo
Cebollín rojo [†]	1	5	22	directo
Cebollín blanco [†]	1	4	2	directo
Calabaza Italiana	1	3-3.5	5	directo
Cebolla Blanca	1-2	2	10-21	49
Zanahoria	2-3	2-3	6-11	directo
Repollo	2	1.5-2	6-11	36
Ajo [‡]	1	3.5	7-9	directo
lechuga	2	1.5-2	4-7	34
Perejil	2	1-2	14-21	32
Camote [§]	1	15	6	directo

[†]Bulbo; [‡]diente; [§]Guías o tallos. ddg=días después de la germinación.

Cuadro 5. Distancia de siembra de las hortalizas cultivadas.

Núm. de Arriate	Hortalizas	Distancia (cm)		Densidad de planta por arriates 10 m
		Fila	planta	
1	Tomate	30	90	64
2	Chile habanero	30	90	64
3	Chile dulce verde	30	90	64
4	Chile dulce blanco	30	90	64
5	Pepino blanco	30	90	64
6	Calabaza Italiana	Una fila	50	20
7	Zanahoria	10	10	1000
8	Rábano	10	8	1176
9	Lechuga	30	30	97
10	Repollo	50	40	50
11	Ajo	10	15	582
12	Cebolla Blanca	20	15	323
13	Cebollín rojo	15	15	444
14	Cebollín blanco	20	20	250
15	Perejil	15	15	444
16	Cilantro	10	Chorrillo ligero	
17	Camote	40	40	45

Jeavons J. 2002. Cultivo biointensivo de alimentos. CULTIVE BIOINTENSIVAMENTE.R. 6ta edición, California, Estados Unidos.

Larriain S.P., Varela U.F., Quiroz, E.C., Graña S.F. 2006. Effect of trap color on catches of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: thripidae) in sweet peppers (*Capsicum annum* L.). Agricultura Técnica 3: 306-311.

Nieto S.F. 2011. Plantas aromáticas y medicinales Enfermedades de importancia y sus usos terapéuticos. ICA. Bogotá D.C. Colombia. 48 pp.

Romaní C. 2005. Preparaciones de Ajo. Fertilidad de la tierra: revista de agricultura ecológica 19: 46-47.

Palma-López D.J., Cisneros D.E., Moreno C.E., Rincón-Ramírez J.A. 2007. Suelos de Tabasco: Su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-Isprotab-Fruprotab. Villahermosa, Tabasco, México. 194 pp.

Vázquez M.L.L. 2010. Manejo de plagas en la agricultura ecológica. Boletín Fitosanitario La Habana, Cuba. 15 (1) 120

Vega-Ronquillo E., Rodríguez-Guzmán R., Cárdenas-López M., San-Miguel A.A., Serrano-González N. 2006. Abonos orgánicos procesados como alternativa de sustrato de cultivos organopónicos de invernadero. Naturaleza y Desarrollo 4 (1): 24-35.



EFECTO DEL ENCALADO EN LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO EN UN SISTEMA AGROFORESTAL

EFFECT OF WHITEWASHING ON THE SOIL ORGANIC MATTER IN AN AGROFORESTRY SYSTEM

Ramos-Álvarez, C.¹; Obrador-Olán, J.J.^{2*}; García-López, E.²; Pérez-Flores, J.²; Carrillo-Ávila, E.³

¹Programa de Maestría del Campus Tabasco-Colegio de Postgraduados. ²Campus Tabasco, Km. 3.5 Carr. Cárdenas-Huimanguillo, H. Cárdenas, Tabasco. C.P. 86500. ³Campus Campeche, Carretera Federal Haltunchén-Edzná Km 17.5, C.P. 24450, Sihochac, Champotón, Campeche, Mexico.

*Autor de correspondencia: obradoro@colpos.mx

RESUMEN

Hasta hace poco el mayor volumen de caoba (*Swietenia macrophylla* King), provenía de selvas de América tropical, producto de explotación irracional que ocasionó la disminución de la especie en su hábitat natural. En la actualidad los sistemas agroforestales (SAFs) se perfilan como alternativa en la obtención productos maderables, atenuando la presión antropogénica ya que se establecen en suelos con baja aptitud agrícola, tales como suelos ácidos de Tabasco, México, a los cuales se ha buscado mejorar sus propiedades mediante enmiendas de cal dolomítica. Se estimó el efecto del encalado sobre la materia orgánica (MO) del suelo, y determinó el desarrollo de la caoba durante su primer año sobre un Acrisol húmico en un SAF caoba-cítricos de sabana. La caoba se plantó en marco real (6x6 m) entre limón persa (*Citrus latifolia* L.), aplicando un kilogramo de cal y fertilización (NPK). Se caracterizó la fertilidad del suelo a 0-30 cm de profundidad. El efecto del encalado sobre la MO se evaluó analizando muestras de cuatro perfiles (120 cm) a las que se determinó MO, Nitrógeno (N), Nitrógeno Inorgánico (Nin) y Carbono orgánico soluble (Cos). Los resultados mostraron efectos positivos del encalado sobre Cos y Nin en los primeros 40 cm. En el desarrollo de la caoba, se encontraron diferencias estadísticas en altura y diámetro.

Palabras clave: Carbono orgánico soluble, cal dolomítica, Acrisol húmico

ABSTRACT

Until recently, the highest volume of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) came from rain forests in tropical America, product of the irrational exploitation that caused the decrease of the species in its natural habitat. Currently, agroforestry systems (AFSs) are shaping up to be an alternative for obtaining timber-yielding products, alleviating anthropogenic pressure, since they are established in soils of low agricultural aptitude, such as acid soils in Tabasco, México; there have been measures taken to improve their properties through improvement with dolomite lime. The effect of whitewashing on the organic matter (OM) of the soil was estimated, and the development of mahogany trees on a humic Acrisol during their first year was determined, in a mahogany-citrus AFS on savannah. The mahogany was planted in royal frame (6x6 m) between Persian lime (*Citrus latifolia* L.), applying a kilogram of lime and fertilizer (NPK). The fertility of the soil was characterized at 0-30 cm of depth. The effect of whitewashing on the OM was evaluated by analyzing samples from four profiles (120 cm) regarding which the OM, nitrogen (N), inorganic nitrogen (Nin) and soluble organic carbon (Cos) were determined. The results showed positive effects of whitewashing on Cos and Nin in the first 40 cm. In the development of mahogany trees, statistical differences were found in height and diameter.

Keywords: soluble organic carbon, dolomite lime, humic Acrisol.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016. pp: 28-33.

Recibido: julio, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

La caoba (*Swietenia macrophylla* King) es una especie nativa de América tropical y una de las maderas preciosas más valiosas a nivel mundial, desafortunadamente su mayor volumen comercializado en los mercados mundiales, provienen de selvas tropicales, en donde se realiza una extracción irracional (Cerdán, 2007), lo que ha reducido las densidades en muchas áreas de distribución natural, promoviendo la desaparición de bosques completos (Kometter *et al.*, 2004). Los árboles de caoba en bosques tropicales se encuentran en densidades de alrededor de un árbol por cada 10 hectáreas (Marmillod *et al.*, 2007; Del Rio, 2012). Se considera que al menos 21% del área de distribución natural de la caoba se ha perdido a causa de la deforestación (Grogan *et al.*, 2010). El abastecimiento de la industria forestal de México se ha basado en la extracción selectiva de especies valiosas de los bosques tropicales, de manera que en la actualidad 0.87% del total de maderas son preciosas y la producción de caoba es cada vez menor (INEGI, 2007), estimándose una superficie de 1,470,000 ha de bosques tropicales que contienen caoba, ante la eliminación, entre 1960 y 1985, de 8,000,000 ha más (Argüelles, 1999). Para contrarrestar esta tendencia es necesario fomentar cultivos silvícolas que disminuyan la presión antropogénica sobre los bosques (Fredericksen y Putz, 2003). El nivel tecnológico que actualmente tiene la silvicultura le permite fijar, regenerar, gestionar, proteger los bosques, y cosechar sus productos de una manera racional y durable (2001; Montagnini, 2002; FAO, 2005). A nivel mundial se han establecido, plantaciones de caoba en 151,214 ha (Brown, 2000) las cuales requieren de un manejo silvícola, siendo las principales prácticas el control del barrenador de la meliáceas y la fertilización con elementos mayores (Pérez, 2009). La agroforestería es una alternativa importante, cuya práctica ancestral es socialmente aceptada (Moreno y Obrador, 2007) y tiene la ventaja de presentar transferencia continua de fertilidad, dado que los árboles aprovechan los recursos implicados en el manejo del cultivo y extraen nutrientes de estratos inferiores, los cuales se ponen a disposición a través de la hojarasca (Wilson, 2008). En Tabasco, México, la mayoría de las plantaciones forestales se encuentran en suelos ácidos (Acrisoles y Cambisoles), con bajos niveles de fertilidad natural; presentan altos contenidos de arcilla, buen drenaje interno, son deficientes en bases, propensos a la deficiencia de micronutrientes (Palma-López *et al.*, 2007) y a presentar toxicidad por aluminio (Al) el cual, en los suelos minerales bajo condiciones ácidas, es liberado como $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)^{2+}$ y $Al(H_2O)^{3+}$. Cuando la acidez ocurre en la superficie del suelo, el encalado por lo general corrige el problema, las cantidades y periodicidad de las aplicaciones dependerán de diversos factores entre los que destacan: la reactividad del suelo, la precipitación y la tolerancia del cultivo o plantación en cuestión (Duque-Vargas *et al.*, 1994). El Ca y Mg agregados con el encalado igualmente sirven de nutrimentos para las plántulas. Si, además de encalar se fertiliza con NPK el efecto es aún mejor, dado que a un pH más equilibrado todos los nutrimentos son más fácilmente disponibles. (Calvo-Alvarado *et al.*, 2008). En Tabasco no existe experiencia documentada en la determinación de dosis de aplicación de cal dolomítica para plantaciones forestales ni para nutrimentos mayores NPK. Sin embargo, se sabe que los suelos agrícolas tropicales son principalmente deficitarios de N y P y aquellos con pH menor de 5 presentan además deficiencias importantes de mi-

cronutrientes (Palma-López *et al.*, 2007). La fertilización que emplean los silvicultores en Tabasco consiste en suministrar básicamente N, P y K al momento de la siembra, mediante la colocación de una pastilla de lenta liberación al pie de cada árbol (CONAFOR, 2006). Esta pastilla tiene un peso de 10 g y su fórmula es 20-10-5 (NPK). Tomando en cuenta lo anterior, se estimó el efecto del encalado de un suelo Acrisol en el sistema agroforestal caoba-cítricos (*Citrus* sp.) determinando el efecto del encalado en la MO del suelo y variables del crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Ejido Villa Chontalpa, de Huimanguillo, Tabasco, México, (17° 39' 36" y 17° 55' 0" N; 93° 29' 45", 93° 51' 00" O). El principal uso del suelo corresponde a plantaciones de limón persa (*Citrus latifolia* T.), hule (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill) y piña (*Ananas comosus* L.) y al cultivo de los pastos húmedicola (*Brachiaria humidicola* (Rendle) S.) y chontalpo (*B. decumbens* Stapf), especies tolerantes a suelos ácidos (Murillo, 2009). El sitio constituye una antigua planicie fluvial erosionada, donde las corrientes erosivas han formado desniveles del paisaje que constituyen una serie de lomeríos de baja altitud (20 y 50 m). El clima del área de estudio se clasifica como (Am) con abundantes lluvias en verano. La temperatura media anual es de 26.2 °C, con media mensual máxima de 30.6 °C en mayo; la máxima y mínima absolutas alcanzan los 45 °C y 14 °C, respectivamente. El régimen de precipitación pluvial del clima Am se caracteriza por un total de caída de agua de 2290.3 mm anuales (INEGI, 2007). La Unidad de estudio y manejo de la plantación se realizó

en una parcela experimental con suelos Acrisol húmico (AChu), seleccionándose con base en estudios previos (INEGI, 2007; Palma-López *et al.*, 2007), observaciones de campo (barrenaciones de suelo) y entrevistas a productores interesados. La caoba se plantó el 21 de julio de 2011 entre los árboles de limón persa a 6×6 m, dejando una distancia de 3 m entre el limón y la caoba (Figura 1).

Las plantas de caoba fueron obtenidas del vivero de la CONAFOR de Villahermosa, Tabasco y las de limón fueron proporcionadas por el productor participante. Una vez plantada la caoba, se aplicó un kg de cal dolomítica compuesta por calcio 23.8%, magnesio 10.3%, con un valor neutralizante en relación al CaCO_3 102.4% (alrededor de la planta en un radio aproximado de 70 cm), que es la cantidad que aplican los silvicultores de la zona a plantaciones forestales, y una dosis de fertilización (NPK) de 50 g de 17-34-30, que es la recomendada para esta planta y para los suelos ácidos de la región (Pérez, 2009).

Caracterización del suelo en estudio: inmediatamente después de la preparación mecánica del terreno (arado y dos pasos de rastra) se tomaron muestras a la profundidad 0-30 cm. Cada muestra estuvo compuesta por 15 submuestras. Se determinó: pH en agua relación 1:2, materia orgánica (MOS), textura, capacidad de intercambio catiónico (CIC), carbono orgánico soluble (COS), nitrógeno (N), fósforo Olsen (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), según metodología de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.

Las muestras de cada horizonte fueron llevadas al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas (LASPA) del Colegio de Postgraduados, para realizarles los análisis químicos que permitieron caracterizar el suelo en estudio (NOM-021-RECNAT-2000).

Efecto del encalado en la MO del suelo, y en el crecimiento y desarrollo de la plantación: para conocer el efecto del encalado en las propiedades químicas del suelo, en la fecha de la plantación Julio de 2012 y antes de encalar se abrieron cuatro perfiles a 120 cm de

profundidad, en los cuales se muestreó considerando el método del monolito (Schlegel *et al.*, 2000; Gayoso *et al.*, 2002) con cubos metálicos de 10×10 cm de lado y 20 cm de fondo, abiertos en la parte superior e inferior. A partir de la superficie se tomó una muestra cada 20 cm obteniendo un total de 24 muestras (6 profundidades×4 perfiles), a cada una se le determinó MO, N total, N inorgánico (NO_3 , NH_4 , NO_2) (NOM-021-RECNAT-2000) y carbono orgánico soluble (COS) (Calderón, 2008). En febrero de 2012, se abrieron otros cuatro perfiles en sitios

próximos a las plantas encaladas, realizándose el mismo tipo de muestreo, de tal manera que se tomó el mismo número de muestras y se realizaron los mismos análisis que a las obtenidas en el primer muestreo. Para evaluar el efecto del encalado en el crecimiento y desarrollo de la caoba se consideraron 30 plantas (por tratamiento; encalado y no encalado) cada una correspondió a una unidad

experimental a la que se midió, mensualmente y durante un año (Agosto 2011- Julio 2012) el diámetro a 20 cm de altura con un vernier electrónico (± 0.1 mm), la altura con cinta métrica (± 0.1 cm), registrándose también durante el mismo periodo el número de hojas (Schlegel y Gayoso 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de N y MO fueron de 0.38% y 10.67%, Cos 1.4 (abs), los de CIC, K, Ca y Mg 5.93, 0.06, 0.82, 0.36 ($\text{Cmol}_{(C)} \text{kg}^{-1}$), respectivamente y P-Olsen 2.2 mg kg^{-1} y pH 4.7. Los valores bajos de pH y los contenidos deficitarios de nutrimentos registrados en el suelo estudiado coinciden con diversos estudios realizados para suelos ácidos tropicales (Abat *et al.*, 2012), la interrelación que estos elementos tienen con la química del aluminio (Al^{3+}) origina la formación de compuestos insolubles, en reacciones casi irreversibles (Vázquez *et al.*, 2009). Su disponibilidad, por efecto del encalado se explica porque, al elevarse el pH, se favorece el ambiente para la proliferación de la biota edáfica (fertilidad biológica), la cual, a contenidos altos de MO (caso del suelo en estudio) libera nutrimentos (fertilidad química) a través de la mineralización, además, la descomposición de la materia orgánica del suelo mejora la agregación y

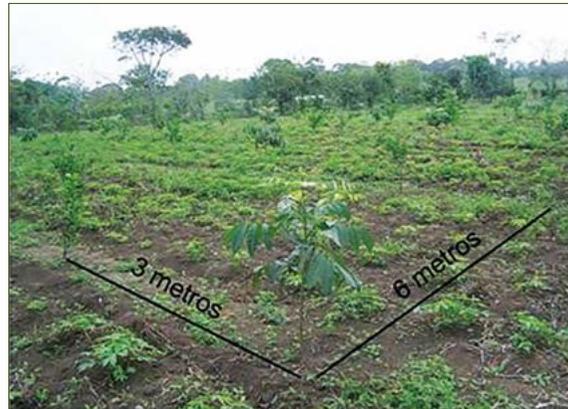


Figura 1. Distribución en el pano de siembra de la caoba (*Swietenia macrophylla* King).

estabilidad de los agregados (fertilidad física) (Manna *et al.*, 2006).

En la Figura 2 (a, b y c), se muestra el comportamiento de la materia orgánica (MO), el carbono orgánico soluble (COs) y el nitrógeno inorgánico (Nin), respectivamente, del suelo en estudio; los dos primeros, presentaron los valores más altos en las dos primeras profundidades (independientemente del tratamiento), así como también diferencias estadísticas entre sí ($p < 0.05$) y con las otras cuatro profundidades, las cuales son estadísticamente similares ($p > 0.05$). El Nin presentó diferencias estadísticas sólo entre la primera y las demás profundidades.

El tratamiento con cal mostró valores más altos y diferencias estadísticas ($p < 0.05$) sólo para COs en las tres primeras profundidades y para la primera en el caso del Nin. En diversos estudios relacionados con la fertilidad vertical se ha encontrado que los valores más altos de los parámetros MO, COs y Nin, que están más correlacionados con los aportes orgánicos, se ubican en la parte superficial del suelo (Abera *et al.*, 2012), como es el caso de los altos contenidos que dichos parámetros presentaron en las dos primeras profundidades; lo anterior se atribuye a una continua contribución de hojarasca y la actividad que realizan la macro y microfauna edáfica (Attwil y Adams, 1993, Lummer *et al.*, 2012). Los contenidos altos de COs en las tres primeras profundidades y de Nin en la primera, detectados en la parcela tratada con cal,

revelan que estos dos parámetros son buenos indicadores para estimar cambios en la velocidad de mineralización de los materiales orgánicos por efecto del encalado (Curtin *et al.*, 1998; Fuentes *et al.*, 2006), aplicación de fertilizantes (Campbell *et al.*, 1994) o laboreo (Doran *et al.*, 1998). En cualquiera de las tres intervenciones antrópicas señaladas, la actividad microbiana se ve favorecida por la acentuación de las condiciones edáficas (incremento de pH, de la relación C/N y de la aireación). Una alta tasa de mineralización, de manera general, favorece la fertilidad de los suelos agrícolas (Havlin *et al.*, 1999; Fageria y Baligar, 2008). Estudios para conocer la fertilidad vertical realizados por Pascual (2013) para suelos arcillosos con plantaciones de cacao mostraron disminución de MO, COs y Nin conforme incrementaba la profundidad del suelo; sin embargo, con aplicaciones de cal dichos parámetros se vieron favorecidos (Zimmermann *et al.*, 2007).

En cuanto al crecimiento de la caoba, medido como altura (a) y diámetro (b), sólo el diámetro no mostró diferencia estadística significativa ($p = 0.4305$), su valor medio general fue de 2.8 cm. La Figura 3a muestra el crecimiento, en altura, de la caoba con los dos tratamientos, observando alta diferencia estadística significativa a favor del tratamiento de encalado, que tuvo un valor medio de crecimiento de 185.7 cm, contra 148.2 que presentó en altura el tratamiento no encalado. El valor medio general del diámetro (28 mm) coincide con los

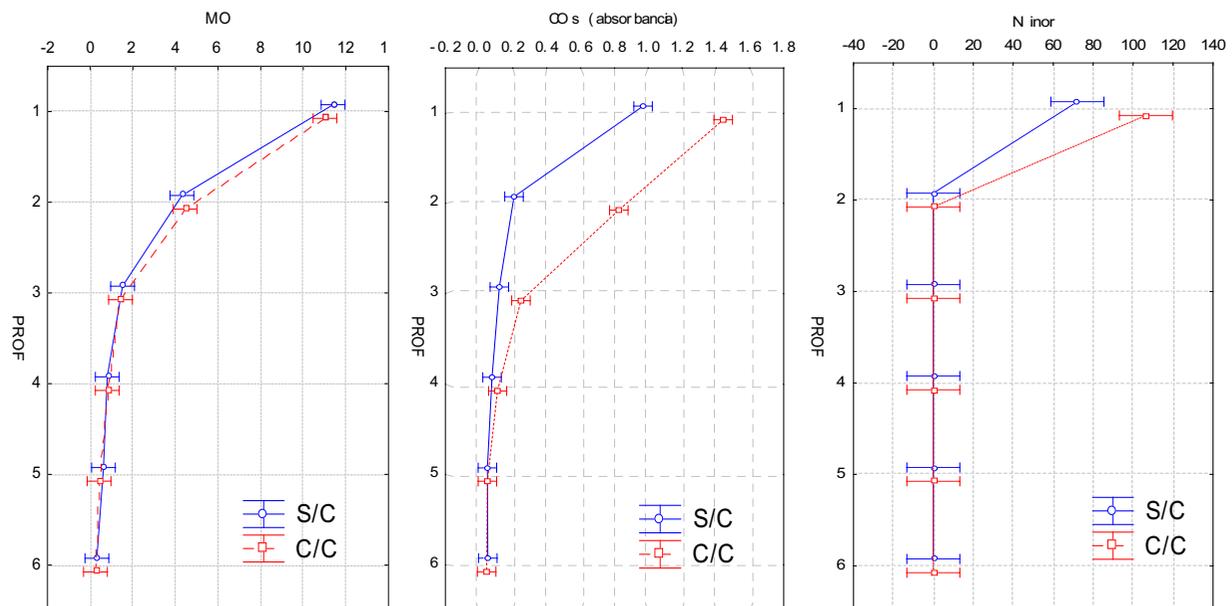


Figura 2. Comportamiento de: a) MO, b) COs y c) Ni en un Acrisol, con dos tratamientos: sin (S/C) y con (C/C) aplicación de cal dolomítica y seis profundidades (1: 0-20, 2: 20-40, 3: 40-60, 4: 60-80, 5: 80-100, 6: 100-120 cm). 2a). $F(5, 36) = 0.2177$, $p = 0.9526$. Las barras horizontales indican 0.95 de intervalo de confianza. 2b) $F(5, 36) = 50.94$, $p = 0.0000$ barras horizontales indican 0.95 de intervalo de confianza. 2c) $F(5, 36) = 50.94$, $p = 0.0000$ Las barras horizontales indican 0.95 de intervalo de confianza.

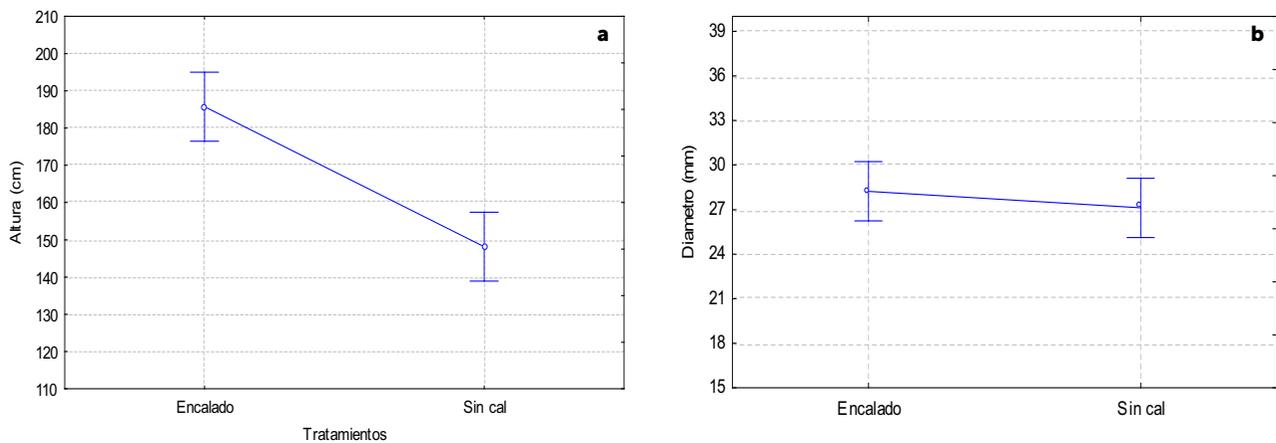


Figura 3. Comportamiento del crecimiento y desarrollo de la Caoba durante un periodo de 12 meses. a) Altura, b) Diámetro. 3a) $F(1, 58)=32.970, p=0.0000$. Las barras verticales indican 0.95 de intervalo de confianza. 3b) $F(1, 58) 0.6301, p=0.4305$. Las barras verticales indican 0.95 de intervalo de confianza.

reportados por otros autores, que indican que el intervalo de crecimiento en grosor está entre 20 mm a 40 mm planta año⁻¹ (Romero, 1983; Evans, 1984; Gutiérrez 1998). Para suelos de la región y con aplicaciones de cal, Pérez (2009) encontró un crecimiento diamétrico de alrededor de 3.1 cm año⁻¹. A pesar de que el crecimiento en altura de la caoba encalada fue mayor, 185.7 contra 148.2 cm, ambos valores se ubicaron en el intervalo de crecimiento reportado por otros autores (0.80 hasta 1.80 m año⁻¹), respectivamente (Romero, 1983; Evans, 1984; Mayhew y Newton 1998; Gutiérrez 1998).

CONCLUSIONES

El encalado tuvo efectos positivos en la mayoría de los parámetros químicos estudiados, de manera general en las profundidades 0-20 cm y 20-40 cm fue donde se observó dicho efecto. El COs y el Nin son buenos indicadores para estimar el efecto del encalado, ya que se observó en éstos, mejor respuesta que la registrada por la MO. El crecimiento de las plantas de caoba se vio favorecidas por las aplicaciones de cal dolomítica, registrando diferencias estadísticas en altura y número de hojas, excepto el diámetro.

LITERATURA CITADA

Abera G., Wolde-Meskel E., LR Bakken. 2012. Carbon and nitrogen mineralization dynamics in different soils of the tropics amended with legume residues and contrasting soil moisture contents. *Biol. Fertil. Soils* 48: 51-66.

Argüelles A. 1999. Diagnóstico caoba Mesoamérica México. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King), México. CCT-PROARCA/CAPAS. México. 50 p.

Brown C. 2000. Perspectivas mundiales del suministro futuro de madera procedente de plantaciones forestales. Documento de

trabajo (GFPOS/WP/03) elaborado en el contexto del Estudio de las Perspectivas Mundiales de los Productos Forestales relativo a 1999. FAO. Roma Italia. 176 p.

Calderón B.V. 2008. Captura de carbono en un sistema agroforestal cedro (*Cedrela odorata* L.) banano (*Musa* sp.) en Tabasco, México. Tesis Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados Campus, Tabasco. 115 p.

Calvo-Alvarado J., Arias A.D., Jiménez R.C., Solano M.J.C. 2008. Efecto de cinco sustratos en el contenido foliar de nutrientes y crecimiento inicial de tres especies forestales empleadas en Mesoamérica. *Kurú: Revista Forestal (Costa Rica)* 5(14).

Campbell C.A., Jame Y.W., Akinremi O.O., Beckie H. 1994. Evaluating potential nitrogen mineralization for predicting fertilizer nitrogen requirements of long-term field experiments. En: *Soil testing: prospects for improving nutrient recommendations* Havlin JL, Jacobson JS (eds) Soil Science Society of America, Madison. p 81-100p.

Cerdán C. 2007. La Tala ilegal de caoba (*Swietenia macrophylla*) en la amazonía peruana y su comercialización al mercado exterior. AIDSESP (Asociación Interétnica de Desarrollo de la Selva Peruana). Lima, Perú. 53 p.

CONAFOR. 2006. Guía para la elaboración de la propuesta técnica forestal y ambiental. México.

Curtin D., Campbell C.A., Jalil A. 1998. Effects of acidity on mineralization: pH dependence of organic matter mineralization in weakly acidic soils *Soil Biol. Biochem.* 30(1): 57-64.

Del Rio B.M.L. 2012. Extracción no perjudicial de las poblaciones de *Swietenia macrophylla* King. (caoba) para el cupo nacional de exportación 2012. Lima Perú. 22 p.

Doran J.W., Elliot E.T., Paustian K. 1998. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil Till. Res.* 49: 3-18.

Duque-Vargas I., Pandey S., Granados G., Ceballos H., Knapp E. 1994. Inheritance of tolerance to soil acidity in tropical maize. *Crop. Sci.* 34.

Evans J. 1984. *Plantation forestry in the tropics*. Oxford Univ. Press. New York. 472 p.

Fageria NK, Baligar VC (2008) Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. *Advances in agronomy* 99: 345-399.

- FAO. 2005. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. FAO Forestry Paper 147. Rome, Italy. (<http://www.fao.org/forestry>). 181 p.
- Fredericksen T.S., Putz E.F. 2003. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. Biodiversity and Conservation. Kluwer Academic Publishers. Printed in Netherlands 12: 1445–1453.
- Fuentes J.P., Bezdicsek D.F., Flury M., Albrecht S., Smith J.L. 2006. Microbial activity affected by lime in a long-term no-till soil. *Soil & Tillage Research* 88: 123–131.
- Gayoso J.J., Guerra Y.D., Alarcón D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Proyecto FONDEE Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 157 p.
- Grogan J., Blundell A.G., Matthew L.R., Youatt A., Gullison R.E., Martínez M., Kometter R., Lentini M., Rice R.E. 2010. Over-harvesting driven by consumer demand leads to population decline: big-leaf mahogany in South America. *Conservation Letters* Wiley Periodicals, Inc. 3: 12–20p.
- Gutiérrez R. 1998. Plan de manejo de las plantaciones de Lancetilla: propuesta de zonificación. ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras.
- Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L., Nelson W.L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers, 6th Edition. Upper Saddle River, N.J: Prentice-Hall, Inc. 499 p.
- INEGI. 2007. Sistema Nacional de Estadística e Información Geográfica. México. Consultado 24 enero. 2013
- Kometter R.F., Martínez M., Blundell A.G., Gullison R.E., Steininger M.K., Rice R.E. 2004. Impacts of unsustainable mahogany logging in Bolivia and Peru. *Ecol & Soc* 9.
- Lummer D., Scheu S., Butenschon O. 2012. Connecting litter quality, microbial community and nitrogen transfer mechanisms in decomposing litter mixtures. *Oikos* 121: 1649–1655.
- Manna M.C., Swarup A., Wanjari R.H., Mishra B., Shahi D.K. 2007. Long-term fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields. *Soil & Tillage Research* 94: 397–409.
- Marmillod D., De la Rosa T., Panduro M.Y., Cornejo A.C., Correa D.V. 2007. Diagnostico para evaluar estrategias de manejo para la caoba. Documento técnico No. 18. Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana–BIODAMAZ. Perú. 28 p.
- Mayhew J.E., Newton A.C. 1998. *Silviculture of Mahogany*. CABI Publishing series. CABI, Wallingford, Reino Unido. 226 p.
- Montagnini F. 2002. Tropical plantations with native trees: their function in ecosystem restoration. En: Reddy MV (ed) *Management of Tropical Plantation- Forests and Their Soil Litter System*. Litter, Biota and Soil-Nutrient Dynamics Science Publishers. Enfield.
- Moreno M.G., Obrador O.J.J. 2007. Effects of trees and understorey management on soil fertility and nutritional status of holm oaks in Spanish dehesas *Nutr Cycl Agroecosyst* 78:253–264.
- NOM-021. 2000. NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. <http://www.semarnat.gob.mx/NOM-021-RECNAT-2000.pdf>
- SIAP. 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Palma-López D.J., Cisneros D.J., Moreno C.E., Rincón-Ramírez J.A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPOTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México.
- Pascual C.G. 2013. Evaluación del agroecosistema cacao (*Theobroma cacao* L.) y caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a través de indicadores de calidad del suelo. Tesis de maestría en ciencias del Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas Tabasco. 115 p.
- Pérez C.P. 2009. Fertilización NPK y demanda nutrimental de cuatro especies forestales en fases temprana de crecimiento. Tesis de maestría del Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco. 70 p.
- Romero J.O., 1983. Crecimiento de dos plantaciones de caoba (*Swietenia macrophylla*) y su regeneración natural vista en Lancetilla. Tesis Ing. Forestal. CURLA-UNAH. La Ceiba, Atlántida.
- Schlegel B., Gayoso J., Guerra J. 2000. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial: Manual de procedimientos: Muestreos de biomasa forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 24 p.
- Schlegel B., Gayoso J. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile.
- Vázquez M., Terminiello A., Duhour A., García M., Guilino F. 2009. Efecto del encalado sobre propiedades físicas de un suelo de la Pradera Pampeana. Asociación con propiedades químicas. *Ciencia del Suelo* 27(1): 67-76.
- Wilson B.Y.V. 2008. Dinámica nutrimental y crecimiento de cedro (*Cedrela odorata* L.) y teca (*Tectona grandis* L.f) en un suelo Fluvisol del estado de Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas Tabasco. 99 p.
- Zimmermann M., Leifeld J., Schmidt M.W.I., Smith P., Fuhrer J. 2007. Measured soil organic matter fractions can be related to pools in the Roth C model. *European Journal of Soil Science* 58: 658–667.

EFICIENCIA DE TRES DISEÑOS DE TRAMPA PARA LA CAPTURA DE *Opsiphanes cassina fabricii* (Boisduval) EN *Elaeis guineensis* Jacq, COMO ALTERNATIVA ORGÁNICA

EFFICIENCY OF THREE TRAP DESIGNS FOR THE CAPTURE OF *Opsiphanes cassina fabricii* (BOISDUVAL) IN *Elaeis guineensis* JACQ, AS AN ORGANIC ALTERNATIVE

Hernández-Martínez, M.Y.¹; Sánchez-Soto, S.^{1*}; Romero-Nápoles, J.²; García-López, E.¹; Pérez-Flores, J.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n, H. Cárdenas, Tabasco, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor responsable: sssoto@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia de tres diseños de trampas para la captura de adultos de *Opsiphanes cassina fabricii*, plaga de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq), y se conoció su fluctuación poblacional durante el periodo de estudio. La investigación se efectuó en una plantación de 12 ha ubicada en el municipio de Cárdenas, Tabasco, México. Los diseños consistieron en: (1) una bolsa plástica de 90×60 cm; (2) un recipiente de 5 L en forma de barril con 1 embudo, y (3) una caja rectangular de 10 L con cuatro embudos. En cada trampa se utilizó como cebo 0.5 kg de plátano maduro (*Musa* sp.). Se empleó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los insectos capturados se recolectaron cada semana, de junio-agosto, 2008. Se capturaron 972 especímenes de *O. cassina* (546 machos y 426 hembras), el 69.2% correspondió a la trampa rectangular, el 23.5% a la trampa barril y 7.2% a la trampa bolsa. Se encontró diferencia significativa entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$). La fluctuación poblacional presentó un comportamiento similar con las tres trampas.

Palabras clave: Palma de aceite, Brassolinae, plaga, control.

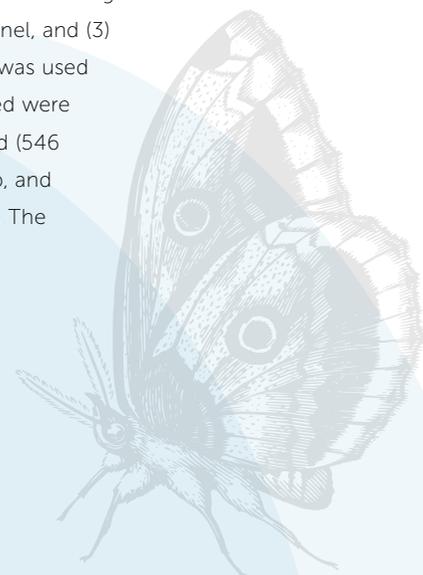
ABSTRACT

The efficiency of three designs for traps used in the capture of *Opsiphanes cassina fabricii* adults, pest of the palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq), was evaluated, and its population fluctuation during the study period was explored. The study was carried out in a 12 ha plantation in the municipalities of Cárdenas, Tabasco, México. The designs consisted in: (1) one plastic bag of 90×60 cm; (2) one 5 L container of barrel shape with 1 funnel, and (3) a rectangular box of 10 L with four funnels. In each trap, 0.5 kg of mature banana (*Musa* sp.) was used as bait. A complete random block design with three repetitions was used. The insects captured were collected each week, from June to August, 2008. 972 specimens of *O. cassina* were captured (546 males and 426 females), 69.2 % corresponded to the rectangular trap, 23.5 % to the barrel trap, and 7.2 % to the bag trap. A significant difference was found between treatments (Tukey, $p \leq 0.05$). The population fluctuation presented a similar behavior with the three traps.

Keywords: oil palm, Brassolinae, pest, control.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016, pp: 34-38.

Recibido: julio, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.



INTRODUCCIÓN

En México, las primeras plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) se establecieron en 1948 por pequeños propietarios de la región del Soconusco, Chiapas (González *et al.*, 1999), y en el estado de Tabasco esta planta fue introducida por primera vez en 1969 con la finalidad de evaluar su factibilidad como cultivo, estableciendo 12 ha en el municipio de Cárdenas (Méndez *et al.*, 1998). Actualmente en México la palma aceitera se cultiva en los estados de Campeche, Chiapas, Veracruz y Tabasco, con 76,318 ha, de las cuales 12,175 corresponden a Tabasco (SIAP, 2014). Uno de los insectos nocivos para el cultivo de la palma aceitera en América es la especie *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Nymphalidae: Brassolinae). En América Central la subespecie *Opsiphanes cassina fabricii* (Boisduval) ocasiona daños severos debido a la voracidad de sus larvas, que llegan a consumir el equivalente a tres foliolos durante su desarrollo larval, y a los rápidos incrementos poblacionales, de modo que en corto período ocasionan defoliaciones hasta del 90% y pérdidas del 50% de la producción en las áreas afectadas (Chinchilla, 2003, Rodríguez *et al.*, 2006). Se han propuesto varios diseños de trampa con o sin el uso de insecticidas químicos para atraer y capturar adultos de *O. cassina*, y evitar con ello la oviposición de las hembras en el follaje; la mayoría son construcciones que usan bolsas y frascos, utilizando varios tipos de cebos; sin embargo, la fabricación de algunas de ellas es laboriosa y costosa por cada unidad, por lo que se requiere desarrollar trampas eficaces, económicas y prácticas para el control de esta plaga o para monitoreo de sus po-

blaciones, cuya eficiencia es necesario conocer (Aldana *et al.*, 1999, Loria *et al.*, 2000, Betancourt *et al.*, 2005). *O. cassina fabricii* se registró por primera vez asociada a la palma aceitera en Tabasco, México, en 1998 (Sánchez y Ortiz, 1998), y podría llegar a ser una limitante para la producción de las plantaciones establecidas. Con base en lo anterior, se evaluar la eficiencia de tres diseños de trampas sin el uso de insecticidas como opción orgánica para la captura de adultos de *O. cassina*, y conocer su fluctuación poblacional durante el período de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en una plantación adulta de palma aceitera de 12 ha, sembradas a 9×9 m de distancia en forma de "tres bolillo" en Cárdenas, Tabasco, México (17° 59' 37" N, 93° 37' 10" O), que presenta un clima Am (f) cálido húmedo con lluvias en verano.

Diseño de trampas

Trampa bolsa plástica. Se modificaron ligeramente las medidas de un diseño evaluado en Costa Rica, C.A., para la captura de *O. cassina* (Loría *et al.*, 2000), consistente de una bolsa plástica transparente de 90 cm de largo y 60 cm de ancho en el interior de la cual se colocó el cebo alimenticio (Figura 1a) y se enrolló un poco el borde para poder colgarlas a las bases peciolares de las palmas dejando una abertura estrecha para la entrada de los insectos.

Trampa barril. Se utilizó como base una trampa evaluada en Tabasco, México, para la captura de adultos de *Hemeroblemma mexicana* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae), plaga del cacao (Sánchez y Cortez, 2000), modificándola ligeramente,

consistiendo en un recipiente de plástico transparente en forma de barril con capacidad de 5 L y un embudo de plástico transparente adaptado a la boca del recipiente, el cual fue elaborado a partir de una botella desechable de 2 L, cuyo orificio superior tenía un diámetro de 10 cm y el inferior de 4 cm; a la trampa se le adaptó un alambre de 80 cm de longitud para colgarla en una base peciolar del tallo de la palma aceitera (Figura 1b).

Trampa rectangular. Consistió en una modificación de la trampa utilizada en Brasil para la captura de adultos de *Opsiphanes invirae* (Hübner) (Lepidoptera: Nymphalidae), plaga defoliadora de bananos, palmeras y otras plantas (Moura y Alves, 1991). Se elaboró con un recipiente rectangular de plástico de 10 L en cuya tapa se adaptaron cuatro embudos obtenidos a partir de botellas de plástico transparente de 1 L, cada uno de ellos con el orificio superior de 8 cm de diámetro y el inferior de 4 cm (Figura 1c). A la trampa se le adaptó un alambre de 80 cm de longitud para colgarla en una base peciolar del tallo de la palma.

Para impedir que el agua de lluvia se acumulara en el interior de las trampas, en los tres diseños se realizaron perforaciones en la parte inferior de las mismas, a 2 cm de la base. En cada trampa se utilizó como cebo 0.5 kg de fruto maduro de plátano con cáscara (*Musa paradisiaca*). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, donde la unidad experimental consistió en un tipo de trampa. Las trampas se colocaron a 2 m de altura sobre las bases peciolares de las palmas. La distancia entre una y otra fue de 99 m entre

trampas del mismo bloque y de 117 m entre trampas de un bloque y las del bloque contiguo. Se evaluaron de junio-agosto del 2008, realizando nueve muestreos. El cebo se renovó semanalmente el mismo día que se registraba el número de captura de adultos de *O. cassina* y otros insectos, lavando las trampas con agua común en cada muestreo. La diferenciación entre machos y hembras de *O. cassina* se fundamentó en su morfología (machos más pequeños que las hembras), patrón de coloración de las alas (en los machos las manchas de las alas son de color naranja; mientras que en las hembras son amarillas), tamaño y marcas del abdomen (redondeado en las hembras y puntiagudo en los machos), y en la presencia (machos) o ausencia (hembras) de pubescencias en las alas posteriores. También se tomó en cuenta la presencia de huevos en las hembras (Loría *et al.* 2000; Rodríguez *et al.* 2006). Las variables medidas fueron el número de adultos capturados y la proporción de hembras y machos en la plantación. Se hizo un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), mediante el paquete estadístico FAUANL (Olivares, 1994) para determinar el mejor diseño de trampa por su eficiencia en la captura de adultos de la plaga.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eficiencia de las trampas. Se obtuvieron 972 especímenes adultos de *O. cassina fabricii*, 546 machos y 426 hembras. Se observó diferencia significativa entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$), para el número de machos y hembras capturados por separado, como para la suma de ambos. De los tres diseños de trampas evaluadas, la

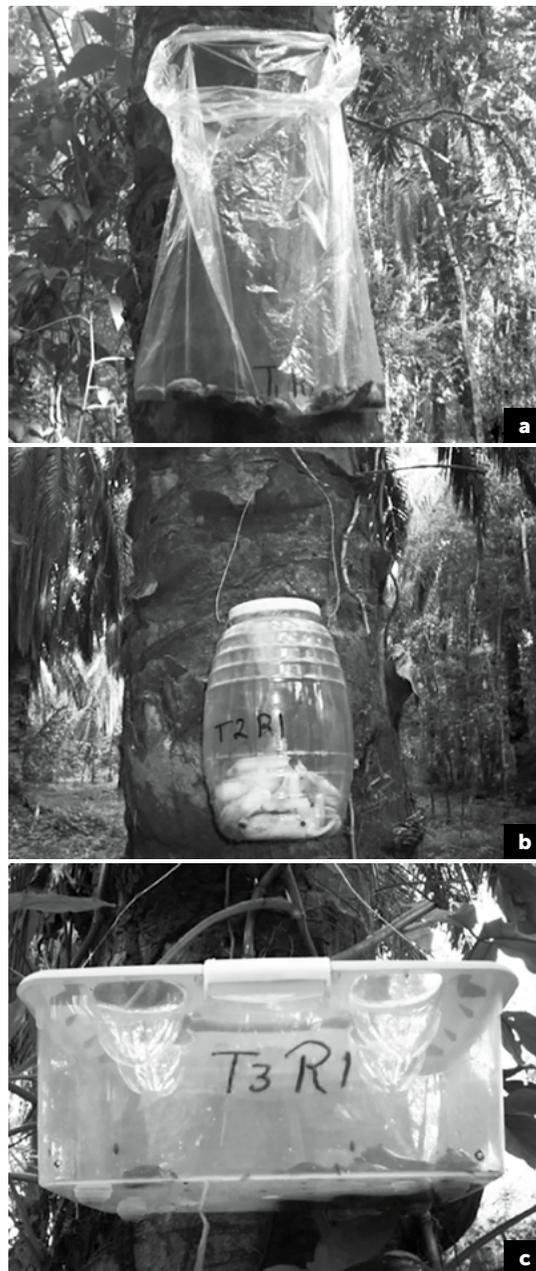


Figura 1. Diseño de las trampas utilizadas para la captura de *Opsiophanes cassina fabricii*: a) bolsa plástica; b) barril; c) rectangular.

más eficiente fue la rectangular, seguida de la de barril, mientras que la trampa bolsa fue la menos eficiente (Cuadro 1).

La mayor eficiencia de la trampa rectangular probablemente se debió a sus dimensiones y al mayor número de embudos utilizados, lo que pudo facilitar mayor liberación de los compuestos volátiles del cebo hacia el exterior de la misma, y presentar para los adultos mayor número de accesos hacia el interior. Moura y Alves (1991) utilizaron este tipo de trampa para capturar adultos de *O. invirae* en una plantación de palma de aceite en Brasil, atribuyendo las capturas a que esta especie, por ser de hábito diurno, probablemente localizan con mayor rapidez el cebo que se encuentra dentro de las trampas, ya que a largas distancias guían su orientación por los componentes volátiles del mismo, y una vez localizado se guían por la vista y se dejan caer a través de los embudos hacia la fuente alimenticia. La mayor eficiencia de la trampa rectangular podría estar asociada a la poca profundidad de la misma, de modo que

las mariposas, una vez posadas sobre el embudo, pueden ver con mayor facilidad el cebo en su interior. La menor eficiencia de la trampa barril con relación a la trampa rectangular se debió posiblemente a su diseño más angosto y con un solo embudo, lo que podría dificultar la liberación de los compuestos volátiles hacia el exterior cuando empieza la fermentación del fruto de plátano. Este tipo de trampa se utilizó para determinar la fluctuación poblacional de *Hemeroblemma* spp. en el cultivo de cacao en Tabasco (Sánchez y Cortez, 2000, Gerónimo *et al.*, 2013). La menor eficiencia de la trampa bolsa se debió posiblemente a las fuertes lluvias que se

Cuadro 1. Número de adultos de *O. cassina fabricii* capturados por diseño de trampas y sexo.

Trampas	Machos	Media	Hembras	Media	Total	Media
Rectangular	374	124.7a	299	99.7a	673	224.3a
Barril	147	49b	82	27.3b	229	76.3b
Bolsa Plástica	25	8.3c	45	15c	70	23.3c
Total	546		426		972	

Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

registraron durante el periodo de muestreo, ya que el golpe de las gotas de agua sobre la bolsa o su escurrimiento por el tronco ocasionó que la trampa se cerrara parcialmente, impidiendo con ello que las mariposas llegasen hasta el cebo, coincidiendo con Loria *et al.* (2000), quienes anotan que durante las lluvias fuertes en particular, la boca de las bolsas se cierra e impide la entrada de las mariposas. Estos autores evaluaron la trampa bolsa con algunas modificaciones, las cuales consistieron en colocar un aro de metal en la boca y una cintura de bambú, sin embargo, aseguran que el mejor diseño es el básico, es decir, la bolsa sin ninguna modificación, ya que con esta última capturaron la mayor cantidad de adultos de *O. cassina*, debido a que muchas mariposas escaparon de la trampa modificada a través del conducto del bambú. Rodríguez *et al.* (2006) estudiaron la fluctuación poblacional de *O. cassina* utilizando las trampas bolsa, pero las mantuvieron parcialmente abiertas mediante un aro de alambre dispuesto en forma oval, por donde las mariposas podían penetrar al interior. En la parte inferior de las trampas hicieron tres agujeros de 7 mm de diámetro, para el drenaje de agua en la época de lluvias. Con este diseño obtuvieron buenos resultados en la captura de adultos; no obstante, Loria *et al.* (2000) comentan que las bolsas con agujeros afectan negativamente la eficiencia de las trampas, debido a que los agujeros permiten el escape de jugos de los cebos, los cuales son utilizados por adultos de *O. cassina* para alimentarse externamente. Como ya se mencionó, las bolsas evaluadas en el presente trabajo también presentaban per-

foraciones en la parte inferior de las mismas, y cuando en el interior de ellas se acumulaba agua de lluvia, en algunas ocasiones se observaron adultos de la plaga alimentándose externamente de los jugos a través de los orificios, los cuales frecuentemente quedaban bloqueados por los mismos residuos del atrayente alimenticio, acumulando mayor cantidad de agua en el interior de las bolsas.

Fluctuación poblacional. Se observó que la fluctuación poblacional de hembras y machos siguió un patrón similar con los tres diseños de trampas, capturando por lo general mayor cantidad de individuos los días 27 de junio y 4 de julio (Figura 2). Aunque este comportamiento poblacional sólo se registró para un periodo de tiempo corto es posible que el mismo represente la época de mayor abundancia de adultos de la plaga debido a la presencia de precipitaciones, ya que en otras regiones del trópico americano se ha observado que las poblaciones de adultos son altas en la época de lluvias (Rodríguez *et al.*, 2006). De hecho, en la región de estudio las

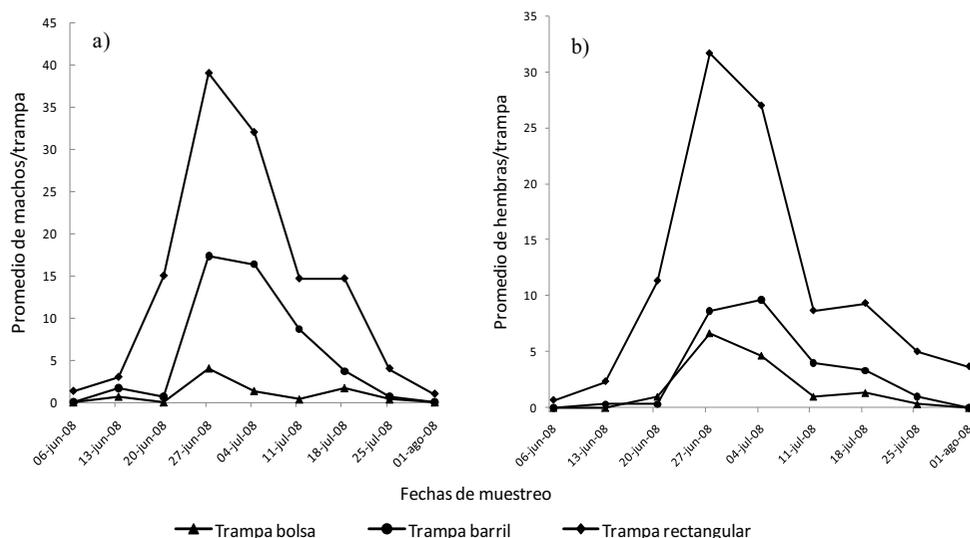


Figura 2. Fluctuación poblacional de *Opsiphanes cassina fabricii*: a) machos; b) hembras, en una plantación de palma aceitera del 6 de junio al 1 de agosto del 2008, en Tabasco, México.

primeras precipitaciones del periodo lluvioso coincidieron con el inicio de las evaluaciones en campo, ya que las trampas fueron colocadas el día 30 de mayo (Figura 3). No obstante, se sugiere determinar la fluctuación poblacional en las diferentes épocas del año, porque el hecho de que la población de adultos haya caído a niveles muy bajos al final de las evaluaciones no significa que posteriormente no hubiera alcanzado registros elevados; sin embargo, probablemente el efecto de las trampas

reduce considerablemente la población, de modo que la colocación de éstas antes de iniciarse la emergencia de adultos puede resultar exitoso en el control de la plaga (Rodríguez *et al.*, 2006).

Considerando la cantidad de adultos capturados durante el período de estudio, se determinó que la proporción sexual fue de 1.3: 1.0 (machos: hembras), lo cual se debió probablemente a que la población de machos era mayor que la población de hembras en la plantación y no a que el cebo (plátano maduro) haya tenido menor efecto en las hembras de *O. cassina*. La proporción machos: hembras reportada para poblaciones de *O. cassina* en palma aceitera en Venezuela varío de 1.1: 1.0 a 3.8: 1.0 (Rodríguez *et al.*, 2006), coincidiendo una de ellas con la de este estudio.

CONCLUSIONES

La trampa rectangular es la más eficiente para la captura de adultos de *O. cassina*, ya sea para disminuir su población con fines de control o para determinar su fluctuación poblacional durante las diferentes épocas del año. Sin embargo, se sugiere primero determinar el número de trampas a utilizar por hectárea, para evitar gastos innecesarios en la plantación. La densidad poblacional más alta en la región de estudio se presentó en períodos lluviosos, por lo que colocar de manera temprana las trampas en campo es la mejor alternativa para evitar la oviposición de las hembras, y disminuir con ello los daños que puedan ocasionar las larvas en la plantación.

LITERATURA CITADA

Aldana J.A., Fajardo J., Calvache H. 1999. Evaluación de dos diseños de trampas para la captura de adultos de *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Brassolidae) en una plantación de palma de aceite. *Palmas* 20(2): 23-29.

Betancourt F., Aldana R., Velásquez F., Benítez E. 1999. 2005. Evaluación de cinco trampas para la captura de adultos de *Opsiphanes cassina* (Lepidoptera: Brassolidae) en la Zona Occidental. *Ceniavances* 123: 1-4.

Chinchilla C.M. 2003. Manejo integrado de problemas fitosanitarios en palma aceitera *Elaeis guineensis* en América Central. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 67: 69-82.

Gerónimo V., Sánchez S., Bautista N., Pérez M., Mendoza J.H.R. 2013. Fluctuación poblacional de *Clastoptera laenata* (Hemiptera:

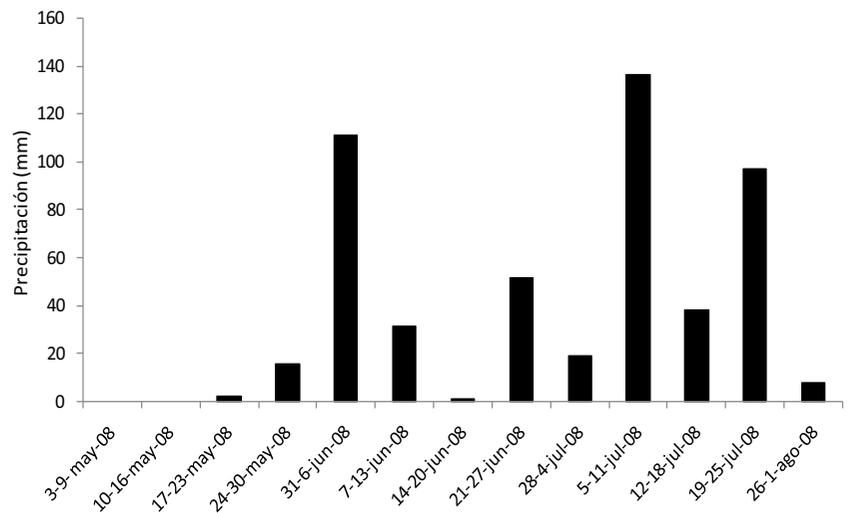


Figura 3. Precipitación acumulada (mm) del 3 de mayo al 1 de agosto. Estación meteorológica del Campo Experimental Km. 21 del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco (17° 59' N y 93° 38' W).

Clastopterae) en el cultivo del cacao en Tabasco, México. *Fitosanidad* 17(3): 131-137.

González V., Ortiz E., Sandoval A., Olivera A., Domínguez E., Ávila L., Alejo A., Palacios A., Coutiño M. 1999. Tecnología para la producción de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq, en México. INIFAP. México. 177 p.

Loría R., Chinchilla C., Domínguez J. Mexzón R. 2000. Una trampa efectiva para capturar adultos de *Opsiphanes cassina* F. (Lepidoptera; Nymphalidae) y observaciones sobre el comportamiento de la plaga en palma aceitera. *ASD Oil Palm Papers* 21: 9-12.

Méndez E., Santos J.L., Cisneros J., Gutiérrez A., Luna H., Morales E. 1998. La palma de aceite en el sureste de México "Caso Tabasco". 1998. Gobierno del Estado de Tabasco. 194 p.

Moura J.I., Alves S. 1991. Armadilhas tipo alçaço com iscas de cana-de-açúcar mais melado para *Opsiphanes invirae* (Hübner [1819] Lepidoptera: Nymphalidae: Brassolinae). *Agrotrópica* 3(1): 59-61.

Olivares S. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México. 15 p.

Rodríguez G., Silva-Acuña R., Cásares R., Díaz A. 2006. Fluctuación poblacional de adultos de *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Nymphalidae) en plantaciones de palma aceitera, *Elaeis guineensis* Jacq., en el estado Monagas, Venezuela. *Entomotropica* 21(1): 41-52.

Sánchez S., Ortiz C.F. 1998. Plagas y polinizadores de la palma aceitera en Tabasco, México. *ASD Oil Palm Papers* 18: 25-28.

Sánchez S., Cortéz H. 2000. Daños causados por *Hemeroblemma mexicana* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de cacao en Tabasco, México. *Agrotrópica* 12 (3): 143-146.

SIAP. 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (consultado el 26 de mayo de 2016).

NUTRICIÓN ORGÁNICA EN PLANTACIONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN TABASCO, MÉXICO

ORGANIC NUTRITION IN CACAO PLANTATIONS (*Theobroma cacao* L.) IN TABASCO, MÉXICO

Triano-Sánchez, A.¹; Palma-López, D.J.^{2*}; Salgado-García, S.²; Lagunes-Espinoza, L.C.²; Córdova Ávalos, V.²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. ²Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico. Carlos A. Molina km 3.5, C.P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: dapalma@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres fuentes orgánicas de nutrimentos: vermicomposta, composta comercial y composta del productor sobre las propiedades físicas y químicas del suelo en dos plantaciones de *Theobroma cacao* L., en diferentes épocas del año y dos formas diferentes de aplicación. El aplicó un diseño factorial 3x2, y un testigo sin abono. La utilización de las fuentes orgánicas aumentó el contenido de materia orgánica, N, P, K y Ca, y elevó el pH en las dos plantaciones de cacao. Durante la época de sequía se registró reducción en los contenidos de MO, N, Ca y valor de pH, sin embargo, los abonos mejoraron los contenidos nutrimentales de los suelos cacaoteros cuando se aplicaron de forma enterrada.

Palabras clave: Cacao, nutrimentos, orgánico, compostas.

ABSTRACT

The effect of three organic sources of nutrients: vermicompost, commercial compost and compost obtained by the producer on the physical and chemical properties of the soil in two *Theobroma cacao* L. was evaluated, during different times of the year and two different ways of application. A 3x2 factorial design and a control without fertilizer were applied. The use of organic sources increased the content of organic matter, N, P, K and Ca, and elevated the pH in the two cacao plantations. During the drought season a reduction in the OM, N, Ca contents, and pH value, was recorded; however, the fertilizers improved the nutritional contents of the cacao soils when they were applied buried.

Keywords: Cacao, nutrients, organic, compost.



INTRODUCCIÓN

La necesidad de disminuir la dependencia de productos de origen químico, en distintos cultivos, exige alternativas fiables y sostenibles, tales como la utilización de abonos de fuentes orgánicas, para mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo. En México, la agricultura orgánica se está extendiendo de manera importante hacia sectores económicamente menos favorecidos; a sistemas de producción sustentable de alimentos; recuperación y conservación ecológica de recursos naturales; mejoramiento de ingresos y calidad de vida de productores, y en general, hacia un desarrollo rural más incluyente (Márquez *et al.*, 2010). La agricultura orgánica genera cerca de 300 millones de dólares anuales por exportación de productos, tales como café (*Coffea arabica* L.), hortalizas, frutas, verduras, miel y por supuesto cacao (*Theobroma cacao* L.), entre otros (Gómez *et al.*, 2008). En el estado de Tabasco, México, se cultivan 41 mil 117 hectáreas de cacao, de las cuales dependen más de 31 mil productores tabasqueño. El 96% de la superficie sembrada se distribuye en la región de la Chontalpa, de la cual destacan los municipios de Comalcalco, Cunduacán y Cárdenas (López *et al.*, 2005). En el sistema de producción cacao el rendimiento es una variable compleja que refleja los efectos del manejo cultural, los factores climáticos, además del aporte nutrimental del suelo. Algunos estudios han demostrado que ciertos abonos orgánicos, tales como los estiércoles, compostas y residuos de cosecha, han sido recomendados en tierras sometidas a cultivos intensivos para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Ingelmo y Rubio, 2007; Rivera-Cruz *et al.*, 2013). Por lo anterior se evaluó el efecto de tres tipos de abonos orgánicos sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo, en di-

ferentes épocas del año (estiaje, lluvias y fríos o "nortes") bajo dos formas de aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó de agosto a septiembre en dos plantaciones de cacao bajo manejo orgánico establecidas en suelo Fluvisol: Plantación Río Seco Primera Sección (PRPS) y Plantación Río Seco Segunda Sección (PRSS), ubicadas en el Poblado Tulipán, Cunduacán, Tabasco, México. El clima del lugar es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y definido como Am (f) w, con una temperatura media anual de 27 °C con poca oscilación térmica y precipitación media anual de 2000 a 2300 mm. El manejo cultural del cultivo consistió en control de plagas (incluye enfermedades), fertilización orgánica al suelo, podas, aclareos y limpia del área de maleza (Sol, 2010).



Figura 1. Aplicación de compostas enterrada y superficial en plantaciones de *Theobroma cacao* L., en Tabasco, México.

Para generar los tratamientos se utilizó un diseño factorial 3x2 (tres compostas por dos formas de aplicación), generando seis tratamientos. Además, se incluyó un testigo sin fertilización. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, resultando un total de 28 unidades experimentales. La parcela experimental constó de 16 árboles y como parcela útil se muestrearon cuatro árboles para evitar el efecto de borde y mezcla entre tratamientos vecinos. Los abonos

orgánicos evaluados fueron cachaza (subproducto de la agroindustria de la caña de azúcar) vermicompostada, cachaza compostada y composta del productor (basada en residuos de la plantación de cacao); las cuales fueron aplicados de manera enterrada y superficial, a razón de 4 kg en base seca por árbol de cacao (Figura 1).

Variables estudiadas. Se determinó materia orgánica (MO), nitrógeno total (Nt), reacción del suelo (pH), fósforo asimilable (P-Olsen) y potasio (K) y calcio (Ca) intercambiables (NOM-021-RECNAT, 2000). El muestreo de suelos se efectuó de acuerdo con Salgado-García *et al.*

(2013). La profundidad de muestreo fue de 0 a 10 cm. Los muestreos se hicieron en tres épocas del año coincidiendo con las épocas climáticas de lluvias, nortes y secas (Figura 2). Se realizaron análisis de varianza para detectar diferencias significativas entre épocas de muestreo, abonos y formas de aplicación, análisis de correlación y pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey ($P=0,05$), mediante el paquete SAS Versión 9.1 (SAS, 2004).



Figura 2. Selección de árboles de cacao para el muestreo de suelos durante las tres épocas del año.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza indicó que el pH presentó diferencia altamente significativa entre plantaciones; asimismo para el efecto de las épocas, el análisis de varianza mostró diferencia altamente significativa (Cuadro 1). Sin embargo, para el efecto de diferentes compostas y formas de aplicación de las mismas no hubo diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 2).

La aplicación de los abonos orgánicos aumentó el pH en 0.8 unidades en la PRSS y 0.5 unidades en la PRSPS, clasificándose como neutro, lo cual asegura buena dis-

ponibilidad de nutrientes para el cultivo (NOM-021- RECNAT, 2000, Durán, 2013). Este efecto sobre el pH, lo reportó Hernández *et al.* (2009) al aplicar abonos orgánicos de vinaza y composta de cachaza de manera separada. En el efecto de épocas de aplicación sobre el pH, los valores altos se presentan en la época de

“nortes” y lluvias, y los bajos en la época de secas (Cuadro 1). Entre tratamientos, se consideró estadísticamente iguales las medias de pH de los suelos de T1, T2, T3 y T4, sin embargo, el pH de 6.3 registrado en el testigo, indicó que hay efecto de aplicación de cachaza vermicompostada, compostada y composta del productor en el aumento del pH en las plantaciones de cacao. Por método de aplicación no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 2).

El contenido de MO no presentó diferencias significativas entre plantaciones (Cuadro 1). Se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos, el T1 presentó el mayor porcentaje (4.5%) de MO y el testigo el más bajo (3.5%); clasificándose como alto y medio respectivamente (NOM-021-RECNAT, 2000). Por método de aplicación, los tratamientos de aplicación enterrada (T1, T3 y T5) presentaron tendencia a mayor porcentaje de MO que los tratamientos de aplicación superficial (T2, T4 y T6). Después de la aplicación de los abonos orgánicos, la MO incrementó a 4.1% en la PRPS y 4% en la PRSS. La MO de ambas plantaciones se clasifica como alta, lo que cual permite mantener y/o mejorar los niveles originales de los suelos con plantaciones de cacao, tal como lo demuestran López-Martínez *et al.* (2001). El descenso de MO en la época de secas coincide con las épocas

de aplicación, los tratamientos de aplicación enterrada (T1, T3 y T5) presentaron tendencia a mayor porcentaje de MO que los tratamientos de aplicación superficial (T2, T4 y T6). Después de la aplicación de los abonos orgánicos, la MO incrementó a 4.1% en la PRPS y 4% en la PRSS. La MO de ambas plantaciones se clasifica como alta, lo que cual permite mantener y/o mejorar los niveles originales de los suelos con plantaciones de cacao, tal como lo demuestran López-Martínez *et al.* (2001). El descenso de MO en la época de secas coincide con las épocas

Cuadro 1. Valores promedio de propiedades físicas y químicas de suelo Fluvisol a 10 cm con *Theobroma cacao* L., con manejo orgánico en Tulipán, Cunduacán, Tabasco, México.

Tratamientos	pH	MO	Nt	P	K	Ca
		(%)		mg kg ⁻¹	Cmol (+) ·kg ⁻¹ suelo	
Valor Inicial						
PRSPS	5.7	3.4	0.19	14.2	0.22	18.5
PRSSS	6.0	3.0	0.21	35.6	0.45	18.3
Valor final						
PRSPS	6.2 b	4.1 a	0.21 a	42.4 a	0.42 b	19.8 a
PRSSS	6.8 a	4.0 a	0.20 a	68.1 a	0.81 a	17.8 a
Épocas:						
Norte	6.7 a	4.5 a	0.23 a	63.7 a	0.65 a	20.0 a
Secas	6.2 b	3.5 b	0.17 b	47.6 b	0.59 ab	15.7 b
Lluvias	6.6 a	4.2 a	0.21 a	48.9 b	0.52 b	21.2 a
Prob. de F	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.14 ns	0.01**
CV (%)	3.6	17.3	19.0	43.5	58.7	11.1

†Medias con la misma literal dentro de la misma columna son iguales estadísticamente Tukey (Pd=0,05). (**) diferencia altamente significativa, (ns) diferencia no significativa.

Cuadro 2. Valores promedio de propiedades físicas y químicas de suelo Fluvisol a 10 cm con *Theobroma cacao* L., con manejo orgánico en Tulipán, Cunduacán, Tabasco, México.

Tratamientos	pH	MO	Nt	P	K	Ca
		(%)		(mg kg ⁻¹)	Cmol (+) kg suelo	
T1	6.5 ab	4.5 a	0.23 a	83.8 a	0.54 ab	19.5 a
T2	6.5 ab	4.3 ab	0.20 abc	60.7 b	0.67 a	19.9 a
T3	6.5 ab	4.3 ab	0.22 ab	77.5 ab	0.50 ab	19.9 a
T4	6.4 ab	4.0 abc	0.21 abc	61.9 b	0.65 a	18.5 ab
T5	6.6 a	4.1 ab	0.21 abc	28.8 c	0.70 a	19.4 ab
T6	6.6 a	3.8 bc	0.18 c	36.9 c	0.68 a	18.4 ab
Testigo	6.3 b	3.5 c	0.19 bc	24.2 c	0.38 b	17.4 b
Prob. de F T	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
CV (%)	3.6	17.3	19.0	43.5	58.7	11.1

[†]Medias con la misma literal dentro de la misma columna son iguales estadísticamente Tukey (Pd=0,05). (**) diferencia altamente significativa.

T1=cachaza vermicompostada enterrada, T2=cachaza vermicompostada superficial, T3=cachaza compostada enterrada, T4=cachaza compostada superficial, T5=composta del productor enterrada, T6=composta del productor superficial, Testigo.

más cálidas del año, donde la tasa de mineralización es alta debido a las altas temperaturas (Gerónimo *et al.*, 2002). Se demuestra que el uso de composta en las plantaciones de cacao contribuye a conservar la MO del suelo, sobre todo si se compara con cultivos altamente extractivos como la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), que presenta contenidos del 2.3% (Naranjo *et al.*, 2006). El mayor contenido de MO se debe a que en el suelo de la PRSPS, la producción de residuos es más abundante que en la PRSSS, y por la descomposición de las hojas del árbol de sombra y del cacao (Salgado *et al.*, 2009). El T1 (cachaza vermicompostada enterrada) fue el que presentó la mayor cantidad de MO (Cuadro 2). La diferencia entre las formas de aplicación se puede explicar porque los tratamientos aplicados de manera superficial se encuentran expuestos a los factores de lavado, lluvia, viento y sol (Fassbender, 1993).

Los contenidos de Nt en las plantaciones RSPS y RSSS fueron iguales estadísticamente y se clasificaron como altos (NOM-021-RECNAT, 2002). La aplicación de compostas aumentó el contenido de N en la PRSPS y en la PRSS el contenido de Nt se mantuvo igual. Los contenidos de Nt por época de muestreo presentaron diferencias altamente significativas (Cuadro 1), mientras que los tratamientos de aplicación de compostas registraron diferencias altamente significativas en el contenido de Nt en el suelo, resaltando T6 y T7 por presentar los menores contenidos de Nt. Los tratamientos enterrados (T1, T3 y T5) mostraron contenidos más altos de Nt que los superficiales (T2, T4 y T6) (Cuadro 2). Al respecto, Murrel

(2003), considera que el N es importante en la nutrición de las plantas, ya que este tiene fuerte influencia sobre los rendimientos de las cosechas. Los resultados indican que los abonos orgánicos evaluados abastecen al suelo de nutrimentos como el N y otros elementos que contienen las compostas. Es importante considerar que el N al entrar al suelo sufre numerosas transformaciones (mineralización, inmovilización y nitrificación), y se puede perder por diferentes procesos (Navarro y Navarro, 2003). La época de "nortes" mostró el promedio más alto de Nt (0.23%) y el pro-

medio más bajo (0.17%) fue en la época de secas (Cuadro 1); no obstante, son clasificados estos contenidos como muy altos y altos (NOM-021-RECNAT, 2000). El aumento del contenido de Nt en la época de nortes probablemente se debe a su inmovilización orgánica por parte de la biomasa del suelo debido a las temperaturas bajas (Cerón y Aristizábal, 2012).

La prueba de medias indicó que los contenidos de fósforo (P) asimilable entre las dos plantaciones fueron estadísticamente iguales (Cuadro 1). La concentración de P en ambos suelos se clasificó como alta (NOM-021-RECNAT, 2000). El análisis de varianza para el contenido de P del suelo en plantaciones de cacao por época de muestreo presentó diferencias altamente significativas (Cuadro 1). La concentración de P más alta se registró en la época de nortes con 63.7 mg kg⁻¹, que se clasifica como muy alto (NOM-021-RECNAT, 2000) (Cuadro 2). Lo anterior posiblemente se deba a las altas concentraciones de este elemento en las compostas utilizadas (616-762 mg kg⁻¹) y al sistema de cultivo que favorece el reciclaje de nutrientes. Durante, las épocas de secas y lluvias, el contenido de P fue similar. Este comportamiento se presentó también en el pH, MO y Nt. Los contenidos de P en todos los tratamientos evaluados fueron altos y presentaron diferencia significativa (NOM-021-RECNAT, 2000), destacando los de cachaza vermicompostada (T1 y T2) y cachaza compostada (T3 y T4), con un mayor efecto que los abonos utilizados por el productor (T5 y T6). El testigo (T7) registró el valor más bajo. Lo anterior es debido posiblemente a que la composta del productor

está elaborada con compuestos que no aportan grandes cantidades de P (cascara de cacao, paja de pastos, cenizas y hojarasca), a diferencia de las que su base es la cachaza y estiércol de bovino (Félix *et al.*, 2010). Con excepción de la composta del productor, la aplicación enterrada de las compostas produjo mayor contenido de P asimilable, lo cual permitiría mayor desarrollo radicular, mejor crecimiento y desarrollo de la planta, así como acelerar la floración, fructificación y mayor resistencia a las condiciones climáticas adversas (Mengel y Kirkby, 2000).

Entre plantaciones el contenido de potasio (K) presentó diferencias altamente significativas, destacando la aplicación de compostas, que aumentó los contenidos de 0.22 cmol kg⁻¹ a 0.42 cmol kg⁻¹ en la PRSPS y de 0.45 a 0.81 cmol kg⁻¹ en la PRSS. El análisis de varianza indica que por época de muestreo los contenidos de K no presentaron diferencia significativa (Cuadro 1), los contenidos en general se consideran altos según la NOM-021, y presentó diferencia estadística entre tratamientos. Los contenidos promedios de potasio fueron clasificados de medios a altos (NOM-021-REC-NAT, 2000). Estos contenidos eran de esperarse ya que estos suelos de manera natural manifiestan altas concentraciones de este nutrimento (Naranjo *et al.*, 2006). Un factor que puede estar afectando el menor contenido de K en la PRPS, es la mayor extracción por el árbol de cacao para la producción de semilla, al tener un mayor rendimiento (Triano, 2006). También se observó que los abonos evaluados presentaron valores altos con respecto al testigo, quedando demostrado el efecto benéfico de las compostas en el contenido de K intercambiable. La composta del productor (T5 y T6) produjo mayor contenido de K que la composta de cachaza composteada y vermicomposteada debido probablemente a la presencia de ceniza en las primeras (Félix *et al.*, 2010).

Respecto al calcio intercambiable (Ca), no hubo diferencia significativa entre plantaciones, aunque los contenidos se clasifican como altos (Salgado-García *et al.*, 2013). Sin embargo, por época de muestreo los contenidos de Ca fueron altamente significativos (Cuadro 1), destacando la época de "nortes" y lluvias con los mayores contenidos en comparación de la época de secas, debido al descenso del Ca intercambiable en la rizosfera por la falta de agua (Navarro y Navarro, 2003). Entre tratamientos se presentó diferencia significativa, destacando las tendencias que indican que la aplicación de abonos or-

gánicos tiene un efecto positivo en las plantaciones de cacao con respecto al testigo (Cuadro 2). Los altos contenidos de calcio en el suelo se explican por el aporte de la hojarasca del cacao y los árboles de sombra que tiene grandes cantidades de este nutriente (Salgado *et al.*, 2009; Triano, 2006). Además, los Fluvisoles de la zona presentan contenidos naturales de Ca elevados (Palma-López *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

La utilización de abonos a base de cachaza vermicomposteada y composteada y la composta del productor mejoraron los contenidos de MO, Nt, P, K y Ca, y aumentan el pH en las dos plantaciones de cacao. Durante la época de secas se presenta una reducción en los contenidos de MO, Nt, Ca y el pH. Los tres tipos de abonos presentaron mejor efecto sobre los contenidos nutrimentales en los suelos cacaoteros cuando se aplicaron de manera enterrada. Los datos manifiestan que el uso de los abonos orgánicos en el sistema de producción del cacao permite asegurar su sustentabilidad al mejorar las condiciones nutrimentales aún en el caso de suelos ricos en nutrientes como los Fluvisoles estudiados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero de la Fundación Produce Tabasco A.C. (proyecto FP3-01).

LITERATURA CITADA

- Cerón R.L.E., Aristizábal G.F.A. 2012. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 14(1):285-295
- Durán R.F. 2013. *Cultivo y Explotación del Cacao*. Ed. Grupo Latino. Colombia. 424 p.
- Fassbender H.W. 1993. *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. Ed. CATIE. Costa Rica. 530 p.
- Félix H.J.A., Serrato F.R., Armenta B.A.D., Rodríguez Q.G., Martínez R.R., Azpiroz R.H.S., Olalde P.V. 2010. Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. *Ra Ximhai* 6(1):105-113
- Gómez C.M.A., Schwentesius R.R., Ortigoza R.J., Gómez T.L., May T.V., Arreola Q.J.A., López R.U.I. 2008. *Agricultura orgánica de México*. Ed. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI)-UACH y CONACYT. Chapingo, México. 217 p.
- Hernández M.G.I., Salgado-García S., Palma-López D.J., Lagunés E.L.C., Castelán E.M., Ruiz R.O. 2009. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un Gleysol Mólico de Chiapas, México. *Interciencia* 33(11):855-860.
- Ingelmo S.F., Rubio J.L. 2007. Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En: Moreno



- CJ, Moral HR (Eds.) Compostaje. Mundi-prensa. Madrid, España. pp. 307-330.
- López-Martínez J.D., Díaz A.E., Martínez R.E., Valdez R.D.C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19 (4). 293-299.
- López A.P.A., Delgado N.V.H., Azpeitia M.A., López A.J.I., Jiménez C.J.A., Flores R.A., Fraire S.L., Castañeda C.R. 2005. El cacao en Tabasco: manejo y producción. 3° Edición. INIFAP-ISPROTAB. Tabasco, México. 54 p.
- Márquez H.C., Cano R.P., García H.J.L., Rodríguez D.N., Preciado R.P., Moreno R.A., Salazar S.E., Castañeda G.G., De La Cruz L.E. 2010. Agricultura orgánica: El caso de México. En: García H.J.L., Salazar S.E., Orona C.I., Fortis H.M., Trejo E.H.I. (Eds.) *Agricultura Orgánica Tercera Parte*. Gobierno del estado de Durango. Durango, México. 431 p.
- Mengel K., Kirkby E.A. 2000. Principios de nutrición vegetal. International Potash Institute, Basel, Switzerland. 692 p.
- Murrel T.S. 2003. Transformaciones de los nutrientes en el suelo. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INFOPOS). *Informaciones agronómicas* 49:1-4.
- Naranjo de la F. J., Salgado G.S., Lagunes E.L.C., Carrillo A.E., Palma-López D.J. 2006. Changes in the properties of a mexican Fluvisol following 30 years of sugarcane cultivation. *Soil Till. & Res.* 88:160-167.
- Navarro B.S., Navarro G.G. 2003. *Química Agrícola*. Mundi Prensa. Madrid, España. 432 p.
- NOM-021-RECNAT. 2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. NOM-021-RECNAT-2000. 2da. Ed. Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales. México. 73 p.
- Palma-López D.J., Cisneros D.J., Moreno C.E., J.A. Rincón-Ramírez J.A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-Isprotab-Fundacion Produce Tabasco. Tabasco, México. 199p.
- Rivera C.M.C., González M.A., Ortiz G.C.F., Almaraz S.J.J., Trujillo N.A., Cruz N.G. 2013. Uso de fertilizantes para la mejora de propiedades químicas y microbiológicas del suelo y del crecimiento del cítrico Citrange troyer. *Universidad y Ciencia* 28 (2):123-139.
- Salgado-García S., Palma-López D.J., Castelán-Estrada M., Lagunes-Espinoza L.C., 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. Tabasco, México. 100 p.
- Salgado G.S.M., Espinosa Z.S., Lerma M.J.N., Moreno L.S., López O.J.F. 2009. Cuantificación, descomposición y contenido nutrimental de hojarasca en dos sistemas agroforestales en cacao (*Theobroma cacao* L.). *Quehacer Científico en Chiapas* 1(7):10-15.
- SAS. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Intitute. North Carolina, USA. 5121 p.
- Sol S.A. 2010. Establecimiento y manejo de la plantación. En: Córdova A.V., García L.E., Obrador O.J.J. (Eds) *Cultivo y transformación del cacao en Tabasco*. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Tabasco, México. Pp 26-34.
- Triano S.A. 2006. Evaluación de abonos orgánicos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Cunduacán, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Tabasco, México. 133 p.



LA CERTIFICACION ECOLÓGICA; UNA DUALIDAD AGRICOLA: Mejorar la prosperidad del agricultor y medio ambiente

ECOLOGICAL CERTIFICATION, AN AGRICULTURAL DUALITY:
Improving the prosperity of the farmer and the environment

Becerril-Hernández, H.*

Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados, Periférico. Carlos A. Molina km 3.5, C.P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México: **Autor de correspondencia:** hbecerril@colpos.mx

RESUMEN

La demanda de productos ecológicos en el mundo aumenta anualmente, y su crecimiento se vincula en respuesta a problemas asociados con la industrialización de alimentos y uso indiscriminado de insumos químicos en sistemas agrícolas convencionales, identificados como precursores de contaminación del medio ambiente y pérdida de biodiversidad y propiedades sociales. Muchos agricultores han optado por tratar de cambiar su sistema de agricultura convencional a ecológica, con el objetivo de mejorar sus beneficios finales, además de hacer más segura la oferta de alimentos para los consumidores de este segmento de mercado. La decisión de adoptar estos estándares es incitativa de productores y organizaciones con el fin de diferenciar sus productos dentro de los mercados finales. Se analizó la aplicación del modelo Working With People relacionado con la experiencia de decisión de una Sociedad Agrícola Española en su cambio de sistema de producción, impacto en la prosperidad de sus socios y mejoramiento del medio ambiente. Los resultados mostraron que el desarrollo de la prosperidad de la Sociedad de producción, se vincula a certificaciones ecológicas de los cultivos. La aceptación de los productos ofertados fue dependiente de la demanda del mercado ecológico internacional, por tanto, el cambio de agricultura convencional a ecológica, fundamentó el mejoramiento de la calidad de vida de los agricultores, a partir de mejorar su prosperidad, entendiéndose como el aseguramiento de beneficios económicos, actividad social y medio ambiente.

Palabras clave: Agricultura ecológica, agricultura convencional, comercialización, Prosperidad Rural.

ABSTRACT

The demand for ecological products in the world increases annually, and its growth is connected in response to problems associated with the industrialization of foods and the indiscriminate use of chemical inputs in conventional agricultural systems, identified as precursors of environmental pollution and loss of biodiversity and social properties. Many farmers have opted for trying to change their system from conventional to ecological agriculture, with the objective of improving their final benefits, in addition to making safer the offer of foods for consumers in this segment of the market. The decision to adopt these standards is an initiative of producers and organizations with the aim of differentiating their products within the final markets. The Working with People model was applied, related to the decision experience of a Spanish Agricultural Society, in its change of production system, impact on the prosperity of their partners and environmental improvement. The results showed that the development of prosperity of the Production Society is linked to ecological certifications of the crops. The acceptance of the products offered depended on the demand of the international ecological market, therefore, the change from conventional to ecological agriculture supported the improvement of the living quality of farmers, stemming from improving their prosperity, understood as ensuring economic, social activity and environmental benefits.

Keywords: ecological agriculture, conventional agriculture, commercialization, Rural Prosperity.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016. pp: 45-50.

Recibido: agosto, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

INTRODUCCION

El crecimiento de la demanda de productos ecológicos a nivel mundial, es una oportunidad para aumentar los beneficios económicos para agricultores y grupos organizados (sociedades, cooperativas, empresas) (Figura 1).

Considerando los resultados de diversas investigaciones desde el punto de vista económico, las diferencias entre la agricultura ecológica y la convencional, muestran a la primera como más rentable a pesar de disminuir su productividad (Lansink *et al.*, 2002; Azadi *et al.*, 2011; Argyropoulos *et al.*, 2012; Patil *et al.*, 2014), generando además un valor social, por los servicios no alimentarios vinculados al desarrollo rural (Darnhofer, 2005; Becerril, 2014; De Los Ríos *et al.*, 2016). La agricultura convencional muestra un impacto negativo en la población y el medio ambiente a causa del uso de insumos químicos y contaminación de suelos, y acuíferos superficiales y subterráneos (Altieri y Nicholls, 2000), mientras que el sistema productivo ecológico, es visto como un movimiento social anti-industrial, observando su centralización global del mercado orgánico, en donde sus productos son destinados a la exportación, vinculando esta acción con el discurso global-cultural de la salud y cuidado del medio ambiente (Groszlik, 2015). La agricultura ecológica es considerada por diversos investigadores como parte de la solución a los problemas de la agricultura convencional y como una opción para la oferta de alimentos a nivel mundial (Pimentel *et al.*, 2005). Paralelamente es generadora de prosperidad directa para los agroproductores (De los Ríos *et al.*, 2016). La adopción de los sistemas de producción agrícolas por los agroproductores, depende de características culturales y socioeconómicas, factores económicos y no económicos, tales como el entorno ambiental, tipo de sistema agrícola de producción (intensivo o extensivo), edad de los agricultores y aprendizaje social (Tabara & Pahl-Wostl, 2007), elementos integrantes de su resiliencia (Becker, 2012). Todos estos factores conforman la actitud del agroproductor que influye en la adopción del sistema (Läpple & Van Rensburg, 2011). Actualmente las iniciativas de producción de alimentos se ven regidas de diferente forma, uno de los enfoques más importantes es el uso de la certificación de los alimentos, siendo referida a la verificación de los procesos con los cuales se producen los alimentos, haciendo cumplir las normas de producción a productores y agroindustrias, permitiendo al sistema distinguir los productos alternativos (orgánicos) de los convencionales dentro del mercado agroalimentario (Hatanaka, 2014). Los gobiernos han asumido un papel importante en la definición de la agricultura ecológica mediante la creación de normas

jurídicas. Muchos países de todo el mundo, han establecido un sistema de acreditación y certificación con el fin de proteger las justificadas expectativas de los consumidores con respecto al tratamiento de los alimentos, realizando un control de la calidad de los productos orgánicos y proteger a los productores de las prácticas comerciales fraudulentas. Las certificaciones son relevantes para el comercio internacional, estas normas no sólo influyen en el movimiento de agricultura ecológica a nivel nacional, sino también a nivel internacional (Vogl, Kilcher, & Schmidt, 2005). La certificación ecológica es asociada con los cambios en las prácticas tradicionales de los sistemas de producción agrícolas, se vincula en el mejoramiento de los recursos naturales de producción a través de la eliminación de aguas residuales, desuso de insumos químicos y agregación de abo-

no orgánico (Ibanez & Blackman, 2016), se considera también como herramienta que mejora el bienestar rural y permite el acceso a diferentes mercados (Rijsbergen *et al.*, 2016); considerandose a la agricultura ecológica como contribuyente de posibles vías de adaptación de las prácticas agrícolas tradicionales (Hunt *et al.*, 2014) y como una actividad agrícola económicamente más competitiva que la agricultura convencional (Crowder & Reganold, 2015). La decisión de cambiar el sistema, va más allá de la producción de alimentos sanos y protección del medio ambiente, y se conside-

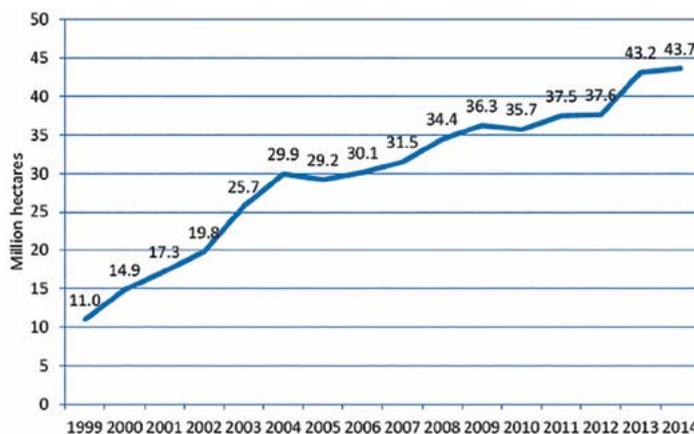


Figura 1. Aumento de la superficie de agricultura ecológica. Fuente: Fibl 2016.

ran los efectos económicos, el tipo de mercado y costos por la certificación. La decisión de certificar la actividad orgánica se ubica en las prácticas para la producción orgánica y el impacto del marketing por la certificación (Veldstra, Alexander, & Marshall, 2014). El manejo de las certificaciones, que termina en el uso de los logos orgánicos (swissorganic, demeter, etcétera), son elementos que influyen directamente en el sector de consumidores de productos orgánicos, quienes están de acuerdo en pagar un sobreprecio por la seguridad de que los productos son realmente ecológicos (Gerrar *et al.*, 2013), constatándose esto en los puntos de venta tradicionales, donde actualmente los consumidores de este segmento adquieren el producto (Jaenicke & Carlson, 2015). Las normas para la certificación, van desde las técnicas de exclusión hasta las más estrictas detalladas en los estándares orgánicos. Las normas pueden reducir las exportaciones de los países excluidos, especialmente en los mercados que han elevado las restricciones de las normas (Chen & Mattooz, 2008). Actualmente solo 87 de 243 países cuentan con este tipo de normas (Willer & Lernoud, 2016); la estandarización de la agricultura orgánica, sumada a los requisitos técnicos internacionales, se traducen en distorsiones aún mayores, causado esto, por la estrechez normativa de los países de altos ingresos, dificultando su adopción por los países en desarrollo, y la adopción de esta normativa y estándares afecta a la estructura del comercio regional, perjudicando el actual sistema comercial (Disdier, Fontagné, & Cadot, 2015). Diversas explotaciones agrícolas en países desarrollados y en desarrollo implementan prácticas agrícolas orgánicas, pero

no son certificadas, formando dentro del segmento de agricultores orgánicos, otro llamado productores tradicionales de agricultura natural, en contraparte, cada día productores recurren más a la agricultura orgánica certificada con el objetivo de dar seguimiento a sus procesos de producción orgánica y poder incursionar en mercados de alto valor (Reganold & Wachter, 2016). Con base en lo anterior, se analizó la aplicación del modelo Working With People relacionado con la experiencia de decisión de una Sociedad Agrícola Española en su cambio de sistema de producción, impacto en la prosperidad de sus socios y mejoramiento del medio ambiente.

MATERIALES Y METODOS

Para el estudio se consideró a la SAT Camposeven, Sociedad integrada formalmente en el año 2007 por agricultores con más de 40 años de experiencia en la producción, transformación y comercialización de cultivos hortofrutícolas ecológicos y convencionales. La Sociedad es parte integrante del proyecto europeo RETHINK del 7° Programa Marco de la Comisión Europea que integra en su metodología el modelo WWP (Working With People). La empresa se ubica en la Región de Murcia, municipio de San Pedro del Pinatar, entre el Mar Menor y el Mar Mediterráneo, está compuesta por 35 socios, que conforman una estructura empresarial que influye directamente en 345 personas. La Sociedad se dedica a la producción de productos hortofrutícolas de los cuales el 65% (334ha) (De los Ríos *et al.*, 2015) son dedicadas a la producción agrícola ecológica, la cual se encuentra totalmente certificada. Prevalece el cultivo al aire libre (con 83% del total de hectáreas cultivadas) y el resto (17%) se cultiva en invernaderos. Actualmente la empresa cuenta con 80% de sus explotaciones con la certificación Deméter, sello que garantiza la cumplimentación de la agricultura biodinámica. Los resultados de la investigación este caso de estudio, incorporan distintos instrumentos y fuentes de información, también se efectuó la recopilación y revisión de numerosas fuentes secundarias (literatura científica e información histórica de la SAT) sobre los conceptos de estandarización. Por otra parte, la investigación incorpora información empírica obtenida a través de entrevistas personales, las cuales hacen referencia a las experiencias, que han permitido a la SAT ser resiliente en su desarrollo desde el año 2007. La metodología no es solo un análisis con visión técnico-económica, se incide en los procesos organizacionales que permiten a la sociedad tener una resiliencia para hacer frente a las diversas dinámicas socioeconómicas y medioambientales, se consideran los comportamientos y competencias de los individuos. El marco metodológico del modelo WWP, integra procesos de aprendizaje social para el análisis de la resiliencia dentro del ambiente socio-ecológico desde las tres dimensiones en un entorno rural (Dimensiones Ético social, Político Contextual y Técnico Empresarial). Dimensiones que permiten analizar la toma de decisiones de los agricultores con respecto al cambio de sistema de producción convencional a ecológica y su éxito observado por la empresa desde el 2007.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los integrantes de la SAT Camposeven, formaron parte de una organización cuyas líneas de operación productivas y comerciales eran totalmente diferentes a la visión de desarrollo del grupo, la cual se caracteriza, aparte de tener como base la rentabilidad de sus operaciones (De Los Ríos *et al.*,

2016), **en favorecer la salud de las personas desarrollando líneas de productos ecológicos mediante técnicas sostenibles** (De los Ríos et al., 2015). Estas acciones le han permitido tener el éxito que se fundamenta en sus ventas de exportación (Figura 2) a los países de la Unión Europea (segundo mercado de productos ecológicos después de Estados Unidos de Norteamérica) (Willer y Lernoud, 2016).

Estos resultados de producción y ventas en Camposeven, no son inmediatos. Una característica de esta Sociedad es su alta resiliencia, como lo muestra la Figura 2, donde aún con la crisis en España, la sociedad colocó sus productos ecológicos en los países de Unión Europea, llegando en el 2015 a tener ventas por casi 20 millones de euros. Considerando que aun cuando la productividad es menor que la agricultura convencional, la rentabilidad es mayor por los precios diferenciales (Chen y Mattooz, 2008; Reganold y Wachter, 2016). La decisión de cambiar de sistema de producción se debió principalmente a las capacidades y competencias de las personas, a la ética y valores como elementos fundamentales para superar posibles conflictos morales y principalmente el trabajo en equipo. El cambio de sistema de producción convencional a ecológica requiere un cambio de mentalidad en los agricultores, lo que permite establecer alianzas público-privadas y vínculos con la sociedad civil e incidir en el canal de comercialización del sistema ecológico. Dentro de las características ético-sociales, se tiene el aprovechamiento de las capacidades de los agricultores, específicamente en la función de la inte-

racción grupal como generador de conocimientos y motivante del constante desarrollo de los integrantes de la SAT. El Cuadro 1 muestra el valor que los socios dan a determinados elementos de la prosperidad de la Sociedad, producto de la decisión tomada al cambiar el sistema de producción convencional a ecológica.

Un elemento diferenciador de este grupo es el manejo estratégico de su entorno y de los mismos productos y subproductos. Dentro del modelo WWP la dimensión técnico-empresarial muestra el nivel de importancia que la empresa da a su sistema de operación de la agricultura ecológica (Cuadro 2)

La estrategia global de producción de la SAT, se basa en los requerimientos del cliente; su estrategia de mercadotecnia la define, las ofertas de productos se adaptan al mercado y particularmente están atentos a las exigencias del consumidor. Dentro del segmento de consumidores de productos ecológicos, un indicador relevante es la seguridad alimentaria ofertada por los comerciantes, indicador que inicia con el origen de los productos, alimentos producidos con calidad y reforzados con certificaciones internacionales de producción

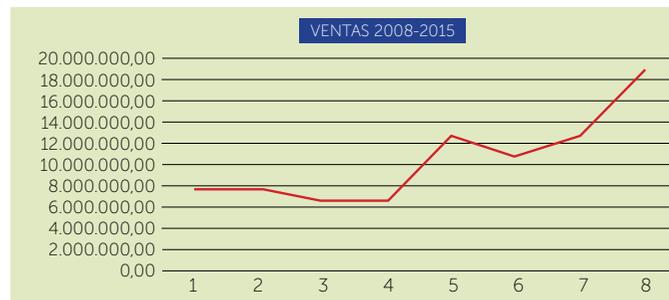


Figura 2. Ventas de productos ecológicos 2008-2015. Fuente: Informes internos Camposeven.

La estrategia global de producción de la SAT, se basa en los requerimientos del cliente; su estrategia de mercadotecnia la define, las ofertas de productos se adaptan al mercado y particularmente están atentos a las exigencias del consumidor. Dentro del segmento de consumidores de productos ecológicos, un indicador relevante es la seguridad alimentaria ofertada por los comerciantes, indicador que inicia con el origen de los productos, alimentos producidos con calidad y reforzados con certificaciones internacionales de producción

Estrategias técnico-empresariales	%
Gestión sostenible de los recursos naturales	43.5
Diferenciación de productos y servicios	34.8
Autogestión sostenible de productos y residuos	21.7

Fuente: De los Ríos et al. (2016 B).

Estrategias Ético sociales	Valor			
	1	2	3	4
Aprendizaje social colectivo social a través de intercambio de conocimientos y trabajo en equipo	0	0	20%	80%
Mejora de información y conocimiento	0	10%	20%	70%
Un fuerte sentido de pertenencia entre actores involucrados	0	0	40%	60%
Desarrollo de habilidades y competencias	0	0	50%	50%
Desarrollo de valores personales y comunitarios	10%	0	60%	30%

Fuente: Tomado de De los Ríos et al. (2016 A).

ecológica. Un elemento estratégico de mercadeo de los productos ecológicos, es la utilización de este concepto para diferenciar el tipo de agricultura. Los alimentos ecológicos influyen en gran proporción de consumidores que buscan consumir alimentos sanos, la agricultura ecológica es un mercado diferente, que potencia la imagen empresarial en los mercados internacionales.

No solo es producir ecológicamente, también es generar productos procesados con esta misma imagen, productos confeccionados, empacados con calidad y seguridad sanitaria, para que los consumidores los perciban como sanos. Para lograr esto, Camposeven, ha integrado los procesos de calidad e higiene, a través de la certificación bajo las normas internacionales BRC (Brithis Retail Consortium) (BRC, 2015), conocida como norma mundial BRC de seguridad alimentaria y la IFS Food (IFS Food, 2014) normas que integran un sistema de gestión de seguridad alimentaria y establecen los requisitos para su implementación, siendo un requisito básico la implementación de un Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC) (FAO, 2003). En suma lo que permitido a la SAT Camposeven ser resiliente y tener éxito a partir de su formación, ha sido el cambio de ser agricultores convencionales a ser agricultores ecológicos, con la visión de que los consumidores pagan una prima mas alta cuando los productos ofertados cuentan con certificación que de seguridad de que son realmente ecológicos. De acuerdo con Ibaneza, (2016), la certificación ecológica es una solución ventajosa al problema de la degradación ambiental causada por el desarrollo de la agricultura con-

vencional, y ayuda a mejorar la prosperidad de los agricultores. Sin embargo, estos beneficios se limitan a los agricultores que alcanzaron los estándares ecológicos para participar en un nivel mayor de los mercados ecológicos nacionales e internacionales, aun así, en opinión de Rijsbergen *et al.* (2016) y Waldron *et al.* (2015), la certificación se promueve para mejorar el bienestar rural, aumentando el nivel de vida de los hogares (Chiputwa *et al.*, 2015) mediante un mejor acceso a los mercados y de las prácticas agrícolas (Figura 3).

CONCLUSIONES

La agricultura ecológica es considerada como generadora de prosperidad directa para los agroproductores e indirecta para los proveedores de este sistema de producción. La certificación ecológica actualmente es un indicador seguro de que sus productos reúnen los requisitos mínimos de calidad ecológica. Es un indicador que permite a los agricultores diferenciar sus productos. Los productores organizados desarrollan mas rápidamente los sistemas en forma integral (producción, confección y empaque y comercialización), integrándose a los canales de comercialización casi de inmediato. Los sellos de certificación ecológica permiten a los consumidores diferenciar los productos ecológicos en el mercado minorista.

LITERATURA CITADA

Altieri M., Nicholls C. 2000. AGROECOLOGÍA. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Ciudad de México, Lomas de Virreyes, México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.



Figura 3. Sistemas de producción de hortalizas bajo manejo ecológico de la empresa Camposeven, España.

- Becerril H. 2014. La Agricultura Ecológica y la Prosperidad un Análisis Conceptual desde el Modelo Working With People. (págs. 1-9). Estrasburgo: Maison Universitaire Franco-Mexicaine.
- Becker E. 2012. Social-ecological systems as epistemic objects. *Human-Nature Interactions in the Anthropocene: Potentials of Social-Ecological Systems Analysis.*, 37-59.
- BRC. 2015. Norma mundial BRC de Seguridad Alimentaria. London, London, UK: British Retail Consortium.
- Chen M.X., Mattooz A. 2008. Regionalism in Standards: Good or Bad for Trade? *Canadian Journal of Economics*, 838-863.
- Chiputwa B., Spielman D., Qaima M. 2015. Food Standards, Certification, and Poverty among Coffee Farmers in Uganda. 400-412.
- Crowder D., Reganold J. 2015. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *PNAS*, 7611-7616.
- De Los Ríos I., Becerril H., Rivera M. 2016. Ecological agriculture and its influence on rural prosperity: an agricultural company's vision (Murcia, Spain). *Agrociencia*, 50(3).
- De los Ríos I., García C., Herrera A.T., Rivera M. 2015. Innovation and social learning in organic vegetable production in the Region of Murcia Camposeven, Spain. Paris: RETHINK.
- De los Ríos I., Rivera M., & Garcia C. 2016. Redefining rural prosperity through social learning in the cooperative sector: 25 years of experience from organic agriculture in Spain. *Land Use Policy*, 85-94.
- Disdier A., Fontagné L., Cadot O. 2015. North-South Standards Harmonization and International Trade. *World Bank Economic Review.*, 327-352.
- FAO. 2003. Manual sobre la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control en Micotoxinas. ROMA, ROMA, ITALIA: FAO.
- Gerrard C., Janssen M., Smith L., Hamm U., Padel S. 2013. UK consumer reactions to organic certification logos. *British Food Journal*, 727 - 742.
- Groszlik R. 2015. Post-national Organic: Globalization and the Field of Organic Food in Israel. En B. Freyer, & J. Bingen, *Re-Thinking Organic Food and Farming in a Changing World* (Vol. 22, págs. 141-155). Dordrecht, Holland: SPRINGEL.
- Hatanaka M. 2014. Organic Certification and the Rationalization of Alternative Food and Agriculture: Sustainable Shrimp Farming in Indonesia. En B. Freyer, & J. Bingen, *Re-Thinking Organic Food and Farming in a Changing World*. Dordrecht, Holland: Springer.
- Hunt L., Rosin C., Campbell H., Fairweather J. 2014. Organic Farmers: Contributing to the Resilience of the Food System? En B. Freyer, & J. Bingen, *Re-Thinking Organic Food and Farming in a Changing World* (págs. 187-211). Dordrecht, Holland: Springer.
- Ibanez M., Blackman A. 2016. Is Eco-Certification a Win-Win for Developing Country Agriculture?. *Organic Coffee Certification in Colombia*. World Development.
- IFS Food. 2014. Standard for auditing quality and food safety of food products. Berlin, Berlin, Germany.
- Jaenicke E., Carlson A. 2015. Estimating and Investigating Organic Premiums for Retail-Level Food Products. *Agribusiness*, 01-19.
- Läpple D., Van Rensburg T. 2011. Adoption of organic farming: Are there differences between early and late adoption? *Ecological Economics*, 1406-1414.
- Pimentel D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., Seidel R. 2005. Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience*, 573-582.
- Reganold J., Wachter J. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2, 1-8.
- Rijsbergen B., Elbers, W., Ruben, R., Njuguna S. 2016. The Ambivalent Impact of Coffee Certification on Farmers' Welfare: A Matched Panel Approach for Cooperatives in Central Kenya. *World Development*, 277-292.
- Tabara J.D., Pahl-Wostl C. 2007. Sustainability learning in Natural Resources use and management. *Ecology and Society*.
- Veldstra M., Alexander C., Marshall M. 2014. To certify or not to certify? Separating the organic production and certification decisions. *Food Policy*, 49, 429-436.
- Vogl C., Kilcher L., Schmidt H. 2005. Are Standards and Regulations of Organic Farming Moving Away from Small Farmers' Knowledge? *Journal of Sustainable Agriculture*, 5-26.
- Waldron A., Justicia R., Smith L. 2015. Making biodiversity-friendly cocoa pay: combining yield, certification, and REDD for shade management. *Ecological Applications*, 361-372.
- Willer H., Lernoud J. 2016. The World of Organic Agriculture. *Statistics and Emerging Trends 2016*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn, Germany: FiBL and IFOAM.



MANEJO ORGÁNICO DE HORTALIZAS EN TENOSIQUE, TABASCO, MÉXICO

ORGANIC MANAGEMENT OF VEGETABLES IN TENOSIQUE, TABASCO, MÉXICO

Corzo-Romero, S.I.¹; Del Rivero-Bautista, N.^{2*}; Palma-López, D.J.², Mendoza-Hernández, J.R.H.²

¹UPM. Universidad Politécnica Mesoamericana. Carretera Tenosique-El Ceibo Km. 43.5 s/n. CP. 86901. Tenosique, Tabasco. ²Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n Carretera Cárdenas-Huimanguillo Km. 3. CP 86500. H. Cárdenas, Tabasco.

*Autor de correspondencia: rnidya@colpos.mx

RESUMEN

La importancia del uso de fuentes orgánicas en la agricultura, radica en que son fuente de vida bacteriana para el suelo y son precursores en la nutrición de las plantas, mejoran su condición física y aumentan la retención del agua. Se elaboraron compostas y biofertilizante en cuatro comunidades rurales de Tenosique, Tabasco, México, utilizando como materiales los desechos orgánicos recolectados en traspatios, potreros y alrededores de las comunidades, además de bioinsecticidas a partir de extractos acuosos de *Capsicum chinense* Jacq., y *Allium cepa* L. Se llevaron a cabo talleres de capacitación, obteniendo dos compostas con características deseables, un biofertilizante en 60 días y tres bioinsecticidas en cuatro días con productos vegetales para control de organismos plaga.

Palabras clave: comunidades rurales, productos orgánicos,

ABSTRACT

The importance of the use of organic sources in agriculture lies in that they are a source of bacterial life for the soil and are precursors of plant nutrition, they improve their physical condition and increase water retention. Composts and biofertilizer were elaborated in four rural communities of Tenosique, Tabasco, México, using as materials the organic wastes collected in backyards, pasturelands and around the communities, in addition to bioinsecticides from the aqueous extracts of *Capsicum chinense* Jacq., and *Allium cepa* L. Training workshops were carried out, obtaining two composts with desirable characteristics, a biofertilizer in 60 days and three bioinsecticides in four days with plant products to control pest organisms.

Keywords: rural communities, organic products.



Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016. pp: 51-56.

Recibido: julio, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

México está siendo afectado por el gran índice de contaminación debido al incremento poblacional, este crecimiento ha generado mayor demanda en los productos agrícolas; es por esta razón, que los productores por tratar de ganar más, utilizan grandes cantidades de agroquímicos en sus plantaciones sin importar el daño al ambiente y la salud. Una estrategia para mitigar la contaminación en el ecosistema es la agricultura orgánica, una técnica que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional. Más que una tecnología de producción, la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que se fundamenta en mejor manejo del suelo y fomento al uso de insumos locales, buscando mayor valor agregado y comercialización justa (FIDA, 2001). La agricultura orgánica no implica solo el hecho de fertilizar con abonos orgánicos (composta, fermentos, lombricompostas, entre otros) al suelo, sino que conlleva cambios en la mentalidad (Restrepo, 2013) de las personas. Este movimiento está regido por cuatro principios básicos; el primero implica maximizar (al interior) los recursos que la gente posee, no busca sustituir insumos, sino la reutilización de los que se poseen; el segundo es buscar al máximo la independencia de insumos externos, al utilizar lo que tiene a la mano y volviéndose productor de su agroinsumo; el tercero se enfoca a provocar el menor impacto posible dentro de la modificación que se haga al lugar y su entorno; el cuarto es no poner en riesgo la salud del productor ni del consumidor, y referido en este trabajo, a la calidad del abono, la cual está relacionada con los materiales que la originan y su proceso de elaboración, lo que afecta el contenido de nutrimentos y microorganismos. Con base en lo anterior, se evaluaron compostas y biofertilizantes en cuatro comunidades rurales de Tenosique, Tabasco, México, utilizando como materiales los desechos orgánicos recolectados en traspatios, potreros y alrededores de las comunidades, además de bioinsecticidas a partir de extractos acuosos de *Capsicum chinense* Jacq., y *Allium cepa* L. para la producción de hortalizas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en cuatro comunidades de la sierra de Tenosique, Tabasco, con alta marginación. El Xotal 2da. Sección, Los Rieles de San José, Ignacio Allende y Álvaro Obregón. La investigación se desarrolló en tres etapas. La primera etapa identificó a las comunidades y productores, que variaron en un rango de 34 hasta 16 personas. En una segunda etapa, se aplicó la me-

todología desarrollada por Gago-Huguet (1977) para recabar información detallada sobre las limitantes de los cultivos, e impartir un taller para sensibilizar sobre la importancia de la elaboración de productos orgánicos. En la tercera etapa, se procedió a elaborar la composta, biofertilizante y bioinsecticidas. Los materiales utilizados variaron dependiendo de la comunidad. Para la composta se empleó la metodología propuesta por Acuña (2003) donde los materiales fueron: hojas secas de almendra (*Terminalia catappa* L), de cocohite (*Gliricidia sepium*), de aguacate (*Persea americana*), de guácimo (*Guazuma ulmifolia*), de nance (*Byrsonima crassifolia*), de pimienta (*Pimenta dioica*), de naranja (*Citrus* sp.), de mango (*Mangifera indica* L), zacate verde y zacate seco, rastrojo de maíz (*Zea mays* L.), estiércol de ganado bovino y ovino fresco, tierra negra, ramas secas de árboles, pasto estrella (*Cynodon* sp.), agua, y bolsas negras de plástico para compostear (Figura 1).

En la comunidad de Xotal 2ª. Secc., fue donde se elaboró el biofertilizante, usando la metodología de Restrepo (2013) con hojas verdes de *Leucaena leucocephala* y neem (*Azadirachta indica*) bien picadas, 20 kg de estiércol fresco de ganado bovino, 10 L de agua y un tambo de plástico con capacidad de 40 kg, el cual fue sellado para la fermentación del contenido durante 60 días (Figura 2).

Para la elaboración de los bioinsecticidas se empleó la metodología desarrollada por IPADE (2008); los ingredientes utilizados fueron: chile habanero (*Capsicum chinense*), ajo (*Allium sativum*), cebolla morada (*Allium cepa*), agua y algunas plantas aromáticas de neem (*Azadirachta indica*). Los ingredientes se licuaron por separado con 1.5 litros de agua, cuando se obtuvieron estos preparados, se colocaron en botellas de plástico con capacidad de dos litros, se sellaron y dejaron reposar durante cuatro días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la comunidad de Xotal 2ª. Sección, el proceso final de composteo se obtuvo a los cuatro meses de su inicio. Mediante la observación visual, la composta mostro características, tales como color negro intenso, de consistencia granulada y porosa al tacto (Figura 3).

Los resultados de este estudio concuerdan con SEMARNAT (2001) donde mencionan que las compostas deben tener un color negro oscuro, como tierra fresca, porosa, ligera y sin olor. En la comunidad de Los Rieles de



Figura 1. Actividades realizadas para la elaboración de la composta. a) Colocación de tierra negra, b) capa de hojas jóvenes y ramas, c) picado del material verde de hojas jóvenes y ramas, d) ramas amontonadas, e) aplicación de estiércol fresco de bovino, f), g), h), i) revoltura de los compostos empleados y colocados, j) aplicación de agua corriente y k) composta final.

San José se emplearon hojas secas de aguacate (*Persea americana*), nance (*Byrsonima crassifolia*), almendra (*Terminalia catappa* L), pimienta (*Pimienta dioica*), mango (*Mangifera indica* L), estiércol fresco de ovino, tierra negra, bagazo de caña de azúcar, agua y bolsas negras de plástico para basura. El proceso de composteo duró

tres y medio meses, la composta final presentó las siguientes características que se observaron de manera visual: color negro, olor a tierra húmeda, mayor humedad al tacto, de consistencia más pegajosa y granulada (Figura 4). Resultados que son similares a los obtenidos por SEMARNAT (2001).

En Álvaro Obregón los materiales fueron ramas y hojas secas de mango (*Mangifera indica* L), *L. leucocephala*, jobo (*Spondias mombin*), cáscara de huevo, pasto estrella verde, estiércol fresco de ovino, tierra negra, agua y bolsas de plástico negras para basura, y el proceso de composteo duró tres meses, la composta final presentó las siguientes características: color café claro, seco, sin olor, de consistencia dura y durante este periodo de tiempo no se degradaron por completo los componentes aplicados (Figura 5).

Los resultados de este trabajo coinciden con Soliva y Molina (1996), quienes mencionan que la calidad de la composta es difícil de definir y que dependerá de los materiales empleados para que la composta llegue a maduración (Rodríguez y Córdova, 2006).

En Ignacio Allende se seleccionaron hojas verdes y secas de mango (*Mangifera indica* L.), estiércol fresco de ovino, ramas secas y hojas de guayaba (*Psidium guajava*), tierra negra, agua y bolsas negras de plástico para basura. Se obtuvo la composta a los dos meses y medio, sin alcanzar la maduración, de tal forma que los componentes utilizados no se degradaron por completo.

Elaboración de biofertilizante: Los resultados obtenidos en la elaboración del biofertilizante fueron, que después de 60 días de fermentación se obtuvo un líquido de color verde claro sin olor y en la parte inferior los sedimentos de color verde oscuro. Resultados

similares en cuanto al olor (inholoro) y sedimentos a los reportados por Restrepo (2013), quien refiere que existen varios aspectos o parámetros para verificar la calidad de los biofertilizantes fermentados a base de estiércol fresco de ovino, por ejemplo, que no exista mal olor (a putrefacción). La tendencia es que cuando más fermenta y añeja el biofertilizante, será de mejor calidad y emanará un olor agradable de fermentación alcohólica y se conservará por más tiempo. El color del biofertilizante puede presentar una formación de una nata blanca en la superficie, pues cuando más añejo sea el biofertilizante más blanca será la nata, el contenido líquido será de un color ámbar brillante y traslúcido, y en el fondo se debe encontrar algún sedimento. Resultados que concuerdan con Esprella y Lira (2012), quienes emplearon residuos orgánicos vegetales y animales, similares a los utilizados en esta investigación.



Figura 2. Preparación del biofertilizante en la comunidad de Xotal 2ª. Sección de Tenosique, Tabasco, México.



Figura 3. Composta final obtenida en la comunidad de Xotal 2ª. Sección de Tenosique, Tabasco, México.



Figura 4. Composta obtenida por los productores en la comunidad de Los Rieles de San José, Tenosique, Tabasco, México.

Elaboración de bioinsecticidas: A los bioinsecticidas obtenidos en esta investigación no se les evaluaron las concentraciones de los ingredientes activos (Figura 6).

Se realizó una visita previa a los huertos de los productores donde se observó la presencia de plagas (hormigas rojas y pulgones). Los bioinsecticidas se aplicaron de forma manual con un atomizador a las plantas del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativus* L.), cinco días después de aplicados no se observó la presencia de insectos (Figura 7).



Figura 5. Composta final elaborada en la comunidad de Álvaro Obregón del municipio de Tenosique, Tabasco.



Figura 6. Bioinsecticidas obtenidos a base de chile habanero, ajo y cebolla morada en la comunidad de Los Rieles de San José, Tenosique, Tabasco, México.

Esto pudo ser debido, a que los extractos de las plantas repelan a los insectos, debido a que son una mezcla de metabolitos secundarios y no crean resistencia (Valladares et al., 2003). Los resultados de esta investigación coinciden con Aguirre-Medina et al. (2009), donde menciona que el ajo es uno de los mejores pesticidas ya

que no solo ataca a una plaga si no que tiene un amplio margen de acción, debido a sus principios activos, los cuales actúan en el organismo del animal paralizando sus funciones vitales. Ingrediente que fue utilizado en esta investigación.

CONCLUSIONES

Se desarrollaron estrategias ecológicas para la producción de hortalizas en áreas rurales con fines de autoconsumo principalmente, a base de insumos locales bajo manejo de fermentación, composteo y extracción acuosa de ingredientes activos de vegetales pungentes. Se llevaron a cabo talleres de capacitación, obteniendo dos compostas con características deseables, un biofertilizante en 60 días y tres bioinsecticidas en cuatro días con productos vegetales para control de organismos plaga. Lo anterior representa una opción para mejorar la dieta familiar en áreas rurales en estado de pobreza.

LITERATURA CITADA

- Acuña O. 2003. El uso de biofertilizantes en la agricultura, En: Gloria Meléndez y Gabriela Soto (eds.) Taller de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. 67-75 p.
- Aguirre-Medina, J. F., Irizar-Garza M. B., Duran-Prado A., Grageda-Cabrera O. A., Peña Del Río M. A., Loredó-Osti C. I., Gutiérrez-Baeza A. 2009. Los biofertilizantes microbianos: Alternativa para la agricultura en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla, Chico. Tuxtla, Chiapas, México. Folleto Técnico 5:1-86.
- Esprella M.M., Lira M. 2012. Producción de biofertilizante a partir de residuos orgánicos mediante la implementación de un sistema biodigestor para la aplicación. Sobre cultivos en parcela. República Bolivariana de Venezuela Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria. Instituto Universitario de Tecnología Dr. Delfín Mendoza. Programa Nacional de



Figura 7. Cultivo de cilantro (*Coriandrum sativus* L.) al que se le aplicaron los bioinsecticidas.



- Formación en Agroalimentación. Tucupita, Estado Delta Amacuro, Venezuela. 40 pp.
- FIDA. 2001. Informe sobre la pobreza rural. El Desafío consistente en acabar con la pobreza rural. FIDA Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola: Roma, Italia. 269 pp.
- Gago-Huguet, A. 1977. Modelos de Sistematización del Proceso de Enseñanza Aprendizaje. Editorial Trillas. 80 pp.
- IPADE. 2008. Insecticidas y abonos orgánicos. Programa para el Desarrollo Rural Sostenible (ProDeSoc-IPADE) en el municipio El Castillo, Nicaragua. 32 pp.
- Restrepo R.J. 2013. Manual práctico: El ABC de la Agricultura Orgánica, fosfitos y panes de piedra., Impresión Feriva S.A. Santiago de Cali, Colombia. 396 pp.
- Rodríguez M., Córdova A. 2006. Manual de compostaje municipal" tratamiento de residuos sólidos urbanos. Capítulo 2. Manual de composta doméstica. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Primera Edición. México, D.F. 102 pp.
- SEMARNAT. 2001. Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D, F. 200 pp.
- Soliva M., Molina N. 1996. ¿Qué significado tiene el término compost?. Riegos y Drenajes, XXI 87:29-33.
- Valladares G., Garbin L., Defago M., Carpinella C., Palacios S. 2003. Actividad antialimentaria e insecticida de un extracto de hojas senescentes de *Melia azedarach* (Meliaceae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 62:53-61.



MÉTODOS NO NORMALIZADOS PARA CARACTERIZACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

NON-NORMALIZED METHODS FOR THE CHARACTERIZATION OF ORGANIC FERTILIZERS

Guerrero-Peña, A.^{1*}; Córdova-Ballona, G.¹; Carrillo-Ávila, E.²; Obrador-Olán, J.J.¹

¹Colegio de Postgraduados. Periférico Carlos A. Molina s/n, km 3.5 Carret. Cárdenas-Huimanguillo. H. Cárdenas, Tabasco, México. CP 86500. ²Colegio de Postgraduados. Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, municipio de Champotón, Campeche. México. CP 24450.

*Autor de correspondencia: garmando@colpos.mx

RESUMEN

El uso de fertilizantes orgánicos es una alternativa en sistemas de producción agrícola para proveer nutrientes, y mejorar la fertilidad del suelo; y para aplicación adecuada de abonos orgánicos se requiere conocer sus características químicas, físicas y biológicas. Se evaluaron métodos de prueba para caracterizar y estimar el grado de madurez y composición de abonos orgánicos, no contemplados en la NMX-FF-109-SCFI-2007 (SEC, 2008). Los métodos de caracterización química incluyeron análisis del contenido total de fósforo y potasio por no ser considerados en la NMX-FF-109-SCFI-2007 para abonos orgánicos. La definición del material fibrico, hémico o sáprico, material parcialmente descompuesto y descompuesto, así como el color en pirofosfato, fueron indicadores del grado de humificación y madurez de los abonos orgánicos de diverso origen. Estas pruebas son rápidas, son de reducido uso de reactivos, baja manipulación de muestra y menor error analítico.

Palabras clave: Análisis químicos y físicos, humificación y madurez de abonos.

ABSTRACT

The use of organic fertilizers is an alternative in agricultural production systems to provide nutrients and improve soil fertility, and for the adequate application of organic fertilizers there is a need to understand their chemical, physical and biological characteristics. Testing methods were evaluated to characterize and estimate the degree of maturity and composition of organic fertilizers, which are not contemplated in the NMX-FF-109-SCFI-2007 (SEC, 2008). The methods for chemical characterization included the analysis of total phosphorus and potassium content, because they are not considered in the NMX-FF-109-SCFI-2007 for organic fertilizers. The definition of the fibric, hemic or sapric material, partially decomposed and decomposed material, as well as the color in pyrophosphate, were indicators of the degree of humification and maturity of the organic fertilizers of diverse origins. These tests are quick, with reduced use of reagents, low sample manipulation, and lower analytical error.

Keywords: chemical and physical analysis, humification, and fertilizer maturity.



Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016. pp: 57-62.

Recibido: julio, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

El uso de fertilizantes orgánicos es una alternativa en todos los sistemas de producción agrícola, con fines de proveer nutrientes y mejorar la fertilidad de los suelos. Estos fertilizantes son producidos con materiales de origen animal o vegetal, y un gran número de materiales orgánicos que pueden ser utilizados como abonos. Sin embargo, para su aplicación adecuada, se requiere conocer características químicas, físicas y biológicas de los mismos; lo cual, es una actividad constante de acuerdo con las investigaciones que se han realizado, como por ejemplo, la caracterización de las vinazas (Parmaudeau *et al.*, 2008) y residuos urbanos digestados (Tampio *et al.*, 2016). Lo que conduce a sistemas de producción sustentables mediante la utilización de estrategias de fertilización más precisas, prácticas, oportunas y económicas. La Norma Mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2007; SEC, 2008) "Humus de lombriz (lombricomposta)-especificaciones y métodos de prueba", establece las pruebas analíticas y las clasificaciones de los grados de calidad de la lombricomposta. Pero es necesario desarrollar métodos de pruebas más rápidos, con menor consumo de reactivos y tiempo y que sirvan para evaluar a las lombricompostas y los abonos orgánicos en general. Con base en lo anterior, se establecieron metodologías para caracterizar abonos orgánicos no contemplados en la NMX-FF-109-SCFI-2007 (SEC, 2008); con objeto de estimar el grado de madurez o estabilización, así como la composición de abonos y lombricompostas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras experimentales de los abonos orgánicos se obtuvieron en

instituciones de investigación y con productores locales (Cuadro 1) de los estados de Tabasco y Veracruz, México, y fueron secadas a la sombra a temperatura ambiente, molidas con rodillo de madera y tamizadas a través de una malla de 2 mm para realizar el análisis químico (Cuadro 2).

Posteriormente se realizó la caracterización con los métodos para cuantificar el material parcialmente descompuesto (MPD) y material fibrico (MF) mediante tamizado, esta propuesta fue establecida para la clasificación de suelos orgánicos por Kaurichev *et al.* (1984) (Cuadros 3, 4).

Esta técnica considera como material parcialmente descompuesto (MPD) aquel que pase el tamiz Núm. 100 (0.15 mm de abertura) y como material

Cuadro 1. Relación de abonos orgánicos y procedencia.

Tipo de abono	Procedencia
Vermicomposta Composta	ECOSUR-Tabasco
Vermicomposta Composta	CP-Tabasco
Composta	Viveros Mirafuentes
Vermicomposta	SEDAFOP
Composta	INIFAP
Vermicomposta	IXOYE
Vermicomposta de residuos Residuos no volteados Residuos volteados Vermicomposta de residuos más estiércol	CP- Córdoba
Pollinaza	Huimanguillo, Tabasco
Cachaza	Ingenio Presidente Benito Juárez
Residuo de caña	CP-Tabasco

Cuadro 2. Caracterización química de los abonos orgánicos.

Determinación	Método
pH	Potenciometría (relación 1:4) (Kalra y Maynard, 1991).
CIC ($\text{cmol}_+ \text{kg}^{-1}$)	Acetato de amonio 1N pH7, en columna de lixiviación (Kalra y Maynard, 1991).
CO (%)	Combustión seca
N-total (%)	Micro-Kjeldahl (NOM-021-SEMARNAT-2000, SEMARNAT, 2000).
Contenido total de: P y K,	Digestión con $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$
P	Cuantificación mediante espectroscopia UV-Vis
K	Cuantificación mediante espectroscopia de absorción/emisión atómica

Cuadro 3. Determinaciones para caracterización física de muestras de abonos.

Determinación	Método
MPD [§] y MF [§] (%)	Separación por tamizado (Kaurichev <i>et al.</i> , 1984)
Color con pirofosfato	Soil Survey Staff (1975)
Fibra no frotada y fibra frotada (%)	Método de la jeringa (Soil Survey Staff, 1975)

[§]MPD=materia parcialmente descompuesta; [§]MF=materia fibrico.

Cuadro 4 Criterio usado para clasificación de suelos orgánicos (Mc Kinzie, 1974).

Horizonte orgánico	% de fibra		Color con pirofosfato (Munsell)
	FNF	FF	
Sáprico Oa	<33 +	<16	y 6/3,5/2,4/1,3/1,2/1 y los que estén a la derecha
Hémico Oe	33-66 +	>16 y <40	y los que estén fuera del intervalo de fibrico y sáprico
Fibrico Oi	>66 +	≥75 ó ≥40	Y 7/1,7/2,8/1,8/2,8/3,6/1

fibrico (MF), el que quede retenido; ambos materiales serán pesados para cuantificar su porcentaje del total en la muestra. Para la definición de MPD, o MF fue utilizado el criterio de Mc Kinzie (1974) (Cuadro 4).

Las Figuras 1, 2 y 3, muestran la secuencia para cuantificar la fibra no frotada, fibra frotada material parcialmente descompuesto y material fibrico.



Figura 1. Secuencia en la determinación de fibra no frotada: a) llenar la media jeringa con el abono humedecido, b) lavar con una corriente de agua sin frotar y c) cuantificar la fibra no frotada.

Figura 2. Secuencia para determinación de fibra frotada: a) transferir el residuo de la fibra no frotada al tamiz, b) Lavar bajo corriente frotando el abono y c) cuantificar la fibra frotada.



Figura 3. Secuencia para cuantificar el material parcialmente descompuesto y material fibrico: a) pesar una porción de abono orgánico, b) tamizar y c) pesar lo que quedó retenido en el tamiz.

Cuadro 5 Propiedades químicas de los abonos estudiados

Número	pH H ₂ O Rel. 1:4	CO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CIC cmol ₍₊₎ kg ⁻¹
		%		g kg ⁻¹		
1	8.2	21.8	8.7	35.92	13.52	36.9
2	6.7	31.1	17.4	27.62	12.41	61.8
3	7.3	9.7	4.3	21.30	11.27	19.4
4	6.9	19.1	7.8	72.33	11.37	33.9
5	7.1	10.7	3.4	6.19	12.89	27.9
6	6.9	29.6	16.5	27.87	13.27	61.8
7	5.7	32.2	17.4	8.55	11.83	67.3
8	7.6	24.3	14.8	34.43	12.65	38.9
9	6.5	26.7	12.2	15.73	3.58	42.9
10	6.7	34.1	12.2	8.24	1.89	36.9
11	7.4	25.6	11.3	10.53	2.04	29.9
12	6.3	26.5	12.2	17.96	3.96	35.9
13	8.4	32.2	11.3	14.43	15.83	23.9
14	8.2	48.5	35.8	4.49	32.86	27.9
15	NSD [§]	55.4	3.4	4.64	21.82	NSD [§]

[§]NSD. No se determinó.

cuales se encuentra en el intervalo de 6.8 (neutro) a 8.17 (ligeramente básico).

Los valores de CO en los abonos de esta investigación se encuentran en el intervalo normal reportado por Ulle *et al.* (2004) y son similares a los obtenidos por Ferruzi (1986), Vogtmann *et al.* (1993), Martínez (1996), Labrador (2001), Bollo (1999). En general, los datos de N de los abonos evaluados fueron similares a los reportados por Labrador (2001) y Mathues *et al.* (2007) para estiércol de gallinaza, oveja, ternera, vaca, conejo y excrementos de gallina y paloma. La relación C/N en los diferentes abonos orgánicos fue en promedio 31.26. Los valores más altos correspondieron al residuo de caña (158), y acuerdo con lo reportado en la literatura este material presentará inmovilización del nitrógeno potencialmente mineralizable. El valor más bajo de la relación correspondió a la pollinaza (13.5). Los valores de la relación C/N de esta investigación fueron superiores tres veces a los valores reportados por Salas y Ramírez (2001), siendo comparables únicamente a muestras de estiércol reportados por Labrador (2001). En este trabajo se propuso el análisis de P y K, total; los cuales no fueron considerados en la norma NMX-FF-109-SCFI-2007 (SEC, 2008). Su cuantificación da agregación de valor a los abonos al momento de su etiquetado, ya que representa mejor la concentración de los elementos. La norma solo considera el análisis de la fracción intercambiable del K, la cual es muy baja y no representa el total del K en el abono. Las concen-

traciones más bajas de P₂O₅ fueron similares al valor reportado por León-Nájera *et al.* (2006) en cascarilla de cacao y composta, bokashi y lombricomposta estudiada por Cerrato *et al.* (2007). Mientras que las concentraciones más altas de P₂O₅ fueron similares a las reportadas por Labrador (2001) en estiércol de gallinaza, oveja, ternera, vaca y conejo; y por Romero-Lima *et al.* (2000) para gallinaza y vermicomposta. El contenido promedio de K₂O fue de 12.08 g kg⁻¹ ± 7.97 g kg⁻¹, en un rango de 30.97 g kg⁻¹; valores que son comparables a los reportados por Tisdale y Nelson (1996), y por Labrador (2001) para harina de pescado y tortas de algodón (*Gossypium* sp). Los valores más bajos resultaron similares a la concentración de K₂O

reportados por Cerrato *et al.* (2007) en lombricomposta; mientras que concentraciones altas fueron similares a las registradas por Labrador (2001) en abonos de gallinaza, oveja, ternera vaca y conejo; y para cascarilla de cacao y estiércol estudiado por León-Nájera *et al.* (2006). Labrador (2001) presentó valores de CIC en turbas que superan hasta tres veces el valor promedio cuantificado en los abonos de esta investigación; además de que no todos cumplen con lo establecido en la NMX-FF-109-SCFI-2007 (DOF-2008).

Material parcialmente descompuesto y material fibrico. Los datos de MPD y MF presentaron alta correlación negativa (-0.97), con dominancia del MF (79% de MF, en promedio). Con lo cual, los abonos orgánicos estudiados pueden ser clasificados como materiales fibricos.

Fibra no frotada y fibra frotada. El criterio de Mc Kinzie (1974) establece que cuando el contenido de fibra es mayor a 66% se considera material fibrico. Los datos obtenidos en las 15 muestras de abonos orgánicos estuvieron en el intervalo de 70% a 90%; por lo que todas se clasificaron como material fibrico (Cuadro 6). Al residuo de caña no se le determinó fibra frotada y no frotada, ya que estos fueron recolectados después de cosecha y no habían iniciado su descomposición.

Color en pirofosfato de sodio. La determinación de color en la tabla Munsell es utilizada por la *Soil Survey*

Cuadro 6 Propiedades físicas de los diferentes abonos orgánicos.

Identificación	MPD	MF	Fibra no frotada	Fibra frotada	Color con pirofosfato de sodio	
					Húmedo	Seco
Vermicomposta (ECOSUR)	36.5	63	86	68	10YR3/4	10YR7/4
Composta (ECOSUR)	16.9	83	90	56	10YR3/6	10YR6/4
Composta (CP-Tabasco)	18.2	81.8	76	30	10YR4/4	10YR6/4
Vermicomposta (CP-Tabasco)	18.8	81	84	8	10YR3/2	10YR6/4
Composta (Viveros Mirafuentes)	17.1	82.8	60	30	10YR5/4	10YR7/4
Vermicomposta (SEDAFOP)	11.5	88.4	90	52	10YR3/4	10YR5/4
Composta (INIFAP)	15.1	84.8	94	52	10YR3/6	10YR5/6
Vermicomposta (IXOYE)	18.6	81.4	94	70	10YR3/4	10YR5/4
Vermicomposta de residuos (CP-Córdoba)	18	82	80	50	10YR5/4	10YR6/4
Residuos no volteados (CP-Córdoba)	24.5	75	90	42	10YR5/4	10YR7/4
Residuos volteados (CP-Córdoba)	27.2	68	82	2	10YR6/4	10YR7/4
Vermicomposta de residuos + estiércol	31.6	72	90	10	10YR5/4	10YR6/4
Cachaza (Ingenio Benito Juárez)	13.9	86	94	50	10YR6/4	10YR8/2
Pollinaza	0	100	90	70	2.5Y8.5/4	.5Y8.5/2
Residuo de caña	0	0	0	0	2.5Y6/8	2.5Y9/2

Staff (1975) para la clasificación de los suelos. Para esta investigación el color en la tabla de Munsell fue usada para definir el grado de humificación de los abonos orgánicos. Para ello se utiliza el criterio de que a mayor humificación de los abonos tendrán un color más oscuro.

En la Figura 4 se muestra la determinación de color en pirofosfato de sodio de un abono orgánico, y los resultados son presentados en el Cuadro 6. Los materiales que se encuentran más maduros presentaron color en húmedo: 10YR3/4 y 10YR 6/4. En los

abonos más humificados, tuvieron los colores más oscuros 10YR 3/6 y 10YR 4/4, mientras que los menos

humificados (2.5Y 8.5/4 y 2.5Y6/8) fueron de color más claro; en estos últimos fue posible identificar los materiales con los cuales fueron elaborados.

Cuando se realizó la lectura en seco, los colores más claros fueron registrados en pollinaza y residuo de caña, atribuido a que estos abonos no han tenido un proceso de descomposición para lograr madurez. Estos colores claros son similares a los reportados por Labrador (2002) para turbas altas (pardo-rubio).



Figuran 4. Determinación del color con pirofosfato de sodio.

reactivos y menor residuo de laboratorio, poca manipulación de muestra y por tanto menor error analítico. Las propuestas analíticas pueden utilizarse para estimar el grado de madurez de los abonos orgánicos de origen diverso.

CONCLUSIONES

Se estandarizan las posibles metodologías para caracterizar abonos orgánicos que no están considerados en la Norma Mexicana para lombricompostas. La caracterización química propuesta incluye el análisis del contenido total de P y K, los cuales no son considerados en la NMX-FF-109-SCFI-2007; y su uso en el etiquetado de los abonos favorece la agregación de valor. La definición del material fibrico, hémico o sáprico, material parcialmente descompuesto y descompuesto, así como el color en pirofosfatos, son indicadores del grado de humificación; y estas pruebas tienen la

calidad de ser rápidas, con poco uso de

LITERATURA CITADA

- Bollo E. 1999. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Quito. Soboc Grafic. 149 p.
- Cerrato M.E; Leblanc H.A., Kameko C. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad de ARTH. *Tierra Tropical* 2: 183-197.
- Ferruzi C. 1986. Manual de lombricultura. Madrid. España. Mundi – Prensa. 138p.
- Kalra Y.P., Maynard D.G. 1991. Methods manual for forest soil and plant análisis. Information Report. NOR-X-319. Northwest Region, Canadá.
- Kaurichev I.S., Panov N.P.; Stratonovich M.V., Grechin I.P., Savich V.I., Ganzhara N.F., Mershin A.P. 1984. Prácticas de edafología. Traducción al español: Esther Vicente. De la versión 1980. Edit. MIR. Moscú, URSS.
- Labrador M.J. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. 293 pp.
- León-Nájera J.A., Gómez-Álvarez R., Hernández-Daumás S., Álvarez-Solis J.D., Palma-López D.J. 2006. Mineralización en suelos con incorporación de residuos orgánicos en los altos de Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 22(2):163-174.
- Martínez C. 1996. Potencial de lombricultura: elementos básicos para su desarrollo. A. Carballo, S. Bravo (eds). Texcoco, MX. 140p.
- Mc Kinzie W.E. 1974. Criteria Used in Soil Taxonomy to Classify Organic Soils *In: Histosols, their characteristics, classification, and use.* A. R. Aandahl, Ch.; S. W. Buol, D. E. Hill y H.H. Bailey. (ed) No. 6. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, U. S.A.
- Romero-Lima M.R., Trinidad-Santos A., García-Espinoza R., Ferrera-Cerrato R. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelos con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34:361-269.
- Salas E., Ramírez C. 2001. Bioensayo microbiano para estimar los nutrimentos disponibles en los abonos orgánicos: calibración en el campo. *Agronomía Costarricense* 25(2):11-23.
- SEC. 2008. Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007;) "Humus de lombriz (lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, México, D.F., a 26 de mayo de 2008. México.
- SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2002. México.
- Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy, a Basic system for making and interpreting soil survey. *Agricultura Handbook No. 436* USDA. Washington, D. C. USA.
- Tampio E., Salo T., Rintala J. 2016. Agronomic characteristics of five diferente urban waste digestates. *Journal of Environmental Management* 169:293-302.
- Tisdale S.L., Nelson W.L. 1996. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. 1a. Edición en Español. UTEHA, D.F. México. 760p.
- Ulle J., Fernández F., Rendina A. 2004. Evaluación analítica del vermicompost de estiércoles y residuos de cereales y su efecto como fertilizante orgánico en el cultivo de lechugas mantecosas. *Horticultura Brasileira* 22 (2):434.
- Vogtmann H., Fricke K., Turk T. 1993. Quality, physical characteristics nutrient content, heavy metals and organic chemicals in biogenic waste compost. *Compost Science Utilization* 1(4):69-87.



ESCUELA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE CACAO CRIOLLO (*Theobroma cacao* L. var. Carmelo), EN TABASCO, MÉXICO.

CREOLE CACAO (*Theobroma cacao* L. var. Carmelo) ORGANIC PRODUCTION SCHOOL IN TABASCO, MÉXICO

Córdova-Avalos, V.¹; Guerrero-Peña, A.¹; Bucio-Galindo, A.¹; Córdova-Avalos, A.^{2*}; Hinojosa-Cuéllar, J.A.²; Izquierdo-Reyes, F.¹; Hernández-Echeverría, C.³

¹Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco Producción Agroalimentaria del Trópico; ²Universidad Popular de la Chontalpa Cuerpo Académico de Ingeniería, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería. ³Obtendor de la variedad del cacao criollo Variedad Carmelo.

*Autor para correspondencia: ctono@colpos.mx

RESUMEN

Con el objetivo de innovar y evaluar cualitativamente y cuantitativamente la producción de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) con manejo orgánico, se estableció en el 2006, una escuela en el rancho el Carmelo, Ranchería Río Seco, Cunduacan Tabasco, México, para capacitar en un plan de manejo orgánico, considerando: insumos y tecnología local; innovación del manejo del cacao criollo variedad Carmelo, empleo de especies fijadoras de nitrógeno para sombra, coberturas vegetales para abonado del suelo, siembra de árboles maderables en perímetros, control manual de malezas, empleo de composta y vermicomposta; fertilización foliar con lixiviado de lombrices, uso moderado de caldo bordelés para control de mancha negra (*Phytophthora palmivora*) y moniliasis (*Moniliophthora roreri*). Durante ocho años de registro de rendimientos, se calculó que para el año diez (2017) el rendimiento será de 1.3 t ha⁻¹. Del año siete al ocho, el rendimiento varió de 0.923 t ha⁻¹ a 1 t ha⁻¹, resultando superior en el rendimiento respecto al cacao tradicional. Respecto al valor de venta, el precio fue de \$11 USD por kg, mientras que el de origen orgánico osciló entre \$2 y \$3 USD kg de cacao seco.

Palabras claves: cacao criollo, orgánico, rendimiento, producción.

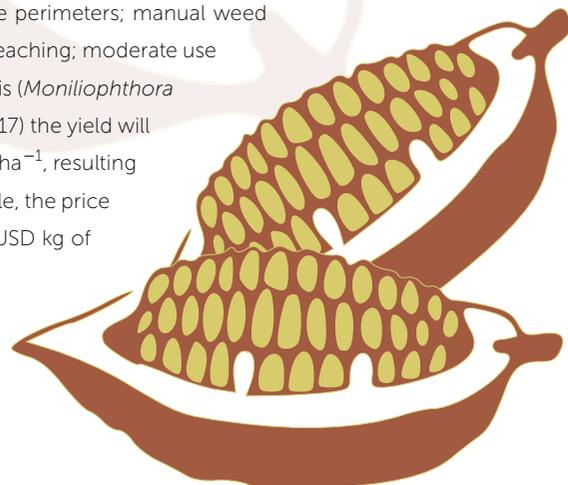
ABSTRACT

With the objective of innovating and evaluating qualitatively and quantitatively the production of Creole cacao (*Theobroma cacao* L.) with organic management, a school was established in 2006 at the El Carmelo ranch, Ranchería Río Seco, Cunduacan Tabasco, México, in order to train in an organic management plan, taking into consideration: local inputs and technology; innovation in the management of Creole cacao Carmelo variety; use of nitrogen-fixing species for shade; plant coverage for soil fertilizing; planting timber-yielding trees on the perimeters; manual weed control; use of compost and vermicompost; leaf fertilization with earthworm leaching; moderate use of Bordeaux mixture to control bud-rot (*Phytophthora palmivora*) and moniliasis (*Moniliophthora roreri*). Out of eight years of yield records, it was calculated that by year ten (2017) the yield will be 1.3 t ha⁻¹. From year seven to eight, the yield varied from 0.923 t ha⁻¹ to 1 t ha⁻¹, resulting in a higher yield compared to traditional cacao. Concerning the value of the sale, the price was \$11 USD per kg, while that of organic origin ranged between \$2 and \$3 USD kg of dry cacao.

Keywords: Creole cacao, organic, yield, production.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016. pp: 63-67.

Recibido: agosto, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.



INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.), legado de culturas precolombinas, fue usado en la época prehispánica como; bálsamo, ofrenda, tributo, objeto ritual, alimento y bebida. En la actualidad es una riqueza nutricional y cosmetológica (Ogata, 2011; Attolini, 2011; Quirarte, 2013). Los Olmecas lo cultivaron bajo la sombra de las selvas tropicales, tuvieron la habilidad y capacidad de manejar ecosistemas diversificados asociados al cultivo del cacao (Ogata, 2011). Los Mayas, lo domesticaron y cultivaron en pequeñas superficies de los microclimas de los cenotes sagrados de Yucatán. Su cultivo y manejo estuvo intercalado y asociado a especies de fabaceas (antes leguminosas), frutales y maderables (Gómez et al., 1990). De las semillas del cacao los Mayas elaboraron el chocolate (Hall et al., 1990). En algunos casos usaban: miel, vainilla (*Vanilla planifolia*) y achiote (*Bixa orellana*) en su preparación (Aliphat y Caso, 2012). El cultivo y transformación del cacao permitió a los pobladores mesoamericanos desarrollar sabiduría, social, política y tecnológica. Algunos procesos estuvieron relacionados a la biotecnología prehispánica focalizada al fermentado y secado del cacao y de los procesos de elaboración del chocolate (Attolini, 2011). Hace 800 a.C, los chontales de Tabasco, México, establecieron sus poblados y plantaciones de cacao en las cuencas de los ríos Grijalva y Usumacinta (Gutiérrez, 1985). En la actualidad, la producción mundial de cacao es de 4,230,000 t, y África aporta 72.5% al mercado internacional. América contribuyó con 18% y Asia y Oceanía con 9.5% (ICCO 2016). México es el único país productor del bloque económico de Norteamérica. En el ámbito nacional, Tabasco ocupa el primer lugar y representa 67% de la superficie (40,782.70 ha) con 68% de los productores (25,233) y 80% (18,550.64 t) de la producción de cacao seco (SIAP-SAGARPA, 2015; Leon, 2016). En México, por su manejo agroecológico, el cultivo del cacao tiene potencial para certificarse como sistema de agricultura orgánica, que le permitiría maximizar los recursos de la finca y reducir el uso de recursos externos, evitando exceso de productos de origen químico-inorgánico, tales como fertilizantes y manejo de plagas (Camacho et al., 2015; FAO, 2014; Gómez et al., 2002), y recomienda insumos ecológicos tales como las compostas, sustancias vegetales (Camacho et al., 2015). Las prácticas de manejo, control y organización para la producción y comercialización y consumo de productos orgánicos es regulada por la Federación Internacional del Movimiento de Agricultura Orgánica (IFOAM), que tuvo su origen en Francia en 1972 (Quispe 2007). Suiza, Dinamarca, Alemania, Estados Unidos y otros países Europeos han desarrollado estrategias de extensionismo rural para la producción de alimentos orgánicos certificados, y han creado leyes y normas para la certificación y comercialización en el mercado nacional e internacional (Gómez et al., 2002). México, en el 2013 decretó normas para la producción y certificación de productos orgánicos (DOF, 2013). En México, existen 326,486 ha en agricultura orgánica, de las cuales 50% son de café (*Coffea arabica* L.) y 4% de cacao (*Theobroma cacao* L.). El movimiento orgánico de cacao en Tabasco inició en el 2002 con 2394 ha y para el 2004 se reportaron 10982 ha en proceso de reconversión (Córdova et al. 2004). El crecimiento y certificación de su producción orgánica estuvo relacionado con las políticas de apoyo del gobierno estatal y federal, y con las actuales políticas del gobierno del estado de Tabasco la meta fue, lograr en el 2016 la denominación de origen del cacao de Tabasco (León, 2016).

Sin embargo, los rendimientos del cacao convencional son afectados por la edad de las plantaciones, altura de los árboles, regulación de sombra y manejo de humedad del suelo; estos, propician la presencia de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), y otras enfermedades en la temporada de lluvias y frentes fríos (nortes) (Ramírez et al., 2009). Cuando a estas plantaciones no se les aplica rehabilitación y manejo integral, la moniliasis reduce la cosecha entre 50% y 80% (Durán, 2011). En Tabasco existe un cacao criollo mejorado, que por su altura y tamaño de copa y manejo (Avendaño, 2010), la enfermedad de moniliasis merma la producción de 3% a 5%, su rendimiento es superior al sistema de cacao tradicional. La mayor producción del cacao criollo, variedad Carmelo (70%), es en los meses de menor precipitación y mayor radiación solar. Con el objetivo de innovar y evaluar cualitativamente y cuantitativamente la producción de cacao criollo con manejo orgánico, variedad Carmelo. Se estableció en el 2006, un módulo escuela en el rancho el Carmelo, Ranchería Río Seco, Cunduacan Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El módulo escuela se ubica en el rancho la Hacienda la Joya, hoy rancho el Carmelo, Ranchería Río Seco, Primera Sección, Cunduacan, Tabasco; localizado entre las coordenadas: 18° 07' 45.96'' N, y 93° 18' 09' 68'' O. Desde el 2006, se estableció una hectárea de cacao criollo mejorado en la parcela del productor cooperante. El objetivo fue evaluar su rendimiento con un plan de manejo orgánico, basado en los siguientes principios: uso de insumos y tecnología local: innovación del cacao criollo variedad Carmelo, empleo de especies fijadoras

de nitrógeno (Fabaceae) para sombra del cacao, coberturas vegetales para el control y abonado del suelo, siembra de árboles maderables en los linderos, control manual de malezas, empleo de composta y vermicomposta; fertilización foliar con lixiviado de lombrices, uso moderado del caldo bordelés en el control de la mancha negra y moniliasis; uso de energía solar para secado del cacao y agua para el riego en la temporada de seca (DOF, 2013; FAO, 2014). Con el objetivo de conocer el comportamiento de los rendimientos observados, se ajustó un modelo de crecimiento logístico para el rendimiento de cacao criollo mejorado con manejo orgánico. La fórmula empleada fue la siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\beta_1}{\left(1 + \exp\left(-\frac{\text{Año} - \beta_2}{\beta_3}\right)\right)}$$

Y una vez ajustado, los parámetros, el modelo fue el siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{1.44}{\left(1 + \exp\left(-\frac{\text{Año} - 6.78}{1.23}\right)\right)}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El módulo escuela fue establecido en una parcela que durante 15 años tuvo caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Los campesinos de la Chontalpa, Tabasco, establecen plantaciones de cacao en terrenos drenados conocidos como "suelos altos". En enero realizan la roza y tumba de árboles, sin quemarlos. Evitan la incineración para aprovechar la humedad del suelo. La especie seleccionada para sombra permanente fue el "chipilcoite" (*Diphysa robinoides* Benth.); localmente, 75% de los productores de cacao la usan como sombra permanente. Del huerto de cacao de Hacienda la Joya, fueron seleccionados los mejores árboles de sombra y de las mejores ramas vigorosas se cortaron las estacas en junio del 2006. El tamaño de las estacas fue de un metro de largo, por 1' a 2.5' (pulgadas) de grosor. Las estacas se acomodaron horizontalmente bajo la sombra natural de los árboles, se cubrieron con material vegetativo de la región y a los ocho días de reposo se decidió su siembra definitiva, sin aplicar ninguna hormona de enraizamiento. El trazado y siembra de estacas fue el 20 de junio, 2006. La distancia de siembra fue de 3x4 m, en total por hectárea fueron sembradas 850 esquejes. Esta distancia de siembra fue con base a López *et al.* (2011). Se cultivaron especies de sombra de temporal: plátano macho (*Musa* sp.), yuca (*Manihot esculenta* Grantz.), chicharo de vaca (*Vigna* sp.), chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* Mill.), Jamaica (*Hibiscus sabdarifa* L.). La actividad de diversificar la sombra permitió un dosel de sombra en menos de un año y a los seis meses fueron sembrados los arbolitos de cacao. Entre los callejones se cultivó: maíz (*Zea maíz* L.), frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), frijol pelón (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.). Las plantas actuaron como cobertura vegetal para el control de malezas e insectos y abono verde que en la agricultura orgánica son elementos a considerar en el plan de manejo orgánico, fundamental para la conservación y mejoramiento del suelo a mediano y largo plazo (FAO, 2014; Quispe, 2007). La distancia de siembra fue de 3x4 m. La siembra fue

realizada en enero del 2007, cuando la sombra tenía seis meses de edad. El portainjerto fue cacao Guayaquil, sembrados directamente al suelo. A cada cepa de siembra se agregó un kilogramo de vermicomposta granulada hecha de cachaza de caña (Sánchez *et al.*, 2006). Al concluir la siembra de arbolitos, se procedió al injerto con yemas de "árboles campeones" de cacao criollo Carmelo grano blanco (Quiroz y Amores, 2012). El porcentaje de sobrevivencia de los arbolitos de cacao injertado fue de 88%. Del 2007 al 2016, los árboles de cacao criollo mejorado, alcanzaron una altura de 3.8 a 4.8 m, datos similares a los reportados por INIFAP en el 2011 por Avendaño *et al.* (2011). En total se presentaron 25 especies de malezas, el cual se controlaron manualmente. En la agricultura orgánica los herbicidas químicos están prohibidos (Camacho *et al.*, 2015; FAO, 2014). Las malezas controladas fueron; arrocillo, cola de zorra, cotumbul, bejuquito de campanita, hoja de araña, malva de vainillita, hojita de ensalmo, golondrinita, enredadera, malva de puerco, dormilona, rabo de mico, poleo silvestre, siempre viva, cacahuatillo, frijolito silvestre, zacate mula, lengua de vaca, verdolaga, tomatillo, añicillo, canchin, zacate jhonson. En el primer y segundo año de establecimiento de la sombra y cacao se realizaron cuatro controles manuales de maleza. La agricultura orgánica permite el control manual, mecánico y biológico (Quispe, 2007). El primero en enero, el segundo control fue en junio, el tercero en septiembre y el último en diciembre. Los controles de maleza fue limpieza de callejones, limpieza de linderos y ladeo de los surcos. Del tercer año al noveno (2015), el control de malezas se redujo a dos. La maleza predominante fue lengua

de vaca (*Dieffenbachia seguine*). En el estiaje el productor usa la lengua de vaca deja como cobertera vegetal. En los meses de sequía (abril y mayo), no las elimina para reducir la pérdida de humedad del suelo. Las plantaciones mayores de 15 años tienen poca maleza debido a la sombra. Los árboles de cacao fueron podados para la formación de copa. Los brotes emergidos del portainjerto y de las ramas, fueron eliminados en el mes de junio y julio. Tradicionalmente los productores realizan la poda, cuando la fase lunar está en menguante. En este periodo los productores aseguran que los árboles se deshidratan menos y los brotes tienen menor crecimiento (Productora de 79 años). Técnicamente con la poda de aclareo en la copa del árbol, se permite la penetración del aire y sol, que ayuda a disminuir la incidencia de enfermedades (López et al., 2011). Con fines preventivos de ataque de plagas (incluye enfermedades) desde el segundo año de fructificación se aplicó caldo bordelés (1 kg sulfato de cobre + 1 kg hidróxido de calcio + 100 L de agua); dos veces por año; principalmente en la época de lluvias y nortes. Desde la siembra del cacao (2007) no se han observado insectos que ataquen las plantas y frutos. Se ha registrado que en la temporada de frutos maduros el pájaro carpintero, conocido en la región como el "chojón" o "chejé" (*Melanerpes aurifrons*), picotea los frutos de cacao para extraerle el jugo. El daño es mínimo de 5 a 20 frutos por hectárea. Pero no se come las semillas. La infestación de frutos por mancha negra (*Phytophthora palmivora*) fue nula. Los frutos infectados por la moniliasis oscilaron de 1% al 5%, durante el año. La presencia de frutos infectados es menor (1%) de enero a junio, y mayor (5%) en la lluvias y nortes. En el cacao criollo, el 70% de la producción es cosechada en los meses de poca lluvia y es cuando hay mayor energía solar, razones por el cual la presencia de la moniliasis es menor. La nutrición desde el sembrado, fue con vermicomposta y composta. La primera fue usada en la siembra en el 2007. Del 2008 al 2015 se aplicó por año un kilogramo de composta por árbol; elaborada a base de cascarilla y hoja de cacao, estiércol seco de ganado bovino, tierra y desperdicios domésticos. Al follaje de la planta se le aplica por hectárea: 2.5 litros de lixiviado de

lombriz, 2.5 litros de agua oxigenada preparados en 200 litros de agua. La composición del producto es asperjada en el follaje del cacao por la mañana. Los insumos usados en el manejo orgánico fueron los especificados en los lineamientos de las normas nacionales e internacionales y son principios básicos a considerar en el plan de manejo (FAO, 2014; Camacho et al., 2015).

El rendimiento por hectárea del módulo de cacao criollo ha aumentado en el año 7 y año 8, pasando de 0.923 a 1 t ha⁻¹. El rendimiento tiende a incrementarse en 1.3 t ha⁻¹ de cacao seco para el año 10 (Figura 1).

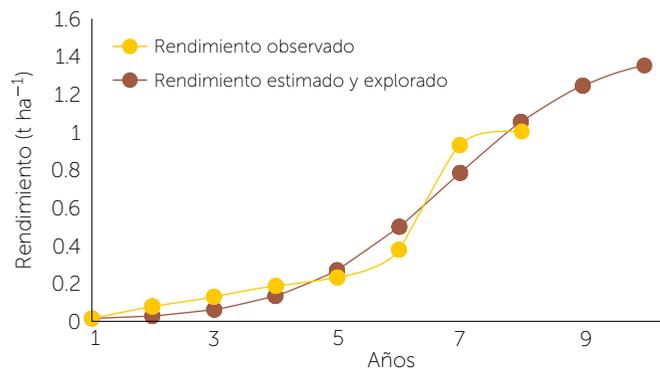


Figura 1. Rendimiento de cacao seco (*Theobroma cacao* L.) registrado y estadísticamente ajustado.

En Tabasco, las plantaciones de cacao en promedio tienen 43.3 años de edad (López et al., 2014). La producción de frutos comienza entre dos y cuatro años; el rendimiento aumenta cada año hasta los ocho a diez años; se estabiliza, entre 11-15 años y se mantiene desde 16 hasta 30 años" (CATIE,

2016). En el caso de la plantación de cacao criollo mejorado la producción por hectárea en un año puede alcanzar de 1.3 a 1.5 t ha⁻¹ siempre y cuando se mantenga el manejo orgánico, usando riego de auxilio en los meses de abril a mayo. Con relación al secado del cacao, la producción cosechada de cacao en "baba" (60% de humedad) fue beneficiada y secada al sol (FAO, 2014, Quispe, 2007), usando el secadero solar tipo invernadero; mientras que la comercialización, se realizó en el año 2014 en México. Del 2006 al 2016, el precio por kilogramo ha variado de entre USD\$10 a USD\$11, mientras que el cacao convencional se comercializa de 2 a 3 dólares el kilogramo seco. La transferencia de tecnología de producción y manejo orgánico se ha implementado con estrategias de capacitación a estudiantes, técnicos y productores. Los estudiantes de los cursos de liderazgo, economía campesina, organización y Agronegocios del Campus Tabasco Colegio de Postgraduados; durante el 2006 y 2015 realizaron prácticas con los operadores orgánicos del módulo y alrededor de 155 productores de Tabasco y Chiapas se han capacitado. En el 2013 se capacitaron a 35 técnicos del FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) y 29 técnicos de la delegación SAGARPA, Morelos, México.

CONCLUSIONES

La producción de cacao criollo Variedad Carmelo con manejo orgánico, sobresale por su rendimiento superando a los tipos de cacao que reciben manejo convencional. Por su calidad y aroma el producto ha logrado aceptación en los mercados. Además, por su valor económico, y manejo orgánico; el agroecosistema cacao tiene potencial para transferirse en las regiones cacaoteras de México.

LITERATURA CITADA

- Aliphath F. M., Caso B. L. 2012. La triada del chocolate: cacao, vainilla y achiote. *Rev. Artes de México* 105: 46-51.
- Attolini A. 2011. Cuentas, dares y tomares del cacao: delicia, convite, rito mesoamericano. *Aspectos antropológicos. Revista Digital Universitaria* 12(4): 1067-6079.
- Avendaño A.C.H., Ogata A.N., Gallardo M.R.A., Mendoza L.A., Aguirre M.J.F., Sandoval E.A. 2010. *Cacao Diversidad en México*. Editorial SAGARPA-INIFAP. 1ª Edición. 86 p.
- Camacho M, Araus K, Barbosa N, Martínez H. A., Arias J. 2015. Caracterización de productores de hortalizas orgánicas distribuidas en la gran área metropolitana, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 39(2): 131-142.
- CATIE. 2016. Cuanto cacao produce un árbol en toda su vida 1p. <http://www.catie.ac.cr/nicaragua/es/inicio/76-cuanto-cacao-produce-un-arbol-en-toda-su-vida.html>. Fecha de consulta: 18 de marzo, 2016.
- Córdova A.V., Ortiz G. C. F., López G. F. 2004. Asociación y organización campesina en la producción de cacao orgánico en Tabasco. *Revista Diálogos* (14):21-28
- Córdova-Avalos V., Mendoza-Palacios J. D., Vargas-Villamil L., Izquierdo-Reyes F., Ortiz-García C. F. 2008. Participación de las Asociaciones Campesinas en el acopio y comercialización de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco México, *universidad y ciencia* 24 (2): 147-158.
- Córdova A. V., Guerrero P. A., Bucio G. A., Córdova A. A., Hinojos C. J. A. 2014. Cacao y chocolate en Tabasco: tesoro legado de los mayas de Mesoamérica. *Investigación y postgrado. Revista de la Universidad Popular de la Chontalpa*. 4 (16): 5-10.
- DOF. 2013. Cuarta Sección poder ejecutivo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Acuerdo por el que se dan a conocer los lineamientos para la operación de las actividades agropecuarias. 81 p
- Durán R. F. 2013. *Cultivo y explotación del cacao*. Primera edición. Editorial. Grupo latino. Colombia. 424 p.
- Gómez P. A., Salvador F., Aliphath F. 1990. The sacred cacao groves of the Maya. *Latin American antiquity* 1(3): 247-257.
- Gutiérrez Z. J. B. 1985. *Cuentos, leyendas y otros relatos*. Comalcalco, Tabasco. 48 p.
- Hall G. D., Stanley M., Tarka Jr., Jeffrey H. W., David S., Richard E., Adams W. 1990. Cacao Residues in Ancient Maya Vessels from Río Azul, Guatemala. *American Antiquity* 55(1): 138-14.
- De Orellana M. 2011. *El fruto del árbol de la vida*. Artes de México. 103: 6-9.
- FAO. 2014. *Anuario estadístico. La alimentación y la agricultura en América latina y el Caribe*. Editorial FAO. Santiago de Chile. Primera edición. 198 p.
- ICCO. 2016. Organización Internacional del Cacao-ICCO. *Producción mundial de granos seco de cacao del ciclo 2014/2015*. 1p. http://www.icco.org/about-us/international-cocoagreements/cat_view/30-related-documents/46-statistics-production.html. Fecha de consulta, 28 de junio, 2016.
- Leon S.M. 2016. Detonaría cacao la economía local. *In. Campo Tabasqueño*.
- López-Andrade P., Ramírez-Guillermo M., Mendoza-López A. 2011. Paquete tecnológico de Cacao (*Theobroma cacao* L.) Establecimiento y Mantenimiento, Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico Húmedo 2011, Centro de Investigación Regional-Golfo Centro, Campo Experimental Huimanguillo, 1ª Edición. Huimanguillo Tabasco. 85 p.
- López A. P. A., Hernández H. C., Ramírez G. M. A. 2013. *Caracterización de las variedades de cacao en Tabasco*. Primera edición. Editorial SAGARPA e INIFAP, Villahermosa, Tabasco. 25 p.
- Ogata A. N. 2011. *Domesticación y origen del cacao en América*. Artes de México. 103:54-59.
- Quiroz J, Amores F. 2002. *Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador. Manejo integrado de Plagas (Costa Rica)* 63:73-80 p.
- Quispe I. A. 2007. *Tecnologías alternativas para la producción de alimentos sanos*. Editorial Plaza y Valdes. 1ª Edición. 168 p.
- Quirante X. 2013. *Artes de México' ensalza la cocina nacional*. 2 p. <http://viaorganica.org/artes-de-mexico-ensalza-la-cocina-nacional/>. Fecha de consulta 29 de junio, 2016
- Ramírez G. S. I., López B. O., Espinosa Z. S., Villareal F. J. M. 2009. *Guía práctica para la renovación de plantaciones improductivas de cacao*. Primera edición. Editorial Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 20 p.
- Sánchez H. R., Ordaz C. V. M., Palma L. D. J., Sánchez B. J. 2006. *El vermicompostaje: Elemento útil en la agricultura sustentable*. Editorial Fundación Produce. 1ª Edición, Villahermosa, Tabasco. 55 p.
- SIAP. 2015. *Cierre de la Producción Agrícola por cultivo. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola* 2 p. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>. 28 de Junio del 2015

RIQUEZA AGRONÓMICA EN COLECTAS MEXICANAS DE TOMATES (*Solanum lycopersicum* L.) NATIVOS

AGRONOMIC WEALTH IN MEXICAN COLLECTIONS OF NATIVE TOMATOES (*Solanum lycopersicon* L.)

Maldonado-Peralta, R.^{1*}; Ramírez-Vallejo, P.^{1,2}; González Hernández, V. A.²; Castillo-González, F.²;
Sandoval-Villa, M.³; Livera-Muñoz, M.²; Cruz-Huerta, N.¹

Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad ¹Fisiología Vegetal y ²Genética, ³Edafología.
Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de
México, MÉXICO. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: maldonado.ramiro@colpos.mx

RESUMEN

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a nivel nacional usa tres tipos cultivados "Saladette", "Bola" y "Cherry" que predominan en el mercado. El uso de tomates nativos es para mercados regionales, pero tienen potencial para ser aprovechado como fuente de genes para el mejoramiento genético. Se evaluaron en campo, el potencial de rendimiento y calidad de fruto de 100 poblaciones nativas de tomate, con las variables: altura de planta, índice diferencial de vegetación normalizado, número total de frutos y rendimiento, largo y ancho de fruto, grosor del pericarpio, número de lóculos, sólidos solubles totales, luminosidad, croma y °Hue. Los resultados demostraron que la población G3 presentó el mayor rendimiento con 10.85 kg m⁻², con 121 frutos, de 74.3 g en promedio, con forma de calabaza con lóculos con 8.7. Las variables número de frutos y rendimiento por planta, no tuvieron distribución normal comparada con las demás. Los resultados evidenciaron que las poblaciones nativas de tomate cultivadas en condiciones de campo abierto tienen amplia variación morfológica de formas y tamaños de planta y fruto.

Palabras claves: campo, poblaciones nativas, rendimiento, calabaza, número de lóculos.

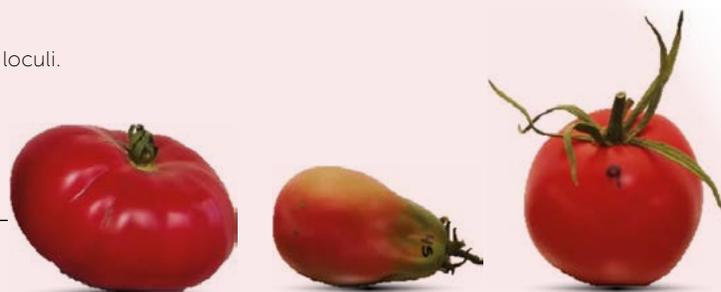
ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicon* L.) production at the national level uses three cultivars, "Saladette", "Bola" and "Cherry", which predominate in the market. The use of native tomatoes is for regional markets, but they have the potential to be used as a source of genes for breeding. The yield potential and fruit quality of 100 native tomato populations were evaluated with the variables: plant height, normalized difference vegetation index, total number of fruits and yield, length and width of fruit, thickness of the pericarp, number of loculi, total soluble solids, luminosity, chrome and °Hue. The results showed that the G3 population presented the highest yield with 10.85 kg m⁻², with 121 fruits of 74.3 g in the average of pumpkin fruit shape with number of loculi of 8.7. The variables number of fruits and yield per plant did not have a normal distribution compared to the others. The results evidenced that the native tomato populations cultivated under open field conditions have a broad morphological variety in plant and fruit forms and sizes.

Keywords: field, native populations, yield, pumpkin, number of loculi.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016. pp: 68-75.

Recibido: mayo, 2016. **Aceptado:** octubre, 2016.



INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza más cultivada en todo el mundo y la de mayor valor económico. En México se siembran anualmente más de 52,374 ha de tomate híbrido que producen 1.6 millones de toneladas, con un rendimiento promedio de 56 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Pero su semilla es de precio alto (Ramos *et al.*, 2006) y con altos costos de producción. Según Cih-Dzul *et al.* (2011) y Ríos-Osorio *et al.* (2014), en los estados de mayor producción y exportación de tomate no se encuentra la mayor diversidad genética del cultivo, sino que ésta se concentra en los agro-ecosistemas tradicionales del centro y sureste del país donde se cultiva en parcelas no mayores a 1000 m² y en huertos caseros, los cuales desempeñan un papel importante en la conservación in situ de la agro-biodiversidad. Las numerosas poblaciones criollas aunque son de uso local o regional, son muy apreciadas por su mayor calidad organoléptica en relación con frutos de híbridos modernos de tomate (Parisi *et al.*, 2008); algunos criollos tienen igual o mayor contenido de sólidos solubles, de ácido ascórbico y de licopeno (Juárez-López *et al.*, 2009). Sin embargo, los frutos de los tomates criollos tienen menor firmeza y vida de anaquel que los de híbridos comerciales, y solo se comercializan en mercados locales (Vásquez-Ortiz *et al.*, 2010). Según Ríos-Osorio *et al.* (2014), entre las variedades registradas en México ninguna aparece con frutos achatados tipo riñón, lo que indica que no existe un programa de mejoramiento enfocado a la obtención de variedades mejoradas para estos sistemas de producción. Con el fin de aportar más al conocimiento del valor agronómico de las poblaciones nativas de tomate mexicano, a partir de 2010 se evaluó en campo el potencial de rendimiento y calidad de fruto de 100 poblaciones criollas de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en condiciones de campo durante el periodo primavera-verano del 2013, en Montecillo, Texcoco, Estado de México, localizado a 19° 29' N, 98° 52' O y altitud de 2250 m. En campo las plantas están más expuestas a condiciones adversas, como la granizada que incidió el 2 de agosto de 2013 y que generó severos daños mecánicos, como se ilustra en la Figura 1 (A y B).

Material biológico

Las 100 colectas de frutos se obtuvieron de siete estados de México: Puebla [Sierra Norte de Puebla (9), Tehuacán (9) y Zinacantepec (13)]; Guerrero [Chilapa (9) y Coyuca de Benítez (5)]; Oaxaca [Tehuantepec (5), La Mixteca (3), Pochutla (4) y Valles Centrales (12)]; Yucatán [Oxkutzcab (10)]; Campeche [Campeche (10)]; Estado de México [Malinalco (8)]; y Veracruz [Coyutla (3)]. Como testigos se usaron dos variedades híbridas comerciales El Cid F1[®] (Harris Moran) y Río Grande[®] (Batlle). Una muestra de los tipos de fruto de estas colectas se ilustra en la Figura 1 (C-J).



Manejo experimental

De los frutos recolectados se extrajo la semilla y germinó en charolas de poliestireno de 200 cavidades con sustrato "peat-moss" Grow-mix[®]. El trasplante a campo se hizo a los 40 días. La fertilización en campo fue con solución Steiner a

25% (Steiner, 1961) aplicada dos veces por semana mediante riego por goteo con 0.4 L durante el primer mes, y luego aumentando a 0.8 L. Se hicieron labores de deshierbe manual; el tutorado consistió en estacones de pino colocados al inicio y final del surco y de estacones de carrizo colocados en el interior del surco a una distancia de 2 m entre cada uno, a los que las plantas de tomate se sujetaron con hilo plástico. Para el control de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) se utilizó el insecticida Engeo[®] (2 mL L⁻¹); para el control de tizones (*Alternaria* sp.) se utilizaron de manera alternada los fungicidas Mancozeb[®] (2 g L⁻¹) y Ridomil gold[®] (1.5 mL L⁻¹).

Diseño experimental y variables medidas

Los 102 materiales se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 3 m con 10 plantas separadas a 30 cm entre plantas y 1 m entre surcos. Las variables registradas fueron: altura de planta al final del ciclo (m), medida desde la base del suelo hasta el ápice; índice de vegetación de diferencial normalizado (IVDN), medido con el dispositivo portátil GreenSeeker[™] (NTech Industries, Inc., USA), cuyo sensor se colocó a 0.5 m sobre las plantas a 30 días después de la fuerte granizada que generó defoliación (02-08-2013); rendimiento de fruto (kg m⁻²), medido con una balanza digital compacta Ohaus[®] (modelo CS 5000; China), y número de frutos por planta, contados a la madurez comercial a lo largo de cuatro cortes. Las variables de calidad de fruto medidas fueron: peso promedio de fruto (g), que se calculó con





Figura 1. Diversos aspectos de los tomates criollos cultivados en campo (*Solanum lycopersicum* L.). De izquierda a derecha: Plantas antes (A) y después (B) de la granizada. Muestras de tipos de fruto "arriñonado" (C), "calabaza" (D), "cherry" (E), "bola grande" (F), "bola plana" (G), "pera" (H), "pimiento" (I), y "saladette" (J).

(Japón) con escala de Brix de 0.0% a 32.0 %. Cada variable fue sometida a un análisis de varianza (ANVA) con el procedimiento GLM (General Linear Models Procedure), y también pruebas de normalidad. La comparación de medias se hizo con la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Estos análisis estadísticos se corrieron con el programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 1988). Las medias y cuadros se elaboraron con el programa Microsoft Excel 2010® y las gráficas de distribución de frecuencias se hicieron con el programa Minitab® 17.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todas las características medidas se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las variedades. Los parámetros estadísticos del Cuadro 1 evidenciaron una amplia diversidad entre las poblaciones evaluadas de tomate mexicano, diversidad que demuestra variación genética en atributos agronómicos y de calidad de fruto, la cual ofrecen amplias posibilidades de selección por tamaño de planta, y por rendimiento y calidad de fruto.

De los gráficos de distribución de frecuencias elaborados para todas las características, se muestran los de altura de planta, número de frutos y de lóculos. Con excepción del número de frutos y rendimiento por planta, todas las variables mostraron una distribución de tipo normal (Figura 2). En altura de planta, 80% de las poblaciones estuvieron dentro del intervalo de 1.1 a 1.4 m (Figura 2A). En cuanto a rendimiento, 93% de las poblaciones nativas se ubicaron en el intervalo de 1 a 4 kg m⁻² sugerido como muy bajo (Figura 2B), y que se atribuye a ciertos imponderables agroambientales adversas de

el cociente número de frutos por parcela/rendimiento por parcela; clasificación por forma del fruto, mediante el cociente diámetro polar/diámetro ecuatorial, y agrupados conforme a la clasificación siguiente: >1=frutos largos, =1, frutos redondos, y <1=frutos achatados; los diámetros polar y ecuatorial se midieron con un vernier electrónico Truper 14388® modelo CALDI-6MP (México); el grosor de pericarpio (en mm) se midió en cuatro frutos cortados a la mitad, con el mismo vernier; en los frutos cortados a la mitad también se contó el número de lóculos. El color del fruto (luminosidad, croma y °Hue) se midió en dos zonas opuestas de la región ecuatorial de cuatro frutos, con un colorímetro Hunter Lab D25-PC2® (Reston, Virginia, USA), que da los parámetros de cromaticidad (Minolta, 1994): L (luminosidad), a y b; a: registra tonalidades desde el verde (-a) al rojo (+a), y b: registra tonalidades desde el amarillo (+b) al azul (-b). Con estos valores se calculó el ángulo de tono (°Hue) y la pureza del color (croma), con las fórmulas citadas por Little (1975): °Hue=tan⁻¹ (b/a); Croma=(a²+b²)^{1/2}. Los sólidos solubles totales (SST), en porcentaje (AOAC, 1990), se midieron en tres gotas de jugo de fruto que se colocaron sobre la celda de un refractómetro digital ATAGO PR-100®

Cuadro 1. Valores estimados de los parámetros poblacionales: media, coeficiente de variación (CV), diferencia mínima significativa (DMS) y desviación estándar.

Variable	Media	Desv. est.	Intervalo (mín.-máx.)	CV (%)	DMS
Altura de planta (m)	1.2	15.18	0.7-1.75	12	22.03
IVDN	0.4	0.14	0.1-0.7	35	0.14
Número de frutos por planta	33	27	5-181	82	27.6
Rendimiento (kg m ⁻²)	2.4	1.50	0.44-10	63	0.90
Peso promedio de fruto	31.3	11.07	1.6-85.6	35	45.03
Diám. polar (mm)	37.9	7.7	22-66	20	22.31
Diám. ecuatorial (mm)	47.1	6.73	23-61	14	16.69
Índice de forma de fruto	0.8	0.18	0.5-1.5	22	0.53
Luminosidad (color)	38.2	2.55	34-48	6	8.37
Croma (color)	28.0	3.48	22.6-39	12	7.82
*Hue (color)	30.7	5.57	16-48	15	13.00
Número de lóculos	5.8	1.82	2-11.3	30	4.64
Grosor de pericarpio (mm)	3.8	0.94	1.6-6.0	24	2.87
Sólidos solubles totales (%)	3.8	0.52	3-5.3	13	1.59

IVDN: índice normalizado de diferencial de vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés).

campo ocurridos durante la evaluación, tales como daño por granizo. A pesar de tales condiciones, 6% de las poblaciones (G3, O6, M1, H2, P20 y Y10) presentaron un rendimiento igual o mayor al del mejor híbrido testigo. En el número de lóculos por fruto, 76% de las poblaciones oscilaron de 4 a 7 lóculos, y 16% tuvo de 8 a 11 lóculos que corresponden a los frutos "arriñonados" o tipo "calabaza", en contraste con los híbridos testigo que solo tienen dos lóculos (Figura 2D). En el número de frutos por planta 90% de las poblaciones produjo entre 5 y 60 frutos, y solo 5% generó 100 frutos por planta. En tamaño de fruto destacó la población G3 cuyos frutos pesaron 74 g, mientras que los testigos únicamente 55 g.

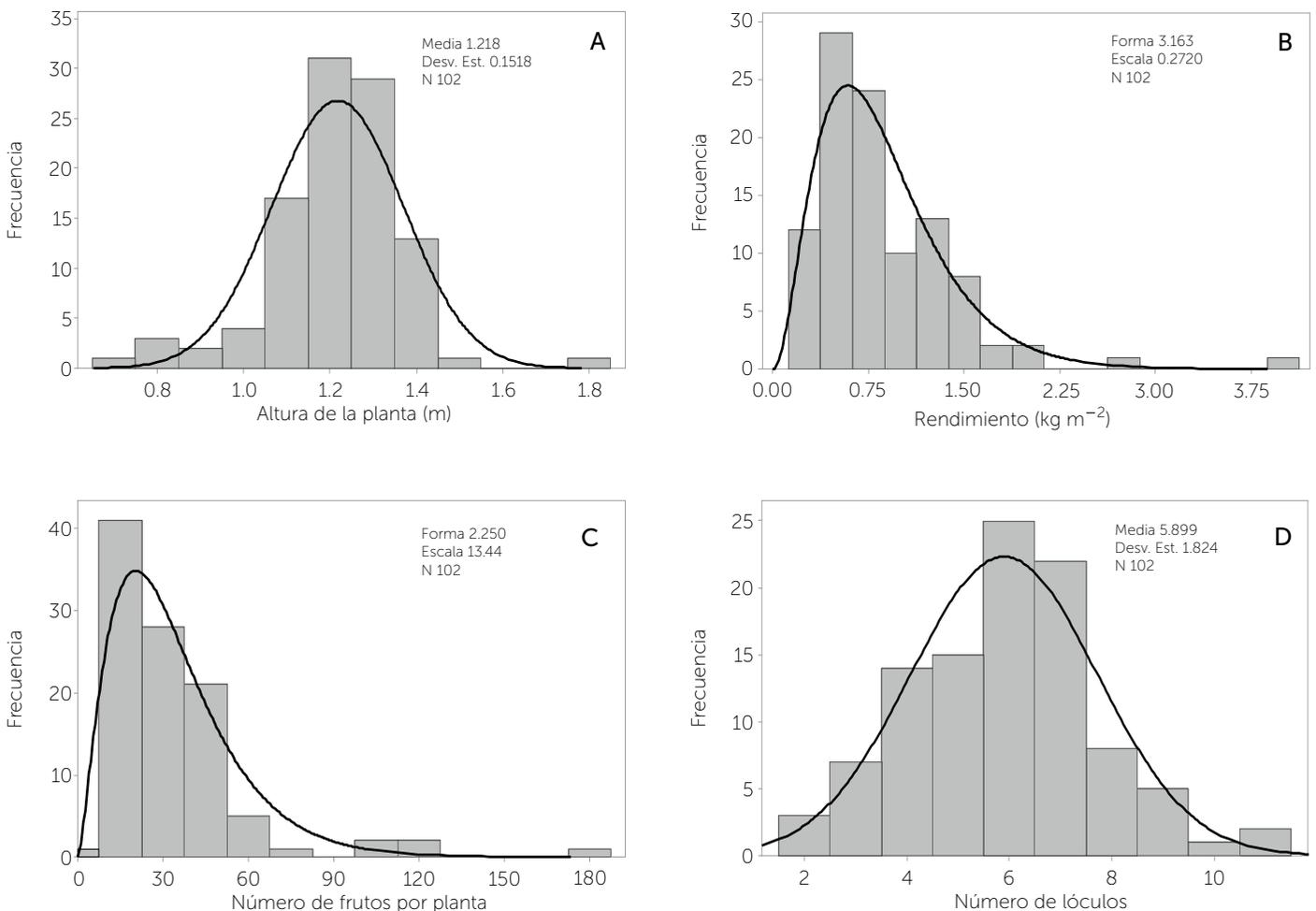


Figura 2. Distribución de altura de planta (A), rendimiento (B), número de fruto por planta (C) y número de lóculos (D), en 100 poblaciones nativas de *Solanum lycopersicum* L., y dos híbridos comerciales.



Rendimiento y calidad de planta y fruto

La mayor altura de planta se presentó en la población O19 (1.75 m) mientras que el híbrido H1 presentó la menor con 0.7 m, a lo largo del ciclo de crecimiento (Cuadro 2). El índice diferencial de vegetación normalizado medido después de la granizada permitió apreciar que unos tomates nativos tienen capacidad de recuperación, en particular la población nativa G11 que dio el valor más alto de IVDN (0.72), en contraste con la población O1 que no se pudo recuperar (0.10) de la granizada. Entre los tomates nativos el mejor rendimiento fue producido por las poblaciones G3 y O6 con 10.85.9 kg m⁻² y 7.36 kg m⁻², ambas con fruto arriñonado. El mayor número de frutos por planta lo presentó la población M1 con 181 (frutos tipo "cherry"). Los tomates nativos Y10 y G3 presentaron el valor más alto en peso promedio de fruto con 85.6 g y 74.3 g respectivamente (Cuadro 2), mientras que la población M1 produjo los frutos más pequeños con 1.6 g. En forma de fruto, la mayor parte de las recolectas son diferentes a las de los híbridos testigo H2 y H1 (tipo "saladette") que tuvieron valores de 1.5 y 1.47, correspondientes a frutos más largos que gruesos con un cociente mayor a 1; atribuido a que en los tipos criollos o nativos predominaron los frutos con muchos lóculos que conducen a las formas con "costillas", tales como los arriñonados, tipo calabaza y bola plana.

La Figura 3, muestra la diversidad morfológica de frutos de tomate evaluados.

Las imágenes muestran las formas más comunes de las poblaciones evaluadas y el resultado de la con-

Cuadro 2. Accesiones destacadas de tomates nativos *Solanum lycopersicum* L., dentro de cada estado. En negritas se marcan los valores más altos en cada variable.

Var.	Número de frutos por planta	Rendimiento (kg m ⁻²)	Peso por fruto (g)	Sólidos solubles totales (%)	Forma de fruto
C1	12.3 t-w	1.92 f-x	55.33 a-f	4.90 ab	Bola plana
C4	48.3 e-m	4.44 c-f	37.00 b-i	3.80 a-f	Bola plana
C10	65.6 de	4.10 c-h	22.33 c-i	3.36 b-f	Bola plana
G3	121.0 b	10.85 a	74.33 ab	4.07 a-f	Calabaza
G9	40.6 e-r	4.01 c-j	35.00 b-i	4.70 a-d	Calabaza
G10	23.6 l-w	4.06 c-i	32.00 b-i	4.43 a-f	Calabaza
H1	19.0 n-w	2.47 f-x	46.67 a-i	4.40 a-f	Saladette
H2	38.3 e-u	5.39 bcd	51.33 a-h	4.30 a-f	Saladette
M1	181.3 a	5.48 bc	1.67 i	4.50 a-f	Cherry
M3	25.0 j-w	2.20 f-x	31.67 b-i	3.40 b-f	Pera
M4	29.3 i-w	2.31 f-x	28.33 c-i	3.00 f	Pera
O3	32.6 h-w	3.34 c-s	37.33 b-i	3.50 b-f	Arriñonado
O6	78.3 cd	7.36 b	33.67 b-i	3.33 b-f	Arriñonado
O13	32.3 h-w	4.12 c-g	51.33 a-h	4.57 a-f	Arriñonado
P5	44.0 e-o	3.74 c-n	31.00 b-i	4.50 a-f	Calabaza
P18	31.0 h-w	3.92 c-k	46.33 a-i	3.93 a-f	Pimiento
P20	47.3 e-m	5.08 b-e	41.00 a-i	3.83 a-f	Costilla
V1	42.0 e-q	2.41 f-x	20.67 c-i	3.70 b-f	Calabaza
V2	60.6 d-g	2.21 f-x	13.33 f-i	3.00 f	Calabaza
V3	44.0 e-o	2.00 f-x	16.33 d-i	3.77 a-f	Calabaza
Y4	51.6 d-k	2.34 f-x	16.33 d-i	4.20 a-f	Bola plana
Y6	39.0 e-t	2.58 d-x	23.67 c-i	4.80 abc	Bola plana
Y10	21.3 m-w	5.00 c-f	85.67 a	3.83 a-f	Bola plana

C: Campeche; G: Guerrero; H1(Cid); H2 (Rio grande); M: Estado de México; O: Oaxaca; P: Puebla; V: Veracruz; Y: Yucatán.

servación de los productores, lo que evidencia que la diversidad disponible no ha sido aprovechada.

Las variables tamaño y número de frutos mostraron los mayores valores de dispersión medidos como desviación estándar, intervalo y coeficiente de variación, con respecto a las demás (Cuadro 1). Lo anterior es atribuido a que las poblaciones nativas con rasgos de domesticación precolombina, si bien no han sido sometidas al mejoramiento genético formal, han recibido una selección constante e "inconsciente" de forma empírica por los propios productores que las conservan y siguen cultivando, aplicando una presión de selección hacia características tales como forma, color, tamaño del fruto y cantidad de frutos por planta; resaltando que las dos últimas variables están estrechamente asociadas con el rendimiento. Si bien las variedades comerciales modernas liberadas superan a las poblaciones nativas (Bai y Lindhout, 2007) y a las poblaciones criollas cultivadas, los tomates silvestres aportan diversidad genética que enriquece la cantidad y calidad del fruto de tomate, además de reducir el problema de la deriva genética (Rick, 1988). De acuerdo

			
Bola plana (Campeche 1)	Acorazonado (Guerrero 5)	Saladette (Testigo 1)	Pera (Estado de México 5)
			
Cherry (Estado de México 1)	Riñón (Oaxaca 6)	Costilla (Puebla 20)	Pimiento (Puebla 5)
			
Calabaza (Guerrero 3)	Bola (Puebla 10)	Bola plana (Yucatán 10)	Calabaza (Veracruz 1)

Figura 3. Variación en forma y tamaño de frutos de tomates mexicanos nativos (*Solanum lycopersicum* L.): Bola plana (Campeche 1); Campeche (C); Guerrero (G); Estado de México (M); Oaxaca (O); Puebla (P); Veracruz (V); Yucatán (Y) y en el híbrido testigo H1 (El Cid).

con Ríos-Osorio *et al.* (2014), el uso de poblaciones nativas en los sistemas tradicionales de cultivo generalmente responde a un enfoque de subsistencia, y aunque la producción es baja, sus frutos son fuente importante de alimento para el productor y su familia, y así también se conserva la semilla de esos tomates a través de la transmisión del conocimiento tradicional de generación en generación. En adición a lo anterior, cuando estos productos se comercializan en mercados regionales generan algún ingreso económico, aunque no siempre con altas tasas de retorno. En la presente evaluación de campo la altura de planta fluctuó entre colectas de tomate de 0.75 m a 1.75 m, mientras que en condiciones protegidas de invernadero, Carrillo y Chávez (2010) reportaron que la altura de planta en poblaciones nativas de tomate varió de

1.3 m a 1.8 m. En cuanto a la cobertura vegetal medida como índice diferencial de vegetación normalizado (IDVN), la población G11 destacó por mostrar el valor de 0.7 que Según Gutiérrez-Soto *et al.* (2011) los valores de 0.7 a 0.8 corresponden a plantas con buenas condiciones de cobertura vegetal, vigor, acumulación de biomasa, concentración de clorofila y productividad. Los suelos descubiertos generan valores de 0.1 a 0.2, que indican escasa vegetación. En las condiciones ambientales de campo como en esta investigación, la población nativa G3 fue la de mayor rendimiento por planta con 10.85 kg m⁻², que duplicó al mejor híbrido 2 en esta evaluación (5.39 kg m⁻²). El buen desempeño agronómico de la colecta G3 se atribuyó a su tolerancia a condiciones adversas y capacidad de formar numerosos frutos por planta (121

de tamaño grande (74.33 g), y forma "arriñonada" o "calabaza"; estos valores son indicativos del alto potencial agronómico y productivo de este germoplasma nativo de tomate. En cualquier caso, el número de frutos depende de variables, tales como variedad, condiciones climáticas, vigor y exigencias del mercado (Bojacá *et al.*, 2009). Es necesario hacer notar que en las presentes condiciones tan adversas de campo, el mejor rendimiento por planta fue de apenas 0.390 kg planta⁻¹, que es 3.73 veces menor que el rendimiento reportado por Jaramillo *et al.* (2006) de 1.5 kg planta⁻¹ en tomates híbridos creciendo en condiciones óptimas de campo. También los rendimientos aquí obtenidos fueron inferiores a los registrados en poblaciones nativas de tomate tipo "arriñonado" de Guerrero, pero crecidas en condiciones protegidas,



que fueron de a $1.32 \text{ kg planta}^{-1}$ (Vásquez-Ortiz et al., 2010).

En cuanto a la calidad de fruto el tamaño es una característica muy importante, los más pesados fueron los arriñonados o calabaza, que según Tanksley (2004) están evolutivamente relacionado con el proceso de domesticación de esta especie y controlado genéticamente por un loci específico. En su estudio hecho con poblaciones nativas, Agong et al. (2001) encontraron que las variedades comerciales testigo producen frutos más pesados (56.5 g) que las poblaciones variedades locales (40.6 g). En cambio, en nuestro estudio se detectaron accesiones (colectas) con frutos de mayor tamaño que los de los híbridos testigo (49 g por fruto), como los de la población nativa Y10 (85 g por fruto). La forma de fruto en 95 poblaciones nativas resultó menor a 1, porque son de formas "aplanadas" o "arriñonadas". De acuerdo con Nuez et al. (2004), la forma de riñón se debe a la fusión de dos o más flores en una, lo que da lugar a un fruto con mayor cantidad de lóculos (frutos multiloculares), en contraste con los dos lóculos típicos del tomate saladette. En sólidos solubles totales hay poblaciones nativas, como Puebla 15, Campeche 1 y Yucatán 6 que tienden a tener mayor contenido (5.3%) que los híbridos comerciales (4.3% a 4.4%). También Agong et al. (2001) reportaron que las poblaciones nativas tienen frutos con más sólidos solubles totales que el testigo. Según Santiago et al. (1998), el tomate para consumo en fresco debe contener un mínimo de 4% de SST, mientras que según Díez (2001) el tomate para el procesado industrial debe contener de 4.5% a 5.5%. Los sólidos solubles son muy importantes porque indican el contenido de sustancias antioxidantes, que coadyuvan a con la prevención de enfermedades carcinogénicas y cardiovasculares (Luna y Delgado, 2014). Los frutos de la población nativa Oaxaca 14 destacaron por tener 11 lóculos y forma de riñón. Según Ramos et al. (2009) y Estrada et al. (2011), los frutos tipo riñón o "costilla" son muy apreciados por los agricultores y consumidores regionales de Oaxaca, debido a sus características organolépticas asociadas con el sabor y aroma. Vásquez-Ortiz et al. (2010) también reportaron poblaciones nativas con frutos en forma de riñón con 11 lóculos. En otro trabajo realizados en genotipos nativos, Juárez-López et al. (2012) reportaron de 5 a 6 lóculos.

CONCLUSIONES

Las poblaciones mexicanas de tomate evaluadas, registraron amplia diversidad en cuanto a características de

interés agronómico, tales como rendimiento de fruto que puede llegar hasta 10 kg m^{-2} en condiciones de campo, superando a dos híbridos comerciales (2.5 a 5.4 kg m^{-2}); y destacan también por tener frutos muy grandes (85 g) y ricos en sólidos solubles (4.9%), además de contar con frutos con formas arriñonada, calabaza y piriforme que resultan exóticas para los mercados.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Porfirio Ramírez Vallejo (QEPD) por el trabajo que realizó en pro de la conservación de poblaciones mexicanas nativas de tomate, mediante su proyecto "Valoración Integral de la Diversidad de Germoplasma Nativo de Jitomate Mexicano (*Solanum lycopersicum* L.)" con financiamiento del CONACyT.

LITERATURA CITADA

- Agong S.G., Schittenhelm S., Friedt W. 2001. Genotypic variation of Kenyan tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) germplasm. *Journal of Food Technology in Africa*. 6:13-17.
- A.O.A.C., Association of Official Analytical Chemists. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15^a ed. Ed. Washington DC, USA. pp: 918-919.
- Bai Y., Lindhout P. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany* 100:1084-1094.
- Bojacá C.R., Luque N.Y., Monsalve O.I. 2009. Análisis de la productividad del tomate en invernadero bajo diferentes manejos mediante modelos mixtos. *Revista Colombiana de Ciencias Horticolas*. 3(2):188-198.
- Carrillo-Rodríguez J.C., Chávez-Servia J.L. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (4):1-6.
- Cih-Dzul I.R., Jaramillo J.L., Tornero M.A., Schwentesius R. 2011. Caracterización de los sistemas de producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el estado de Jalisco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 14. pp: 501-512.
- Díez J.M. 2001. Tipos varietales. En: *El Cultivo del Tomate*. F. Nuez (ed.). Mundi-Prensa. D.F. 796 p.
- Estrada C.J.B., Carrillo-Rodríguez J.C.S., Jerez M.S., Chávez-Servia J.L., Perales S.C. 2011. Small farmer practices for production improvement of the kidneytype tomato landrace: A case study in Oaxaca. *African Journal of Agricultural Research*. 6 (13):3176-3182.
- Gutiérrez-Soto M.V., Cadet-Piedra E., Rodríguez-Montero W., Araya-Alfaro J.M. 2011. El Greenseeker™ y el diagnóstico del estado de salud de los cultivos. *Agronomía Mesoamericana*. 22(2): 397-403.
- Jaramillo N.J., Rodríguez V.P., Guzmán A.M., Zapata M.A. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicon esculentum* Mill). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA, Centro de Investigación C.I. La Selva Rionegro, Antioquía, Colombia. 46 p.
- Juárez-López P., Castro B.R., Colinas L.T., Ramírez-Vallejo P., Sandoval-Villa M., Reed D.W., Cisneros Z.L., King S. 2009. Evaluación de calidad de siete genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15:5-9.

- Juárez-López P., Castro B.R., Colinas L.T., Ramírez Vallejo P., Sandoval-Villa. M., Reed D.W., Cisneros Z. L., King S. 2012. Evaluación de características de interés agronómico de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados en hidroponía. Revista Chapingo Serie Horticultura 18(2): 207-216.
- Little A.C. 1975. Research note off on a tangent. Journal of Food Science 40(2): 410-411.
- Luna G.M.L., Delgado A.A. 2014. Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria 18(1): 51-66.
- Minolta. 1994. Precise color communication. Konica Minolta Sensing, Inc. Japón. 59 p.
- Nuez F., Prohens J., Blanca J.M. 2004. Relationships, origin, and diversity of Galápagos tomatoes: implications for the conservation of natural populations. American Journal of Botany 91: 86-99.
- Parisi M., D'Onofrio B., Pentangelo A., Villari G., Giordano I. 2008. Morphology, productivity and characterization of the traditional ecotype pomodoro di Sorrento originating from the Campania region, southern Italy. Acta Horticultura 789: 205-209.
- Ramos O.A., Carballo C.A., Hernández L.A., Corona T.T., Sandoval Villa M. 2006. Caracterización de líneas de jitomate en hidroponía. Agricultura Técnica de México 32 (2): 213-223.
- Ramos P.M., Carrillo-Rodríguez J.C., Enríquez-del Valle R., Velasco-Velasco V. 2009. Fertilizantes orgánicos en la producción de tomate tipo riñón en Oaxaca, México. Naturaleza y Desarrollo 7(1): 39-44.
- Rick C.M. 1988. Tomato-like nightshades: affinities, auto-ecology, and breeders opportunities. Economic Botany 42:145-154.
- Ríos-Osorio O., Chávez-Servia J.L., Carrillo-Rodríguez J.C. 2014. Producción tradicional y diversidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 11: 35-51.
- Tanksley S.D. 2004. The Genetic, Developmental, and Molecular Bases of Fruit Size and Shape Variation in Tomato. The Plant Cell 16:181-189.
- Santiago J., Mendoza M., Borrego F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. Agronomía Mesoamericana 9(1): 59-65.
- SAS Institute Inc. 1988. SAS/STAT® User's Guide. Version 9.0 SAS Institute Inc., Cary, NC: pp: 209-243.
- SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>(Enero 2015).
- Steiner A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant and Soil 15:134-154.
- Vásquez-Ortiz R. Carrillo-Rodríguez J.C., Ramírez-Vallejo P. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate del centro y sureste de México. Naturaleza y Desarrollo 8 (2):49-64.



POTENCIAL PRODUCTIVO DE *Stevia rebaudiana* Bertoni, BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN MÉXICO

PRODUCTIVE POTENTIAL OF *Stevia rebaudiana* Bertoni UNDER IRRIGATION CONDITIONS IN MÉXICO

Ramírez-Jaramillo, G.¹; Lozano-Contreras, M.G.^{2*}

¹INIFAP-CIRSE. Centro de Cooperación para el desarrollo de los trópicos. Calle 6 No. 398. Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz. Mérida, Yucatán México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mocochoá, Km 25 Carretera Mérida-Motul, Yucatán, México.

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

RESUMEN

El aumento en la demanda nacional e internacional y la baja disposición de materia prima de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) ha generado iniciativas para identificar superficies para su cultivo. Para definir las condiciones agroclimáticas se analizó una base de datos en formato *.shp sobre suelos, tipos de clima, precipitación, temperatura y altitud, para ubicar áreas potenciales con condiciones subóptimas y óptimas. En base a la metodología utilizada, en México existen más de tres millones de hectáreas en condición óptima y más de un millón en nivel subóptimo, por lo que es factible aumentar en México, sobre todo en la región del Pacífico, Golfo y en menor medida en la Península de Yucatán el cultivo de estevia.

Palabras clave: Edulcorante, estevia, regiones agroclimáticas.

ABSTRACT

The increase in the national and international demand and low availability of prime materials of stevia (*Stevia rebaudiana*) has generated initiatives to identify surfaces for its cultivation. To define the agroclimate conditions, a database in the *.shp format about soils, climate types, precipitation, temperature and altitude, was analyzed, to locate potential areas with suboptimal and optimal conditions. Based on the methodology used, in México there are more than three millions of hectares in suboptimal condition and more than one million in suboptimal level, so it is feasible to increase the cultivation of stevia in México, particularly in the region of the Pacific, Gulf and to a lesser degree in the Yucatan Peninsula.

Keywords: sweetener, stevia, agroclimate regions.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 12, diciembre. 2016. pp: 76-81.

Recibido: marzo, 2016. **Aceptado:** septiembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

La estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) es una planta originaria de la cordillera de Amambay ubicada entre el sur de Brasil y norte de Paraguay (Rengifo *et al.*, 2005), región donde se ubican los indios guaraníes y cuya planta consumen desde tiempos ancestrales, en te, y preparaciones de alimentos (Dacome *et al.*, 2005; Alonzo-Torres, 2007), conocida en su dialecto como Ka'a He'ë o hierba dulce (Bonilla *et al.*, 2007). Actualmente esta planta capta la atención de diversos sectores, al ser un edulcorante natural, debido a la presencia en sus hojas de un compuesto edulcorante no calórico 300-350 veces más dulce que la sacarosa (Huang *et al.*, 2009; Vélez y Hincapié, 2005). Los principales glucósidos que contiene son los esteviósidos y rebaudiósidos A (Brandle y Telmer, 2007), debido a esto esta planta se considera como una alternativa natural que puede sustituir al azúcar y a los endulzantes tradicionalmente conocidos. La demanda por edulcorantes naturales va en aumento en el mundo, principalmente entre diabéticos y personas que buscan reducir el consumo de carbohidratos en la dieta diaria (Sojaerto *et al.*, 1983; Chatsudthipong y Muanprasat, 2009), el progreso comercial ha sido lento, debido principalmente a las dificultades en la producción del cultivo y las normas regulatorias. Sin embargo la Stevia es un endulzante utilizado en Japón desde hace más de 40 años (Sato, 2003), siendo China su proveedor y el mayor productor a nivel mundial de esta planta (González-Moralejo, 2011). La Estevia, se ha cultivado con éxito en una gran variedad de localidades geográficas de todo el mundo (Amzad-Hossain *et al.*, 2010; Brandle *et al.*, 2000; Ramesh *et al.*, 2006), en Sudamérica existen diversos reportes de la producción exitosa en países con diferencias ambientales, tales como Paraguay, Brasil, Argentina, Colombia, Perú y Ecuador (Jarma, 2008; Landázuri y Tigrero, 2009). Ante el mercado potencial que tiene este cultivo, ha dado a lugar a iniciativas para aumentar la superficie del cultivo en México, y por ello, se consideró necesario caracterizar el medio físico y factores naturales del país, para localizar las áreas adecuadas para su producción bajo condiciones de riego con el fin de dar bases para la toma de decisiones hacia donde orientar el fomento de su cultivo.

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 INI-FAP localizado en la Ciudad de Mérida, Yucatán, México.

Determinación de los Requerimientos Agroecológicos. La distribución de los cultivos en el mundo está marginada por los límites climáticos, por defecto o por exceso de las necesidades vitales para los individuos que conforman los distintos biotipos. Desde que se efectúa la siembra, las plantas están sometidas a las variaciones asincrónicas de los elementos componentes del clima y es el clima el principal factor determinante de la probabilidad de éxito de un cultivo (Baradas, 1994; Benacchio, 1982; Doorenbos y Kassam, 1979; FAO, 1993; García, 1988). Las necesidades o requerimientos de los cultivos normalmente se describen por rangos y suelen reportarse por especie e incluso por genotipo. Según los intervalos que se consideren así será el resultado del diagnóstico; entonces, si se toman en cuenta valores óptimos,

las áreas potenciales resultantes supondrán la obtención de mejores rendimientos y rentabilidad para el cultivo. Partiendo de la información revisada se consideraron los siguientes criterios para determinar las áreas potenciales para el cultivo de *S. rebaudiana* bajo condiciones de riego, por lo que se indican las condiciones óptimas para el cultivo en donde interaccionan todas las variables consideradas como favorables para su desarrollo, subóptimas donde interaccionan características climáticas y edafológicas apropiadas con algunas limitativas y finalmente las no aptas para que se establezcan plantaciones en forma mecanizada. Las áreas potenciales se determinaron mediante consulta bibliográfica y conocimiento de expertos. Además del clima, se consideraron la altitud, el suelo, la temperatura y precipitación media anual para definir condiciones óptimas, subóptimas y no aptas (Cuadro 1).

Determinación de las Zonas Potenciales o Regionalización. Para procesar y analizar la información se empleó el software Arc/View versión 3.3., programa desarrollado por la empresa estadounidense ESRI. Con ella se pueden representar datos georreferenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis (ESRI, 1996). Se generaron los mapas a través de las intersecciones cartográficas entre polígonos y clases potenciales se describieron y mantuvieron en cada proceso de intersección en el procesamiento de vectores; como resultado, el mapa final proporcionó información sobre todas las variables que fueron interceptados. Estos mapas fueron los modelos más representativos de trama, ya que eran más exac-

Cuadro 1. Requerimientos Agroecológicos de *Stevia rebaudiana* Bertoni en México.

Parámetro	Óptimo	Sub óptimo	no apto
Clima	Trópico y Subtrópico	Templados	Fríos
Temperatura	18-30	15-18 30-43	Menor de 15 Mayor de 43
Precipitación	1000 -1400	500-1000 1400-2000	Menor de 500 Mayor de 2000
Altitud	0 - 500	500 a 1200	Mayor de 1200
Suelo Prof. Drenaje Suelo Textura Suelo Tipo	Mayor de 20 a 50 cm Bueno Franco y F. Arenosos Luvisoles, Nitisoles, Regosoles y Fluvisoles	Menor de 20 cm Regular Pesada Cambisoles y Rendzinas (10%)	Deficiente Pesada Solonchak´s, Vertisoles, Gleysoles y Litisoles
pH	5.5 a 7.0	4 a 5.49 7.1 a 7.5	Menor de 4 Mayor de 7.5

tos al generar estimaciones de una zona determinada, debido al hecho de que los mapas implicados en los procesos eran poligonales. Se identificaron los requerimientos del cultivo y se seleccionaron aquellas características adecuadas al desarrollo de la estevia por cada variable que se analizó en el estudio y posteriormente proceder a realizar las Intersecciones cartográficas para regionalizar y ubicar las zonas óptimas y subóptimas para el cultivo de *S. rebaudiana*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altitud. La *S. rebaudiana* crece, en su lugar de origen, en los bordes de pantanos o en praderas sobre suelos con mantos freáticos someros; en el Valle del Río Monday de la región montañosa de Amambay, Paraguay en altitudes que van de 200 a 500 m (Yadav *et al.*, 2011). Sin embargo, FUNCFOS, (2000) señala que el rango de adaptación va desde los 300 m hasta los 1200 m de altitud, pero es en los climas cálidos donde mejor calidad de hoja se obtiene, resaltando como altura ideal para la siembra los 800 m donde se han registrado las mejores producciones de follaje (Ramia, 2002). Para México se recomienda como zonas más óptimas de siembra los estados

de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca Chiapas, Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Veracruz, Puebla y Tamaulipas (Figura 1).

Precipitación. Estevia en su estado natural, crece en la región subtropical, semi-húmeda de América, con precipitaciones que oscilan entre 1,400 a 1,800 mm (Ramia, 2002; Ijaz *et al.*, 2015). La exigencia de humedad de esta especie es alta y de manera continua; es decir, no debe faltar agua durante las diferentes etapas de su desarrollo. La distribución natural de este cultivo se observe en zonas donde las precipitaciones medias anuales son altas (1.400 mm a 1.600 mm) y por lo regular uniformes entre 100 a 120 mm mensuales. En México aún y cuando es factible localizar zonas con precipitaciones dentro del rango óptimo, se debe de plantear la necesidad del riego de auxilio ya que en la mayor parte del país existe un periodo seco prolongado que va de 4 a 6 meses. El cultivo no tolera periodos largos de sequía, de tal manera que es necesario la utilización de sistemas de irrigación (Casaccia y Álvarez, 2006). Para México se consideró como condición óptima el rango de 1,000 a 1,400; subóp-

timas de 800 a 1,000 y de 1,400 a 2,000; y no aptas las menores de 500 y las mayores de 2,000 (Figura 1), considerando que con dichas precipitaciones se requiere de menor cantidad de riegos de auxilio.

Clima. Es un factor importante que se debe de considerar al momento de su establecimiento, los requerimientos, tales como la duración del día y bajas temperaturas, influyen en gran medida sobre su crecimiento y desarrollo (Rank y Midmore, 2002; Jarma *et al.*, 2012). Investigaciones de Jarma *et al.* (2005; 2006), hacen mención del efecto de la radiación solar, sobre la función de la fisiología de la estevia, la cual llega afectar la producción de materia seca y rendimiento del cultivo. La Figura 2 muestra los climas y temperaturas óptimas para su cultivo en México. Los climas considerados como óptimos son los subhúmedos como los Aw y los templados como los Cw y Cs, mientras que la temperatura óptima para nuestro país es de 18 a 30 °C con una media de 24 °C; subóptima de 15 a 18 °C y de 30 a 40 °C (Figura 2). Los límites térmicos extremos son -6°C y 43°C. Con la presencia de bajas temperaturas, este cultivo emite una gran cantidad de floración, la cual repercute en la

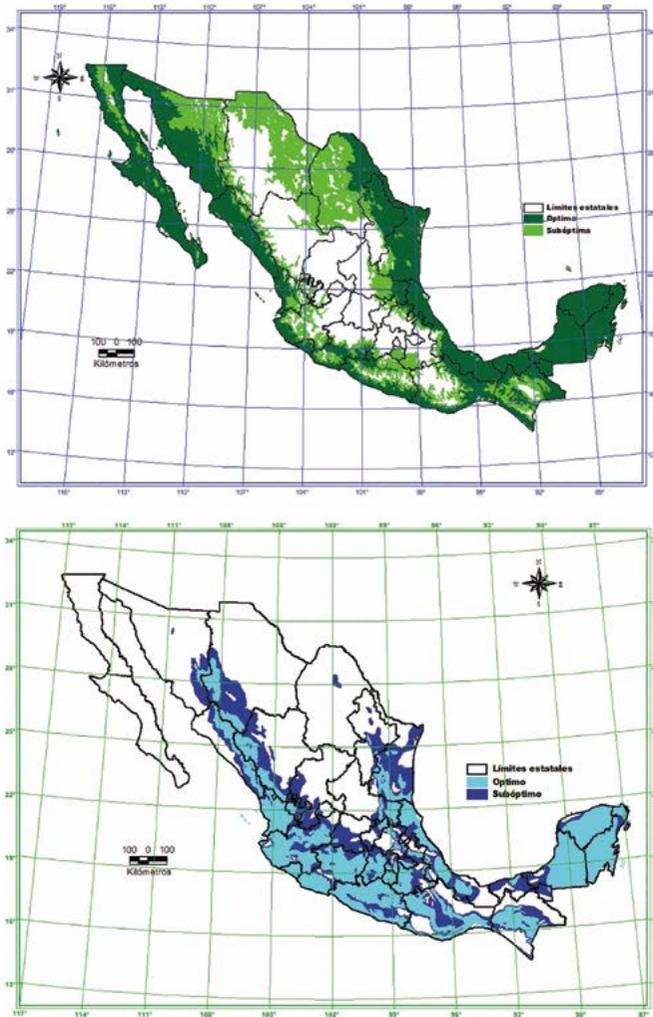


Figura 1. A-B: altitudes y precipitaciones óptimas y subóptimas en México para el cultivo de la *Stevia rebaudiana*.

emisión de hojas y en el contenido del edulcorante, que disminuye cuando comienza la floración (Kumar *et al.*, 2012).

La humedad relativa y la Luminosidad, son factores también importantes a considerar en el caso del porcentaje de humedad relativa este debe ser menor a 85%, para evitar la incidencia de enfermedades. Con respecto a la luminosidad, esta planta requiere días largos y alta intensidad solar (heliofanía). Los fotoperíodos largos aumentan la longitud de los entrenudos, el área foliar, el peso seco y acelera la producción de hojas (Ramia, 2002; Landázuri y Tigreiro, 2009). Jarra *et al.* (2006) indican que los niveles de radiación solar favorables para la producción de materia seca de hojas en la variedad Morita II, oscilaron entre 2,000 a 3,900 microMol/m²/s. La materia seca se reduce a la mitad con fotoperíodos de días cortos. El fotoperíodo crítico para el desarrollo de la estevia es de 13 horas, pero existe variabilidad ge-

nética entre ecotipos (Brandle, 2004; Warner, 2007). La condición de baja luminosidad en el trópico, hace que la planta de estevia presente ciclos más cortos en la floración que en su centro de origen, y oscila entre 45 y 60 días, dependiendo de las condiciones de precipitación, temperatura y luminosidad (Baloch *et al.*, 2009; Jarra *et al.*, 2012).

Suelos. Los suelos óptimos para el cultivo de estevia, son aquellos con pH de 6.5 a 7, de baja o nula salinidad, con mediano contenido de materia orgánica, de textura franco arenosa a franca, y buena permeabilidad y drenaje. Esta planta no tolera suelos con exceso de humedad ni los de alto contenido de materia orgánica, principalmente por problemas fúngicos que pueden causar grandes pérdidas económicas (Figura 3A).

Áreas Potenciales para el cultivo de estevia con riego: Las zonas de alto potencial en México se distribuyen

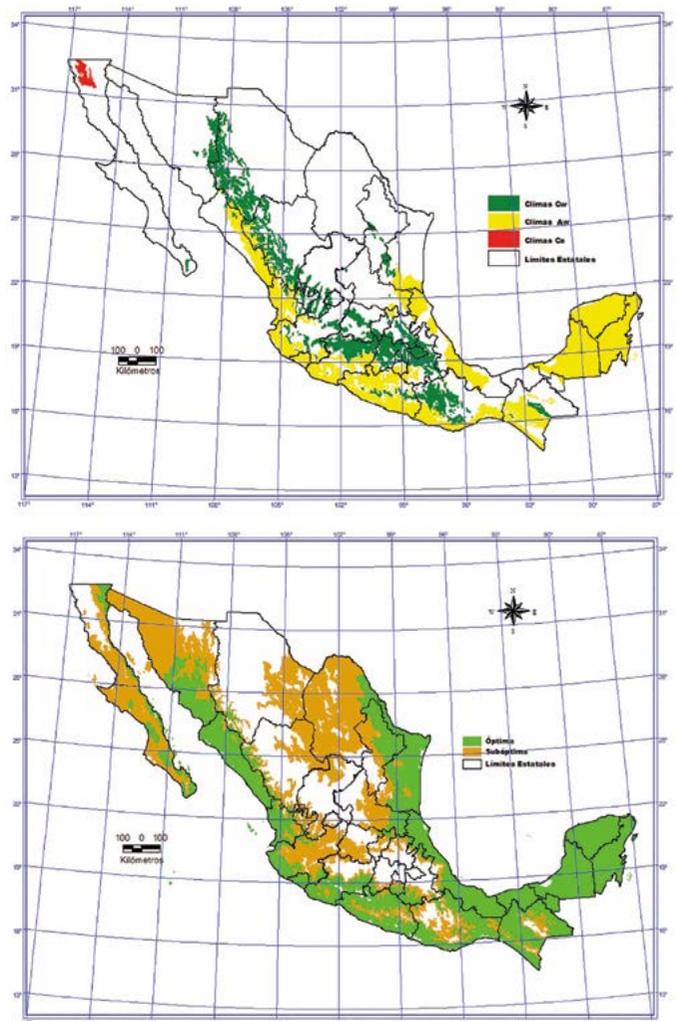


Figura 2. A-B: Climas óptimos y temperaturas óptimas y subóptimas para el cultivo de *Stevia rebaudiana*.

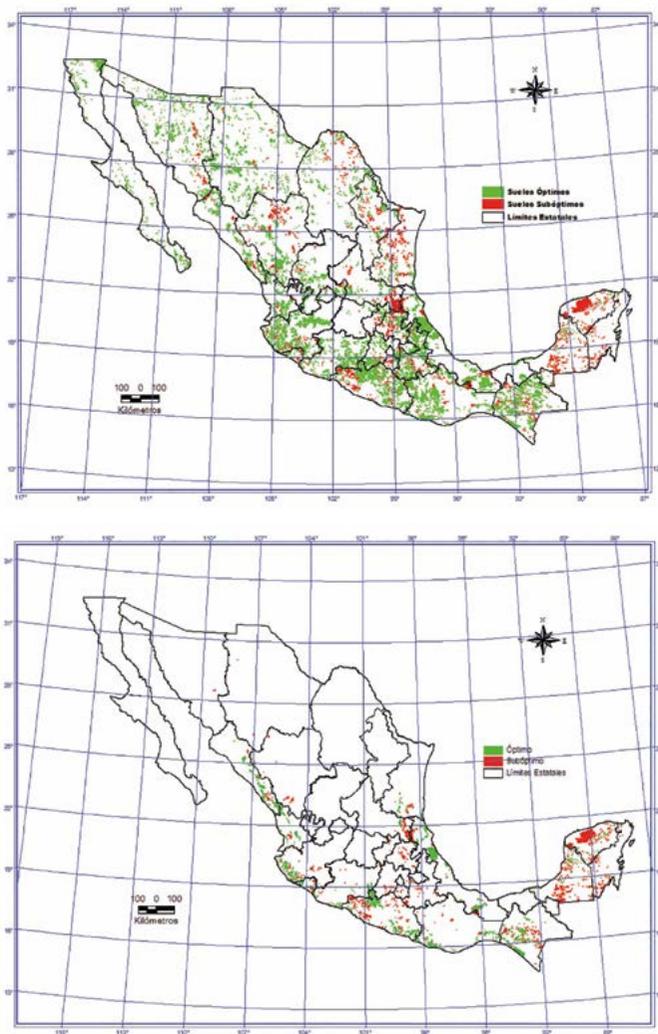


Figura 3. A: suelos óptimos y subóptimos. B: distribución de áreas potenciales para el cultivo de *Stevia rebaudiana* en México.

principalmente en los estados del pacífico como son Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas; no obstante existen algunas áreas importantes en la región del Golfo de México en los estados de Tamaulipas, Veracruz y en menor medida en Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Figura 3, Cuadro 2). El suelo ideal son los areno-arcillosos, francos y franco-arenosos, con proporción regular de humus. Para México se están considerando como óptimos los suelos Luvisoles, Nitisoles, Fluvisoles y los Regosoles; subóptimos los Leptosoles (anteriormente Rendzinas y Litosoles) y Cambisoles con buen drenaje; no aptos los Gleysoles, los Vertisoles, Solonchaks y Litosoles. Los suelos óptimos se distribuyen principalmente en la vertiente del Golfo y en los estados de las regiones del pacífico centro y pacífico sur (Figura 3).

CONCLUSION

Existen condiciones agroecológicas óptimas para pro-

ducir *Stevia rebaudiana* bajo condiciones de riego y mejorar su productividad en México. Las zonas más apropiadas para producir *S. rebaudiana* de riego se localizan en la región del pacífico y algunos del sur del país principalmente en los estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Veracruz en el Golfo. El tipo de suelo, la precipitación y la altitud son factores determinantes en la definición de zonas de óptimo y subóptimo potencial en el cultivo de *Stevia*. Las zonas de alto potencial superan por mucho a la superficie de *Stevia* sembrada actualmente en el país.

LITERATURA CITADA

Alonzo-Torres M. 2007. Uso del Kaa Hee en la horticultura. En: Producción de hortalizas todo el año. Mod. IV. Producción de Kaa Hee. Provincia de Formosa. Argentina. 13 p.

Amzad-Hossain M., Siddique A., Mizanur-Rahman S., Amzad-Hossain M. 2010. Chemical composition of the essential oils of *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves. Asian Journal of Traditional Medicines. 5(2): 56–61.

Baloch J., Khan M., Zubair M., Munir M. 2009. Effects of different photoperiods on flowering time of facultative long day ornamental annuals. International Journal of Agriculture & Biology. 11:251-256.

Baradas M.W. 1994. Crop requirements of tropical. In: Handbook of agricultural meteorology. J. F. Griffiths Editor. Oxford University. Press New York. 25 p.

Brandle J.E., Starratt A.N., Gijzen M. 2000. *Stevia rebaudiana*: Its biological, chemical and agricultural properties. Consultado el 15/12/2015 en: http://res2.agr.ca/london/pmrc/faq/stevia_rev.html

Cuadro 2. Superficies Potenciales Óptimas y Subóptimas de *Stevia rebaudiana* (Bertoni), por Estados en México.

Estado	Condición óptima (ha)	Condición Subóptima (ha)	Total (ha)
Sinaloa	284,189	26,605	310794
Nayarit	252,574	13,302	265876
Jalisco	252,650	66,512	319162
Colima	157,830	39,908	197738
Michoacán	189,465	39,908	229373
Guerrero	410,320	106,420	516740
Oaxaca	252,659	39,908	292567
Chiapas	347,342	93,118	440460
Yucatán	94,729	266,050	360779
Campeche	157,975	159,630	317605
Quintana Roo	31,577	133,025	164602
Veracruz	221,036	53,210	274246
Puebla	0	39,908	39908
Tamaulipas	189,540	13,302	202842
Otros	315,765	239,445	555210
Total	3 157,651	1 330,251	4 487,902

- Brandle J. 2004. FAQ - Stevia, Nature's Natural Low Calorie Sweetener. Disponible en: Agriculture and Agri-Food Canada. http://res2.agr.ca/London/faq/stevia_e.htm (Fecha de consulta 11 de noviembre de 2015).
- Brandle J.E., Telmer P.G. 2007. Steviol glycoside biosynthesis. *Phytochemistry*. 68:1855-1863.
- Benacchio S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nacional de Investigación Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela.
- Bonilla C.R., Sánchez M.S., Perlaza D.F. 2007. Evaluación de métodos de propagación, fertilización nitrogenada y fenología de estevia en condiciones del Valle del Cauca. *Acta Agronómica*. (Colombia) 56(3):131-134.
- Casaccia J., Álvarez E. 2006. Recomendaciones técnicas para una producción sustentable del Kaá-hé-e. 53 p. Disponible en: http://steviaparaguay.com.py/recomendaciones-técnicas_kaahee.pdf
- Chatsudthipong V., Muanprasat C. 2009. Stevioside and related compounds: Therapeutic benefits beyond sweetness. *Pharmacology & Therapeutics*. 121:41-54.
- Dacome A., Da Silva C., Da Costa C., Fontana J., Adelman J., Da Costa S. 2005. Sweet diterpenic glycosides balance of a new cultivar of *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni: Isolation and quantitative distribution by chromatographic, spectroscopic, and electrophoretic methods. *Process Biochemistry*. 40:3587-3594.
- Doorenbos J., Kassam A.H. 1979. Efectos del agua sobre los rendimientos de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje No. 33. Roma, Italia.
- ESRI. 1996. ArcView GIS. The Geographic Information System for Everyone.
- FAO. 1993. Ecocrop, Requerimientos ecológicos de las especies vegetales, base de datos. Roma, Italia.
- FUNCFOS. Fundación Colombiana para el Desarrollo y el Fomento Social. 2000. Manual de la Stevia. *Stevia rebaudiana* Bertoni. Kaá-hé-é. 23 p. Disponible en: http://es.scribd.com/doc/39933345/Manual-Stevia#open_download
- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, UNAM. México, D. F.
- González-Moralejo A.S. 2011. Aproximación a la compresión de un endulzante natural alternativo, La *Stevia rebaudiana* Bertoni: Producción, consumo y demanda potencial. *Agroalimentaria*. 17(32):57-69.
- Huang X., Fu J., Di D. 2009. Preparative isolation and purification of steviol glycosides from *Stevia rebaudiana* Bertoni using high speed counter-current chromatography. *Separation and Purification Technology*. 71: 220-224.
- Ijaz M., Masood A.P., Saqib M., Latif M. 2015. *Stevia rebaudiana*: An Alternative sugar crop in Pakistan- A review. *Journal of Medicinal & Spice Plants*. 20(2):88-96. (Z Arznei-Gewurzpfla)
- Jarma A.O., Cardona C.A., Fernández C.H. 2012. Efecto de la temperatura y radiación en la producción de glucósidos de esteviol en *Stevia rebaudiana* en el Caribe húmedo colombiano. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 15(2):339-347.
- Jarma A.O., Rengifo T., Araméndiz-Tatis H. 2006. Fisiología de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en función de la radiación en el Caribe colombiano. II. Análisis de crecimiento. *Agronomía Colombiana*. 24(1): 38-47.
- Jarma A.O., Rengifo T., Araméndiz-Tatis H. 2005. Aspectos fisiológicos de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Caribe colombiano: I. Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa. *Agronomía Colombiana*. 23(2):207-216.
- Jarma A.O., 2008. Estudios de adaptación y manejo integrado de estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.): Nueva alternativa agroindustrial del Caribe colombiano. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 2(1):110-121.
- Kumar R., Sharma S., Ramesh K., Singh B. 2012. Effects of shade regimes and planting geometry on growth, yield and quality of natural sweetener plant *Stevia (Stevia rebaudiana* Bertoni) in north western Himalaya. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 59(7): 963-979.
- Landázuri P.A., Tigrero J.O. 2009. Generalidades. En: Landázuri, P.A.; Tigrero, J.O. (Eds.). *Stevia rebaudiana* Bertoni, una planta medicinal. Boletín Técnico Edición Especial. ESPE. Sangolquí, Ecuador. 38 p.
- Rank A., Midmore D. 2002. A new rural industry *Stevia* to replace imported chemical sweeteners. Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC), Kingston, Australia. 26 p.
- Ramía A.N.C. 2002. Estudio económico para la producción y comercialización de *Stevia rebaudiana*. Proyecto de titulación de nivel profesional. Carrera de gestión de Agronegocios. Universidad El Zamarano, Zamarano, Honduras. 24-31 pp.
- Ramesh K., Singh V., Megeji N.W. 2006. Cultivation of *stevia [Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni]: A comprehensive review. In: *Advances in Agronomy*. Academic Press. San Diego, California-USA Vol. 89. 360 p.
- Rengifo T., Jarma A.O., Araméndiz-Tatis H. 2005. Aspectos fisiológicos de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Caribe Colombiano: I. Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa. *Agronomía Colombiana*. 23(2):207-216.
- Sato N. 2003. The miracles and mysteries of *Stevia*. The Anti-oxidizing Plant. Tokyo: Seishun Shuppanasha
- Sojaerto D.D. Compadre C.M., Medon P.J. Kamath S.K. Kinghorn A.D. 1983. Potential sweetening agents of plant origin. II. Field search for sweet-tasting *Stevia* species. *Economic Botany* 37(1):71-79.
- Vélez-Tamayo A., Hincapié-Zapata M. 2005. El cultivo de la estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) (No. Doc. 21782) Corpoica-Centro de investigación La Selva. Rio negro-Antioquia-Colombia, Bogotá. 16-12 pp.
- Yaday A.K., Singh, S., Dhyani, D., Ahuja, P.S. 2011. A review on the improvement of *Stevia (Stevia rebaudiana* Bertoni). *Canadian Journal of Plant Science*. 91(1):1-27.
- Warner R. 2007. Grouping crops can save you money. Consultado el 15/12/2015 en:<http://www.flor.hrt.msu.edu/assets/PdfAttachments/Groupingcrops cansaveyoumoney.pdf>

UNA APROXIMACIÓN DIALÉCTICA A LOS AGROECOSISTEMAS

A DIALECTIC APPROACH TO AGROECOSYSTEMS

Platas-Rosado, D.E.¹; Vilaboa-Arroniz, J.^{2*}; William-Campbell, B.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, predio Tepetates, Mpio. Manlio F. Altamirano, Veracruz. C.P. 91700. ²Investigador Independiente. Av. José María Morelos 906. Col. Centro. Cosamaloapan, Veracruz.

*Autor de correspondencia: jvilaboa@colpos.mx

RESUMEN

Se considera al agroecosistema como la unidad de estudio en diferentes niveles jerárquicos de los sistemas de producción primaria en los que se establece el manejo del hombre para su aprovechamiento mediante la adaptación, modificación e interacción con los recursos naturales para la producción de alimentos y servicios que requiere la sociedad, principalmente del medio rural. El objetivo del presente ensayo es hacer una reflexión respecto a los fundamentos teóricos-conceptuales sobre el concepto de agroecosistema desde una perspectiva dialéctica y proponer a discusión la aplicación del mismo como forma de entender la agricultura.

Palabras clave: Agroecosistemas, paradigmas, teoría de sistemas, recursos naturales, sociedad.

ABSTRACT

The agroecosystem is considered the study unit in different hierarchical levels of the primary production systems in which management by man is established for their exploitation through the adaptation, modification and interaction with natural resources for the production of foods and services that society requires, primarily in the rural environment. An essay was written as a reflection regarding the theoretical-conceptual foundations about the concept of agroecosystem from a dialectic perspective, as a way of understanding agriculture.

Keywords: systems theory, natural resources, society.

INTRODUCCIÓN

El agroecosistema (AES) tiene sus cimientos en el enfoque de sistemas (s) y la teoría General de sistemas (TGS) propuesto por Bertalanffy (1976). El problema es idéntico a resolver a través de la complejidad con una forma de pensar basada en su conjunto y sus propiedades; algunos consideran que este enfoque contrasta y otros que complementa, la investigación reduccionista, criterio que considera la extracción del objeto de estudio o fenómeno a sus elementos para analizar en forma, separa y explica su comportamiento; de esta manera, la suma de las explicaciones encontradas permite interpretar el comportamiento del fenómeno en su totalidad (Saravia, 1985). Se encuentra en sistemas que no hay unidades aisladas, sino que todas las partes actúan con la misma orientación y propósito común que sea necesaria para el correcto funcionamiento de los elementos que garantizan un desempeño efectivo en absoluto como un todo (Chiavenato, 1976); este enfoque facilita la unificación de las ciencias sociales (Valdivia *et al.*, 2007). La TGS se presenta como un enfoque científico a la representación de la realidad; puesto que incorpora los principios de las disciplinas científicas tradicionales para resolver problemas complejos; usando los isomorfismos o paralelos de una ciencia para aplicar a los demás (Chickland, 1990). El AES es considerado como un sistema abierto que tiene intrínseca relación con su entorno, a través del intercambio de energía, materia, información y constante interacción entre el sistema y el medio ambiente (Faden y Beauchamp, 1986; Chiavenato, 1997); Así cada AES tiene particularidades en términos de estructura, componentes, lí-

mites, función y la interacción entre los componentes, insumos (entradas) y salidas (salidas) y retroalimentación; todos trabajan en un proceso sinérgico para lograr un objetivo definido (Hart, 1985); su estudio es sobre la base de estos elementos (Johansen, 2000). La interacción y la sinergia entre los componentes proporcionan las características estructurales a la unidad, que debe ser considerada al analizar el sistema en su conjunto. Naturalmente, los sistemas no son limitados y según sus propósitos, establece estos límites arbitrariamente, ya que el concepto de AES se modifica en relación con el objeto de estudio; siendo el investigador quien, según su interés en el estudio, los materiales y recursos financieros disponibles, define su área de investigación con el fin de hacer un uso eficiente de sus recursos (materiales, económicos, humanos), dependiendo del tiempo, espacio y dinero disponible para llevar a cabo dicha investigación.

Concepciones en agroecosistemas

La primera definición de agroecosistema la realizó Harper en 1974; posteriormente Hernández X. (1977) lo establece como un ecosistema modificado por el hombre, en cierto grado, para el aprovechamiento de los recursos naturales en la producción agrícola; Montaldo (1982) menciona que el agroecosistema se origina por intervención del hombre en el ecosistema para la utilización de los recursos y generar productos agropecuarios; Odum (1985) menciona que los agroecosistemas son ecosistemas moderados por el hombre para obtener productos y servicios; Hart (1985) establece que es un sistema de especies características de un ecosistema determinado y el medio ambiente

con el que interactúa procesando entradas y salidas de energía y materiales; Conway (1987) lo describe como un ecosistema transformado por el hombre para obtención de productos; Marten y Rambo (1988) lo definen como un complejo de recursos ambientales y otros factores que el hombre adecúa para la producción agrícola. Hernández (1988) lo anota como la actividad humana que maneja los recursos disponibles (naturaleza, energía e información) para producir los alimentos; Conway y McCracken (1990) reportaron el agroecosistema como un sistema ecológico modificado por el hombre para la producción de alimentos, fibras y otros productos agrícolas. Mariaca (1993) considera al AES, como un área de estudio con ciertas propiedades que la diferencian de otras, siendo superior un ecosistema natural. Ruiz (1995) lo menciona como unidad de estudio donde interactúan factores tecnológicos, socioeconómicos y ecológicos para adquirir productos que satisfagan las necesidades del hombre en un periodo de tiempo. Altieri (1995) reconoce que una parte fundamental de los agroecosistemas es el ente controlador (hombre) siendo éste quien modifica, interviene, orienta y define la producción convirtiéndose en el controlador y regulador del agroecosistema ya que toma la decisión respecto a la finalidad del sistema; Martínez (1999), considera al agroecosistema como un modelo conceptual que prioriza el rol que desempeña el controlador en la toma de decisiones; Gliessman (2002) lo define como los ecosistemas transformados por el hombre para la producción de alimentos; Ruiz (2006) menciona que es un sistema agrícola considerando la complejidad de las interacciones sociales, económicas y eco-

lógicas presentes, así como el nivel jerárquico en que se conceptualice; Vilaboa *et al.* (2006) reportan que es un sistema ecológico modificado por el hombre para la utilización de los recursos naturales en los procesos de producción agropecuarios siendo el agroecosistema la unidad de análisis y su entorno donde participan la totalidad de los factores que lo integran.

Otros autores como Dávila y Bustillos (2008) consideran que el hombre se ha convertido en sujeto-objeto de investigación siendo parte fundamental para interpretar los sistemas complejos en los cuales se encuentra inmerso. Vilaboa *et al.* (2009) menciona que éste es un modelo abstracto y método de investigación que permite representar la unidad de estudio para interpretar la realidad agrícola; Bustillos *et al.* (2009) considera al agroecosistema como unidades autopoiéticas donde existe un enganche estructural entre el hombre y el ambiente; y, Sandoval y Villanueva (2009) lo conceptúan como la unidad de estudio de los sistemas de producción agrícola en los que se ejerce el control humano en la interacción con los recursos naturales para la producción de alimentos y materias primas. Aunado a ello, se puede considerar que los agroecosistemas están social e históricamente determinados y se manifiestan en con contexto local y global; por lo que se requiere de un continuum en tiempo y espacio en la definición ya que tiene coordenadas temporales y espaciales exactas.

DISCUSIÓN

El agroecosistema es, por tanto, una abstracción de la realidad para su análisis, relacionado con el proceso de producción primaria, mediante el cual el hombre se apropia de la naturaleza y modifica de acuerdo a sus intereses, y tiene un contexto temporal y espacial específico. Al llevar el prefijo agro este concepto analítico se refiere a un típico proceso de producción, y de acuerdo a la teoría marxista los procesos de producción son social e históricamente determinados; es decir, al tener el agroecosistema un controlador que es el productor, es quien toma las decisiones en la actividad productiva, y por lo tanto es el que la determina todo lo que se refiere al ¿qué?, ¿cuánto?, ¿cómo?, donde? y ¿para qué? producir. Este controlador del sistema es el factor determinante quien a su vez, está condicionado y supeditado por los factores naturales, cuya función es condicionantes del sistema más no determinante, ya que el hombre los puede modificar y/o transformar acorde a sus necesidades; mientras que los factores físicos, químicos y biológicos que están representados por la tierra (suelo), clima

(humedad, horas luz, temperatura, vientos), agua, relieve, pedregosidad, biodiversidad (plagas, enfermedades), entre otros, son el soporte donde se desarrolla el proceso productivo; y el hombre, a través del cambio tecnológico inducido, modifica y cambia la forma de adecuación y transformación de esa parte de la naturaleza para modificar sus características con fines productivos.

El controlador del sistema es el productor; y está en convivencia con el resto la sociedad (local, regional, nacional y global), y establece relaciones sociales de producción derivadas de un proceso histórico; y de esta forma, son los factores sociales que determinan los intereses del controlador representados por los aspectos económicos, políticos y culturales. Los agroecosistema no aparecen espontáneamente, estos se derivan de escenarios de forma inmediata y mediata, a través de la intervención del hombre. Así pues, son históricamente determinados; son dinámicos, están cambiando continuamente. Un agroecosistema como se conoce hoy, no es el mismo de ayer ni será el mismo de mañana ya que se encuentra en proceso de cambio a través del tiempo. El agroecosistema es dinámico, para entenderlo se tiene que explicar su devenir, es decir de donde viene y a donde va en el tiempo. No es suficiente con tomar una fotografía y describirla ni hacer comparaciones estáticas, se necesita explicar las fuerzas principales que demarcan su devenir histórico. Entendiendo de donde vienen se podrá prever a dónde van los agroecosistemas y adelantarse a los hechos. Esto es una de los objetivos principales de su análisis. El agroecosistema es una abstracción mental de la realidad con fines de análisis, y en realidad no existe como tal, es una conceptualización que el hombre realiza para la producción de alimentos en un espacio delimitado. Los agroecosistemas describen y analizan una representación concreta y particular las cuales son semejantes en ciertas generalidades, pero diferentes entre sí en cuanto a particularidades, ya que tiene coordenadas espaciales y temporales exactas.

Los agroecosistemas se dan en con contexto espacial local y global, es decir está ubicados en un punto geográfico específico, sin embargo dependen de lo que suceda más allá de su posición geográfica; ya que también son influenciados por condiciones naturales que se originan más allá de su contexto local, como los fenómenos naturales causados por el cambio climático, aspectos socioeconómicos, políticos y culturales productos de la globalización, que en su conjunto impactan la toma de decisiones del controlador del agroecosistema.

Así pues el concepto de agroecosistema solo se manifiesta en su representación particular y se tienen que hacer niveles de abstracción para llegar a generalizar más. Pero en su generalización se pierden sus particularidades específicas, quedando solo el concepto abstracto que representa lo que es común a todos; así lo particular es la apariencia mientras que lo universal es la esencia. Por ejemplo, la superficie de la tierra por productor no es igual en el Sureste Asiático, India, África, E.U., o Latinoamérica; incluso, en el mismo continente americano, por ejemplo Brasil se caracteriza por grandes extensiones de miles de hectáreas de propiedad privada; en Cuba son colectivas o propiedad del estado con diferente tecnología; y en México, superficies menores a 10 ha, denominada propiedad social (ejido y comunidad agraria). Entre otras características lo que estipula es el tipo de propiedad de la tierra y su tamaño. En la actualidad las condiciones han cambiado y existe un proceso en marcha para modificar esa limitante. El método de análisis de agroecosistemas debe ser el método dialéctico; así, el todo a las partes, explican a cada una por separado, y facilitan construir el todo explicado; ya que la totalidad es mayor a la suma de las partes por separado porque se anexa sus interrelaciones. Así el desarrollo y diferenciación de los agroecosistemas se da a través de pequeños cambios cuantitativos de forma continua que en cierto momento su sumatoria conforma los grandes cambios cualitativos. Para distinguir un agroecosistema de otro, o el mismo en diferentes tiempos, se usan variables cualitativas, estas solo se pueden explicar desde un punto de vista cuantitativo. Los agroecosistemas se pueden comparar y encontrar diferencias entre sí de manera particular pero son homogéneos en su universalidad. Luego entonces la particularidad solo se entiende en la universalidad y esta universalidad solo se manifiesta en la particularidad de los diferentes agroecosistemas específicos. Otro aspecto a considerar es la sustentabilidad que se refiere al uso racional de los recursos naturales para satisfacer necesidades inmediatas sin comprometer a generaciones futuras para el aprovechamiento de los mismos; de igual forma, debe considerarse la sostenibilidad, que se refiere a la continuidad y permanencia en cuanto producción de materias primas con beneficios económicos en el tiempo; es decir, si en cierta forma puede mantenerse técnica y socialmente a largo plazo con las mismas características de producción. Este concepto universal, abstracto y cualitativo, solamente podrá entenderse si se le agregan números, es decir se cuantifique. Esto trae consigo sus propias contradicciones que se desarrollarán y manifestarán en un futuro, obligando a cambiar el manejo de los agroecosistemas por otros más adaptados a esos tiempos y así permanentemente continuando con el devenir histórico. Pero ¿Qué es lo que hace que se agote un agroecosistema y tenga que ser sustituido por otro?. Es el conjunto de condiciones naturales pero sobre todo los factores socioeconómicos determinantes. Estos a su vez son dinámicos, ya que cambian constantemente de acuerdo a los intereses de la sociedad en general. Sin embargo, no es fortuito que un agroecosistema como una alternativa productiva se repita en el tiempo. La decadencia de éste y la aparición de otro nuevo, no solo es obra de la naturaleza, es sobre todo debido a la voluntad y necesidad humana. Para que la concepción universal se manifieste en el particular debe realizarse a través de la voluntad del controlador, es decir del hombre, y para que actué debe tener un objetivo, tal como lograr satisfacer una necesidad social dada. Es decir, los agroecosistemas tienen un fin que cumplir un fin particular

y un fin universal. ***Cuando el interés social no puede mantener la señal a través del ingreso, el controlador del sistema tiene que tomar la decisión de continuar o buscar otra alternativa de acuerdo a su interés propio.*** La nueva alternativa tendrá que ir acorde a otra necesidad social que se traduce en demanda y mejor precio. Aquí es donde se alinean los intereses sociales o colectivos con los individuales o particulares, y la contracción entre ellos deviene en conflicto para la superación del agroecosistema en otro más actual. La movilidad y transformación de un agroecosistema a otro, se da en el marco de la libertad del controlador, este no puede ser obligado por ninguna vía a producir lo que no desea producir porque no satisface sus necesidades. Una contradicción principal en los agroecosistemas en México es la lucha por la libertad. Una característica fundamental del campesino mexicano es que quiere ser libre; decidir Qué, Cuándo, Cuánto y Cómo producir, sin la intervención gubernamental. Cualquier intervención en contra de la voluntad e intereses del productor está destinada a fracasar, aun cuando sea en favor del bien común, ya que es meritorio que el bien común esté alineado al bien particular para que sean compatibles y se puedan llevar acabo. Una medida de sustentabilidad de los recursos naturales sin el pago respectivo por servicios ambientales no prosperará porque no se puede sacrificar a un grupo social para favorecer a otro. Es el caso de la conservación de los bosques. Esta visión dialéctica de los agroecosistemas permite entender incluso los sistemas de vida, nacimiento, florecimiento, y decadencia de algunas culturas prehispánicas en América. El conocimiento del devenir histórico de los agroecosistemas

es esencial y no solo auxiliar en su análisis. Esta comprensión permite entender qué se ha sido, qué es y qué será el AES, siempre y cuando, se entienda la contradicción principal del proceso. Por ejemplo, existen entes contradictorios en constante conflicto, tales como el error en tratar de mantenerlo permanentemente, por ejemplo el uso intensivo de agroquímicos más allá de la capacidad de amortiguamiento natural, y negar la contaminación. El conflicto se resuelve de una forma revolucionaria, en un salto a un nuevo nivel de producción, este tiene que ser cualitativo manifestándose en la sumatoria de los cambios cuantitativos. Esta dinámica es la constante renovación e innovación que evita el estancamiento del mismo. Este cambio se da en los aspectos tecnológicos y productivos con la naturaleza, es decir en la forma de uso de los recursos naturales y principalmente en las relaciones sociales de producción, estas últimas determinantes del AES y se manifiestan por el mercado y la estructura de poder social.

CONCLUSIONES

LOS agroecosistemas son un enfoque y método de investigación basado en la teoría de sistemas que permite el estudio de la realidad para la interpretación de los sistemas complejos en el sector agrícola del trópico donde el ente controlador de dichos sistemas es la base en la toma de decisiones considerando, tanto los aspectos agroecológicos, productivos y tecnológicos, como los socioeconómicos y culturales.

LITERATURA CITADA

Altieri M.A. 1995. El agroecosistema: Determinantes, Recursos, Procesos y Sustentabilidad. *In: Agroecología: Bases Científicas para una agricultura sustentable*. 2da Edición. Editorial CLADES. Santiago de Chile. pp. 22-31.

Bertalanffy L.V. 1976. Teoría General de los Sistemas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. pp. 1-24.

Bustillos L., Martínez J.P., Osorio F., Salazar S., González I., Gallardo F. 2009. Grado de sustentabilidad del desarrollo rural en productores de subsistencia, transicionales y empresariales, bajo un enfoque autopoiético. *Revista Científica FCV-LUZ* 19 (6): 650- 658.

Conway G. 1987. The properties of agroecosystems. *Agric. Systems*. 24: 95-117.

Conway G., McCracken A. 1990. Rapad rural apraisal and agroecosystem analysis. *In: Altieri, M.A. and Hecht, S.B. (Ed.)*.

Agroecology and small farms development. CRC Press. Boston, USA. pp 221-234.

Chiavenato I. 1997. Teoría de sistemas *In: Introducción a la Teoría General de la Administración*. Cuarta edición. McGraw-Hill. pp. 725-761.

Gliessman S. 2002. El concepto de agroecosistemas. *In: Introducción a la Agroecología*. McGraw Hill. pp: 17-28.

Harper L. 1974. Population biology of plants. Acedemic Press. London. 18 p.

Hart D. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 156 p.

Hernández X. E. (edit). 1977. Agroecosistemas de México. CP-ENA. p. 42

Hernández E. 1988. La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior* 38 (8): 673-678.

Mariaca M. 1993. Agroecosistemas, concepto central de la ecología: Búsqueda del desarrollo de un modelo aplicativo. *In: Seminario Internacional de Agroecología*. Universidad Autónoma Chapingo. México. 11 p.

Martínez M. 2006. Pertinencia social en la investigación endógena. *Espacio Abierto* 15 (4): 725-740.

Martínez J.P. 1999. Modelo conceptual de agroecosistema para el desarrollo agrícola sustentable basado en el hombre. IV Reunión Nacional sobre Agricultura Sustentable. Jalisco, México. 8 p.

Marten G., Rambo T. 1988. Guidelines for writing comparative case studies on Southeast Asian rural ecosystems. *In: K. Rerkasem and A. Terry Rambo (eds.)*, Agroecosystem Research for Rural Development, p. 263-285. Multiple Cropping Centre, Chiangmai University, Thailand.

Montaldo P. 1982. Agroecología del Trópico Americano. IICA, San Jose, Costa Rica. p.11

Odum P. 1985. Fundamentos de ecología. Nueva Editorial Interamericana. México. p. 422

Ruiz O. 1995. Agroecosistema. Término, concepto y su definición bajo el enfoque agroecológico y sistémico. *In: Seminario Internacional de Agroecología*. UACH. Estado de México. pp. 29-31.

Ruiz O. 2006. Agroecología: Una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia* 31 (2):140-145.

Sandoval C., Villanueva J. 2009. Scope, Sections, Policies and language issues in TSA. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10: i - ii. 2009. Editorial.

Vilaboa, J., Díaz P. Ortega E., Rodríguez M. 2006. Productividad y autonomía en dos sistemas de producción ovina: dos propiedades emergentes de los agroecosistemas. *Interciencia* 31(1): 37-44.

Vilaboa J., Díaz P., Ruíz R., Platas D., González M., Juárez F. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10 (1): 53-62.

DESARROLLO DE CARTOGRAFÍA BASE PARA UNA MICROREGIÓN DE ATENCIÓN PRIORITARIA

DEVELOPMENT OF BASE CARTOGRAPHY FOR A PRIORITY ATTENTION MICROREGION

Muñoz-Márquez, T.R.A.¹; Gómez-Saldaña, C.¹; Ortiz-Laurel, H.¹; Rosas-Calleja, D.¹; Pérez-Sato, J.A.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Km 348, Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, C.P. 94946.

Autor de correspondencia: arturom@colpos.mx

RESUMEN

Con el objetivo de enfocar acciones de investigación, vinculación y educación del Colegio de Postgraduados (Colpos), se han diseñado las Microregiones de Atención Prioritaria (MAP), y para mejorar su planificación es relevante tener información espacial básica, tales como el modelado espacial para la determinación de potenciales productivos, o localización de instalaciones de tareas diversas; por ello se diseñó una metodología fundamental para el desarrollo de datos espaciales de la MAP "Zona Centro" del Campus Córdoba-Colpos con ejemplos del desarrollo cartográfico específico, y que puede ser aplicada a otras MAP de la institución, con resultados satisfactorios.

Palabras clave: vinculación, transferencia tecnológica, territorio

ABSTRACT

With the aim of focusing actions for research, correlation and education from Colegio de Postgraduados (Colpos), the priority attention microregions (Microregiones de Atención Prioritaria, MAP) have been designed; and for their better planning, it is important to have basic spatial information, such as the spatial modelling for the determination of productive potentials or localization of facilities for diverse tasks; therefore, an essential methodology for the development of spatial data for the "Zona Centro" MAP of the Colpos Córdoba Campus was designed, with examples of specific cartographic development, and which can be applied to other MAPs of the institution, with good results.

Keywords: correlation, technological transference, territory.

INTRODUCCIÓN

Los procesos que suceden o que se pretende que sucedan en un paisaje, requieren del conocimiento de lo que acontece en el tiempo y en el espacio, es decir, entender al lugar en su historia, a fin de comprender el porqué de su situación actual, y estar en posición de plantear hipótesis de futuros escenarios. Esa historia y tiempo suceden además en un espacio determinado, con límites políticos o naturales, los cuales condicionan en ocasiones lo que ahí sucede. En palabras de Steinitz (2001), es necesario comprender "Como trabaja el paisaje" por lo que los procesos de planificación y manejo, deben ser sustentados en ese conocimiento y comprensión. Las políticas actuales del Colegio de Postgraduados (Colpos), establecen que para efectos de aplicar las tareas sustantivas de investigación, docencia y vinculación, se delimiten lo que se ha denominado como "Microregiones de Atención Prioritaria" (Colegio de Postgraduados, 2014). El Colpos, actualmente tiene siete unidades académicas en México localizadas en los estados de Campeche, México, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz. En cada una de ellas, se establecieron Microregiones de Atención Prioritaria (MAP), y el presente trabajo, se desarrolla en la MAP "Zona Centro" (MAP-ZC), atendida por el Campus Córdoba. En las MAP, se desarrollan acciones diversas, por lo que es menester generar información base para sustentarlas adecuadamente. Considerando esa necesidad, se describe el proceso y productos obtenidos en relación a la generación de cartografía base para la MAP "Zona Centro". Una forma adecuada para la generación de cartografía, es desarrollarla respecto a la construcción de una base de datos espacial, a partir de la cual se puedan desarrollar mapas y aún más, hacer procesos de análisis espacial (por ejemplo, interpolaciones, determinación de cualidades necesarias, entre otros análisis). Para esos propósitos, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se convierten en una herramienta esencial de esos procesos. Un SIG se ha definido como un conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real, para un conjunto de objetivos particulares (Burrough y McDonnell, 2015). Un SIG tiene diversos componentes, tales como los usuarios, programadores, instituciones, software, hardware, proveedores de datos, clientes, entre otros (Campbell, 2001). Un mapa es una representación abstracta o concreta de las características que ocurren en o cerca de la superficie terrestre o en otros cuerpos celestiales, y pueden clasificarse en mapas reales y ma-

pas virtuales (Campbell, 2001). En este caso, se trata de mapas desarrollados con base en la colección de datos espaciales y software adecuado, y con verificación de campo, de tal forma que permita, tanto su despliegue, como el desarrollo de mapas basados en dicha base de datos generada. Los productos, como se ha mencionado, serán parte de la información básica necesaria para planificar y proponer medidas diversas de manejo y uso sustentable del territorio, para los fines sustantivos de la institución, y tener el necesario impacto social de sus acciones. Con base en lo anterior, se desarrolló una base de datos espacial para tener información básica, y desarrollar mapas que apoyen las acciones prioritarias institucionales del Colpos, en su Microregión de Atención Prioritaria, Zona Centro.

MATERIALES Y MÉTODOS

La MAP-ZC, se conforma por los municipios: Córdoba, Amatlán de los Reyes (Cañada Blanca, Ojo chico), Cuitláhuac (Puente chico), Paso del Macho (San Juan Balsa Larga Camarón), Fortín de las Flores, Atoyac, Zentla y Tezonapa. El límite de la zona de estudio, corresponde a los límites municipales de las localidades indicadas (Figura 1).

La obtención de los límites municipales, se basó en la digitalización previa desarrollada por Álvarez (s.a.), quién se basó a su vez en la división municipal del estado de Veracruz, desarrollado por el INEGI (2005). Estos datos vectoriales fueron analizados y revisados en torno a su precisión y geolocalización, por medio de la utilización de aplicaciones, tales como Google Earth® y Global Mapper®, y con esto se transformaron a archivos "Keyhole Markup Language" (KML), a un formato de edición CAD (Computer Aided Design) en una Proyección Transversa de Mercator (UTM). Posterior a la obtención de los límites municipales, se procedió a digitalizar (escanear) información con base en cartografía impresa 1:50,000, generada por el INEGI en temas, tales como Geología, Edafología, Uso de Suelo y Vegetación. Dichos archivos se importaron a AUTOCAD V.14®, y con base en los límites municipales, se digitalizó la información de los municipios. Posteriormente, esos datos fueron estructurados en capas dentro de AUTOCAD, correspondiendo cada uno de ellos, a un tema geográfico. Una vez concluido el proceso de digitalización, se procedió a exportar los datos desarrollados en formato CAD, a un formato KML con la utilización de Global Mapper 15.0®. Dichos archivos se importaron a su vez a Google Earth, donde se verificó que los datos estuvieran correctamente geore-

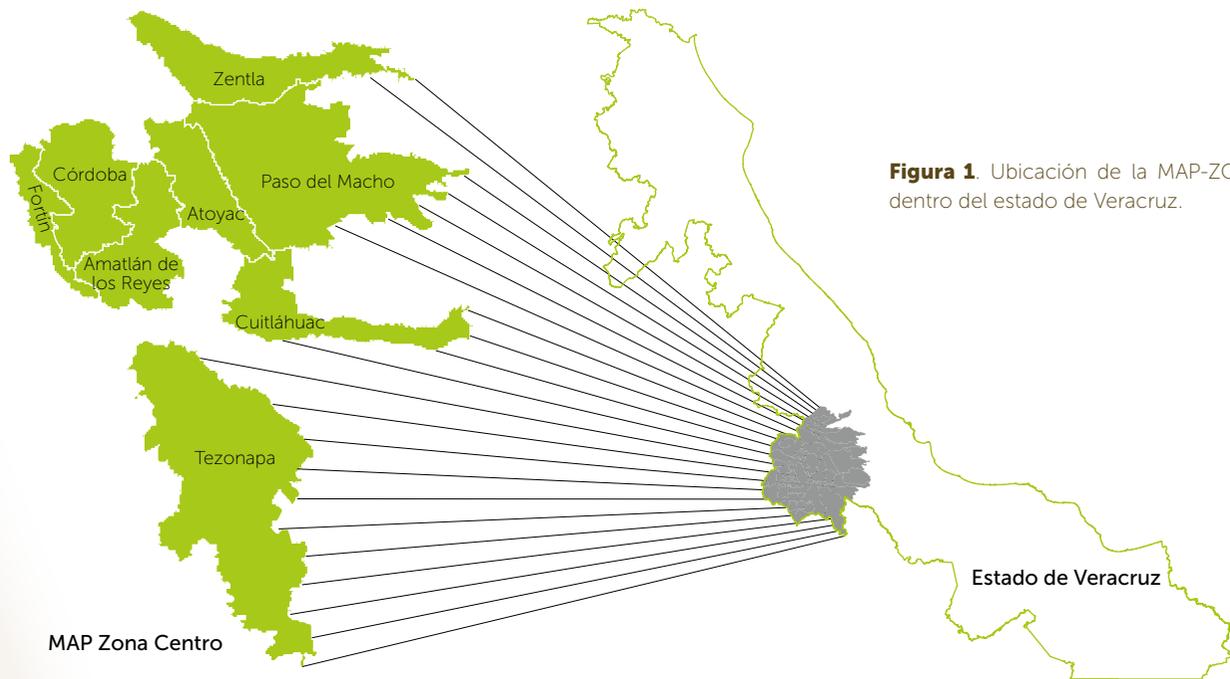


Figura 1. Ubicación de la MAP-ZC dentro del estado de Veracruz.

ferenciados. Utilizando nuevamente Global Mapper, se procedió a convertir dichos archivos, al formato de representación vectorial Shapefile (SHP); y una vez generados esos archivos, se importaron a ArcGis 10.2.1, y se construyó la base de datos espacial. La obtención de datos de topografía y curvas de nivel, fue posible a través de la generación de un Modelo Digital de Elevación (MDE), utilizando nuevamente Global Mapper, se importó la base en los datos de elevación mundial ASTER GDEM (Japanese Space Systems, 2012), desde donde se procedió a la interpolación de datos para la generación de curvas de nivel (datos de elevación). Una vez obtenidos los archivos SHP de todos los temas, y con ArcGis 10.2.1, se procedió a generar una cartografía primaria de la zona de trabajo. Una vez obtenida la información y generados los mapas de trabajo, se procedió a verificar la misma en campo. Para ello se trazaron varias rutas o recorridos que fueran posible transitarlos en vehículo, procurando que los mismos cubrieran la mayor

parte de la MAP-ZC. Por medio de la utilización de un geoposicionador global Garmin Etrex Vista HCX, se generaron puntos que fueron posteriormente verificados en gabinete, con respecto de la cartografía generada a fin de corregir linderos y verificar el uso del suelo obtenido en fuentes o bases de datos, con la realidad en campo. Una vez realizadas las correcciones necesarias, se generaron los mapas de topografía, uso del suelo, geología y edafología. Asimismo se compiló toda la información obtenida en una base de datos espacial que posibilitara el modelado de otros procesos necesarios para la planificación de tareas de investigación, docencia y vinculación en la MAP-ZC bajo proyectos específicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados, consistieron en la creación de archivos SHP (**topografía; geología; edafología; hidrología superficial; uso de suelo; límites de la MAP-ZC; límites municipales; localidades rurales; vías de comunicación**), útiles en mo-

delaciones diversas en procesos de planificación, y manejo de la MAP-ZC, así como en la generación de cartografía. Cabe aclarar, que estos temas generados, fueron específicos de la zona de estudio, por lo que a partir de ellos se pueden realizar acciones diversas que apoyen la toma de decisiones en relación a diversas tareas. A partir de la información indicada, se produjeron los mapas de edafología, geología, uso de suelo y topografía, producidas a una escala original de 1:250,000 y diseñadas para ser impresas en tamaño de papel de 30×45 cm, por lo que se insertan en este artículo para que cubran el formato de la página, por lo que esa escala no es real en imágenes que se muestran en este trabajo (Figuras 2, 3, 4, 5). El procedimiento utilizado y los resultados obtenidos, mostraron ser los adecuados para la generación de cartografía. Los archivos SHP obtenidos serán de gran utilidad para posteriores procesos de modelado espacial, y la planificación de acciones, tales como **predicción de potencial para producción agrícola, obtención de**

mejores ubicaciones para instalaciones diversas, por ejemplo, áreas agroindustriales, planteamiento de rutas óptimas de acceso, entre otras posibilidades.

CONCLUSIONES

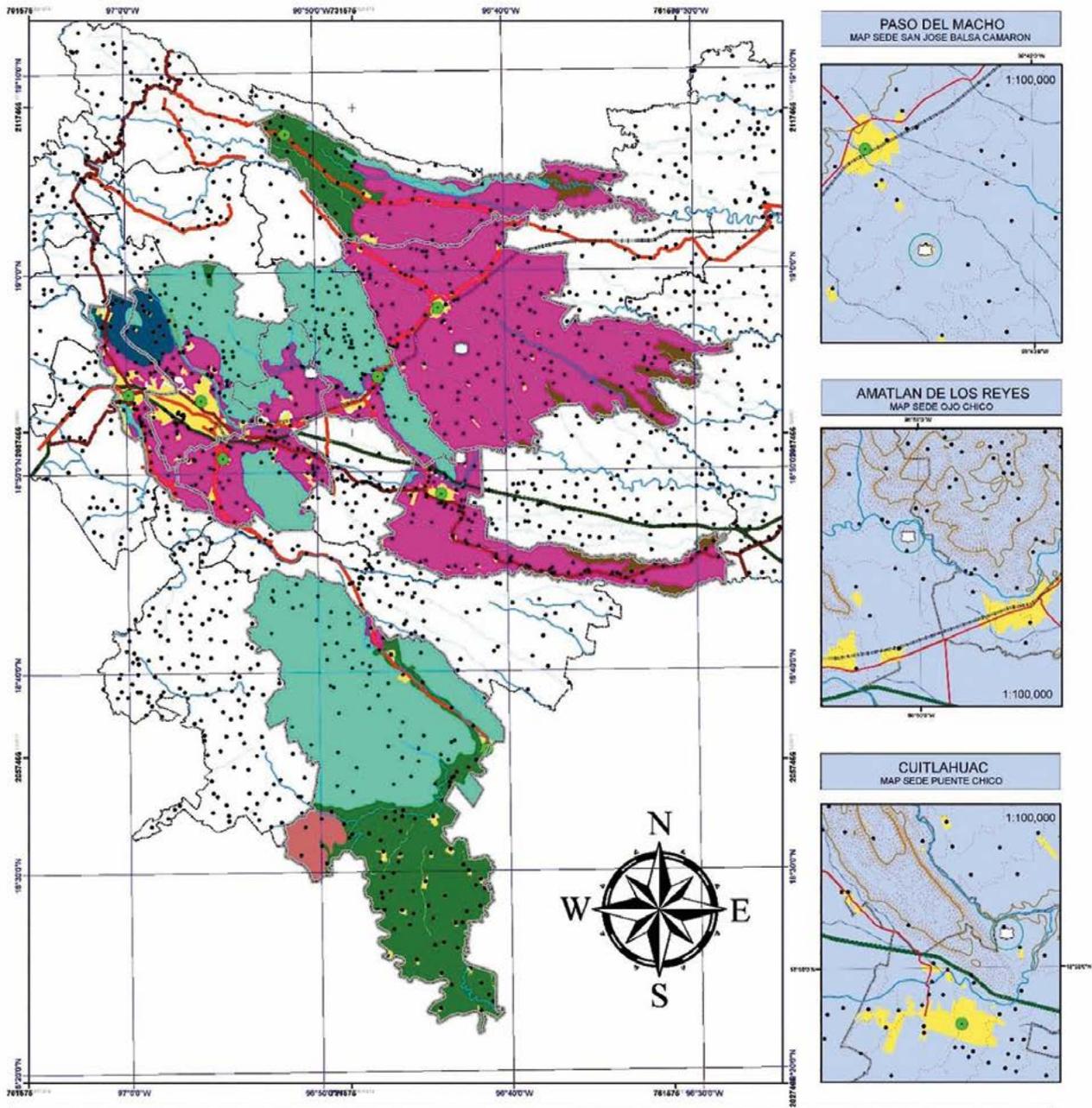
La metodología seguida en este estudio, permitió la generación de información espacial útil en la planificación de acciones y de ayuda en la toma de decisiones en relación a las tareas prioritarias del Colpos, y en particular en la MAP-ZC. Esta aproximación tiene la ventaja de que puede ser replicada para la obtención de datos espaciales básicos para otras MAP's u otras zonas de interés. Es altamente recomendable verificar más datos de campo, tales como suelo y geología, los cuales requieren incluso análisis de laboratorio, e interpretación, adicionales a las observaciones de campo.

LITERATURA CITADA

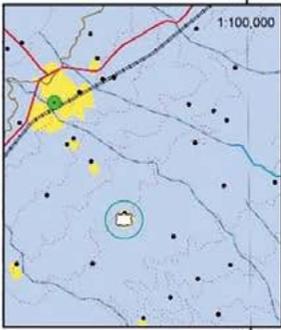
- Alvarez J.L. s.a. Google Earth Datos Geograficos del Edo. de Veracruz. (<https://sites.google.com/site/hdjmdjdyj/home/cartas-topograficas-1-50-000-archivos-disponibles>),
- Burrough P.A., McDonell R.A. 2015. Principles of Geographic Information Systems. Oxford University Press. Oxford. 432 p.
- Campbell J. 2001. Map Use and Analysis. McGraw Hill. Boston. 372 p.
- Colegio de Postgraduados. 2014. Microregiones de Atención Prioritaria MAP "Acciones y Experiencias". México.
- INEGI. 2005. Marco Geoestadístico Municipal Versión 1 (Censo de Población y Vivienda 2005). www3.inegi.org.mx/Sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825292850
- Japan Space Systems. 2012. Aster Global Digital Elevation Model (GDEM). <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/index.html>.
- Steinitz C. 2001. On Teaching Ecological Principles to Designers. En: Johnson, B. y K Hill. (Eds.). Ecology and Design: Frameworks for Learning. Island Press. Washington, D.C., pp. 231-244



ATLAS DE MICROREGION DE ATENCIÓN PRIORITARIA ZONA CENTRO



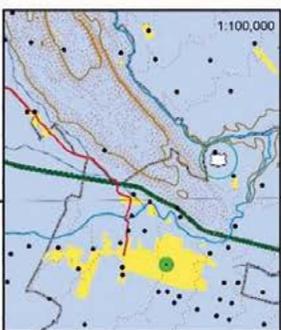
PASO DEL MACHO
MAP SEDE SAN JOSE BALSA CAMARON



AMATLAN DE LOS REYES
MAP SEDE OJO CHICO



CUITLAHUAC
MAP SEDE PUENTE CHICO





COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS AGROPECUARIOS

SIGNOS CONVENCIONALES

<p>ELEMENTOS NATURALES</p> <ul style="list-style-type: none"> CANAL CORRIENTE DE AGUA Intermitente CORRIENTE DE AGUA Perenne <p>OTROS RASGOS</p> <ul style="list-style-type: none"> MICROREGION DE ATENCION CN PRIORITARIA SEDE DE MICROREGIONES DE ATENCION PRIORITARIA CARPOBARRIA MUNICIPALES LOC. PUNTALES AREA URBANA LIMITE MUNICIPAL COORDINADOS 	<p>VIAS DE COMUNICACION</p> <ul style="list-style-type: none"> AUTOPISTA CARRETERA_ESTADAL CARRETERA_FEDERAL VIAS_FERREAS
--	--

EDAFOLOGIA SIMBOLOGIA

- ACRISOL
- ANDOSOL
- FEOSEM
- PLUVISOL
- LITOSOL
- LUVISOL
- RENZENA
- SIN_DATOS
- VERTISOL

ESCALA 1:250,000



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N
 Projection: Transversa Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -99.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter



LOCALIZACION DE LA MAP ZONA CENTRO VERACRUZ

Proyecto: "Generación de mapas base digitalizados para las Microrregiones de Atención Prioritaria del Campus Córdoba"

Coordinador de Proyecto	Asesista	Asesor	Asesor
Dr. Rafael A. Muñoz Márquez Trujillo	Arq. Carlos Gómez Saldaña	Dr. Hipólito Ortiz Laurel	M.C. David Rosas Calleja

Figura 2. Carta Edafología MAP-ZC.

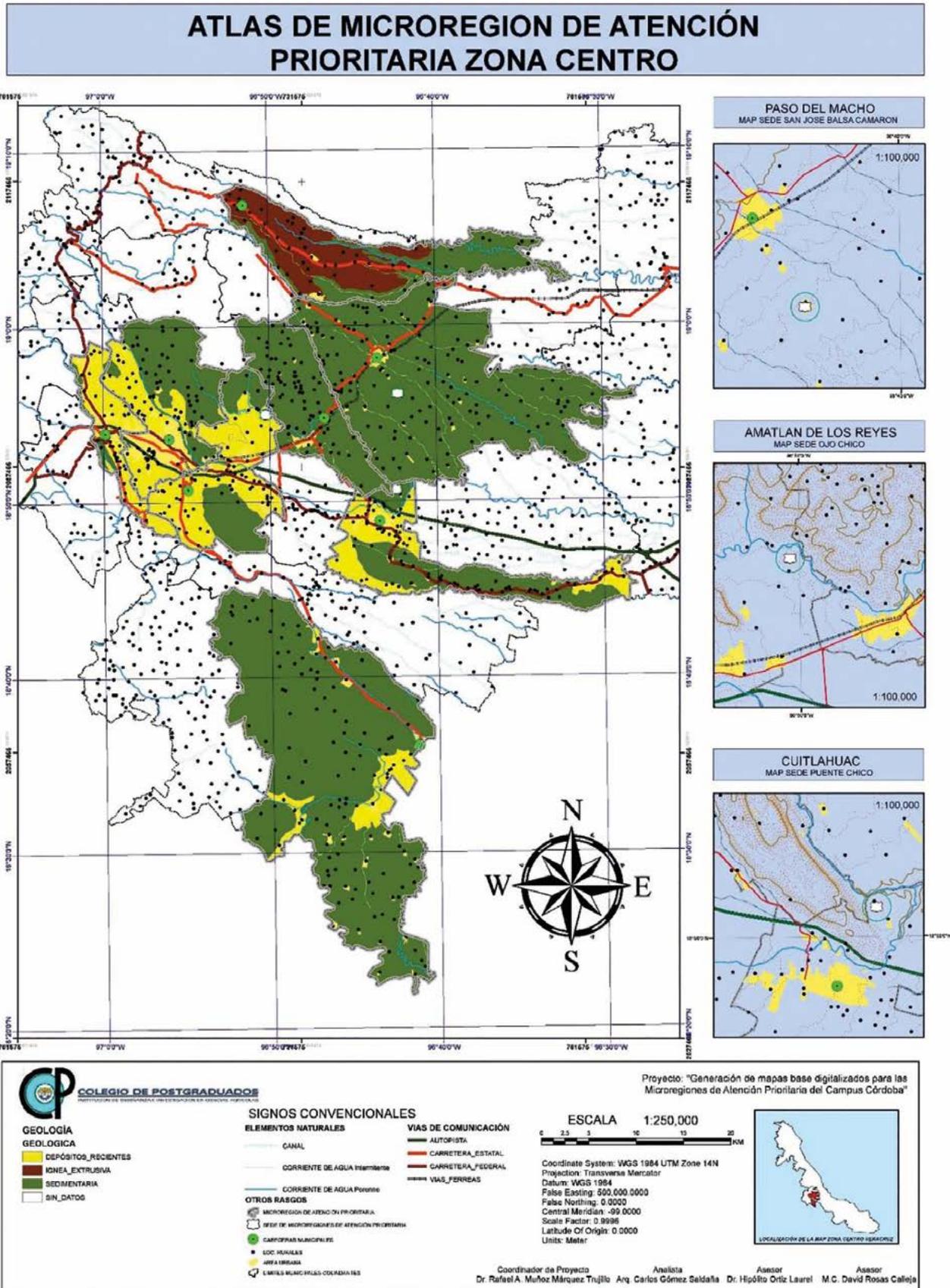
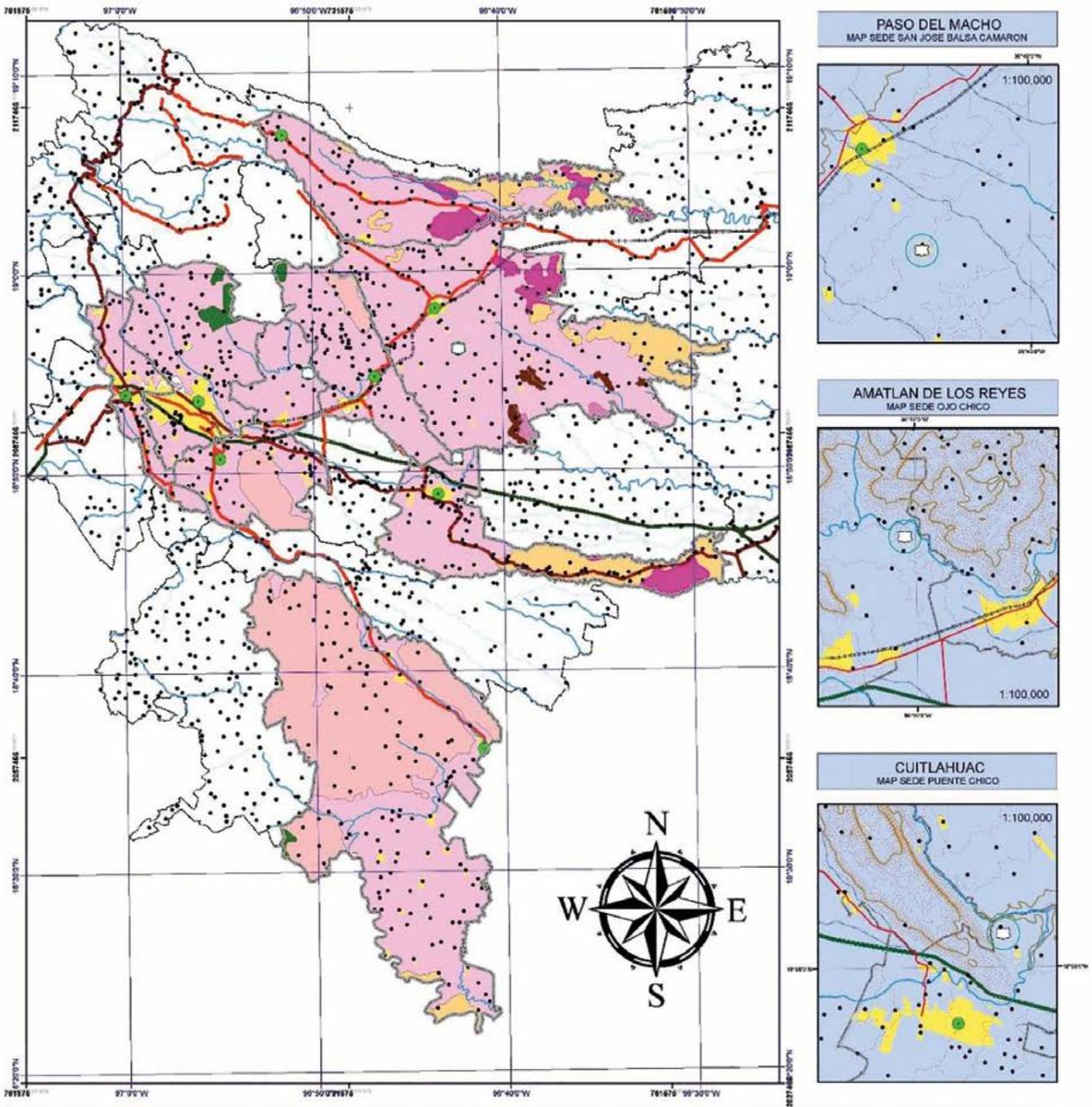


Figura 3. Carta Geología MAP-ZC.

ATLAS DE MICROREGION DE ATENCIÓN PRIORITARIA ZONA CENTRO





COLEGIO DE POSTGRUADOS
INSTITUTO DE BIOTECNIA Y INVESTIGACIONES EN CIENCIAS AGRARIAS

Proyecto: "Generación de mapas base digitalizados para las Microrregiones de Atención Prioritaria del Campus Córdoba"

ESCALA 1:250,000



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000,000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: -96,0000
Scale Factor: 0,9996
Latitude Of Origin: 0,0000
Units: Meter

USO DEL SUELO

SIMBOLOGÍA

- BOSQUE_MEDIO/ALTO/BAJA/ALTA
- PASTO_CORTADO
- PASTO_MEDUCO
- SEIVA_ALTA_PERENIFOLIA
- SEIVA_ALTA_SUBPERENIFOLIA
- SEIVA_BAJA_CADUCIFOLIA
- SIN_DATOS
- TEMPORAL

SIGNOS CONVENCIONALES

ELEMENTOS NATURALES

- CANAL
- CORRIENTE DE AGUA Intermitente
- CORRIENTE DE AGUA Perenne

OTROS RASGOS

- MICROREGION DE ATENCION PRIORITARIA
- SEDE DE MICRORREGIONES DE ATENCION PRIORITARIA
- CASERIOS MUNICIPALES
- LOC. RURALES
- AREA URBANA
- LÍMITES MUNICIPALES COORDINADOS

VÍAS DE COMUNICACIÓN

- AUTOPISTA
- CARRETERA_ESTADAL
- CARRETERA_FEDERAL
- VÍAS_FERREAS

Coordinador de Proyecto: Dr. Rafael A. Muñoz Márquez Trujillo

Analista: Arq. Carlos Gómez Saidalla

Asesor: Dr. Hipólito Ortiz Laurel

Asesor: M.C. David Rosas Calleja



LOCALIZACIÓN DE LA MAP ZONA CENTRO SEAGROZC

Figura 4. Carta Uso de Suelo MAP-ZC.

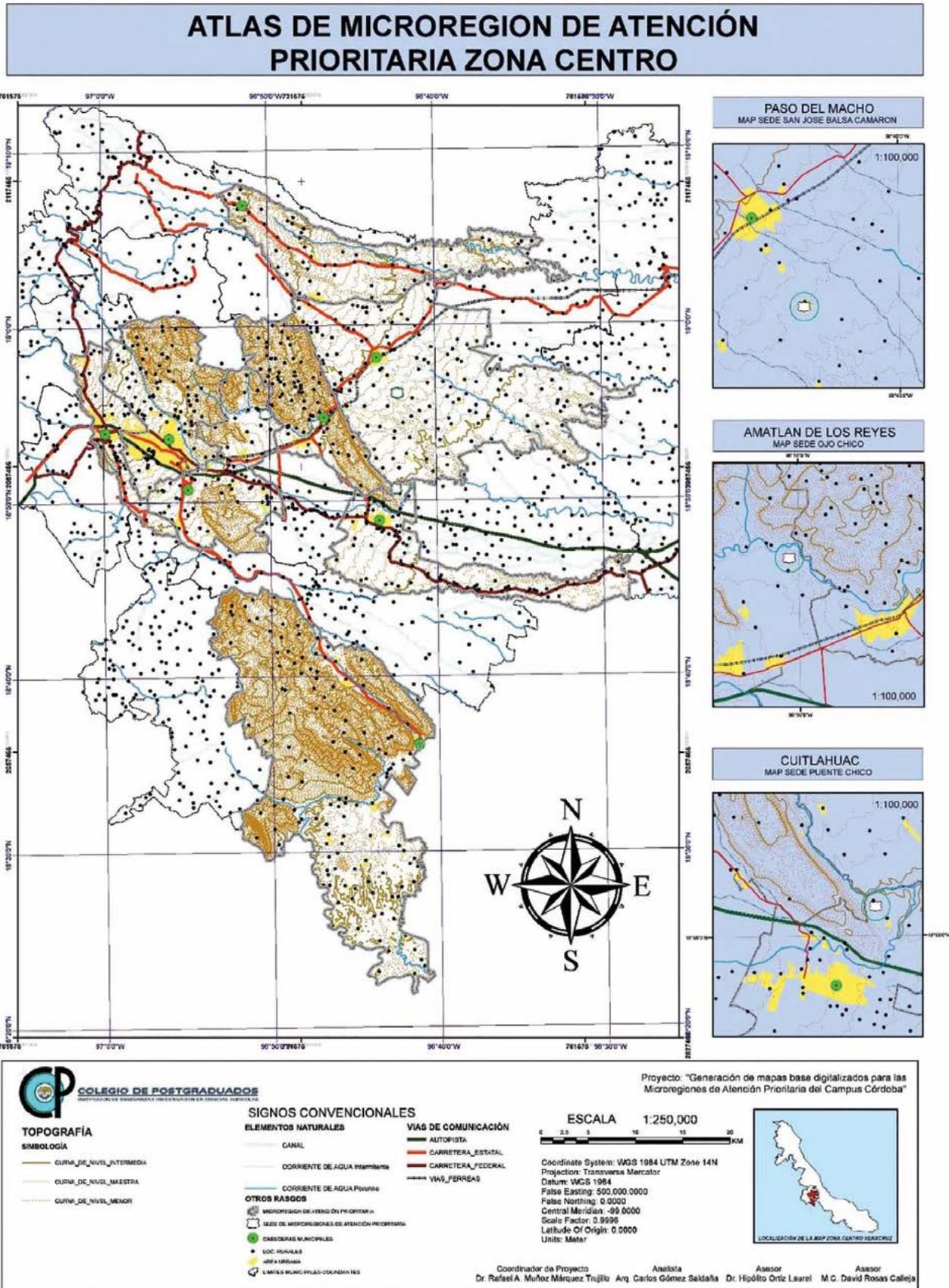


Figura 5. Carta Topografía MAP-ZC.