

# AGRO

PRODUCTIVIDAD

# AP

Efecto del cambio de uso de  
**SUELO**  
 sobre las propiedades edáficas  
 en La Sabana, Huimanguillo,  
 Tabasco, México  
 pág. 95

Año 12 • Volumen 12 • Número 7 • julio, 2019

Evaluación de óxido de calcio e hidróxido de calcio para la obtención de fibra de celulosa	3
Blanqueo de la fibra de celulosa de paja de caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.) con peróxido de hidrógeno	11
Artrópodos asociados a la inflorescencia de ginger rojo ( <i>Alpinia purpurata</i> (VIEILL.) K. SCHUM.) en plantaciones de Tabasco, México	19
Producción de biomasa y extracción de nutrimentos en una plantación de <i>Eucalyptus grandis</i> (Hill ex Maiden) Y <i>Eucalyptus urophylla</i> (S.T. Blake) en ultisoles de México	25
Determinación nutrimental de piña criolla ( <i>Ananas comosus</i> L. Merrill) en la sub-región de la Chontalpa Tabasco, México	31
Evaluación exploratoria del cultivo de la caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.): Enfoque del paisaje del desempeño	35

y más artículos de interés...

CONTENIDO

<b>3</b>	Evaluation of calcium oxide and calcium hydroxide for the obtaining of cellulose fiber / Evaluación de óxido de calcio e hidróxido de calcio para la obtención de fibra de celulosa
<b>11</b>	Bleaching of cellulose fiber from sugar cane ( <i>Saccharum</i> spp.) straw with hydrogen peroxide / Blanqueo de la fibra de celulosa de paja de caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.) con peróxido de hidrógeno
<b>19</b>	Arthropods associated with the inflorescence of the red ginger ( <i>Alpinia purpurata</i> (VIEILL.) K. SCHUM.) in plantations of Tabasco, Mexico / Artrópodos asociados a la inflorescencia de ginger rojo ( <i>Alpinia purpurata</i> (VIEILL.) K. SCHUM.) en plantaciones de Tabasco, México
<b>25</b>	Biomass production and nutrients uptake for <i>Eucalyptus grandis</i> (Hill ex Maiden) and <i>Eucalyptus urophylla</i> (S.T. Blake) plantation in Ultisols of Mexico / Producción de biomasa y extracción de nutrimentos en una plantación de <i>Eucalyptus grandis</i> (Hill ex Maiden) Y <i>Eucalyptus urophylla</i> (S.T. Blake) en ultisoles de México
<b>31</b>	Nutritional determination of piña criolla ( <i>Ananas comosus</i> L. Merrill) in the sub-region of the Chontalpa Tabasco, Mexico / Determinación nutrimental de piña criolla ( <i>Ananas comosus</i> L. Merrill) en la sub-región de la Chontalpa Tabasco, México
<b>35</b>	Exploratory Assessment of Sugarcane Crop ( <i>Saccharum</i> spp.): Performance Landscape Approach / Evaluación exploratoria del cultivo de la caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.): Enfoque del paisaje del desempeño
<b>43</b>	Peasant evaluation of the agroecological management of cocoa plantations ( <i>Theobroma cacao</i> L.) in Tabasco, Mexico / Evaluación campesina del manejo agroecológico de plantaciones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en Tabasco, México
<b>51</b>	Germination of the artificial sugarcane seed ( <i>Saccharum</i> spp.) / Germinación de la semilla artificial de caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.)
<b>57</b>	Evaluation of sugar cane ( <i>Saccharum</i> spp.) varieties introduced to the state of Quintana Roo, Mexico / Evaluación de variedades de caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.) introducidas al estado de Quintana Roo, México
<b>65</b>	Commercial value of chocolate homemade / Valor comercial del chocolate casero
<b>71</b>	Changes in the composition value of the stems of sugarcane ( <i>Saccharum</i> spp.) during the post-harvest storage / Cambios en la composición de la caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.) entera durante el almacenamiento post-cosecha
<b>79</b>	Vertical root distribution in six agroecosystems in a savanna's acrisol of Huimanguillo, Tabasco, Mexico / Distribución vertical de raíces en seis agroecosistemas en un acrisol de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México
<b>87</b>	Cultivation and incorporation of <i>Crotalaria juncea</i> L. in a sugarcane culture soil in the Chontalpa, Tabasco, Mexico / Cultivo e incorporación de <i>Crotalaria juncea</i> L. en un suelo cañero de la Chontalpa, Tabasco, México
<b>95</b>	Effect of land use change on the edaphologic properties in La Sabana, Huimanguillo, Tabasco, Mexico / Efecto del cambio de uso de suelo sobre las propiedades edáficas en La Sabana, Huimanguillo, Tabasco, México
<b>101</b>	Inefficiency of capsaicin to inhibit <i>in vitro</i> <i>Moniliophthora roreri</i> Cif & Par, causal agent of <i>Theobroma cacao</i> L. moniliasis / Ineficiencia de capsaicina para inhibir <i>in vitro</i> a <i>Moniliophthora roreri</i> Cif & Par, agente causal de moniliasis de <i>Theobroma cacao</i> L.
<b>107</b>	Near infrared spectroscopy (NIRS) in following the maturity of cultivation of sugar cane ( <i>Saccharum</i> spp.) / La espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) en el seguimiento de la madurez del cultivo de la caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.)
<b>115</b>	Evaluation of pest control products by sugarcane growers according to their social identification / Evaluación de productos de control biológico de plagas por cañeros según su identificación social

## Comité Científico

Dr. Giuseppe Colla  
University of Tuscia, Italia  
ORCID: 0000-0002-3399-3622

Dra. Magaly Sánchez de Chial  
Universidad de Panamá, Panamá  
ORCID: 0000-0002-6393-9299

Dra. Maritza Escalona  
Universidad de Ciego de Ávila, Cuba  
ORCID: 0000-0002-8755-6356

Dr. Kazuo Watanabe  
Universidad de Tsukuba, Japón  
ORCID: 0000-0003-4350-0139

Dra. Ryoko Machida Hirano  
Organización Nacional de Investigación en Agricultura y Alimentación (NARO-Japón)  
ORCID: 0000-0002-7978-0235

Dr. Ignacio de los Ríos Carmenado  
Universidad Politécnica de Madrid, España  
ORCID: 0000-0003-2015-8983

Dra. María de Lourdes Arévalo Galarza  
Colegio de Postgraduados, México  
ORCID: 0000-0003-1474-2200

Dra. Libia Iris Trejo Téllez  
Colegio de Postgraduados, México  
ORCID: 0000-0001-8496-2095

## Comité Editorial

Dr. Rafael Rodríguez Montessoro<sup>†</sup> — Director Fundador  
Dr. Jorge Cadena Iñiguez  
Dr. Fernando Carlos Gómez Merino  
Dr. Ángel Bravo Vinaja — Curador de metadatos  
M.A. Ana Luisa Mejía Sandoval  
M.C. María Isabel Iñiguez Luna  
M.C. Valeria Abigail Martínez Sias  
Lic. Hannah Infante Lagarda  
Biol. Valeria J. Gama Ríos  
Téc. Mario Alejandro Rojas Sánchez

## Directrices para Autores/as

**Naturaleza de los trabajos:** Las contribuciones que se reciban para su eventual publicación deben ser resultados originales derivados de un trabajo académico de alto nivel sobre los tópicos presentados en la sección de temática y alcance de la revista.

**Extensión y formato:** Los artículos deberán estar escritos en procesador de textos, con una extensión de 15 cuartillas, tamaño carta con márgenes de 2.5 centímetros, Arial de 12 puntos, interlineado doble, sin espacio entre párrafos. Las páginas deberán estar foliadas desde la primera hasta la última en el margen inferior derecho. La extensión total incluye abordaje textual, bibliografía, gráficas, figuras, imágenes y todo material adicional. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las secciones principales del artículo deberán escribirse en mayúsculas, negritas y alineadas a la izquierda. Los subtítulos de las secciones se escribirán con mayúsculas sólo la primera letra, negritas y alineadas a la izquierda.

**Exclusividad:** Los trabajos enviados a Agro Productividad deberán ser inéditos y sus autores se comprometen a no someterlos simultáneamente a la consideración de otras publicaciones; por lo que es necesario adjuntar este documento: Carta de originalidad.

**Frecuencia de publicación:** Cuando un autor ha publicado en la revista como autor principal o de correspondencia, deberá esperar tres números de ésta para publicar nuevamente como autor principal o de correspondencia.

**Idiomas de publicación:** Se recibirán textos en español con títulos, resúmenes y palabras clave en español e inglés.

**ID Autores:** El nombre de los autores se escribirán comenzando con el apellido o apellidos unidos por guion, sólo las iniciales del nombre, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Es indispensable que todos y cada uno de los autores proporcionen su número de identificador normalizado ORCID, para mayor información ingresar a (<https://orcid.org>).

**Institución de adscripción:** Es indispensable señalar la institución de adscripción y país de todos y cada uno de los autores, indicando exclusivamente la institución de primer nivel, sin recurrir al uso de siglas o acrónimos. Se sugiere recurrir al uso de la herramienta wayta (<http://wayta.scielo.org/>) de Scielo para evitar el uso incorrecto de nombres de instituciones.



Master Journal List



Año 12, Volumen 12, número 7, julio 2019, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados, Carretera México-Tezcoco Km. 36.5, Montecillo, Tezcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. [www.colpos.mx](http://www.colpos.mx). Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, M.C. Valeria Abigail Martínez Sias. Fecha de última modificación, 6 de agosto de 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

### Contacto principal

8 Jorge Cadena Iñiguez  
📍 Guerrero 9, esquina avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Tezcoco, Estado de México.  
✉ [agroproductividadeditor@gmail.com](mailto:agroproductividadeditor@gmail.com)

### Contacto de soporte

8 Soporte  
☎ 01(595) 928 4703  
✉ [agroproductividadesoporte@gmail.com](mailto:agroproductividadesoporte@gmail.com)

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.

**Anonimato en la identidad de los autores:** Los artículos no deberán incluir en ni en cuerpo del artículo, ni en las notas a pie de página ninguna información que revele su identidad, esto con el fin de asegurar una evaluación anónima por parte de los pares académicos que realizarán el dictamen. Si es preciso, dicha información podrá agregarse una vez que se acredite el proceso de revisión por pares.

**Estructura de los artículos:** Los artículos incluirán los siguientes elementos: Título, title, autores y adscripción, abstract, keywords, resumen, palabras clave, introducción, objetivos, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones y literatura citada en formato APA.

**Título:** Debe ser breve y reflejar claramente el contenido, deberá estar escrito en español e inglés. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en itálicas. No deberá contener abreviaturas ni exceder de 20 palabras, se usará solo letras mayúsculas, en negritas, centrado y no llevará punto final.

**Resumen y Abstract:** Deberá integrarse un resumen en inglés y español (siguiendo ese orden), de máximo 250 palabras, donde se destaque obligatoriamente y en este orden: a) objetivo; b) diseño / metodología / aproximación; c) resultados; d) limitaciones / implicaciones; e) hallazgos/ conclusiones. El resumen no deberá incluir citas, referencias bibliográficas, gráficas ni figuras.

**Palabras clave y Keywords:** Se deberá incluir una lista de 3 a 5 palabras clave en español e inglés que permitan identificar el ámbito temático que aborda el artículo.

**Introducción:** Se asentará con claridad el estado actual del conocimiento sobre el tema investigado, su justificación e importancia, así como los objetivos del trabajo. No deberá ser mayor a dos cuartillas.

**Materiales y Métodos:** Se especificará cómo se llevó a cabo la investigación, incluyendo el tipo de investigación, diseño experimental (cuando se traten de investigaciones experimentales), equipos, substancias y materiales empleados, métodos, técnicas, procedimientos, así como el análisis estadístico de los datos obtenidos.

**Resultados y Discusión:** Puede presentarse en una sola sección. En caso de presentarse de forma separada, la discusión debe enfocarse a comentar los resultados (sin repetirlos), en términos de sus características mismas, su congruencia con la hipótesis planteada y sus semejanzas o diferencias con resultados de investigaciones similares previamente realizadas.

**Conclusiones:** Son la generalización de los resultados obtenidos; deben ser puntuales, claras y concisas, y no deben llevar discusión, haciendo hincapié en los aspectos nuevos e importantes de los resultados obtenidos y que establezcan los parámetros finales de lo observado en el estudio.

**Agradecimientos:** Son opcionales y tendrán un máximo de tres renglones para expresar agradecimientos a personas e instituciones que hayan contribuido a la realización del trabajo.

**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. Se recomienda que los cuadros y ecuaciones se preparen con el editor de tablas y ecuaciones del procesador de textos.

**Uso de siglas y acrónimos:** Para el uso de acrónimos y siglas en el texto, la primera vez que se mencionen, se recomienda escribir el nombre completo al que corresponde y enseguida colocar la sigla entre paréntesis. Ejemplo: Petróleos Mexicanos (Pemex), después sólo Pemex.

**Elementos gráficos:** Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. 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. Las figuras deben numerarse

progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Figura 1. Título), y se colocarán en la parte inferior. Las fotografías deben ser de preferencia a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF O RAW. El autor deberá enviar 2 fotografías adicionales para ilustrar la página inicial de su contribución. Las gráficas o diagramas serán en formato de vectores (CDR, EPS, AI, WMF o XLS).

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

**Citas bibliográficas:** deberán insertarse en el texto abriendo un paréntesis con el apellido del autor, el año de la publicación y la página, todo separado por comas. Ejemplo (Zheng *et al.*, 2017). El autor puede introducir dos distintos tipos de citas:

**Citas directas de menos de 40 palabras:** Cuando se transcriben textualmente menos de 40 palabras, la cita se coloca entre comillas y al final se añade entre paréntesis el autor, el año y la página. Ejemplo:

Alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, (DOF, 2013), el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018 establece "Construir un nuevo rostro del campo sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo que garantice la seguridad alimentaria del país" (DOF, 2013).

**Citas indirectas o paráfrasis:** Cuando se interpretan o se comentan ideas que son tomadas de otro texto, o bien cuando se expresa el mismo contenido pero con diferente estructura sintáctica. En este caso se debe indicar el apellido del autor y el año de la referencia de donde se toman las ideas. Ejemplo:

Los bajos rendimientos del cacao en México, de acuerdo con Avendaño *et al.* (2011) y Hernández-Gómez *et al.* (2015); se debe principalmente a la edad avanzada de las plantaciones.

**Las referencias bibliográficas:** al final del artículo deberán indicarse todas y cada una de las fuentes citadas en el cuerpo del texto (incluyendo notas, fuentes de los cuadros, gráficas, mapas, tablas, figuras etcétera). El autor(es) debe revisar cuidadosamente que no haya omisiones ni inconsistencias entre las obras citadas y la bibliografía. Se incluirá en la lista de referencias sólo las obras citadas en el cuerpo y notas del artículo. La bibliografía deberá presentarse estandarizada recurriendo a la norma APA, ordenarse alfabéticamente según los apellidos del autor.

**De haber dos obras o más del mismo autor,** éstas se listan de manera cronológica iniciando con la más antigua. Obras de un mismo autor y año de publicación se les agregará a, b, c... Por ejemplo:

Ogata N. (2003a).

Ogata N. (2003b).

**Artículo de revista:**

Wang, P., Zhang, Y., Zhao, L., Mo, B., & Luo, T. (2017). Effect of Gamma Rays on *Sophora davidii* and Detection of DNA Polymorphism through ISSR Marker [Research article]. <https://doi.org/10.1155/2017/8576404>

**Libro:**

Turner J. (1972). Freedom to build, dweller control of the housing process. New York: Macmillan.

**Uso de gestores bibliográficos:** Se dará prioridad a los artículos enviados con la bibliografía gestionada electrónicamente, y presentada con la norma APA. Los autores podrán recurrir al uso de cualquier gestor disponible en el mercado (Reference Manager, Crossref o Mendeley entre otros), o de código abierto tal como Refworks o Zotero.

# Evaluation of calcium oxide and calcium hydroxide for the obtaining of cellulose fiber

## Evaluación de óxido de calcio e hidróxido de calcio para la obtención de fibra de celulosa

García-Alcocer, Nidia K<sup>1</sup>; Salgado-García, Sergio<sup>2\*</sup>; Córdova-Sánchez, Samuel<sup>1</sup>; Castañeda-Ceja, Raúl<sup>1</sup>; De la Cruz-Burelo, Patricia<sup>1</sup>; Turrado-Saucedo, José<sup>3</sup>

<sup>1</sup>División de Académica de Ciencias Básicas e Ingeniería-Universidad Popular de la Chontalpa. CA-QVyDS. Carretera Cárdenas Huimanguillo km 2, Ranchería Paso y Playa, C.P. 86529, H. Cárdenas, Tabasco. México. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, km 3.5 Periférico Carlos A. Molina S/N, C.P.86500, H. Cárdenas, Tabasco. México. Grupo MASCANA. <sup>3</sup>Departamento de Madera, Celulosa y Papel/ CUCEI. Universidad de Guadalajara. 45200 Zapopan, Jalisco. México.

\*Autor por correspondencia: salgados@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the use of calcium oxide and calcium hydroxide as an alternative reagent in the extraction of cellulose fiber.

**Design/methodology/approach:** Sugarcane straw of the variety Méx 69-290 (*Saccharum* spp.), dry and with a size of 40 mm in length, was used. For the extraction of the fiber, three reagents were evaluated, sodium hydroxide at 10%, calcium hydroxide at 10, 15, 20, 25 and 30%, calcium oxide at 5, 7.5 and 10%. The 9 treatments were performed using the completely randomized design with 5 and 4 repetitions, respectively. The method used to extract the cellulose fiber was the artisanal and 100 g of dry straw was used for each process.

**Results:** The obtaining of cellulose fiber and the yield of cellulose fiber with calcium hydroxide at a concentration higher than 25% was higher than that obtained with 10% sodium hydroxide. The characteristics of the sheets formed with the cellulose fiber extracted with 25% calcium hydroxide and 10% sodium hydroxide were similar and their quality. With the cellulose fiber obtained from calcium hydroxide at 25 and 30%, it was possible to make artisanal vessels with good consistency and beauty.

**Limitations of the study/implications:** The extraction of cellulose fiber with calcium hydroxide generates greater rejection of straw.

**Findings/conclusions:** The cellulose fiber extracted with calcium hydroxide allows the production of artisanal paper and vessels.

**Key words:** Sugar cane, artisanal paper.

### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el uso del óxido de calcio e hidróxido de calcio como reactivos alternativos en la obtención de fibra de celulosa.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se utilizó paja de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) de la variedad Méx 69-290, seca y con un tamaño de 40 mm de longitud. Para la extracción de la fibra se evaluaron tres reactivos, hidróxido de sodio al 10%, hidróxido de calcio al 10, 15, 20, 25 y 30%, y óxido de calcio al 5, 7.5 y 10%. Los nueve tratamientos, se realizaron usando un diseño completamente al azar con cinco y cuatro repeticiones, respectivamente. El método usado para extraer la fibra de celulosa fue el artesanal y para cada proceso se usó 100 g de paja seca.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 7, junio. 2019, pp: 3-9.

**Recibido:** diciembre, 2018. **Aceptado:** mayo, 2019.



**Resultados:** La obtención de fibra y el rendimiento de fibra de celulosa con hidróxido de calcio a una concentración mayor de 25%, fue superior a la obtenida con hidróxido de sodio al 10%. Las características de las hojas formadas con la fibra de celulosa extraída con hidróxido de calcio al 25% e hidróxido de sodio al 10% fueron similares y su calidad. Con la fibra de celulosa obtenida de hidróxido de calcio al 25 y 30% fue posible elaborar vasijas artesanales con buena consistencia y belleza.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** La extracción de fibra de celulosa con hidróxido de calcio genera mayor rechazo de paja.

**Hallazgos/conclusiones:** La fibra de celulosa extraída con hidróxido de calcio permite elaborar papel artesanal y vasijas.

**Palabras clave:** Caña de azúcar, papel artesanal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La paja de la variedad Méx 69-290, proviene del área de cosecha mecanizada de la Impulsora Agrícola, Ganadera y Comercial, SPR de RL de CV., en el Ejido La Esperanza en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, que abastece caña al Ingenio Pdte. Benito Juárez.

La paja se recolectó inmediatamente después de la cosecha mecánica, se colocó en bolsas de plástico negro, se trasladó al Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco, donde se dejó secar al aire libre durante una semana, extendiéndola sobre bolsas negras a manera que pudiera dispersarse y poder secarse con ayuda del sol. Posteriormente, se recortó manualmente con ayuda de tijeras, a un tamaño de aproximadamente 40 mm. Se pesaron muestras de 100 g y se embolsaron en bolsas de plástico.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, donde se evaluaron cinco concentraciones de hidróxido de calcio con cinco repeticiones cada uno, se incluyeron cuatro tratamientos adicionales: tres concentraciones de óxido de calcio con cuatro repeticiones y una con una concentración de hidróxido de sodio al 10% con cinco repeticiones (Cuadro 1). El trabajo experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de usos múltiples del Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco.

### Variables de estudios

**Fibra de celulosa.** Se utilizó el método artesanal (García-Estrada *et al.*, 2017). Los reactivos utilizados fueron de uso industrial y se utilizó agua corriente. Se colocaron 100 g de paja en una olla de peltre de una capacidad de 3.5 L con una tapa perforada, se le agregó el hidróxido

## INTRODUCCIÓN

Todas las metodologías para la obtención de fibras de celulosa en la producción de papel se basan en la separación de las fibras de la madera. Existen dos procesos principales para la obtención de estas fibras: el método alcalino y el método del sulfito. Este último se desarrolló inicialmente basado en el uso de bisulfito de calcio, un producto barato para la fabricación de pasta. Este proceso fue evolucionando a través de su uso e incorporando otros sulfitos y bisulfitos, pero con el paso del tiempo éste ha perdido terreno frente al método Kraft (Chávez y Domine, 2013). En el proceso con sulfitos se utiliza licor blanco; una mezcla de hidróxido de sodio (NaOH) y sulfuro de sodio (Na<sub>2</sub>S). El hidróxido de sodio degrada la lignina y el sulfuro de sodio acelera las reacciones de cocción y decrece la degradación de la celulosa causada por el hidróxido de sodio. La lignina hace que la pulpa se torne marrón durante la cocción. Debido a que los productos químicos de blanqueo son mucho más caros que los químicos de cocción, se trata de remover la lignina tanto como sea posible durante el proceso de cocción. Sin embargo, una remoción de lignina extensa causa que la degradación de la celulosa aumente. Esto decrece el rendimiento y la resistencia de la pulpa.

El hidróxido de sodio utilizado en el proceso Kraft es muy corrosivo, absorbe humedad del aire y cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. El propósito del pretratamiento con NaOH, es remover la lignina y la hemicelulosa y aumentar la porosidad del material (Cortinez, 2010), pero los reactivos utilizados suelen ser agresivos, y no solo para la fibra de celulosa, sino que también se convierten en un factor altamente contaminante (García-Estrada *et al.*, 2017). Es por ello que se ha buscado adecuar los métodos de extracción, donde: el pretratamiento sea eliminado, el reactivo utilizado sea menos agresivo, y el rendimiento sea similar. El hidróxido de calcio se utiliza como un floculante y bactericida; es empleado en los procesos de neutralización de ácidos sobrantes debido a que es una base muy fuerte, y puede utilizarse para producir papel artesanal, por ello, es necesario generar mayor información sobre la sustitución del hidróxido de sodio con el hidróxido de calcio como su principal componente para la obtención de las fibras de celulosa.

de calcio ya diluido de acuerdo a la concentración a utilizar, a manera que cubriera por completo la paja; se procedió a calentar en una parrilla eléctrica casera. Se agitó ocasionalmente con una pala de madera para evitar la precipitación de la mezcla y una vez que entró en estado de ebullición se tomó el tiempo y la temperatura con ayuda de un termómetro digital Raytek (minitemp), después de la ebullición se esperó una hora para retirar de la parrilla, durante esa hora se agitó constantemente y se tomó nuevamente la temperatura. Pasada la hora se retiró y se procedió a lavar con agua corriente.

La fibra de celulosa obtenida se colocó en un cedazo grande con malla metálica, bajo agua a presión, a manera que se pudieran realizar los lavados; la muestra se mantuvo bajo el chorro a presión hasta que las fibras de celulosa quedaron limpias. Se exprimieron las fibras de celulosa en el cedazo y se colocaron en charolas de aluminio de fondo plano, se distribuyó la fibra en toda la charola a manera de separarlas para poder realizar el secado en la estufa de aire forzado a una temperatura de 65 °C por 12 h; por último, se obtuvo el peso en seco de las fibras y se registró el dato.

### Variables de estudio

**Número de hojas de papel artesanal.** La elaboración de hojas de papel artesanal se llevó a cabo utilizando la técnica de elaboración de papel artesanal (Salgado *et al.*, 2017).

**Grosor.** La medición del espesor de las hojas se llevó a cabo con un vernier manual (MetroMex), registrando los datos en milímetros.

**Tamaño.** El tamaño de las hojas se determinó utilizando una regla de plástico con una longitud de 30 cm. Las medidas fueron registradas en centímetros. Los bordes obtenidos en las hojas no fueron totalmente regulares y algunos formaban pequeñas hendiduras, por lo que se midió la altura y el ancho de cada hoja tomando como punto de partida el borde más pequeño de cada lado. La medición se realizó en una mesa plana para obtener datos precisos.

**Gramaje.** El pesado de las hojas se realizó con una balanza analítica. Los pesos se obtuvieron en g/m<sup>2</sup> y se registraron por grupos.

**Vasijas artesanales.** La elaboración de las vasijas artesanales, a partir de las fibras de celulosa se llevó a cabo

en el área de autoclaves del Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco, utilizando como moldes algunos recipientes de vidrio, engrudo frío y papel vitrofil. Se utilizó la fibra de celulosa obtenida de los tratamientos con Hidróxido de Calcio al 25 y al 30% debido a que fueron las fibras con las mejores características, y para tener un punto de comparación se tomó también la fibra obtenida del tratamiento con Hidróxido de Sodio. El engrudo que se utilizó fue preparado a una dilución de 3:1, donde se utilizaron 3 tazas de agua por una de maizena<sup>®</sup>, para su preparación se calentaron dos tazas de agua, mientras que la tercera taza de agua se le agregó a la maicena mientras se agitaba con una pala de madera, cuando el agua estaba a punto de alcanzar su grado de ebullición se agregó la maizena<sup>®</sup> ya diluida y sin dejar de agitar se retiró del fuego. Se esperó a que enfriara para poderla utilizar. Las fibras de celulosa fueron rehidratadas para su mejor manejo. Los recipientes de vidrio que se utilizaron como molde se forraron con el papel vitrofilm para facilitar su separación. Teniendo todo listo se procedió a formar las vasijas artesanales. La fibra ya hidratada se sumergió en un recipiente con el engrudo frío y ya pasada por el engrudo se colocó sobre los moldes cubiertos con vitrofil a manera de que las fibras quedaran sobreexpuestas unas con otras para formar la unión de estas. Cuando se cubrió todo el molde con la fibra de celulosa se colocó al sol para facilitar su secado, cuando la pieza estaba totalmente seca se separó los recipientes de vidrio, el papel emplaye que quedó adherido a las fibras que formaban los moldes se retiró con cuidado y se colocó la vasija al sol nuevamente a manera que en esta ocasión el sol secase la parte de interna.

**Análisis estadístico.** Para las variables fibra de celulosa, rechazo, rendimiento fibra de celulosa, espesor de hoja, gramaje de hoja, largo y ancho de hoja, se realizó el análisis de varianza con el diseño completamente al azar y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, usando el paquete SAS versión 9.3.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fibra de celulosa

El análisis de varianza para la fibra de celulosa mostró diferencias altamente significativas en los tratamientos, con un coeficiente de variación de 11.99% indicativo del bajo error experimental (Cuadro 1). De acuerdo con la prueba de Tukey se formaron tres grupos, donde la mayor cantidad de fibra de celulosa se obtuvo con el tratamiento a base de óxido de calcio al 5% y la menor cantidad con hidróxido de sodio al 10%, el resto de los

tratamientos presentaron valores intermedios (Cuadro 1).

El rendimiento con hidróxido de sodio fue menor a los demás tratamientos debido a un mayor ataque hacia las fibras, dando como resultado una fibra más suave y manejable. Este resultado es menor al obtenido por García-Estrada *et al.* (2017) y López-Velázquez (2019), quienes obtuvieron 39% de fibra de celulosa utilizando paja de caña de azúcar molida a 4 mm; en este trabajo el tamaño de la paja fue de 40 mm.

Con respecto a los tratamientos de hidróxido de calcio al 25 y 30%, se registraron rendimientos de fibra de 51 y 58% respectivamente con características similares a la obtenida con hidróxido de sodio, igual de manejable, aunque con textura menos suave.

Con los tratamientos a base de óxido de calcio se obtuvo una fibra áspera y poco manejable, por lo que se descarta para este propósito. Con los tratamientos de hidróxido de calcio mayor de 25% se obtuvo una fibra similar al hidróxido de sodio, por lo tanto, puede utilizarse como un reactivo alternativo para la obtención de la fibra de celulosa. En los tratamientos con  $\text{Ca(OH)}_2$  y  $\text{CaO}$  se observó un porcentaje de residuo generado, el cual no se obtuvo en el grupo de  $\text{NaOH}$ , debido a que este reactivo sometió a las fibras a mayor ataque, de tal manera que no permitió que quedaran residuos de fibras sin separar (Cuadro 1).

El tratamiento con  $\text{Ca(OH)}_2$  al 20%, presenta el rechazo más alto de paja de caña, debido a que la paja no sufrió un ataque químico total. Lo ideal sería utilizar los tratamientos que produzcan mayor rendimiento y menor rechazo de paja. En la Figura 1 se presentan detalles de la fibra de celulosa obtenida en cada tratamiento.

**Figura 1.** Fibra de celulosa y rechazo obtenido por cada tratamiento. a). hidróxido de calcio 10%, b). hidróxido de calcio 15%, c). hidróxido de calcio 20%, d). hidróxido de calcio 25%, e). hidróxido de calcio 30% y f). hidróxido de sodio 10%.

**Cuadro 1.** Rendimiento de fibra de celulosa de caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

Tratamientos	Fibra de Celulosa (g)	Residuo (g)	Rendimiento total (%)
Hidróxido de Calcio 10%	58.4ab <sup>†</sup>	16.6ab	75.1a
Hidróxido de Calcio 15%	48.5bc	12.6b	61.2b
Hidróxido de Calcio 20%	48.6bc	24.3a	73.0a
Hidróxido de Calcio 25%	51.7ab	19.6ab	71.3ab
Hidróxido de Calcio 30%	58.8ab	14.7b	73.6a
Hidróxido de Sodio 10%	35.5c	0.0c	35.5c
Óxido de Calcio 5%	62.8a	16.2ab	79.0a
Óxido de Calcio 7.5%	60.7ab	13.7b	74.5a
Óxido de Calcio 10%	60.7ab	13.7b	74.5a
Media	53.4	14.6	68.1
CV(%)	11.9	28.6	7.2
Prob. de F de Tratamientos	0.0001**	0.0001**	0.0001**
DSM	13.9	9.1	10.7

<sup>†</sup>Las medias con la misma literal dentro de la columna son iguales estadísticamente. Tukey ( $P \leq 0.5$ ).

\*\* Altamente significativa.





## Hojas formadas artesanalmente

Los análisis de varianza realizados en las hojas de papel fueron cuatro, de los cuales el espesor, largo y ancho, presentaron diferencias altamente significativas con un coeficiente de variación de 44.6, 5.7 y 2.5% respectivamente. El gramaje fue la única variable que no presentó diferencia entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 15.7% (Cuadro 2).

El espesor registró la formación de tres grupos. Con el hidróxido de calcio al 10% se obtuvieron hojas con mayor espesor, debido a la característica de la fibra de celulosa obtenida. El tratamiento que presentó un espesor menor a la media y más cercano al espesor de las hojas de papel industrial (el cual fluctúa entre los 0.08 y 0.11 mm) fue el de hidróxido de calcio al 30%, seguido del tratamiento con hidróxido de calcio al 25%; los dos tratamientos están representados con la misma literal de acuerdo a la prueba Tukey. Cabe resaltar

**Cuadro 2.** Características de las hojas de papel artesanal.

Tratamientos	Espesor (mm)	Gramaje (g m <sup>2</sup> )	Largo (cm)	Ancho (cm)
Hidróxido de Calcio 10%	0.19a <sup>†</sup>	9.0a	22.7b	14.0b
Hidróxido de Calcio 15%	0.15ab	7.8a	26.8a	14.4ab
Hidróxido de Calcio 20%	0.12ab	7.7a	26.4a	14.8a
Hidróxido de Calcio 25%	0.11b	8.1a	26.6a	14.8a
Hidróxido de Calcio 30%	0.09b	8.0a	26.8a	14.7a
Hidróxido de Sodio 10%	0.12ab	7.6a	25.6a	14.5a
Media	0.1	8.1	25.9	14.5
CV(%)	44.6	15.7	5.7	2.5
Prob. de F de Trat.	0.0089**	0.2424NS	0.0001**	0.0001**
DSM	0.0771	1.6	1.9	0.4

<sup>†</sup>Las medias con la misma literal dentro de la columna son iguales estadísticamente. Tukey (P ≤ 0.5).

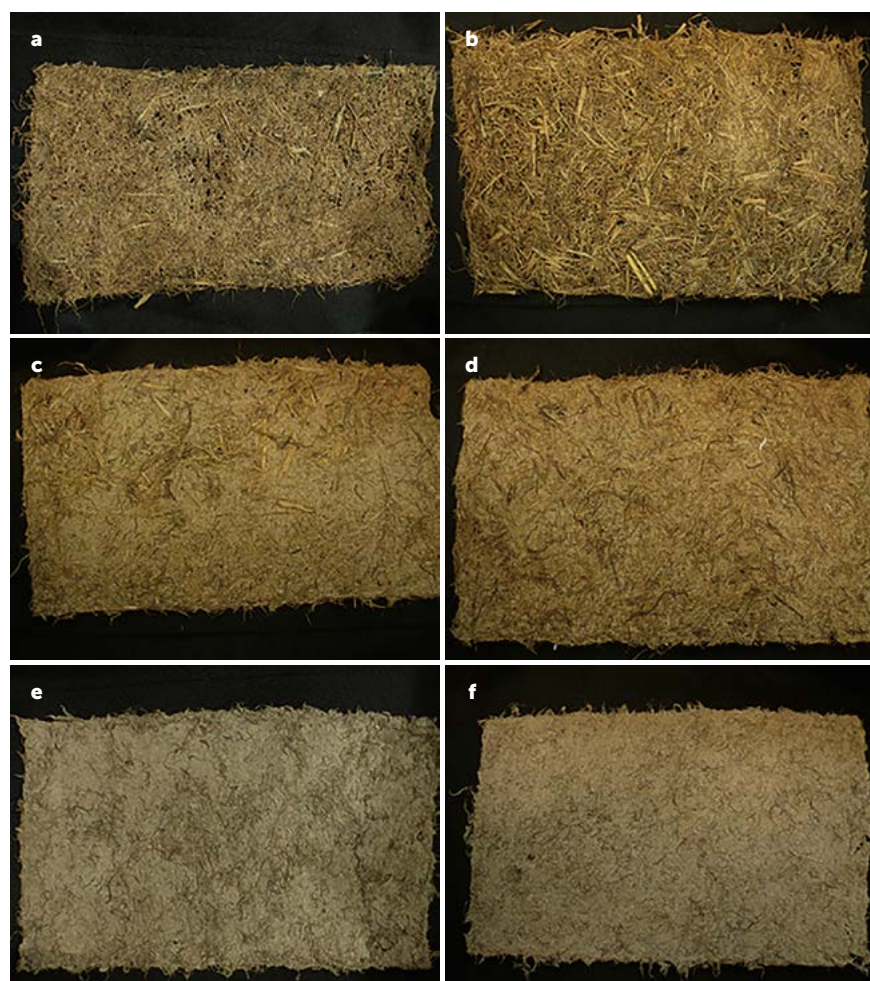
\*\* Altamente significativa, NS- No significativa.

que estos mismos tratamientos fueron los que permitieron obtener fibras de celulosa similares a las obtenidas con el hidróxido de sodio, por lo que se atribuye el espesor de la hoja a la característica de la fibra de celulosa con la que es realizada. El espesor de las hojas es similar

a los obtenidos por Salgado-García et al. (2017), quien obtuvo hojas con una media de 0.71 mm en sus tratamientos por método de pulpeo, y una media de 0.79 mm en sus tratamientos por método casero (Figura 2).

En cuanto al gramaje, no se observan diferencias significativas entre tratamientos, con un peso promedio de 8.1 g/m<sup>2</sup>, similar a la media de 8.42 g/m<sup>2</sup> obtenida por Salgado-García et al. (2017).

En la determinación del tamaño de las hojas se analizaron los parámetros, largo y ancho de cada hoja según los tratamientos. El largo se dividió en dos grupos (Cuadro 2), la hoja formada con la fibra de celulosa obtenida con hidróxido de calcio 10% fue menor al



**Figura 2.** Hojas formadas artesanalmente a partir de las fibras de celulosa obtenidas con Hidróxido de Calcio y de Sodio. a) Hidróxido de Calcio 10%, b) Hidróxido de Calcio 15%, c) Hidróxido de Calcio 20%, d) Hidróxido de Calcio 25%, e) Hidróxido de Calcio 30%, f) Hidróxido de Sodio 10%.

resto, mientras que, para ancho de hoja, se formaron dos grupos (Cuadro 2), los tratamientos con hidróxido de calcio al 10 y 15%, presentaron menor ancho en comparación al resto. Los bordes de las hojas obtenidas con el tratamiento de hidróxido de calcio al 10% fueron irregulares, lo que influyó en su largo y ancho, al tacto fueron rígidas y con poca capacidad de doblez, esto pudo haber influido también en su espesor y gramaje; sin embargo, los bordes de los tratamientos con hidróxido de calcio del 15 al 30% y con el hidróxido de sodio al 10% fueron más regulares y las hojas al tacto fueron más suaves y manejables, con la capacidad de doblez de una hoja de papel. Las hojas que más se asemejan a las obtenidas con el hidróxido de sodio fueron las obtenidas con hidróxido de calcio al 25 y al 30% (Figura 3).



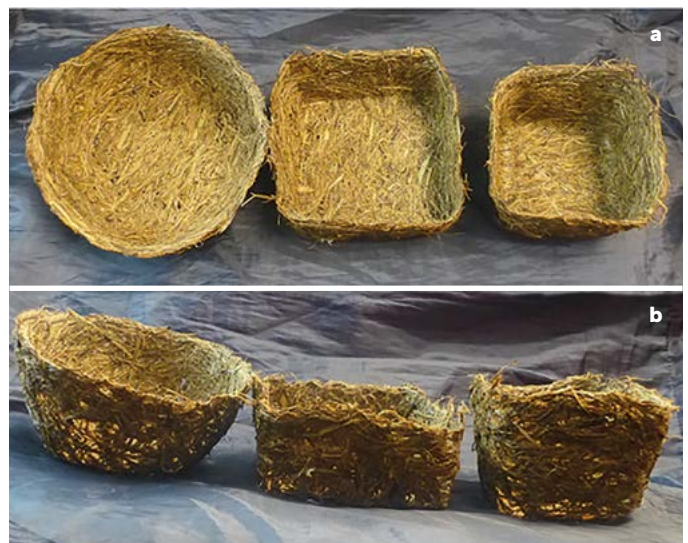
**Figura 3.** Comparación de la peor hoja con la mejor hoja obtenida de los tratamientos con Hidróxido de Calcio: a). Hidróxido de Calcio 10% y b). Hidróxido de Calcio 30%.

### Vasijas artesanales elaboradas con la fibra de celulosa

La fibra de celulosa obtenida con los tratamientos de hidróxido de calcio al 25 y 30% son las que permiten elaborar las vasijas artesanales de tipo redondo y cuadrado (Figura 4 y 5).

### CONCLUSIONES

La obtención de la fibra de celulosa con hidróxido de calcio a una concentración superior de 25% fue mayor a la obtenida con hidróxido de sodio al 10%, y también fue superior en rendimiento, pero en estos tratamientos el rechazo de paja fue mayor. Por lo que puede utilizarse como un reactivo alternativo para la obtención de la fibra de celulosa. Las características de las hojas formadas con la fibra de celulosa extraída con hidróxido de calcio mayor a 25% fue similar a las



**Figura 4.** Vasijas artesanales terminadas: a). Vista inferior y b). Vista exterior.



**Figura 5.** Vasijas artesanales decoradas.

obtenidas con hidróxido de sodio al 10%. Con la fibra de celulosa obtenida de hidróxido de calcio al 25 y 30% fue posible elaborar vasijas artesanales. Se descarta al óxido de calcio ya que su fibra fue áspera y poco manejable para elaborar hojas de papel y vasijas.

## LITERATURA CITADA

- Chávez, S.M. y Domine, M. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Av. Cien. Ing.* 4(4): 15-46.
- Cortínez, V.V.A. (2010). Comparación de pretratamientos en residuos forestales para la producción de bioetanol de segunda generación: hidrólisis ácida y líquidos iónicos. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 122 p.
- García-Estrada, Y., Salgado-García, S., Bolio-López, G.I., Córdova Sánchez, S., Lagunes-Espinoza, L.C., Falconi-Calderón, R., y Veleva, L. (2017). Métodos para extraer celulosa de la paja de caña de azúcar. *Agroproductividad*, 10(10):1-8.
- López-Velázquez, L.Y., Salgado-García, S., Bolio-López, G.I., Córdova Sánchez, S., Lagunes-Espinoza, L.C., Turrado-Saucedo, J., Saucedo-Corona, A.R., Falconi-Calderón, R. (2019). Contenido de celulosa de la paja de caña de azúcar. *ERA*, 16 p (en prensa).
- Salgado-García, S., Córdova Sánchez, S. Turrado Saucedo, J., Saucedo-Corona, A.R., Fuentes Martínez, J.G., García-Estrada, Y.; López-Velázquez, L.Y.; García-Alcocer, S.K. y García-Alcocer, N.K.(2017). Papel artesanal de paja de caña de azúcar. *Agroproductividad* 10(10): 30-38.





# Bleaching of cellulose fiber from sugar cane (*Saccharum* spp.) straw with hydrogen peroxide

## Blanqueo de la fibra de celulosa de paja de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con peróxido de hidrógeno

García-Alcocer, Shirley, K.<sup>1</sup>; Salgado-García, Sergio<sup>2\*</sup>; Córdova-Sánchez, Samuel<sup>1</sup>; Rincón-Ramírez, Joaquín A.<sup>2</sup>; Bolio-López, Gloria I.<sup>1</sup>; Castañeda Ceja, Raúl<sup>1</sup>; Saucedo-Corona, Alma R.<sup>3</sup>; Falconi-Calderón, Richart<sup>4</sup>; Valerio-Cárdenas, Cintya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Académica de Ciencias Básicas e Ingeniería-Universidad Popular de la Chontalpa. CA-QVyDS. Carretera Cárdenas Huimanguillo km 2, Ranchería Paso y Playa, C.P. 86529, H. Cárdenas, Tabasco. México. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, km 3.5 Periférico Carlos A. Molina S/N, C.P.86500, H. Cárdenas, Tabasco. México. Grupo MASCAÑA. <sup>3</sup>Departamento de Madera, Celulosa y Papel/ CUCEI. Universidad de Guadalajara. 45200 Zapopan, Jalisco. México. <sup>4</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-Cunduacán, DACB. Carretera Cunduacán-Jalpa km 1, Col. La Esmeralda, Cunduacán, Tabasco, México. C. P. 86690.

\*Autor por correspondencia: salgados@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** Optimize the treatment of cellulose bleaching, replacing the use of sodium hypochlorite with hydrogen peroxide.

**Design/methodology/approach:** A completely randomized design was used, the treatments were six processes of cellulose bleaching, which were carried out with 18 repetitions. To extract the cellulose, the artisanal method and 40 g of straw were used per treatment. The extraction and yield of cellulose and cellulose fiber, whiteness, crystallinity, granule size, purity of the cellulose and an economic analysis of the cost of the bleaching process were evaluated.

**Results:** The average cellulose fiber extracted was 14 g, meaning that the yield of cellulose fiber was 35%. The average cellulose was 8 g, which represents a yield of 39.9% cellulose. The whiteness with sodium hypochlorite was 86.6 %, with a crystallinity of 65.9% and the cellulose granule size was 2.6 nm, and with hydrogen peroxide whiteness was 83%, the crystallinity was 68 % and the average granule size was 2.7 nm, according to the XRD method. This means similarity in both bleaching process. According to the FTIR analysis, the cellulose bleached in both processes is similar to the cellulose structure.

**Limitations on study/implications:** Cellulose bleaching is more expensive with hydrogen peroxide process.

**Findings/conclusions:** The cellulose extracted from the sugar cane straw, bleached with hydrogen peroxide presents acceptable characteristics to produce artisanal paper.

**Keywords:** Cellulose, fiber, extraction, yield.

### RESUMEN

**Objetivo:** Optimizar el tratamiento de blanqueo de celulosa, sustituyendo el uso de hipoclorito de sodio por peróxido de hidrógeno.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se utilizó un diseño completamente al azar, con seis procesos de blanqueo de celulosa realizados con 18 repeticiones. Para extraer la celulosa se usó el método artesanal y 40 g de paja por tratamiento. Se evaluó la extracción y rendimiento de fibra de celulosa y celulosa, blancura, cristalinidad, tamaño de gránulo, pureza de la celulosa y un análisis económico del costo del proceso de blanqueo.

**Resultados:** El promedio de fibra de celulosa extraída fue de 14 g, esto significa que el rendimiento de fibra de celulosa fue 35%. El promedio de celulosa fue de 8 g que representa un rendimiento de 39.9% de celulosa. La blancura con hipoclorito de sodio fue del 86.6%, la cristalinidad de 65.9% y un tamaño de granulo de celulosa de 2.6 nm, y con peróxido de hidrógeno fue del 83%, la cristalinidad del 68% y el tamaño de granulo promedio fue 2.7 nm, según el método de XRD, indicando resultados similares. De acuerdo al análisis de FTIR, la celulosa blanqueada en ambos procesos, fue similar a la estructura de celulosa reportada en la literatura.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Se observó un costo más elevado en el blanqueo de la celulosa con el peróxido de hidrógeno.

**Hallazgos/conclusiones:** La celulosa de la paja de caña de azúcar blanqueada con peróxido de hidrógeno presenta características adecuadas para elaborar papel artesanal.

**Palabras claves:** Fibra de celulosa, extracción, rendimiento.

## INTRODUCCIÓN

La paja de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un residuo aprovechable cuando se usa correctamente. Su quema genera emisiones de CO<sub>2</sub>, emisión de partículas a la atmosfera en campo y fábrica, y se evita el reciclaje de nutrientes en el suelo (Salgado *et al.*, 2013). La producción potencial de paja de caña de azúcar es de 14 369 004 t anuales, de las cuales el 50% podrían ser utilizadas para la producción de papel comercial y artesanal, y con ello mejorar los ingresos económicos de los productores de caña de azúcar (García-Estrada *et al.*, 2017). El papel es muy importante en la vida cotidiana, por lo cual, generar acciones para su obtención a fin de aprovechar los recursos naturales es adecuado para un desarrollo sustentable. La obtención de papeles para impresión requiere de la eliminación de la lignina residual presentes en las pastas químicas con un proceso de blanqueo (Cadena, 2008). El blanqueo es un requisito esencial para la obtención de un alto grado de blancura, o bien, alto nivel de reflexión de la luz en el papel. A pesar de que el gas de cloro y el dióxido de cloro son extremadamente eficaces en el blanqueo de fibras de madera, las consideraciones ambientales han llevado a la eliminación gradual de dichas sustancias químicas en el proceso de blanqueo. Los compuestos de cloro no pueden neutralizarse completamente en la estación de tratamiento de efluentes de la fábrica. Por lo tanto, las aguas del proceso de blanqueo vertidas en ríos o mar contienen residuos de compuestos de cloro (como ejemplo dioxinas) que consumen oxígeno y destruyen los hábitats acuáticos (SCA, 2010). El objetivo del presente trabajo fue optimizar el proceso de blanqueo de fibra de celulosa de paja de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con peróxido de hidrógeno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La paja utilizada en este estudio fue recolectada del área de cosecha mecánica de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) variedad MEX-69-290, cultivada por Impulsora Agrícola, Ganadera y Comercial, S.P.R. de R.L. de C.V en el Ejido La Nueva Esperanza, Cárdenas, Tabasco, México. La paja fue trasladada al

Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, donde se extendió sobre bolsas negras de plástico para su secado. La paja se cortó manualmente con tijeras a un tamaño de 40 mm de largo. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, donde los tratamientos fueron seis procesos de blanqueo (Cuadro 1), que se realizaron con 18 repeticiones cada uno.

### Variables de estudio

**Fibra de Celulosa.** El proceso de extracción de fibra de celulosa se realizó utilizando como reactivo a la sosa caustica comercial y una muestra de 40 g de paja, de acuerdo al método artesanal (García-Estrada *et al.*, 2017).

**Celulosa.** El proceso de blanqueo constó de hidrólisis, cloración para eliminar lignina, y extracción alcalina, de acuerdo con García-Estrada *et al.* (2017). En esta etapa se usaron 20 g de fibra de celulosa. El blanqueo se realizó con dos reactivos, hipoclorito de sodio (NaClO) y peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). La celulosa obtenida se colocó en un vaso de precipitado de 1000 mL. Posteriormente, se le adicionaron 240 mL de solución preparada y se procedió a homogenizar durante una hora, utilizando un agitador de vidrio. Se realizaron ocho lavados con agua corriente, retirándose el exceso de agua, se desmenuzó y se colocó en charolas de aluminio, obteniendo la celulosa blanqueada. Después de reposar por 24 h a temperatura ambiente, se realizó un secado con la estufa de aire forzado a 65 °C por 24 h. Finalmente, se registró el peso seco de la muestra obtenida (Bolio-López *et al.*, 2011).

Para el blanqueo con hipoclorito de sodio, se utilizó una concentración

al 0.5% (15 mL de Cloralex® con 270 mL de agua potable purificada). Para los blanqueos con peróxido de hidrógeno se procedió de igual forma que con hipoclorito de sodio.

**Color.** El color se determinó con un colorímetro Hunter Lab MiniScan XE Plus®, utilizando un espacio de color CIE L\* a\* b\*. El valor L\* representa la claridad, el valor a\* representa el eje rojo/verde y el valor b\* representa el eje amarillo/azul (X-Rite, 2002). La técnica consistió en colocar el equipo calibrado sobre las muestras de celulosa de paja de caña de azúcar, efectuando la lectura en parámetros CIElab. Los resultados se obtuvieron atendiendo a los datos reflejados en el valor L\* y se compararon con los resultados obtenidos en las lecturas realizadas a una Hoja Scribe® con 99% de blancura, como muestra patrón.

### Caracterización de la celulosa

**La cristalinidad y el tamaño de los gránulos,** fue determinada con un difractor modelo D8 Advance (Bruker™). Para ello, se utilizó 1 g de muestra previamente molida en un Molino marca Wiley, con un tamiz de 2 mm. Los resultados obtenidos, se procesaron en el sistema EVA de Bruker™ con una base de datos PDF 2012. Los difractogramas se procesaron en el software Origin Pro 8 2014. El porcentaje de cristalinidad de las muestras se calculó con el modelo desarrollado por Segal et al. (1959) y el tamaño de gránulo, se calculó usando la ecuación de Scherrer (Cullity, 1978).

**La Pureza,** fue determinada por espectroscopia de infrarrojo (FTIR), con un equipo Nicolet ID5 ATR, utilizando las muestras molidas de la paja de caña de azúcar, así como las muestras de celulosa de paja de

caña de azúcar blanqueadas, tanto con hipoclorito de sodio, como con peróxido de hidrógeno.

### Formación de la hoja de papel artesanal

Se realizó con el uso de marcos de madera, con un tamaño de 21.4×34.2 cm y un grosor de 1.7 cm, así como un recipiente de plástico con un tamaño de 50×18 cm, según método de Salgado-García et al. (2017). Las hojas realizadas, se colocaron al aire libre bajo la sombra para su secado.

Para evaluar el color, rendimiento y celulosa, se utilizaron análisis de varianza de una vía, así como comparación múltiple de medias de Tukey, usando el software estadístico SAS versión 9.14. Para la extracción de fibra de celulosa (g) y el rendimiento de fibra de celulosa, se calculó el promedio y desviación estándar. Se determinó el costo de cada tratamiento de blanqueo, considerando la cantidad de reactivo utilizado y el precio del mismo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de extracción de fibra de celulosa obtenida fue de 14.0±1.2 g, menor al reportado por García-Estrada et al. (2017), quien obtuvo 15.73 g en la extracción. El promedio del rendimiento de la fibra de celulosa fue de 35±3.0%, que indica que se pierde 65% del peso inicial de la paja; este valor, es menor al reportado por García-Estrada et al. (2017), quien obtuvo un rendimiento del 39%, al usar un tamaño de paja de 4 mm.

Respecto a la obtención de celulosa, se observaron diferencias significativas (P<0.05) (g) y rendimiento (%) entre tratamientos, con un CV de 18.6% para ambas variables (Cuadro 1). El tratamiento con hipoclorito de sodio 0.5% fue igual a los tratamientos con 2, 4, 6 y 8% de peróxido de hidrógeno (Tukey, P≤0.05); mientras que la menor cantidad de celulosa se obtuvo con peróxido de hidrógeno al 10%. El peróxido puede sustituir al hipoclorito de sodio en el blanqueo. La media de 8.0 g de celulosa y 39.9% de rendimiento de celulosa de este experimento, fue menor a los valores reportados por García-Estrada et al. (2017), quien registró una media de celulosa de 9.3 g y una

**Cuadro 1.** Obtención de celulosa de *Saccharum* spp. y su rendimiento con seis tratamientos de blanqueo.

Tratamientos de blanqueo	Celulosa (g)	Rendimiento (%)	Blancura (%)
1. Hipoclorito de sodio 0.5%	9.0a	45.2a	86.6a <sup>†</sup>
2. Peróxido de Hidrógeno 2%	7.6ab	38.1ab	84.7ab
3. Peróxido de Hidrógeno 4%	7.8ab <sup>†</sup>	39.0ab	82.3bcd
4. Peróxido de Hidrógeno 6%	7.8ab	39.1ab	80.9cd
5. Peróxido de Hidrógeno 8%	8.5a	42.9a	80.0d
6. Peróxido de Hidrógeno 10%	7.0b	35.3b	83.7abc
Media	8.0	39.9	83.0
CV (%)	18.6	18.6	3.8
Prob. de F	0.0021**	0.0021**	0.0001**
DSM	1.4	7.2	3.0

<sup>†</sup>Medias con la misma literal dentro de la misma columna significa que no hay diferencia significativa entre ellas. \*\* Altamente Significativo, \* Significativo y NS No significativo.

media de rendimiento de 46.6%. En este caso se observó que todos los tratamientos con Peróxido de hidrógeno contribuyeron a una mayor degradación de la lignina y de hemicelulosa, aun cuando se usó un tamaño de paja de 40 mm.

En cuanto al color, se observaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) de blancura entre tratamientos, con bajo CV, de 3.8% (Cuadro 1). La blancura del tratamiento con hipoclorito de sodio al 0.5% fue similar a los tratamientos con 2, 4 y 10% de peróxido de hidrógeno (Figura 1). Por lo cual, la sustitución del hipoclorito de sodio por el peróxido de hidrógeno al 2% ofrece una eficiencia similar, y sugiere menor impacto al ambiente. Estos resultados coinciden con lo reportado por Vicente (2012), quien en su estudio de efectividad de blanqueo

de celulosa extraída de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) mediante el sistema tradicional coreano y dos sistemas químicos actuales (hipoclorito de sodio y peróxido de hidrógeno), reportó que los métodos de blanqueos actuales eran más eficientes que el método tradicional.

### Cristalinidad y tamaño de gránulo

**Cristalinidad.** Los difractogramas mostraron diferencias entre las intensidades del pico principal de las muestras de paja de caña y de la celulosa blanqueadas en los diferentes tratamientos (Figura 2), debido a las zonas amorfas que existen en las muestras de la paja de caña. Dicho efecto está asociado con una disminución de cristalinidad por los componentes no celulósicos (Arroyo, 2008). Los picos de mayor intensidad se encuentran en  $2\theta = 22.1^\circ$ , así como picos a  $2\theta = 15.8^\circ$ , y  $35.5^\circ$  (Figura 2),

siendo estos picos característicos correspondientes a la estructura de la celulosa, coincidiendo con lo reportado por Bolio *et al.* (2011) y García-Estrada *et al.* (2017).

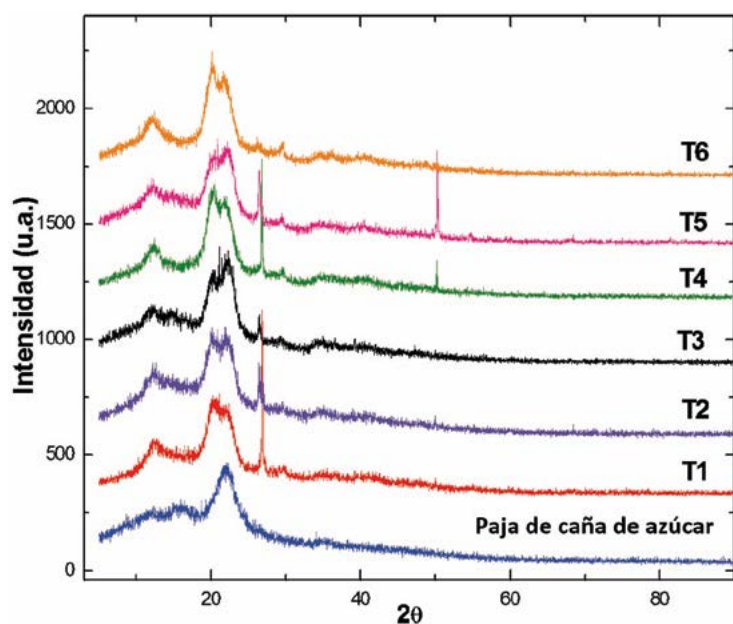
Los picos  $2\theta = 30^\circ$  y  $2\theta = 34.9^\circ$ , indicaron un cambio en la cristalinidad, debido al arreglo de los enlaces de hidrógeno que resultó en la transformación entre las fases de la celulosa nativa. El pico cristalino en  $2\theta = 26.8^\circ$  indicó aumento debido a la conversión entre celulosa ordenada y desordenada, ocasionada por el proceso de homogenización, ya que, en éste, las fibras se someten a altos esfuerzos de corte para destruir las zonas amorfas, alterando su proporción (Arroyo, 2008).

El porcentaje de cristalinidad de la muestra de paja de caña de azúcar fue de 46% (Cuadro 2), siendo este resultado menor al reportado por García-Estrada *et al.* (2017), quien obtuvo un 56% de cristalinidad de la paja de caña de azúcar. La cristalinidad aumentó en los tratamientos que recibieron el blanqueo. La mayor parte de los tratamientos a base de peróxido de hidrógeno superaron



**Figura 1.** Celulosa de *Saccharum* spp., blanqueada con: a) hipoclorito de sodio al 0.5%, b) celulosa blanqueada con peróxido de hidrógeno al 2%, y c) celulosa blanqueada con peróxido de hidrógeno al 4%.





**Figura 2.** Difractograma de las muestras de celulosa de la paja de *Saccharum* spp., y celulosa blanqueada en los tratamientos.

en cristalinidad al tratamiento con hipoclorito de sodio (Cuadro 2).

Lo anterior coincide con lo expuesto por Roy *et al.* (1994), quien al realizar estudios de cristalinidad por XRD a las fibras de yute, notó que a medida que eran blanqueadas, la cristalinidad aumentaba, debido a la eliminación de lignina y hemicelulosa durante la cocción y a la eliminación de celulosa menos ordenada. En este caso la mayor cristalinidad se obtuvo en los tratamientos de blanqueo con peróxido de hidrógeno al 4 y 8%, superando la cristalinidad de 64.24% para la celulosa blanqueada con hipoclorito de sodio reportada por García-Estrada *et al.* (2017).

El tamaño de gránulo de celulosa de la paja evaluada fue mayor a los tamaños de gránulos de la celulosa extraí-

da (Cuadro 2), presentando un tamaño de 3.8 nm, siendo mayor al reportado por García-Estrada *et al.* (2017), quienes obtuvieron un tamaño de gránulo de celulosa de la paja de caña de azúcar de 2.7 nm. En los tratamientos de blanqueo al 6 y 8% con Peróxido de hidrógeno, se observó una disminución de tamaño de gránulo en las muestras de celulosa blanqueada, mismos, que presentaron disminución en la blancura.

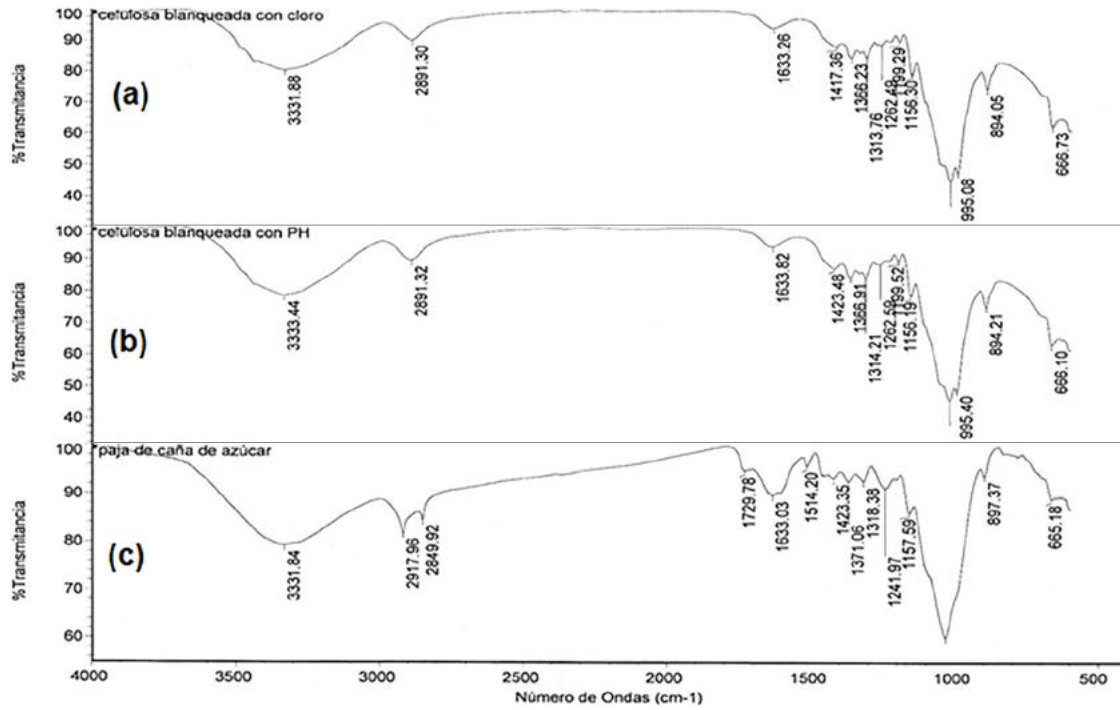
En cuanto a la pureza, los interferogramas de la muestra de celulosa de paja de caña de azúcar previamente molida (Figura 3a), se observaron bandas muy similares a las reportadas por García-Estrada *et al.* (2017). Se observó una banda en  $3331\text{ cm}^{-1}$  perteneciente al enlace Hidroxilo ( $^-\text{OH}$ ), así como una banda en  $2917.96\text{ cm}^{-1}$  correspondientes al estiramiento del enlace C-H de la celulosa y la hemicelulosa. De igual forma, se observó una banda en  $2849.92\text{ cm}^{-1}$  pertenecientes al enlace  $-\text{OCH}_3$  de la lignina; y una banda en  $1729.78\text{ cm}^{-1}$  la cual correspondió al estiramiento del enlace carbonilo ( $-\text{C}=\text{O}$ ). En  $1514.20\text{ cm}^{-1}$ , atribuido a que la paja de caña contiene celulosa, hemicelulosa y lignina.

Los espectros de celulosa blanqueada con peróxido de hidrógeno (Figura 3b), y celulosa blanqueada con cloro (Figura 3c), no presentaron diferencias en las bandas. Esto último sugiere que, en ambos tratamientos de blanqueo, se encuentra la misma conformación molecular, estructura cristalina (polimorfismo), así como la misma información de la naturaleza de los puentes de hidrógeno en la celulosa. En ningún tratamiento se observaron las bandas a  $1730\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a grupos  $\text{C}=\text{O}$  presentes en hemicelulosas y lignina, ya que fueron eliminadas eficientemente con los tratamientos, sugiriendo que se obtuvo celulosa pura de la paja de caña de azúcar (Mina, 2012).

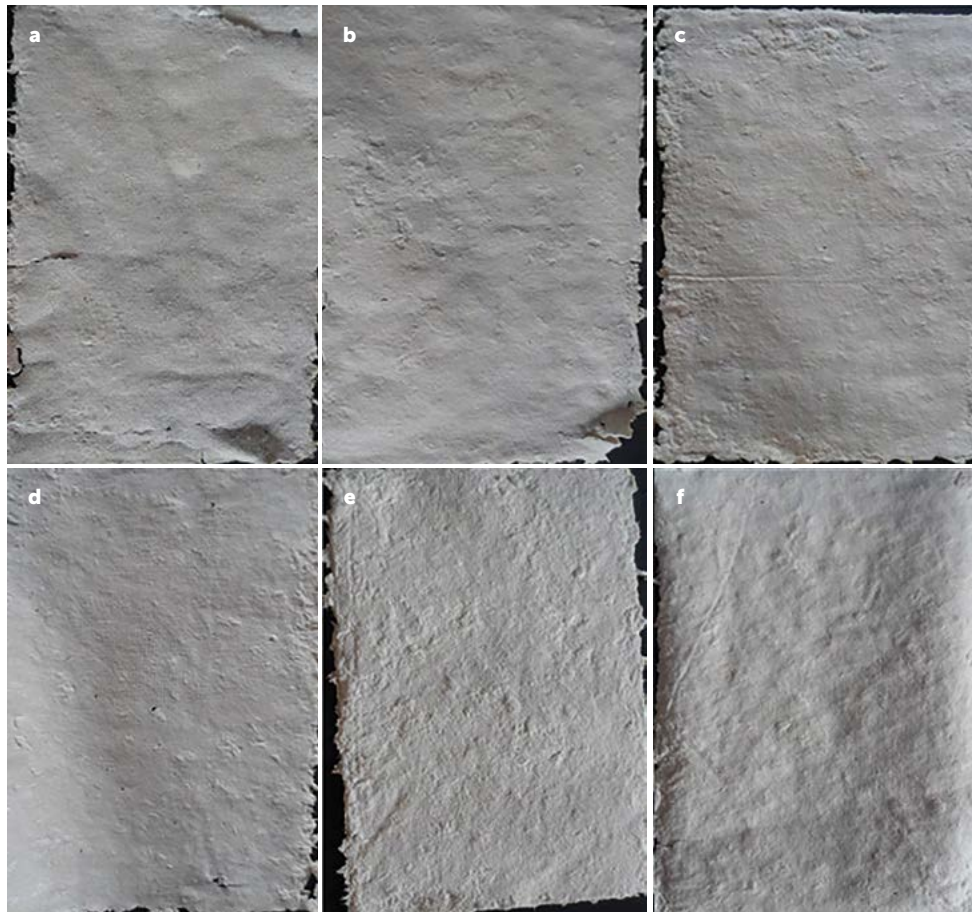
El tamaño de las hojas de papel artesanal formadas fue de  $15 \times 27\text{ cm}$  (Figura 4), con un peso promedio de 12.1 g y un grosor promedio de 0.2 mm; y respecto a la comparación de costos, el peróxido al 35% grado reactivo, tuvo un precio de \$10.00 USD, mientras que el hipoclorito de sodio Cloralex<sup>®</sup> de 1L cuesta en el

**Cuadro 2.** Cristalinidad de celulosa de *Saccharum* spp., con seis tratamientos de blanqueo

Tratamiento	Intensidad		Cristalinidad (%)	Tamaño de gránulo (nm)
	Máxima	Mínima		
1. Hipoclorito de sodio 0.5%	349.47	119.28	65.86	2.6
2. Peróxido de Hidrógeno 2%	360.29	157.60	56.25	2.7
3. Peróxido de Hidrógeno 4%	371.96	69.63	81.28	3.3
4. Peróxido de Hidrógeno 6%	385.33	68.98	82.09	2.5
5. Peróxido de Hidrógeno 8%	352.02	110.56	68.59	2.4
6. Peróxido de Hidrógeno 10%	406.86	92.27	77.32	2.7
Paja de caña de azúcar	357	636.7	46.08	3.8
Media			68.21	2.7



**Figura 3.** Interferogramas de las muestras de celulosa de *Saccharum* spp. a) Celulosa de la paja de caña de azúcar, b) celulosa blanqueada con peróxido de hidrógeno y c) celulosa blanqueada con hipoclorito de sodio.



**Figura 4.** Hojas formadas: a) hoja formada con tratamiento 1, b) hoja formada con tratamiento 2, c) hoja formada con tratamiento 3, d) hoja formada con tratamiento 4, e) hoja formada con tratamiento 5 y f) hoja formada con tratamiento 6.

mercado \$0.50 USD. El T1, en el cual se utiliza hipoclorito de sodio, es más económico que los demás tratamientos de blanqueo; no obstante, el T2 realizado con peróxido de hidrógeno, presentó mayor blancura.

## CONCLUSIONES

**El rendimiento** de fibra de celulosa fue 35% usando un tamaño de paja de 40 mm. El hipoclorito de sodio puede ser sustituido por el peróxido de hidrógeno ya que la cantidad extraída de celulosa, blancura, cristalinidad, tamaño del granulo y pureza es similar. La celulosa blanqueada con ambos métodos permitió formar hojas de papel artesanal de buena calidad. Al utilizar peróxido de hidrógeno de uso industrial el costo del blanqueo sería similar al del hipoclorito de sodio.

## LITERATURA CITADA

- Arroyo R. K. (2008). Biocompuestos de almidón termoplástico con microfibras de celulosa. Tesis de Maestría en Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional-Unidad Altamira, Tamps, México.
- Bolio, L. G. I., Valadez, G. A., Veleva, L. y Andreeva, A. (2011). Whiskers de celulosa a partir de residuos agroindustriales de banano: obtención y caracterización. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 10(2): 291-299.
- Cadena, C. E.M. (2008). Estudio del refinado de pastas de papel utilizando métodos biotecnológicos (enzimas). Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de Ingeniería Textil y Papelera. Terrassa.
- Cullity, B.D. (1978). *Elements of X-Ray Diffraction*, second edition, Addison- Wesley, New York.
- García-Estrada, Y., Salgado, G.S., Bolio, L.G.I., Córdova, S.S., Lagunes, E.L.C., Falconi, C.R., y Veleva, L. (2017). Métodos para extraer celulosa de la paja de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agroproductividad* 10(11):54-59.
- Mina, J. (2012). Caracterización físico-mecánica de un almidón termoplástico (tps) de Yuca y análisis interfacial con fibras de fique. Popayán. *Rev. Bio. Agro.* 10(2): 99-109.
- Roy, A. K., Jain, A. K. and Sen, S. K. (1994). X-ray diffraction studies of Jute stick treated with some pulping and bleaching agents. *Cellulose Chemistry and Technology* 28(2): 121-127.
- Salgado, G. S., Lagunes, E. L. C., Núñez, E. R., Ortiz, G. F., Bucio, A. L., y Aranda I. E. M. (2013). CAÑA DE AZUCAR: Producción sustentable. BBA, Colegio de Postgraduados-Mundi Prensa.
- Salgado, G.S., Córdova, S. S., Turrado, S.J., Saucedo, C.A.R., Fuentes, M.J.G., García, E.Y., López, V.L.Y., García, A.S.K., y García, A.N.K. (2017). Papel artesanal de paja de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agroproductividad* 10(11): 48-53.
- SCA. (2010). "Fabricación de papel". Soporte técnico de los papeles para SCA Publication Papers. 16 p. Consultado 10 Noviembre de 2016. <https://www.sca.com/globalassets/papper/media/brochyer/papermaking-esp>
- Segal, L., Creely, J. J., Martin, A. E. and Conrad, C. M. (1959). An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer, *Textile Research J.* 29(10): 786-794.
- Vicente, P. S., Namgoung, S. Yusá, M. D. J., Montesinos, F. E. M. y Fuster, L. L. (2012). Estudio de la efectividad de blanqueo en el tejido de algodón mediante el sistema tradicional coreano y dos sistemas químicos actuales. *Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV.* (6-7): 399-404.
- X-Rite. (2002). Guía para Entender la Comunicación del Color. Consultado el 7 de Febrero de 2016 en: [http://www.mcolorcontrol.com/archivos/L10-001\\_Understand\\_Color\\_es.pdf](http://www.mcolorcontrol.com/archivos/L10-001_Understand_Color_es.pdf)



# Arthropods associated with the inflorescence of the red ginger (*Alpinia purpurata* (VIEILL.) K. SCHUM.) in plantations of Tabasco, Mexico

## Artrópodos asociados a la inflorescencia de ginger rojo (*Alpinia purpurata* (VIEILL.) K. SCHUM.) en plantaciones de Tabasco, México

Sánchez-Soto, Saúl<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Río Seco y Montaña Segunda Sección, C.P. 86402, Huimanguillo, Tabasco, México.

\*Autor por correspondencia: sssoto@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To identify the arthropods that are associated with the inflorescence of *Alpinia purpurata* in commercial plantations of the state of Tabasco, Mexico, as well as to determine the population fluctuation of the most abundant arthropods.

**Design/methodology/approach:** Biweekly samplings were carried out during 12 months in three plantations located in Comalcalco, Centro and Teapa municipalities.

**Results:** 22,911 specimens of arthropods belonging to the classes Insecta, Arachnida, Malacostraca and Diplopoda were obtained. The insects constituted the most numerous group (96.8%), which was represented basically by ants (Hymenoptera: Formicidae), aphids (Hemiptera: Aphididae) and mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae), constituting 94.7% of the total arthropods. The population fluctuation of these insects was relatively different in one plantation with respect to the others, but they remained in the inflorescences during the 12 months of study.

**Limitations/implications:** Because the quantity of arthropods collected was considerably high, it was not possible to determine the specimens at taxonomic levels lower than those reported here.

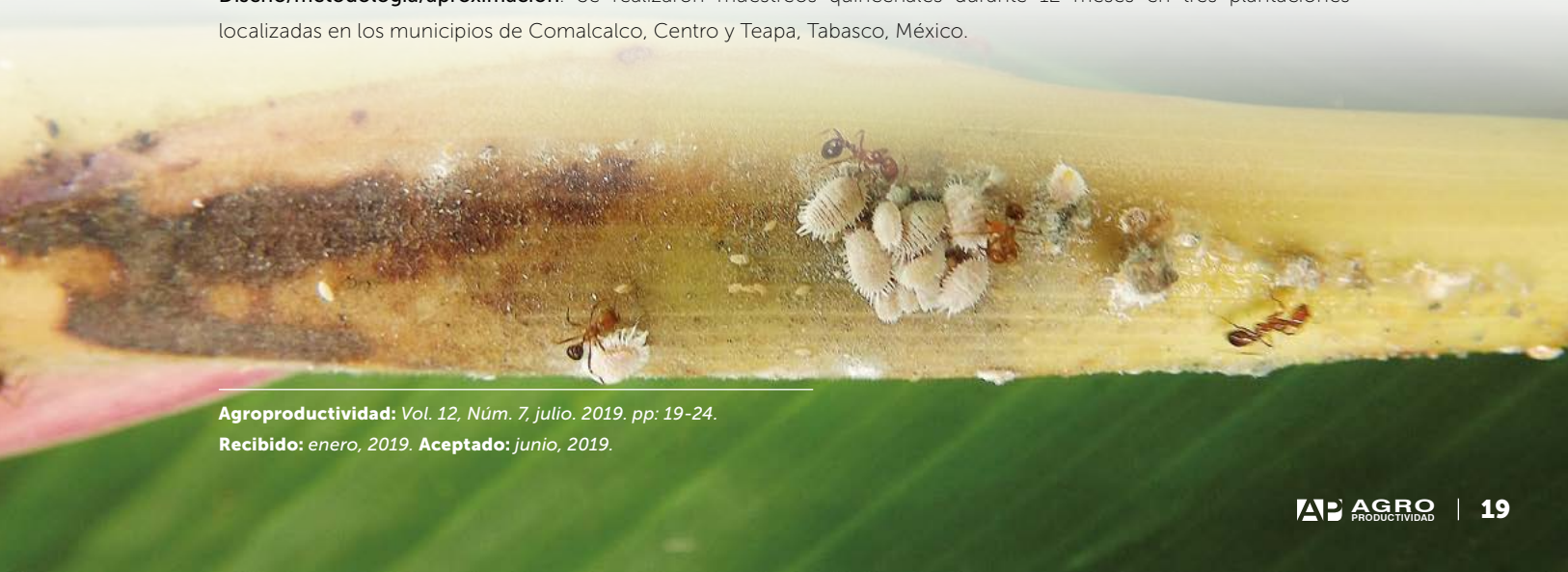
**Findings/conclusions:** The ants, aphids and mealybugs were the most abundant arthropods, and they were present throughout the year. Because they infest the inflorescences, they are considered pests of the ginger crop in the state of Tabasco. These insects are pests of ginger in other producing countries, and they are commonly the cause of rejection of the product destined for export.

**Keywords:** Zingiberaceae, Arthropoda, pests.

### RESUMEN

**Objetivo:** Identificar los artrópodos que se asocian a la inflorescencia de *Alpinia purpurata* en plantaciones comerciales del estado de Tabasco, México, así como determinar la fluctuación poblacional de los más abundantes.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se realizaron muestreos quincenales durante 12 meses en tres plantaciones localizadas en los municipios de Comalcalco, Centro y Teapa, Tabasco, México.



**Resultados:** Se obtuvieron 22,911 especímenes de artrópodos pertenecientes a las clases Insecta, Arachnida, Malacostraca y Diplopoda. Los insectos constituyeron el grupo más numeroso (96.8%), el cual estuvo representado básicamente por hormigas (Hymenoptera: Formicidae), pulgones (Hemiptera: Aphididae) y piojos harinosos (Hemiptera: Pseudococcidae), que en conjunto constituyeron el 94.7% del total de artrópodos. La fluctuación poblacional de estos insectos fue relativamente diferente en cada plantación, pero permanecieron en las inflorescencias durante los 12 meses de estudio.

**Limitaciones/implicaciones:** Debido a que la cantidad de artrópodos recolectados fue considerablemente alta, no fue posible identificar los especímenes a niveles taxonómicos inferiores a los que aquí se reportan.

**Hallazgos/conclusiones:** Las hormigas, pulgones y piojos harinosos fueron los artrópodos más abundantes, y se presentaron todo el año. Debido a que infestan las inflorescencias se consideran plagas del cultivo de ginger en el estado de Tabasco. Estos insectos son plagas del ginger en otros países productores, y comúnmente son la causa de rechazo del producto destinado a la exportación.

**Palabras clave:** Zingiberaceae, Arthropoda, plagas.

inflorescencias limitando la efectividad de los productos de contacto (Hata *et al.*, 1995). Además de incrementar los costos de producción del cultivo, la aplicación frecuente de insecticidas químicos puede crear resistencia, afectar el medio ambiente y la salud de las personas (Blanco-Metzler, 2007). El objetivo del presente trabajo consistió en identificar los artrópodos, a nivel de clase y orden, que se asocian a la flor de *A. purpurata*, así como determinar la fluctuación poblacional de los más abundantes, en plantaciones comerciales del estado Tabasco, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres plantaciones de flores tropicales. La primera se localizó en Norte 1a. Sección, municipio de Comalcalco, a 16 km de la costa del Golfo de México (18° 17' 40.62" N, 93° 12' 25.18" O); la segunda en Tumbulushal, municipio de Centro, a 67 km de dicha costa (17° 49' 46.04" N, 92° 55' 35.25" O), y la tercera en Hermenegildo Galeana 2da. Sección, municipio de Teapa, a 84 km de la misma costa (17° 40' 25.36" N, 92° 58' 43.15" O) (Figura 1). La distancia en línea recta entre la primera y

## INTRODUCCIÓN

**El ginger** (*Alpinia purpurata*) es una planta originaria del Pacífico Sur que se cultiva ampliamente en regiones tropicales y subtropicales debido a su popularidad como planta ornamental y de corte (Kobayashi *et al.*, 2007). Un factor que limita la comercialización de ginger rojo está constituido por los insectos que infestan las brácteas de las inflorescencias, pues su presencia ocasiona el rechazo del producto destinado a la exportación (Hata y Hara, 1992).

En Tabasco, México, el cultivo comercial de ginger y de otras flores tropicales comenzó hace aproximadamente 27 años; sin embargo, se carece de información básica sobre sus características productivas (Saldaña y Hernández *et al.*, 2013). En este contexto, el conocimiento de los organismos que se asocian al cultivo de ginger constituye un aspecto básico para el manejo del mismo, especialmente para el manejo integrado de las especies plaga (Norris *et al.*, 2003; Broglio-Michelett *et al.*, 2011). Esto es particularmente importante considerando que los insecticidas aplicados en el campo por sí solos no eliminan las plagas del ginger, las cuales se alojan dentro de las brácteas de las



**Figura 1.** Localización de las plantaciones. Tabasco, México (Google Earth).

segunda plantación fue de 59 km, entre la primera y tercera de 73 km, y entre la segunda y tercera de 18 km (Google Earth).

El Cuadro 1 presenta las características de las plantaciones (superficie, arreglo topológico de plantas, árboles de sombra y cultivos adyacentes) y de la zona donde se localizaron (clima, variación isotermal, variación pluvial, suelos dominantes y uso del suelo) (INEGI, 2017).

Se realizaron muestreos quincenales durante 12 meses, de septiembre de 2010 a agosto de 2011. En cada plantación se delimitó un área con 100 cepas de ginger rojo, a las cuales no se les aplicó insecticidas durante el tiempo de estudio. En cada muestreo se eligieron al azar 20 cepas y de cada una se obtuvo una inflorescencia elegida al azar, de modo que en cada plantación se recolectaron 20 inflorescencias por fecha de muestreo, con excepción de la ranchería Norte 1a. Sección, Comalcalco, y Galeana 2da. Sección, Teapa, donde, en algunas ocasiones debido a la escasez de inflorescencias, la cantidad obtenida fue menor de 20. Cada inflorescencia se removió de la planta mediante una tijera de podar, realizando el corte a la altura de la base de la segunda hoja más próxima a ella, y se confinó en una bolsa de polietileno transparente de 5 L de capacidad.

Las muestras se colocaron en un refrigerador a temperatura de 10 °C, donde permanecieron de 3 a 7 d, luego se retiraron y se procedió a recolectar los invertebrados presentes en las mismas, empleando para ello un microscopio estereoscópico, pinzas entomológicas y un pincel humedecido con alcohol. Los organismos se colocaron

**Cuadro 1.** Características de las plantaciones y de la zona donde se localizaron.

	Norte 1a.	Tumbulushal	Galeana 2 <sup>da</sup>
Superficie (ha)	6	5	2
Arreglo de plantas	5×1 m	2×1 m	2×1 m
Árboles de sombra	cedro <sup>1</sup> palma real <sup>2</sup> y macuilis <sup>3</sup>	cedro y neem <sup>4</sup>	cedro
Cultivos adyacentes	heliconias <sup>5</sup>	heliconias y cacahuatillo <sup>6</sup>	heliconias
Clima	Am <sup>7</sup>	Af <sup>8</sup>	Af
Variación isotermal (°C)	26 - 28	24 - 26	24 - 26
Variación pluvial (mm)	1500 - 2000	2500 - 3000	3000 - 3500
Suelos dominantes	vertisol y gleysol	gleysol	luvisol y gleysol
Uso del suelo	agricultura y pastizal	pastizal y agricultura	agricultura y pastizal

<sup>1</sup>*Cedrela odorata* L., <sup>2</sup>*Roystonea* sp., <sup>3</sup>*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., <sup>4</sup>*Azadirachta indica* A. Juss., <sup>5</sup>*Heliconia* spp., <sup>6</sup>*Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg., <sup>7</sup>cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, <sup>8</sup>cálido húmedo con lluvias todo el año.

en frascos de vidrio con alcohol al 70%. La preparación e identificación de los artrópodos se realizó en el laboratorio de entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, consultando Minelli y Ruffo (1985), Lincoln y Sheals (1989), Mille-Pagaza *et al.* (1993), y Triplehorn y Johnson (2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los 12 meses de evaluación se realizaron 25 muestreos en cada plantación. Se recolectaron 1,483 inflorescencias, de las cuales 484, 500 y 499 correspondieron a la plantación de Norte 1a., Tumbulushal y Galeana 2a., respectivamente. Se obtuvieron 22,911 especímenes de artrópodos pertenecientes a las clases Insecta, Arachnida, Malacostraca y Diplopo-

da, siendo los insectos el grupo más numeroso con 22,187 ejemplares, lo que correspondió al 96.8% del total de artrópodos (Cuadro 2).

La clase Insecta estuvo representada básicamente por los órdenes Hymenoptera y Hemiptera, que en conjunto comprendieron el 98.2% del total de insectos (Cuadro 3). Esta clase se reconoce porque sus integrantes tienen el cuerpo dividido en tres regiones (cabeza, tórax y abdomen), la cabeza tiene un par de ojos compuestos, un par de antenas y tres pares de terminaciones bucales; el tórax posee tres pares de patas y con frecuencia dos pares de alas; el abdomen solo posee terminaciones rudimentarias o carece de ellas. Este grupo es el

**Cuadro 2.** Número de especímenes de cuatro clases de artrópodos recolectados en inflorescencias de *Alpinia purpurata* de septiembre de 2010 a agosto de 2011, en tres localidades de Tabasco, México.

Clase	Norte 1a. Número (%)	Tumbulushal Número (%)	Galeana 2 <sup>da</sup> . Número (%)	Total	%
Insecta	7678 (97.4)	9505 (97.6)	5004 (94.6)	22187	96.8
Arachnida	195 (2.5)	126 (1.3)	283 (5.3)	604	2.6
Malacostraca	8 (0.1)	90 (0.9)	3 (0.06)	101	0.4
Diplopoda	1 (0.01)	18 (0.2)	0	19	0.08
Total	7882 (100)	9739 (100)	5290 (100)	22911	100

más numeroso de los artrópodos y de todo el reino animal; se conocen más de un millón de especies descritas. Presentan diversos hábitos alimenticios y muchas especies constituyen plagas importantes para la agricultura (Minelli y Ruffo, 1985; Mille-Pagaza *et al.*, 1993; Triplehorn y Johnson (2005).

La Clase Arachnida estuvo compuesta por la subclase Acari (ácaros) y los órdenes Araneae (arañas) y Pseudoscorpionida (pseudoscorpiones). Los especímenes obtenidos correspondieron casi en su totalidad a los dos primeros grupos, representando el 99.8% de dicha clase (Cuadro 4). Los arácnidos se reconocen porque en la mayoría de ellos el cuerpo se divide con claridad en dos regiones (cefalotórax y abdomen); los apéndices comprenden un par de quelíceros, un par de pedipalpos y cuatro pares de patas; dorsalmente presentan un número variable de ojos en posición media y/o lateral; el abdomen es de forma variable y lleva vestigios de apéndices. Son principalmente terrestres y varios grupos, como las arañas (Araneae), son depredadores de vida libre (Lincoln y Sheals, 1989; Mille-Pagaza *et al.*, 1993).

La clase Malacostraca estuvo representada por las cochinillas de humedad pertenecientes al orden Isopoda y suborden Oniscidea. Son isópodos terrestres que se reconocen por su exoesqueleto rígido, segmentado y calcáreo, y por poseer siete pares de patas. Requieren de ambientes húmedos y se alimentan por lo general de detritos (Minelli y Ruffo, 1985; Lincoln y Sheals, 1989; Mille-Pagaza *et al.*, 1993).

La clase Diplopoda, cuyos miembros se conocen comúnmente como milpiés, es un grupo de artrópodos terrestres que se caracterizan por poseer el cuerpo alar-

**Cuadro 3.** Número de especímenes de diferentes órdenes de la clase Insecta recolectados en inflorescencias de *Alpinia purpurata* de septiembre de 2010 a agosto de 2011, en tres localidades de Tabasco, México.

Orden	Norte 1a. Número (%)	Tumbulushal Número (%)	Galeana 2 <sup>da</sup> . Número (%)	Total	%
Hymenoptera	4316 (56.2)	6448 (67.8)	2832 (56.6)	13596	61.3
Hemiptera	3268 (42.6)	2882 (30.3)	2046 (40.9)	8196	36.9
Coleoptera	32 (0.41)	70 (0.73)	85 (1.7)	187	0.84
Blattodea	26 (0.33)	45 (0.47)	0	71	0.32
Orthoptera	7 (0.09)	11 (0.11)	11 (0.22)	29	0.13
Diptera	4 (0.05)	12 (0.12)	11 (0.22)	27	0.12
Dermaptera	1 (0.01)	2 (0.02)	1 (0.02)	4	0.02
otros	24 (0.31)	35 (0.37)	18 (0.36)	77	0.35
Total	7678 (100)	9505 (100)	5004 (100)	22187	100

gado con numerosos segmentos circulares; la cabeza presenta un par de antenas y aparato bucal masticador similar al de los insectos; el tronco posee dos pares de patas en cada uno de sus segmentos. Se encuentran sobre todo en los trópicos, donde se alimentan principalmente de plantas muertas, aunque algunas especies pueden alimentarse de plantas vivas (Minelli y Ruffo, 1985; Lincoln y Sheals, 1989; Mille-Pagaza *et al.*, 1993).

Como ya se mencionó, la gran mayoría de los artrópodos asociados a las inflorescencias de *A. purpurata* en las tres localidades son insectos de los órdenes Hymenoptera y Hemiptera. El primero estuvo representado casi exclusivamente por hormigas (Formicidae), pues de 13,596 especímenes de este orden (Cuadro 3), 13,571 (99.8%) correspondieron a esta familia. El orden Hemiptera estuvo conformado mayormente por pulgones (Aphididae) y piojos harinosos (Pseudococcidae), ya que de 8,196 ejemplares de este orden (Cuadro 3), 4,960 (60.5%) fueron de Aphididae y 3,167 (38.6%) de Pseudococcidae. En conjunto, ambas familias representaron 99.1% de todos los ejemplares de Hemiptera, con 8,127 individuos recolectados. Considerando la cantidad total de artrópodos recolectados en las tres plantaciones (22,911 especímenes), la cantidad de hormigas (13,571), pulgones (4,960) y piojos harinosos (3,167) sumaron en conjunto 21,698 especímenes, es decir, el 94.7% del total de artrópodos.

Lo anterior demuestra que las hormigas, pulgones y piojos harinosos son los artrópodos más abundantes en las inflorescencias de *A. purpurata* en las tres plantaciones.

**Cuadro 4.** Número de especímenes de tres grupos de la clase Arachnida recolectados en inflorescencias de *Alpinia purpurata* de septiembre de 2010 a agosto de 2011, en tres localidades de Tabasco, México.

Grupo	Norte 1a. Número (%)	Tumbulushal Número (%)	Galeana 2 <sup>da</sup> . Número (%)	Total	%
Araneae	138 (70.8)	104 (82.5)	130 (45.9)	372	61.6
Acari	56 (28.7)	22 (17.5)	153 (54.1)	231	38.2
Pseudoscorpionida	1 (0.5)	0	0	1	0.2
Total	195 (100)	126 (100)	283 (100)	604	100

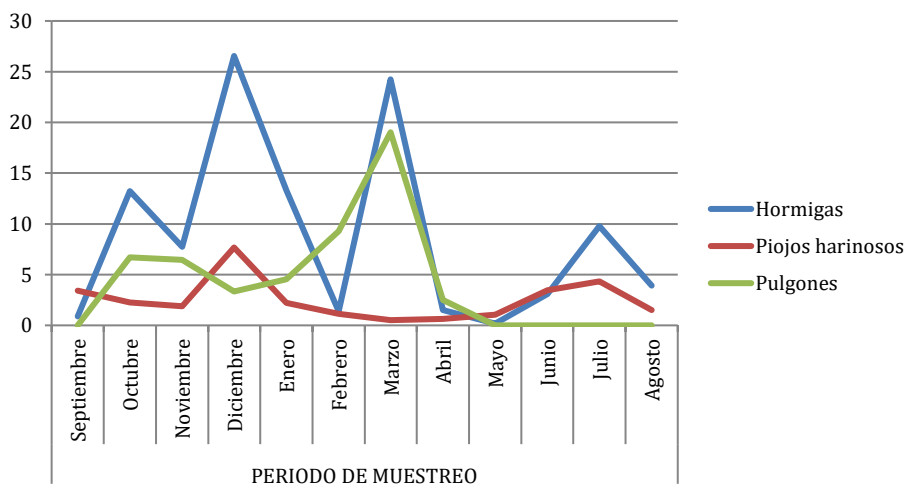


Estos tres grupos de insectos constituyen en general las principales plagas de este cultivo en otros países productores, y son comúnmente la causa de rechazo del producto destinado a la exportación (Hata y Hara, 1992; Hata *et al.*, 1995; Ostos-García, 2006; Blanco-Metzler, 2007; Kobayashi *et al.*, 2007; Broglio-Micheletti *et al.*, 2011). Los piojos harinosos, al igual que los pulgones, se alimentan de savia, y en altas poblaciones causan el debilitamiento de los órganos y provocan decoloración del follaje acompañado de necrosis en el borde de las hojas. Además, producen una sustancia dulce que sirve de sustrato para el desarrollo de hongos (*Capnodium*) que inducen la fumagina sobre el follaje, lo cual reduce la tasa fotosintética. Esta sustancia dulce también sirve de alimento para las hormigas (Figura 2), las cuales llegan a establecer sus nidos sobre las plantas (Ostos-García, 2006; Palma-Jiménez *et al.*, 2019).



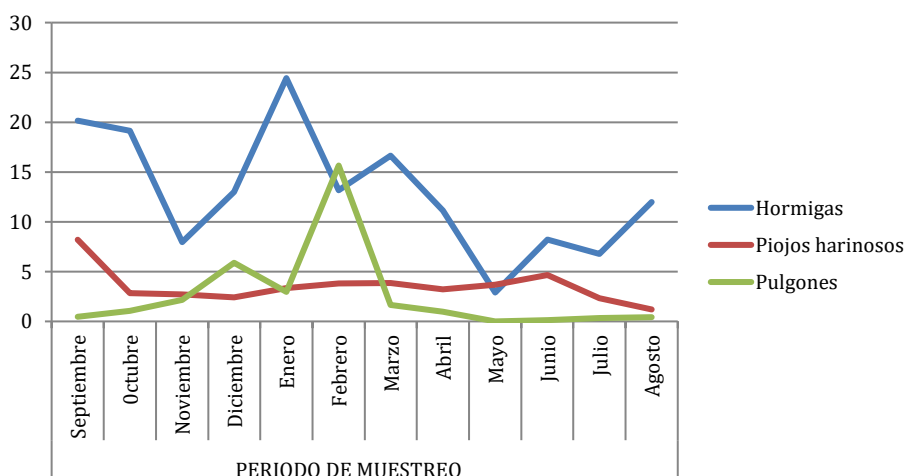
**Figura 2.** Hormigas asociadas con piojos harinosos en *Alpinia purpurata*.

La fluctuación poblacional de estos tres grupos de insectos fue relativamente diferente en cada localidad (Figura 3-5), lo cual se debió posiblemente a las diferencias de clima, características del paisaje y manejo agronómico en cada plantación (Ostos-García, 2006); sin embargo, estos artrópodos estuvieron presentes en el cultivo durante los 12 meses de estudio (Figura 3-5). La presencia de hormigas al parecer estuvo asociada básicamente a la presencia de pulgones y piojos harinosos.



**Figura 3.** Promedio mensual del total de especímenes por inflorescencia en Norte 1a. Seción, Comalcalco (sep. 2010-ago. 2011).

En los meses de abril y mayo, que corresponden a la época del año con menor precipitación en Tabasco (Moguel y Molina, 2000), los pulgones y hormigas registraron disminución de sus poblaciones en las tres localidades (Figura 3-5). Los piojos harinosos mostraron algo parecido en la plantación de Norte 1a. (Figura 3), pero no en las otras localidades (Figura 4 y 5). De acuerdo con Ostos-García (2006), en América Central la abundancia de piojos harinosos en las inflorescencias de *A. purpurata* se ve afectada considerablemente por la época del año, siendo mayor en la época seca y menor en la época de lluvias.



**Figura 4.** Promedio mensual del total de especímenes por inflorescencia en Tumbulushal, Centro (sep. 2010-ago. 2011).

## CONCLUSIONES

Se encontraron diversos grupos de artrópodos asociados a la inflorescencia de *A. purpurata*. Las hormigas, pulgones y piojos harinosos fueron los más abundantes, y se presentaron durante todo el año. Debido a que infestan las inflorescencias, se consideran plagas del cultivo de ginger en el estado de Tabasco. Para favorecer el manejo de estas plagas, se sugiere realizar un estudio que permita identificar las especies, conocer sus hábitos, y su relación con factores bióticos y abióticos del sistema de producción.

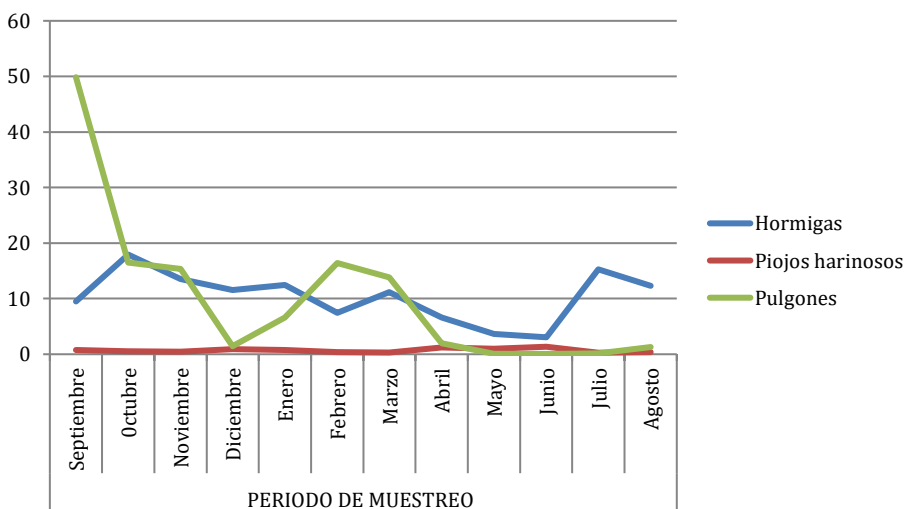


Figura 5. Promedio mensual del total de especímenes por inflorescencia en Galeana 2da. Sección, Teapa (sep. 2010-ago. 2011).

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Mixto CONACYT - Gobierno del Estado de Tabasco, y a la Asociación de Productores de Flores y Follajes Tropicales S. de R.L. de C.V., por el financiamiento y apoyo para la realización del trabajo. A los revisores anónimos por sus valiosas sugerencias que mejoraron la presentación del trabajo.

## LITERATURA CITADA

Blanco-Metzler, H. (2007). Manejo de *Cholus pilicauda* (Coleoptera: Curculionidae) en flores de ginger (*Alpinia purpurata*). *Agronomía Costarricense* 31(1): 95-100.

Broglio-Micheletti, S.M.F., Campello-Diniz, M.C., Silva-Dias, N.D., Nascimento de Araújo, A.M., Girón-Pérez, K. & Silva-Madalená, J.A.D. (2011). Insectos asociados a *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. (Zingiberaceae) en Maceió y Rio Largo (AL), Brasil. *Revista Caatinga* 24(1): 1-8.

Hata, T.Y. & Hara, A.H. (1992). Evaluation of insecticides against pests of red ginger in Hawaii. *Tropical Pest Management* 38(3): 234-236. doi: 10.1080/09670879209371697

Hata, T.Y., Hara, A.H., Hu, B.K.S., Kaneko, R.T. & Tenbrink, V.L. (1995). Excluding pests from red ginger flowers with insecticides and pollinating, polyester, or polyethylene bags. *Journal of Economic Entomology* 88(2): 393-397.

INEGI (2017). Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 440 p.

Kobayashi, K.D., McEwen, J. & Kaufman A.J. (2007). Ornamental ginger, red and pink. University of Hawai'i at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resource. 8 p.

Lincoln, R.J. & Sheals, J.G. (1989). Invertebrados: Guía de captura y conservación. Ed. McGraw Hill - Interamericana. Madrid, España. 205 p.

Mille-Pagaza, S.R., Parra-Alcocer, M.J. & Pérez-Chi, A. (1993). Guía para la identificación de invertebrados. Ed. Trillas. México, D.F. 465 p.

Minelli, A. & Ruffo, S. (1985). Nueva enciclopedia del reino animal: Invertebrados 1. Ed. Promexa. México, D.F. 178 p.

Moguel, O.E.J. & Molina E.J.F. (2000). La precipitación pluvial en Tabasco y Chiapas. *Kukulkab* 5(10): 1-8.

Norris, R.F., Caswell-Chen, E.P. & Kogan, M. (2003). Concepts in Integrated Pest Management. Prentice Hall, New Jersey. 586 p.

Ostos-García, A.E. (2006). Influencia de características del paisaje y prácticas de manejo sobre la incidencia de cochinillas (Hemiptera) en *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. Tesis de maestría en ciencias. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 65 p.

Palma-Jiménez, M., Blanco-Meneses, M. & Guillén-Sánchez, C. (2019). Las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y su impacto en el cultivo de musáceas. *Agronomía Mesoamericana* 30(1): 281-298. doi: 10.15517/am.v30i1.32600

Saldaña y Hernández, M.I., Regino-Gómez, J.M.P., Álvarez, J.D., Pérez, J. & Ortiz, C.F. (2013). The socioeconomic and technical status of cut flower producers in Tabasco, Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria* 40(1): 5-15.

Triplehorn, C.A. & Johnson, N.F. (2005). Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Thomson Brooks/Cole. USA. 864 p.



# Biomass production and nutrients uptake for *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) and *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) plantation in Ultisols of Mexico

## Producción de biomasa y extracción de nutrimentos en una plantación de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) Y *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) en ultisoles de México

Palma-López, David J.<sup>1</sup>; Mercado-Zapata, Francisco J.<sup>1</sup>; Palma-Cancino, David J.<sup>2\*</sup>; Jasso-Mata, Jesús<sup>3</sup>; Carillo-Ávila, Eugenio<sup>4</sup>; Salgado-García, Sergio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados campus Tabasco, Cárdenas, Tabasco, México, C.P. 86500. <sup>2</sup>Universidad Politécnica del Golfo de México, Paraíso, Tabasco, México, C.P. 86600. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56230. <sup>4</sup>Colegio de Postgraduados campus Campeche, Campeche, Campeche, México, C.P. 24450.

\*Autor por correspondencia: plusdpc@gmail.com

### ABSTRACT

**Objective:** Compare biomass production and nutrients accumulation in a plot of *Eucalyptus grandis* and a plot of *Eucalyptus urophylla* on four sites of study.

**Design/methodology/approach:** The soils were classified for each site and the biomass productivity in each plantation was evaluated. Soils samples were extracted in each site to determined soil fertility and nutrient uptake by the eucalyptus trees.

**Results:** Site A soil was classified has a Plinthudult, site B was a Rhodudult, site C was a Plinthohumult, and site D was a Paleudult. *E. grandis* on site C produced lower amount of biomass than sites A, B and D. *E. urophylla* produced statistically different amount of biomass on each site. Nutrient extraction was statistically lower in sites A and C than in sites B and D.

**Limitations/implications:** Great adaptability to tropical climate and Ultisols limit the result extrapolation.

**Findings/Conclusions:** Biomass production and nutrient extraction in eucalyptus plantations are directly related to site quality establish in soil classification.

**Keywords:** savanna, soils taxonomy, site quality, soil aptitude.

### RESUMEN

**Objetivo:** Comparar la producción de biomasa y la acumulación de nutrimentos en un lote de *Eucalyptus grandis* y otro de *Eucalyptus urophylla* en cuatro sitios.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se clasificaron los suelos de cada sitio y se evaluó la productividad de biomasa en cada uno. Se extrajeron muestras de suelo para determinar su fertilidad y extracción de nutrimentos por parte de los árboles de eucaliptos.

**Resultados:** El suelo del sitio A se clasificó como Plinthudult, del sitio B como un Rhodudult, el sitio C como Plinthohumult, y el sitio D como un Paleudult. *E. grandis* en el sitio C, produjo menor cantidad de biomasa en comparación con la producción obtenida en los sitios A, B y D, mientras que *E. urophylla* produjo cantidades de biomasa estadísticamente diferentes en cada uno de los sitios. La extracción de N, P, K, Ca y Mg fue estadísticamente menor en los sitios A y C en comparación con los sitios B y D.

**Limitaciones/implicaciones:** La gran capacidad de adaptación (invasión) del género *Eucalyptus* a los climas tropicales y a los Ultisoles restringe la extrapolación de los resultados obtenidos.

**Hallazgos/Conclusiones:** La producción de biomasa, así como la extracción de nutrimentos se encuentra relacionada directamente con la calidad del sitio determinado en la clasificación del suelo.

**Palabras clave:** sabana, taxonomía de suelos, calidad de sitio, aptitud edáfica.

otras (Juárez-Palacios *et al.*, 2013; Palma-López *et al.*, 2015). El objetivo de esta investigación fue determinar la cantidad de biomasa total acumulada en árboles de *E. grandis* y *E. urophylla* en cuatro tipos de suelos, además de contribuir al conocimiento sobre la cantidad de nutrientes que son extraídos por la planta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético utilizado estuvo constituido por el lote G-17562 de *E. grandis* y el lote U-14431 de *E. urophylla*, ambos procedentes de plantaciones mejoradas de Queensland, Australia, y el Archipiélago de Indonesia, respectivamente. El trabajo se realizó en cuatro sitios; el primero (A) se ubicó en Las Choapas, Veracruz, México, mientras los otros tres (B, C y D) fueron localizados en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México, los cuales se encuentran ubicados entre los 17° 46' y 17° 54' N, y 93° 48' y 94° 09' O. El área se ubica en una serie de lomeríos que poseen un clima Af(m) de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García (2004), lo cual se refiere a que tiene un clima cálido húmedo con lluvias en todo el año con una precipitación media anual de 2,250 mm. En cada sitio se realizó un perfil con el objetivo de clasificar los suelos de acuerdo a la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2014). En los sitios fueron plantadas ambas especies, en un periodo de una semana. El tamaño de parcela fue de 441 m<sup>2</sup> y los árboles se establecieron a una distancia de 3×3 m (marco real) (González *et al.*, 2005).

Para conocer la producción de biomasa y la extracción de nutrientes dentro de los diferentes lotes en

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de las especies de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) son originarias de Australia y de las islas de la Polinesia; estas grandes masas de tierra fueron separadas del resto del continente asiático, lo que favoreció evolutivamente a las especies como ha sucedido con el *Eucalyptus grandis* (Kellison *et al.*, 2013). Existen algunas otras especies fuera de los límites de Australia, entre las que se encuentra *Eucalyptus urophylla*, que tolera bajas altitudes (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2017). En general las especies originarias de Australia han desarrollado mecanismos de sobrevivencia y tienen bastante éxito al ser introducidas en todas las regiones bajo condiciones climáticas y edáficas similares a su lugar de origen (Martínez-Ruiz *et al.*, 2006).

En México se han detectado cinco millones de hectáreas bajo el ambiente tropical desprovistas de vegetación arbórea, ocupadas principalmente por pastizales (Delgado-Caballero *et al.*, 2010). La mayor parte de estas tierras han sido clasificadas como suelos marginales de baja productividad y con aptitud preferentemente forestal. Sin embargo, no se cuenta con un sistema que permita evaluar específicamente la aptitud de estas tierras para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales, constituyendo un factor muy importante que tiene su inicio con estudios de adaptación de la especie, aptitud de los suelos y el manejo forestal (Bustillos-Herrera *et al.*, 2007). Aprovechar estos suelos con plantaciones de eucalipto supone una alternativa para el desarrollo forestal en la zona tropical mexicana (Delgado-Caballero *et al.*, 2009; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2017).

Algunos de los beneficios que proporcionan las plantaciones de eucalipto van desde el ámbito socio-económico, aumento de la fertilidad del suelo, hasta la disminución de la presión sobre los bosques naturales (Martínez-Ruiz *et al.*, 2006; Palma-López *et al.*, 2015; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2017). La habilidad que tiene el género *Eucalyptus* para tomar los nutrientes del medio y producir madera, depende no sólo de la especie, sino de una serie de factores tales como la calidad del sitio, fertilidad del suelo, clima, entre

cada sitio de estudio, se evaluó la productividad de cada lote y de cada especie basada en las variables del rodal. Los eucaliptos en los sitios evaluados contaban con edad de corte (7 años). Se seleccionaron tres de los árboles más altos y vigorosos, posteriormente fueron talados, se extrajo el tronco y la raíz hasta una profundidad de 50 cm, se descortezaron y se estratificaron en raíz, corteza, madera, ramas-hojas (follaje). A cada árbol se le tomó una muestra de cada estrato, ésta se pesó en campo obteniéndose el peso verde (fresco), posteriormente dicha muestra fue secada al horno a 65 °C durante 48 h, para obtener el peso seco y estimar el total de biomasa.

Todas las muestras de madera se obtuvieron mediante la utilización de un serrucho con el cual se cortó una porción de madera. También fueron tomadas muestras de ramas y hojas en la misma orientación que la del tronco y de la raíz. A las muestras vegetales por componente se les realizaron análisis para determinar los contenidos totales con los siguientes métodos: N semi-micro Kjeldahl y P, K, Ca, Mg y Fe por digestión con HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> de acuerdo con Salgado et al. (2013).

De cada sitio se extrajeron muestras de suelo a 0-30 cm de profundidad para caracterizar su fertilidad, a cada muestra extraída se le hizo análisis químico para N total semimicro-Kjeldahl (Gregorio et al., 2016); P (Método Bray), K, Ca y Mg intercambiables (Método de acetato de amonio a pH 7.0) y Fe extraíble (Método de DTPA) de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 (2002).

El experimento fue establecido como un diseño completamente al azar en donde cada individuo (3) en cada sitio constituyó una repetición. A los resultados se les realizó un análisis de varianza y una prueba de medias mediante la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ), a través del programa STATGRAPHICS Centurion XVIII (Statgraphics Corp., USA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sitios de estudio se clasifican dentro del orden de los Ultisoles por poseer un horizonte B argílico con menos de 50% de saturación de bases. El sitio A se clasificó en el gran grupo

Plinthudult, en el cual se encontró una capa de plintita dentro de los 150 cm de profundidad que puede limitar la profundidad de enraizamiento (Palma-López et al., 2007). El Ultisol del sitio B fue clasificado en el gran grupo Rhodudult por poseer colores rojizos en el horizonte B producto de la oxidación de los materiales, no se encontraron factores físicos que afecten la profundidad de enraizamiento. El sitio C fue clasificado como Plinthohumult, en este sitio uno de los factores más importantes observados fue la fluctuación del manto freático dentro de los primeros 50 cm de profundidad, el cual afecta el crecimiento de las raíces, además de presentar mayor humificación (Palma-López et al., 2015). Finalmente, en el sitio D, el Ultisol fue clasificado como Paleudult, en el cual no se encontró ninguna limitante física que afectara el crecimiento de las raíces, pero con un horizonte Argílico muy profundo.

Las propiedades químicas encontradas en los sitios de muestreo a la profundidad de 0-30 cm, indicaron que los contenidos de materia orgánica en el sitio C fueron superiores en un 51.7% en comparación con el sitio A; 41% respecto al sitio B; y 22% respecto al sitio D (Cuadro 1). Los contenidos de MO tienen la tendencia C>D>B>A, coincidiendo con Palma-López et al. (2015), quienes mencionan que los Ultisoles ubicados en áreas más planas o en pendientes ligeramente cóncavas presentan mayor contenido de MO en comparación con los que se ubican en la parte alta de las lomas. Los contenidos reportados para el sitio C, indican mayor disponibilidad de fósforo (P), hierro (Fe) y capacidad de intercambio de cationes (CIC), esto coincide con Aguilar-Rodríguez et al. (2017).

El potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) fueron mayores para el sitio A en comparación con los sitios B, C y D (Cuadro 1), indicando un contenido en bases intercambiables ligeramente mayor; sin embargo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) resultó ser 65% mayor en el sitio C respecto al sitio A, 72% mayor respecto al sitio B, y 62% mayor respecto al sitio D. En general los cuatro sitios presentan muy bajos contenidos de CIC y bases intercambiables. Lo anterior aunado al pH fuertemente ácido,

**Cuadro 1.** Contenido de nutrientes en suelo (profundidad 0-30 cm) determinados en cada sitio de muestreo.

Sitios	pH	M.O. (%)	Fe	P	K	Ca	Mg	C.I.C.
			(mg kg <sup>-1</sup> )	(cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup> )				
A	4.5	2.8	120	1.4	0.18	1.41	0.31	5.04
B	4.3	3.4	78	2.2	0.10	1.01	0.41	4.02
C	4.4	5.8	130	2.5	0.02	0.04	0.05	14.6
D	4.4	4.4	124	1.8	0.03	0.06	0.03	5.53

El anterior aunado al pH fuertemente ácido,

bajos contenidos de P y los altos contenidos de Fe, permiten considerar a estos suelos como de muy baja fertilidad (NOM-021-RECNAT-2000, 2002; Salgado et al., 2013).

La producción total de biomasa en estos sitios del lote de *E. grandis*, fue 15.78 % mayor en el sitio D respecto al sitio C, 6% mayor respecto al sitio A, y 3% mayor respecto al sitio B (Cuadro 2). Lo anterior se puede relacionar con el índice de sitio, de acuerdo con Acosta et al. (2006) y Delgado-Caballero et al. (2010), quienes mencionan que los sitios con menos factores limitantes pudieran generar mayor cantidad de biomasa en plantaciones de eucalipto; en este caso los mayores contenidos de MO en los sitios D y C parecen asociados a la mayor producción de biomasa. La menor producción se observó en el suelo con mayores problemas de manto freático somero y baja permeabilidad (Plinthohumult), estos problemas fueron más importantes que el alto contenido de MO (Palma-López et al., 2015; Aguilar-Rodríguez et al., 2017).

De acuerdo con los resultados observados en el Cuadro 3, la producción total de biomasa del lote U-14531 *E. urophylla* en el sitio D fue 43% mayor respecto al sitio C, 18% mayor respecto al sitio A, y 10% mayor respecto al sitio B. El comportamiento de esta especie fue muy parecido a *E. grandis* comparando los sitios estudiados, aunque en general la producción de biomasa de *E. urophylla* es ligeramente menor (Cuadros 2 y 3).

Los datos de producción de biomasa para ambas especies, evidencian que existen limitantes físicas que pudieran estar relacionadas con la calidad del sitio. La presencia de plintita en el sitio A (suelo Plinthudult) y la fluctuación del manto freático en el sitio C (suelo Plinthohumult), parecen afectar todo el proceso de respiración en los árboles, teniendo como consecuencias limitación de crecimiento y producción de biomasa, en especial la biomasa radical (Acosta et al., 2006). *E. urophylla* resulta ser más sensible a estos efectos que *E. grandis* (Delgado-Caballero et al., 2009; Kellison et al., 2013).

El contenido de nitrógeno extraído *E. grandis*, demuestran que el sitio C hubo menos N total en comparación con los sitios D, B y A. En general, la extracción de N en todos los sitios es limitada por la poca disponibilidad de N mineral en estos suelos ácidos, dada la baja mineralización de la MO (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010; Palma-López et al., 2015). Por su lado Ceccon y Martínez-Ramos (2000), aseguran que la capacidad de absorción de N de las especies forestales puede estar relacionada con la disponibilidad del mismo en el sitio y por la superficie de contacto de las raíces y el suelo (Cuadro 4). Para el caso *E. urophylla* la extracción de N siguieron la tendencia anteriormente descrita para *E. grandis* (Cuadro 5). En general la cantidad de N fue mayor en *E. grandis* al compararlo con *E. urophylla*, siendo similar a lo reportado por Delgado-Caballero et al. (2009) y Stanturf et al. (2013).

El P es uno de los elementos esenciales para el crecimiento de los árboles (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010), los valores de este elemento encontrados en *E. grandis* en el sitio D (Cuadro 5), coinciden con los datos reportados por Henri (2001) en plantaciones en Venezuela y Kellison et al. (2013) en el sur de Estados Unidos. Al comparar los resultados en los diferentes sitios, la tendencia en extracción entre sitios fue D>B>A>C (Cuadro 4). De la misma manera los contenidos de P de *E. urophylla*, varían considerablemente de acuerdo con las tendencias de la calidad del sitio (Cuadro 5).

En relación con la extracción de nutrientes por parte de la especie *E. grandis* y *E. urophylla*, la extracción de N, P

**Cuadro 2.** Producción promedio de biomasa en Mg ha<sup>-1</sup> del lote G-17562 de *Eucalyptus grandis* (Hill Ex. Maid) en los cuatro sitios de estudio.

Sitios	Raíz	Tronco	Corteza	Follaje	Total
Plinthudult (A)	18 b	55 b	23 a	11 a	107 b
Rhodudult (B)	19 b	60 a	21 a	11 a	111 b
Plinthohumult (C)	18 b	52 b	22 a	7 a	96 c
Paleudult (D)	25 a	65 a	15 b	9 a	114 a

Letras desiguales indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, P<0.05).

**Cuadro 3.** Producción promedio de biomasa en Mg ha<sup>-1</sup> del lote U-14531 de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake).

Sitios	Raíz	Tronco	Corteza	Follaje	Total
Plinthudult (A)	13 b	43 c	18 a	16 a	90 c
Rhodudult (B)	17 a	55 b	18 a	10 b	100 b
Plinthohumult (C)	10 b	38 c	9 b	6 c	63 d
Paleudult (D)	18 a	62 a	18 a	12 a	110 a

Letras desiguales indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, P<0.05).

**Cuadro 4.** Extracción de nutrimentos por el árbol en kg ha<sup>-1</sup> en cada uno de los sitios en estudio del lote G-17562 *E. grandis* (Hill Ex. Maid).

	Plinthudult (A)	Rhodudult (B)	Plinthohumult (C)	Paleudult (D)
Nitrógeno	46 b	50 b	37 c	56 a
Fósforo	13 b	16 a	8 c	19 a
Potasio	47 b	43 b	45 b	52 a
Calcio	53 a	41 b	33 c	54 a
Magnesio	15 a	13 a	12 a	11 a
Fierro	47 b	43 c	45 b	52 a

Letras desiguales por fila indican diferencias significativas (Tukey, P<0.05).

**Cuadro 5.** Extracción de nutrimentos por el árbol en kg ha<sup>-1</sup> en cada uno de los sitios de estudio del lote U-14531 *E. urophylla* (S.T. Blake).

	Plinthudul (A)	Rhodudult (B)	Plinthohumult (C)	Paleudult (D)
Nitrógeno	39 b	38 b	27 c	48 a
Fósforo	12 b	14 b	6 c	21 a
Potasio	44 c	45 b	31 d	49 a
Calcio	44 b	40 b	34 c	50 a
Magnesio	12 a	11 a	6 b	12 a
Fierro	44 a	45 a	45 a	49 a

Letras desiguales por fila indican diferencias significativas (Tukey, P<0.05).

y Ca, fue menor en el sitio C, lo cual se puede deber a la condición de anaerobiosis presente en este sitio (Palma-López et al., 2015). Por su parte, el K total extraído fue diferente en todos los sitios y el Mg únicamente fue menor en el sitio C. Finalmente, el Fe extraído fue estadísticamente igual (P<0.05) en todos los sitios para *E. urophylla*, y diferente en *E. grandis* (Cuadros 4 y 5).

### Calidad de los sitios de estudio

Para tomar decisiones correctas sobre el uso y manejo del suelo, es necesario conocer las características físicas y químicas del suelo (Palma-López et al., 2007), así como sus limitaciones físicas y sus posibilidades de aprovechamiento (Cajuste-Botemps y Gutiérrez-Castorena, 2011; Aguilar-Rodríguez et al., 2017). Respecto a las propiedades químicas de los Ultisoles de la sabana tropical mexicana, se relacionan con la producción de biomasa y la extracción de nutrientes, además todo indica que las variables físicas del sitio condicionan también la absorción de nutrientes. Por tal razón la aptitud de los Ultisoles estudiados para el cultivo del eucalipto queda definida mayoritariamente por lo factores físicos, que pueden ser evaluados en campo (Palma-López et al., 2007; 2008).

De acuerdo a los resultados obtenidos los suelos del sitio B y D presentan mejor aptitud para las especies

de estudio, y debido a sus condiciones físicas y químicas resultan ser aptos para la producción de biomasa y madera (Stanturf et al., 2013; Aguilar-Rodríguez et al., 2017). Mientras que los sitios A y C son afectados por la presencia de plintita, que limita la profundidad de enraizamiento en el primer caso, y la fluctuación del manto freático en los primeros 50 cm en el segundo. Esto último les confiere ser ligeramente aptos para la producción de madera. En todos los casos el grosor del horizonte A, condiciona la potencialidad de los suelos ya que es en este horizonte donde se observó el mayor crecimiento de raíces, lo cual indica la necesidad de realizar manejo de conservación de suelos para disminuir el riesgo de erosión.

## CONCLUSIONES

La producción total de biomasa fue alta, tanto en los sitios con *E. urophylla*, como en los sitios con *E. grandis*. La disponibilidad de agua y nutrientes en los Ultisoles de la sabana tropical, tiene un efecto sobre la producción de biomasa. La extracción de nutrimentos es afectada directamente por la aptitud de cada uno de los sitios y de la plasticidad de la especie para adaptarse a las diferentes condiciones edáficas y climáticas. Los contenidos totales de nutrimentos extraídos varían considerablemente respecto a los sitios, condición que es afectada por las características físicas y químicas del sitio.

## LITERATURA CITADA

- Acosta, B., Márquez, O., Mora, E., García, V., y Hernández, R. (2005). Uso del método de análisis de componentes principales para la evaluación de la relación suelo productividad en *Eucalyptus* spp. Estado Portuguesa-Venezuela. Revista Forestal Latinoamericana 37: 17-44.
- Aguilar-Rodríguez, J. R., Zavala-Cruz, J., Juárez-López, F., Palma-López, D. J., Castillo-Acosta, O., y Shirma-Torres, E. D. (2017). Aptitud edáfica de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en la terraza de Huimanguillo, Tabasco, México. Agro Productividad 10(12): 79-84.
- Bustillos-Herrera, J. A., Valdez-Lazalde, J. R., Alderete, A., y González-Guillen, M. J. (2007). Aptitud de terrenos para plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden): definición mediante el proceso de análisis jerarquizado y SIG. Agrociencia 41(7): 787-796.
- Cajuste-Botemps, L., y Gutiérrez-Castorena, M. C. (2011). El factor relieve en la distribución de los suelos en México. En:

- Krasilnikov, P., Jiménez-Nava, F. J., Reyna-Trujillo, T., y García-Calderón, N. E. (eds). Geografía de suelos de México. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México.
- Ceccon, E., y Martínez-Ramos, M. (2000). Aspectos ambientales referentes al establecimiento de las plantaciones forestales en larga escala para revisión de la norma forestal. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología.
- Delgado-Caballero, C. E., Valdez-Lazalde, J. R., Fierros-González, A. M., De Los Santos-Posadas, H. M., y Gómez-Guerrero, A. (2010). Aptitud de áreas para plantaciones de eucalipto en Oaxaca y Veracruz: proceso de análisis jerarquizado vs álgebra Booleana. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(1): 123-133.
- Delgado-Caballero, C. E., Gómez-Guerrero, A., Valdez-Lazalde, J. R., De Los Santos-Posadas, H. M., Fierros-González, A. M., y Horwath, R. W. (2009). Índice de sitio y propiedades del suelo en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus grandis* y *E. urophylla* en el sureste de México. *Agrociencia* 43: 61-72
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. Sexta Edición.
- González, R., Stock, J., Jerez, M., Carrero-Gamaz, O., Plonczak, M., y Shutte, F. (2005). Análisis biológico y financiero de un ensayo de fertilización en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* establecidas en suelos arenosos del Oriente de Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 49(2): 175-181.
- Gregorio, J., Lanza, P., Churión, C., y Gómez, N. (2016). Comparación entre el método Kjeldahl tradicional y el método Dumas automatizado (N cube) para la determinación de proteínas en distintas clases de alimentos. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente* 28(2): 1-8.
- Henri, C. J. (2001). Soil-site productivity of *Gmelina arborea*, *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus grandis* forest plantations in western Venezuela. *Forest Ecology and Management* 144: 255-264.
- Juárez-Palacios, J. C., Honorato-Salazar, J. A., Vázquez-Silva, L., y Conrado Parraguirre-Lezama, J. F. (2013). Patogenicidad de *Chrysosporthe cubensis* en clones de *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus urophylla* en el sureste de México. *Madera y Bosques* 19(1): 17-36.
- Kellison, R. C., Lea, R., y Marsh, P. (2013). Introduction of *Eucalyptus* spp. into the United States with special emphasis on the southern United States. *International Journal of Forestry Research* 2013 (22): 1-9.
- Martínez-Ruiz, R., Azpiroz-Rivero, H. S., Rodríguez-De la O, J. L., Cetina-Alcalá, V. M., y Gutiérrez-Espinoza, M. A. (2006). Importancia de las plantaciones de *Eucalyptus*. *Ra Ximhai* 2(3): 815-846.
- NOM-021-RECNAT-2000. (2002). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. SEMARNAT. Diario Oficial de la Federación. México. 73 p.
- Palma-López, D. J., Cisneros, D. J., Moreno-Cáliz, E., y Rincón-Ramírez, J. A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Villahermosa: Colegio de Postgraduados, ISPROTAB-FUPROTAB.
- Palma-López, D. J., Moreno-Cáliz, E., Rincón-Ramírez, J. A., y Shirma-Torres, E. D. (2008). Degradación y conservación de los suelos del estado de Tabasco. Villahermosa: Colegio de Postgraduados, CONACYT, CCYTET.
- Palma-López, D. J., Salgado-García, S., Martínez-Sebastián, G., Zavala-Cruz, J., y Lagunes-Espinoza, L. del C. (2015). Cambios en las propiedades del suelo en plantaciones de eucalipto de Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 2(5): 163-172.
- Salgado-García, S., y Núñez-Escobar, R. (2010). Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Colegio de Postgraduados, Ciudad de México: Mundi Prensa México.
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Castelán-Estrada, M., Lagunes-Espinoza, L. del C., y Ortiz, L.H. (2013). Manual para muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Cárdenas: Colegio de Postgraduados.
- Soil Survey Staff. (2014). Keys to soil taxonomy. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Washington: Twelfth Ed.
- Stanturf, J. A., Vance, E. D., Fox, T. R., y Kirst, M. (2013). *Eucalyptus* beyond its native range: environmental issues in exotic bioenergy plantations. *International Journal of Forestry Research* 2013 (17): 1-5.





# Nutritional determination of piña criolla (*Ananas comosus* L. Merrill) in the sub-region of the Chontalpa Tabasco, Mexico

## Determinación nutrimental de piña criolla (*Ananas comosus* L. Merrill) en la sub-región de la Chontalpa Tabasco, México

Murillo-Hernández, Francisco Eduardo<sup>1</sup>, Córdova-Sánchez, Samuel<sup>2\*</sup>, Salgado-García, Sergio<sup>3</sup>, Bolio-López, Gloria Ivette<sup>2</sup>, De la Cruz-Burelo, Patricia<sup>2</sup>, Sánchez-Gutiérrez, Facundo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chiapas-Escuela Maya de Estudios Agropecuarios. Carretera Catazajá-Palenque Km. 4 C.P. 29980, Catazajá, Chiapas, México. <sup>2</sup>Universidad Popular de la Chontalpa. División Académica de Ciencias Básicas e Ingenierías. CA-QVyDS. Carretera Cárdenas - Huimanguillo, Km. 2.0 Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86500. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Grupo MASCA.A-LPI-2: AESS. Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina S/N. H. Cárdenas, Tabasco. CP 86500. México.

\*Autor de correspondencia: sacorsa\_1976@hotmail.com

### ABSTRACT

**Objective:** To know the nutritional status of the pineapple crop (*Ananas comosus* L. Merrill).

**Design/methodology/approach:** The experiment was established in the Ejido La Esperanza of the municipality of Huimanguillo. A sample of soil and foliage (leaf D) of the pineapple crop was taken, of which three repetitions were used at random, taking 15 leaves per repetition.

**Results:** High concentrations of nitrogen (N), potassium (K) and magnesium (Mg) were found. And in relation to phosphorus (P), calcium (Ca), copper (Cu), Zinc (Zn) and boron (B) were low. The optimum iron (Fe) and medium manganese (Mn) contents in the plant tissue.

**Limitations of the study/implications:** The important limitation of this study is that the irrigation conditions were not included.

**Findings / Conclusions:** It was found that the soil is strongly acid and has problems of excess iron and that the concentrations of the macronutrients in the plant tissue and the micronutrients in the plant tissue are not directly related to the contents of some elements in the soil. It is necessary to make a study on the needs of each element in each of the phenological stages of the Creole pineapple crop. Although the foliar analysis gives a vision for the sustainable management of crop nutrition.

**Keywords:** Leaf analysis, macronutrients, micronutrients.

### RESUMEN

**Objetivo:** Conocer el estado nutrimental del cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merrill).

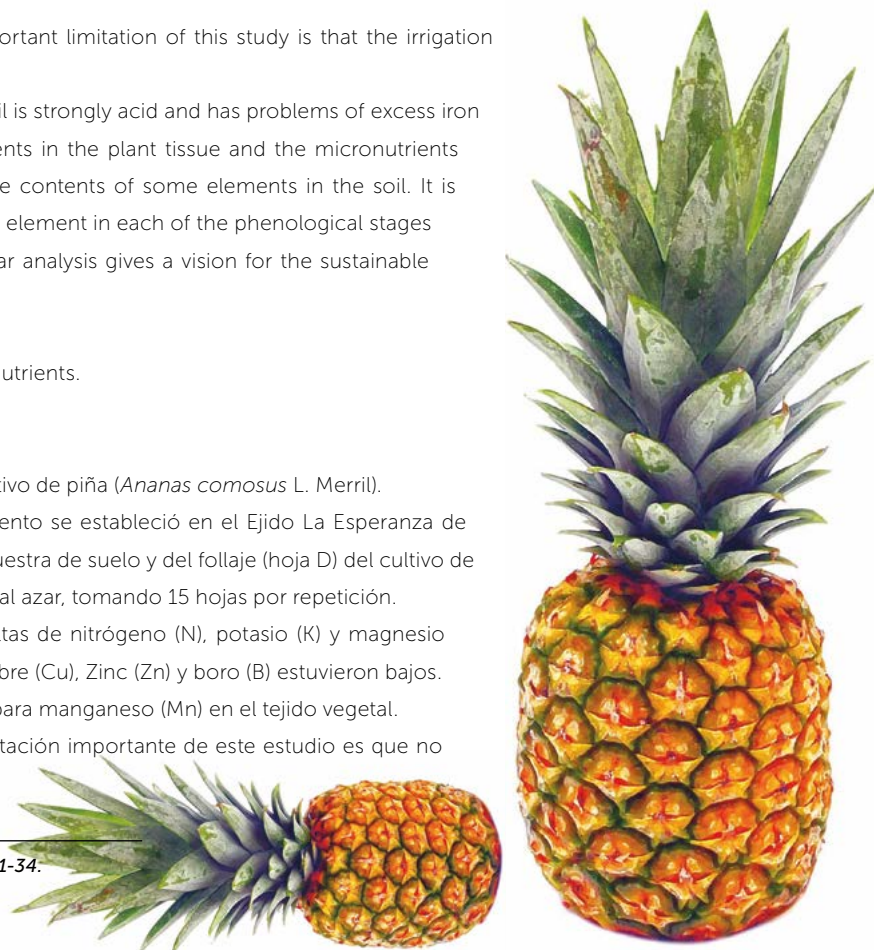
**Diseño/metodología/aproximación:** El experimento se estableció en el Ejido La Esperanza de Huimanguillo, Tabasco, México. Se tomó una muestra de suelo y del follaje (hoja D) del cultivo de piña, de las cuales se utilizaron tres repeticiones al azar, tomando 15 hojas por repetición.

**Resultados:** Se encontraron concentraciones altas de nitrógeno (N), potasio (K) y magnesio (Mg). Y con relación al fósforo (P), calcio (Ca), cobre (Cu), Zinc (Zn) y boro (B) estuvieron bajos. Los contenidos de hierro (Fe) óptimos y medios para manganeso (Mn) en el tejido vegetal.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** La limitación importante de este estudio es que no se contó con riego.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 7, julio, 2019. pp: 31-34.

**Recibido:** febrero, 2019. **Aceptado:** junio, 2019.



**Hallazgos/conclusiones:** El suelo es fuertemente ácido y tiene problemas de exceso de fierro y las concentraciones de los macronutrientes en el tejido vegetal y los micronutrientes no están relacionadas directamente con los contenidos de algunos elementos en el suelo. Es necesario hacer un estudio sobre las necesidades de cada elemento en cada una de las etapas fenológicas del cultivo de piña criolla. Aunque el análisis foliar da una visión para el manejo sostenible de la nutrición del cultivo.

**Palabras claves:** Análisis foliar, macronutrientes, micronutrientes.

## INTRODUCCIÓN

**La piña** (*Ananas comosus* L. Merrill) es un fruto tropical muy delicioso cuando se consume en fresco y procesado. México produce anualmente 990,646 t, los principales estados productores son Veracruz (622,376 t), Oaxaca (141,162 t), Nayarit (47,099 t), Tabasco (52,353 t), Quintana Roo (47,831 t), Jalisco (40,455 t) y Colima (29,214 t) (SIAP, 2018). Por su sabor y aroma le han permitido crecer 11% en los últimos tres años. Las plantaciones se encuentran establecidas principalmente en suelos ácidos, que se caracterizan por alta fijación de P, deficiencias de Zn y B, bajas tasas de formación de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), bajos contenidos de Ca, Mg, K y alto porcentaje de saturación de aluminio (Al) (Pastrana *et al.*, 1998; Salgado *et al.*, 2007) estas condiciones restrictivas de fertilidad se manifiestan en deficiencias foliares que afectan el rendimiento y la calidad del fruto de piña. Aunque, el uso de los fertilizantes comenzó hace dos siglos y está basado en la fertilización química para la nutrición de las plantas; esta ha influido en el incremento de la producción y calidad de los alimentos (Fink, 1992). El uso del fertilizante es requerido en todos los sistemas de producción agrícola, a largo plazo, con fines de mantener e incrementar los rendimientos de los cultivos, sobre todo cuando se extrae totalmente la planta del sistema de producción (Salgado y Núñez, 2012). Con el objetivo de evaluar el estado nutrimental del cultivo de piña, se hizo un diagnóstico foliar a una plantación establecida en un suelo Acrisol.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Ejido La Esperanza del municipio de Huianguillo, Tabasco, entre las coordenadas UTM X 431955 y Y 1980750, con una altitud 24 m. En la subunidad de suelo Acrisol Úmbrico Cutánico (Endoarçillico, Hiperdístrico) (ACumct(ncehd) según el Referencial Mundial de Suelos, descrito en el estudio del sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes para piña (Salgado *et al.*, 2017) y con más de 10 años cultivado con piña criolla. Para ello se realizó un muestreo de suelo a 30 cm de profundidad, tres submuestras entre plantas y tres en entre hileras. Posteriormente se realizó la preparación del suelo con un chapeo (eliminación de maleza) y dos pasos de rastra. El material vegetativo utilizado fueron hijuelos de piña criolla (Cabezona) de aproximadamente entre 35 a 50 cm de largo, los cuales se obtuvieron de plantaciones del mismo productor. La distancia de siembra fue de 130 cm entre hileras y 25 cm entre plantas, para tener una población de 25,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . El muestreo foliar se realizó a los cuatro meses después de haberse establecido la plantación, tomando como muestra la

hoja D, para ello se eliminó la punta y la base, dejando solo la parte central de la hoja, se cortaron 15 hojas por repetición (Jiménez, 1998). En total se tomaron tres repeticiones al azar. El análisis químico de suelo y foliar se realizó en el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua, del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, y de los resultados del análisis se tomó el promedio de tres repeticiones, para realizar el Cuadro 2 del apartado de resultados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características físicas y químicas del suelo Acrisol Úmbrico Cutánico (Endoarçillico, Hiperdístrico)

De acuerdo a los valores encontrados en los análisis de laboratorio (Cuadro 1) para pH, el suelo se clasifica como fuertemente ácido, no presenta salinidad, muestra contenidos ricos en materia orgánica y nitrógeno, contenidos medios de fósforo, muy bajos para potasio, calcio y magnesio, excesos de fierro, marginal para zinc y cobre, y adecuado para manganeso (DOF, 2001; Salgado *et al.*, 2013; Salgado *et al.*, 2017).

### Concentración de macronutrientes en plantas de piña Criolla

Los análisis químicos de las muestras de hojas D, mostraron la concentración de los macronutrientes para el cultivo de piña durante los primeros cuatro meses después de haberse sembrado la plantación (Cuadro 2), presentando contenidos altos de nitrógeno (N), potasio (K) y magnesio (Mg) de acuerdo a los publicados por Meléndez y Molina, (2002). De acuerdo a los contenidos de nitrógeno foliar se podría decir que es debido a los contenidos altos de N del suelo, pero con respecto a potasio (K) y magnesio (Mg) no hay una relación a los contenidos en el suelo. Con relación al fósforo (P) y

**Cuadro 1.** Propiedades físicas y químicas del suelo (ACumct(ncehd) Acrisol Úmbrico Cutánico (Endoarclílico, Hiperdistrico) a una profundidad de 30 cm.

pH	CE	M.O.	Nt	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	Al	CIC	Acidez	arena	limo	arcilla	Clasificación
1:2 (H <sub>2</sub> O)	dS m <sup>-1</sup>	(%)	(%)	mg kg <sup>-1</sup>	-cmol(+) kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>					cmol(+) kg <sup>-1</sup>	(%)			Textural	
4.40	0.1	3.4	0.2	10.9	0.04	0.6	0.2	52.8	0.6	0.2	2.4	0.6	0.8	1.4	58.4	12.8	29.0	*Fco.arc. arenoso

Nota. \* Fco.arc.arenoso: Franco arcilloso arenoso.

calcio (Ca) estuvieron bajos, comparado con los resultados obtenidos por Salgado *et al.* (2010) y Bautista (2001). Lo cual tiene una relación con los bajos contenidos de estos elementos en el horizonte A del suelo.

**Cuadro 2.** Concentraciones de macro y micros en la hoja D en piña cabezona.

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
%					mg kg <sup>-1</sup>				
1.57	0.09	2.20	0.50	0.26	63.08	4.79	9.59	138.33	12.55

### Concentración de micronutrientes en plantas de piña

Los resultados del Cuadro 2, describen el comportamiento de los micronutrientes contenidos en el cultivo de piña a los cuatro meses de edad. Los contenidos de hierro (Fe) son óptimos, cobre (Cu), Zinc (Zn) y boro (Bo) son bajos. Son medios para manganeso (Mn) según a los datos reportados por Fonseca (2010) y Salgado *et al.* 2013). Según la FAO (1969) y Meléndez y Molina, (2002) el valor de los estudios foliares puede ofrecer valiosas predicciones para el manejo de los fertilizantes químicos u orgánicos, para obtener rendimientos poco más o menos parecidos a los óptimos o máximos. En general los resultados encontrados para los micronutrientes en hojas D no están relacionados estrechamente con los contenidos de estos elementos en el suelo.

### CONCLUSIONES

Las plantaciones de piña están establecidas en suelos ácidos con problemas de excesos de hierro. Los contenidos de los macro y micronutrientes del suelo no todos están relacionados con las concentraciones de estos elementos en la hoja D del cultivo de piña. El análisis químico (foliar) de las concentraciones de los elementos en las plantas de piña da un panorama de las condiciones de nutrición del cultivo y puede contribuir para un manejo sustentable de nutrición a través de los fertilizantes químico u orgánicos.

### AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Educación Pública (SEP), por el apoyo a través del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el fi-

nanciero al proyecto "Aprovechamiento sustentable del cultivo de piña (*Ananas comosus* L. merril) en México" y a los productores cooperantes que permitieron generar esta información.

### LITERATURA CITADA

- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación del 7 de diciembre de 2001.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (1969). El uso eficaz de los fertilizantes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Italia.
- Finck, A. (1985). Fertilizantes y fertilización: Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Editorial REVERTÉ, S.A. España.
- Fonseca, V.R. (2010). Fertilización mediante el método de stroller en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr. Híbrido MD-2, en la finca EL TREMEDAL S.A. San Carlos, Costa Rica. Tesis de Licenciatura de Ingeniería en Agronomía, Escuela de Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos. Costa Rica.
- Jiménez, D.J.A. (1999). Manual práctico para el cultivo de piña de exportación. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Meléndez, G. Molina, E. (2002). Fertilización foliar y sus principios. Costa Rica, San José. Tabala de interpretación de análisis foliar en piña. CIA/UCR.
- Pastrana, L.A., Rodríguez, C.M., León, A.I.E., Ramírez, D.G. (1995). Manual de producción de naranjo en suelos ácidos de Tabasco. INIFAP-CIRGOC-CAEHUI-ISPROTAB. Villahermosa, Tabasco.
- Salgado, G.S., Núñez, E.R. (2012). Manejo de fertilizantes químicos y abonos orgánicos. 1ra reimpression. Editorial BBA. Colegio de Postgraduados. México.
- Salgado, G.S., Palma, L.D.J., Castelán, E.M., Lagunes, E.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. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México.
- Salgado, G.S., Palma, L.D.J., Zabala, C.J., Lagunes, E.L.C., Castelán, E.M., Ortiz, G.C.F. Ventura, U.F., Marín, A.A., Moreno, C.E., Rincón, R.J.A. (2007). Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes en las plantaciones de cítricos de Tabasco, México. Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco. H Cárdenas, Tabasco.
- Salgado, G.S., Palma, L.D.J., Zavala, C.J., Ortiz, G.C.F., Lagunés, E.L.C, Castelán, E.M., Guerrero, P.A., Ortiz, C.A.I., Córdova, S.S. (2017). Integrated system for recommending fertilization rates in pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) crop. *Acta Agron*, 66(4), 566-573.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2002). NOM-021-RECNAT. 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). Resumen Nacional Intención de cosecha 2018 Ciclo: Perennes. [http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intension/Intencion\\_cosechaPerenne\\_cultivo2018.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intension/Intencion_cosechaPerenne_cultivo2018.pdf) consultado 11 de Junio del 2018.



# Exploratory Assessment of Sugarcane Crop (*Saccharum* spp.): Performance Landscape Approach

## Evaluación exploratoria del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.): Enfoque del paisaje del desempeño

Vázquez-Navarrete, César J.<sup>1</sup>; Izquierdo-Hernández, José<sup>1\*</sup>; Salgado-García, Sergio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México, 86500

\*Autor por correspondencia: izquierdo.jose@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** Perform an exploratory analysis of sugar cane (*Saccharum* spp.) cultivation (CCA) through a performance landscape (PD) approach including an analytical description of the food balance sheet and performance indicators.

**Design/methodology/approach:** Three main dataset were constructed by using different statistic information systems, including eight performance variables-production, exports, imports, consumption per capita, acreage, production value, yield, farm-gate price, revenue per hectare on SCC, sugar products and 82 perennial crops (PC). Analytical description was based on municipality scale and temporal series (2003-2017). PL focused on the assessment of percentage proportion between SCC and PC, considering acreage and production value.

**Results:** Mexican consumption of sugar equivalent was decreasing in spite of its high consumption value (37.5 kg person<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>). For 15 years, production of SCC and its acreage have gradually increased. Since farm gate prices showed a real increment (34%), production value and revenue per hectare (MX55676 ha<sup>-1</sup>) also revealed growth. In contrast, yield (84 Mg ha<sup>-1</sup>) stagnated (5%). PL assessment identified 94 municipalities where SCC dominates acreage and production value.

**Limitations on study/implications:** Descriptive analysis is powerful to characterize systems and shed light on improving understanding on the identification of driving factors, selecting a core dataset to measure their impacts and seeking for causality relationships.

**Findings/conclusions:** The integration of different information sources clarify the interrelations between economic, social and environmental themes, particularly in agriculture.

**Keywords:** food balance sheet, national statistics, descriptive analysis.

### RESUMEN

**Objetivo:** Realizar un análisis exploratorio del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) (CCA) mediante un enfoque de paisaje del desempeño (PD) incluyendo una descripción analítica de hoja balance alimentaria e indicadores de desempeño.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 7, julio. 2019. pp: 35-41.

**Recibido:** diciembre, 2018. **Aceptado:** junio, 2019.

**Diseño/metodología/aproximación:** Tres tablas de datos fueron construidas usando diferentes sistemas de información estadística (SIE) e incluyendo ocho variables-producción, exportaciones, importaciones, consumo per cápita, superficie, valor de la producción (VP), precio pagado al productor (PP) e ingreso unitario sobre el CCA, productos de azúcar y 82 cultivos perennes (SPAP). La descripción analítica fue basada a nivel municipal y una serie temporal (2003-2017). A través del PD, se evaluó el porcentaje de proporción entre el CCA y los SPAP, considerando superficie y el VP.

**Resultados:** El consumo de azúcar equivalente está disminuyendo ( $37.5 \text{ kg persona}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ). Las exportaciones incrementaron y representaron 40% de la producción; las importaciones crecieron moderadamente, pero existe suficiencia alimentaria. Por 15 años, la producción y superficie del CCA ha crecido gradualmente. Los PP mostraron un crecimiento real (34%), en consecuencia, también el VP y el ingreso unitario ( $\$ 55,676 \text{ ha}^{-1}$ ). En contraste, el rendimiento ( $84 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) está estancado (5%). La evaluación del PD identificó 94 municipios donde el CCA domina superficie y VP.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Este tipo de estudios, aporta información a temas económicos de gran visión; sin embargo, en lo social, se carece de relaciones vinculantes entre productores e instituciones que concentran los datos, además de que no contienen información ambiental (clima, suelo, etc.) y de manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar en cada estado de la república mexicana.

**Hallazgos/conclusiones:** La integración de diferentes SIE clarifica las interrelaciones entre los temas económicos, particularmente en agricultura.

**Palabras clave:** hoja de balance alimentario, estadísticas nacionales, análisis descriptivo.

El uso de esta información en el análisis de caña de azúcar es incipiente comparada con la gran tradición que tiene el cultivo no solo en México sino a escala global (Bordonal *et al.*, 2018). Adicionalmente, los temas en diferentes sistemas de información estadística (SIE) no son independientes entre sí, algunos se superponen, otros se complementan y algunos otros se incorporan para generar otros indicadores (FAO, 2018; van Oort *et al.*, 2017; Vazquez-Navarrete, 2018). El objetivo de este estudio fue realizar una descripción analítica de la hoja de balance alimentaria (HBA) de México, la balanza comercial y los indicadores de producción; así como llevar a cabo una evaluación exploratoria del cultivo de caña de azúcar mediante el enfoque de paisaje del desempeño.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio incluyó el análisis de dos SIE: Departamento Estadística de la FAO (FAOSTAT) y el Sistema de Información Agropecuario (SIAP); así como otras SIE para preparar los datos (i.e. Índice Nacional de Precios y Cotizaciones, Marco Geoestadístico Nacional). FAOSTAT ofrece información a nivel global de una gran variedad de temas, la HBA de México fue seleccionada para este estudio. El SIAP registra la información de la producción agropecuaria de México y a partir del 2003 presenta esta información desagregada a nivel de municipios.

### La hoja de balance alimentario (HBA)

La HBA comprende varios temas, pero cuatro elementos clave (producción, exportación, importación, consumo doméstico) del producto azúcar en su versión "equivalente" fueron seleccionados para este estudio. La recuperación de

## INTRODUCCIÓN

**El cultivo** de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) está presente en 130 países distribuidos en zonas tropicales y subtropicales entre los paralelos  $35^\circ$  norte y sur. En 2017, México fue el sexto productor de caña de azúcar (56.9 millones de toneladas –Tg) y también el sexto exportador de azúcar a nivel mundial (723.9 millones de US dólares) con una balanza comercial superavitaria de 671.1 millones de US dólares (Baez-Gonzalez *et al.*, 2018; FAO, 2019). A nivel nacional, la caña de azúcar tuvo una importante participación en la producción agrícola, ocupando 772 mil hectáreas (3.7% de la superficie agrícola nacional) y un VP de 38 412 millones de pesos (6.5% del valor agrícola nacional). Incluso, se reconoce la importancia de contar con estadísticas sobre el desarrollo de este importante cultivo; ya que son utilizadas por el gobierno y actores principales del sistema de producción para formular políticas públicas, asignar apoyos públicos, y tomar decisiones sobre una variedad de cuestiones importantes (Hess *et al.*, 2016; Solomon, 2016). Tener esta información dentro del diseño estratégico de manera confiable y accesible es lo que impulsa a no solo tener sistemas estadísticos consolidados, sino también a desarrollar una cultura basada en hábitos de sistematización de información estadística.

los datos de la HBA tomó en consideración la siguiente ruta crítica: (i) ingresar a la plataforma de FAOSTAT (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>) en su apartado de Food Balance Sheets y (ii) seleccionar los países [World>(List)], los elementos estadísticos [*Import Quantity, Export Quantity, Production Quantity, Domestic supply quantity, Food supply quantity, Total population*], los ítems relacionados con el cultivo de caña de azúcar [sugar cane] y los años disponibles [1993-2013]; (iii) posteriormente, preparar e integrar los datos en una hoja de cálculo, homogeneizar el nombre de los campos y las unidades de medida de las variables según corresponda; (iv) finalmente, realizar algunas pruebas de estabilidad de datos con el propósito de localizar errores ortográficos, inconsistencias y omisiones usando tabla dinámica en Excel (FAO, 2017; Vazquez-Navarrete, 2018). Una tabla de datos con 904 mil registros fue generada.

### Desempeño del cultivo de caña de azúcar

La evaluación del cultivo de la caña de azúcar consideró dos niveles exploratorios. El primer nivel se dividió en dos partes; la primera se enfocó en la descripción estadística de las variables asociadas a la caracterización del cultivo en 2017, e incluyeron superficie cosechada (SC), volumen de la producción (QP), valor de la producción (VP), rendimiento (RT), precio pagado al productor (PP) e ingreso unitario (IU). La segunda parte se enfocó en la descripción de la evolución de cada variable entre 2003 y 2017. El segundo nivel se concentró en la estimación de la magnitud de la participación del CCA en cada municipio, considerando las variables superficie y valor. Para el cálculo de la participación porcentual se utilizó la información de los sistemas de producción agrícola de ciclo perenne (SPAP) a nivel municipal, un total de 82 SPAP fueron seleccionados (Anexo 1). La estimación de la Participación porcentual de la SC del CCA ( $PPS_{cca}$ ) se realizó con la ecuación 1:

$$PPS_{cca} = \frac{S_{ccaj}}{\sum S_{ij}}$$

Dónde:  $S_{ccaj}$  es la superficie del CCA correspondiente al  $j$ -ésimo municipio;  $S_{ij}$  es la superficie del  $i$ -ésimo SPAP seleccionado, correspondiente al  $j$ -ésimo municipio.

De manera análoga, se realizó la estimación de la participación porcentual del valor de la producción del CCA ( $PPV_{cca}$ ), mediante la ecuación 2:

$$PPV_{cca} = \frac{V_{ccaj}}{\sum V_i}$$

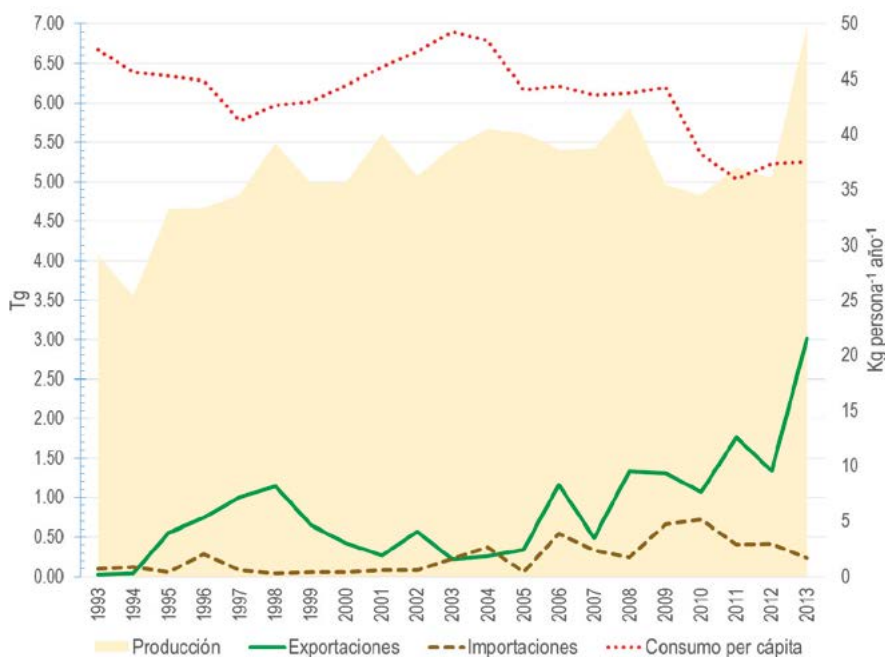
Dónde:  $V_{ccaj}$  es el valor de la producción del CCA, correspondiente al  $j$ -ésimo municipio;  $V_i$  es el valor de la producción del  $i$ -ésimo SPAP correspondiente al  $j$ -ésimo municipio.

La recuperación de los datos de los SPAP y la CCA comprendió la siguiente ruta crítica: (i) ingresar a la plataforma de SIAP y recuperar 18 archivos correspondientes al periodo 2000-2017 (<http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>); (ii) seguidamente preparar e integrar los datos en una hoja de cálculo, homogeneizar el nombre de los campos, incluidos las entidades y los municipio con el Marco Geo estadístico Nacional, los valores monetarios fueron deflactados al año base 2015, usando el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC); (iii) posteriormente, realizar algunas pruebas de estabilidad de datos con el fin de identificar errores ortográficos, inconsistencias y omisiones, usando una tabla dinámica en Excel; finalmente, con los resultados de las ecuaciones 1 y 2, se clasificaron los municipios con base a cuatro categorías de participación porcentual, tanto para la superficie cosechada como para el VP: I (1-25), II (26-50), III (51-75), y IV (76-100) y se elaboró un mapa (SAGARPA, 2017; Vazquez-Navarrete, 2018). Una tabla de datos con 19.8 millones de registros fue generada. El Estado de México y su respectivo municipio no fue considerado en esta descripción, debido a que en el periodo que comprende el estudio solo presenta datos en un año.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### El CCA y su interacción con la demanda aparente

En 2013, el consumo de azúcar a nivel mundial fue de 26.2 kg persona<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en México fue de 37.5 kg y el promedio de Estados Unidos y Canadá fue de 32 kg. La demanda nacional aparente fue de 4.2 Tg de azúcar, la cual se cubrió con un 94% de la producción nacional y un 6% de las importaciones (Figura 1). Este patrón de consumo no ha sido estático y se ha modificado entre 1993 y 2013. El consumo per cápita anual, en 1993, fue de 47.7 kg lo cual representó un decremento de 21% entre ambos años; aunque la tendencia ha sido negativa, resalta un comportamiento de altibajos a lo largo del periodo. La producción de azúcar se incrementó en 71% durante este periodo, pasando de 4.08 Tg en 1993 a 6.98 Tg en 2013, aunque con ciertas disparidades. La evolución de las importaciones de azúcar entre 1993 y 2013



**Figura 1.** Hoja de balance alimentario de México entre 1993 y 2013, según producción, exportaciones e importaciones (en Tg) y consumo per cápita (en kg persona<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>).

mostró un incremento de 131%; sin embargo, esto tuvo mayor énfasis a partir del 2006, aunque con moderadas variaciones. Lo anterior contrasta, ya que las importaciones representaron tan solo 3% de la producción nacional. Durante el mismo periodo de evaluación, las exportaciones de azúcar tuvieron un fuerte crecimiento al pasar de 0.03 Tg en 1993 a 3.0 Tg y en el último año, las exportaciones representaron 43% de la producción nacional.

Considerando la descripción anterior resaltan tres hechos; primero, México es autosuficiente en azúcar, lo cual es señalado también en otras investigaciones (Baez-Gonzalez *et al.*, 2018); segundo, el notorio crecimiento de las exportaciones de azúcar coloca a México como un caso de éxito, aprovechando su capacidad productiva y posicionamiento geográfico (Figuroa-Rodríguez *et al.*, 2015); finalmente, como en otros países la demanda de azúcar en México muestra una clara tendencia a la baja debido en parte por tasas de crecimiento poblacional decrecientes, así como por una mayor conciencia de evitar el exceso de consumo de azúcar, el cual está altamente relacionado con problemas de salud (sobrepeso, obesidad, diabetes) (OECD/FAO, 2018).

La HBA es un gran aliado para conocer las interacciones entre la producción interna, la demanda doméstica y la capacidad para satisfacer las necesidades a nivel global sin perjuicio de la soberanía alimentaria y el desarrollo socioeconómico (Jain, 2001; Maitah, Smutka, Pulkrabek, Benesova, & Belova, 2013).

### Análisis exploratorio del desempeño del CCA

En 2017, el CCA estuvo en 15 entidades federativas y 262 municipios (Cuadro 1).

El CCA ocupó SC de 772 mil hectáreas de las cuales 40% tuvo acceso al riego y no se registró superficie siniestrada; con un QP de 56.9 Tg de caña de

azúcar, y con un VP de 38 412 millones de pesos. El RT fue de 84 Mg ha<sup>-1</sup>, el PP fue de 690 pesos Mg<sup>-1</sup> y el IU se estimó en 55 732 pesos ha<sup>-1</sup>. Mientras el QP fue similar para ambos regímenes de agua (riego y temporal), se observaron diferencias entre los promedios de las variables seleccionadas.

### Evolución del desempeño del CCA

Entre 2003 y 2017, la SC dedicada al CCA mostró un incremento del 23% y se observó una tendencia positiva durante el periodo; el volumen de producción también se incrementó en 23% y mostró un comportamiento similar al aumento de la superficie (Figura 2).

Las variables asociadas a valores monetarios mostraron altibajos, pero fue muy particular entre 2009 y 2013, mostrando un comportamiento tipo "M" en las tres variables; posteriormente, hubo una caída y luego volvió a mostrar crecimiento. El valor de la producción aumentó 61%, y el precio promedio pagado al productor tuvo un crecimiento de 34%, el ingreso unitario en consecuencia también creció un 40%. En contraparte, el rendimiento solo subió cerca del 5% durante este periodo. A nivel estatal y municipal se observaron diferentes tendencias en cada una de estas seis variables.

### Evaluación del impacto del CCA

La evaluación del desempeño del CCA se concentró en la estimación de la participación porcentual de la SC y el VP del CCA con respecto a la SC y el VP de los SPAP. En 2017, la superficie total de los cultivos perennes en México fue de 6.123 millones de hectáreas con un valor de producción de 259 mil millones de pesos.



**Cuadro 1.** Variables del cultivo de caña de azúcar en 2017 en México, según entidad, municipios y modalidad hídrica

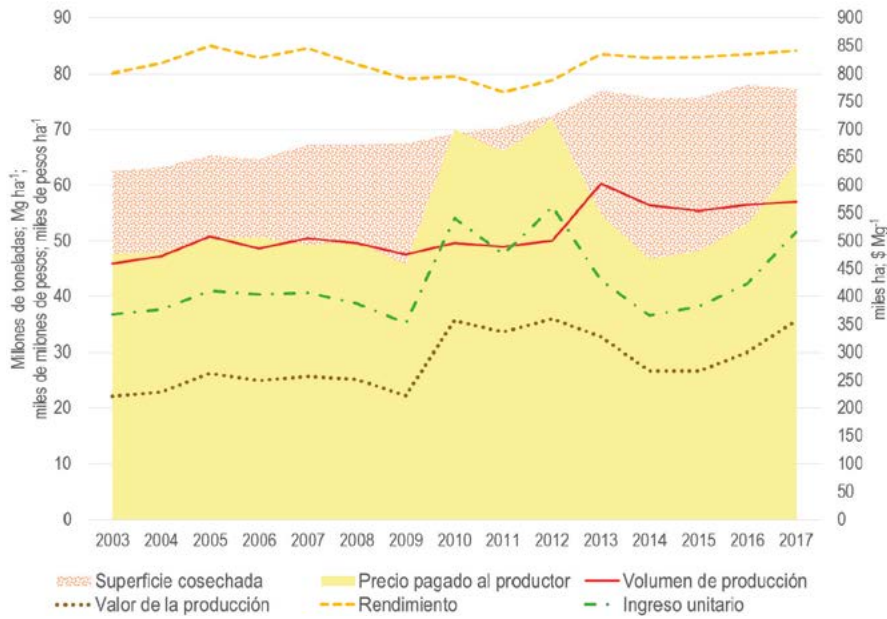
ENTIDAD	MH	MP	SC ha	QP Tg	VP M\$	RT Mg ha <sup>-1</sup>	PP \$ Mg <sup>-1</sup>	IU \$ ha <sup>-1</sup>
Campeche	R	2	4,320	0.268	207.4	70.89	776.8	55,096
	T	1	10,326	0.476	368.1	46.06	773.8	35,644
Chiapas	R	4	16,988	1.651	1,095.4	97.52	666.5	65,078
	T	8	14,803	1.280	845.0	92.67	643.6	59,606
Colima	R	7	4,383	0.469	306.5	110.29	643.6	70,840
	T	4	7,221	0.607	386.2	84.00	635.7	53,398
Jalisco	R	35	78,880	7.004	4,884.7	88.35	719.0	63,707
	T	8	6,859	0.435	284.0	69.25	647.4	44,596
Michoacán	R	15	14,902	1.413	1,042.7	92.24	727.3	67,103
Morelos	T	20	16,918	2.037	1,669.5	119.91	866.6	89,207
Nayarit	R	9	8,058	0.877	688.5	110.42	771.8	84,333
	T	8	22,408	1.810	1,453.0	81.87	757.2	60,807
Oaxaca	R	12	7,526	0.627	476.7	80.77	755.1	57,039
	T	12	54,585	3.142	2,396.6	56.63	787.2	42,541
Puebla	R	18	14,705	1.745	1,168.5	114.54	637.9	67,297
	T	3	280	0.016	10.3	59.00	627.0	36,994
Quintana Roo	R	1	1,960	0.140	97.7	71.44	698.0	19,278
	T	2	27,557	1.308	913.2	51.65	698.0	35,811
San Luis Potosí	R	10	21,433	1.773	1,164.2	89.62	672.3	41,045
	T	7	51,249	2.863	1,790.2	56.52	669.6	28,037
Sinaloa	R	3	3,498	0.387	245.4	112.50	614.3	69,058
Tabasco	R	2	318	0.022	12.4	68.00	572.0	38,896
	T	8	38,307	2.432	1,277.3	61.68	540.7	33,234
Tamaulipas	R	7	32,349	2.031	1,421.4	71.12	740.8	39,721
	T	4	17,996	1.017	708.6	53.21	727.9	33,054
Veracruz	R	42	85,703	7.627	4,930.8	89.38	670.7	60,212
	T	84	208,392	13.489	8,561.8	70.84	643.3	45,086
Nacional		262	771,923	56.947	38,406.0	84.05	689.8	55,676

R: riego, T; temporal; MH: modalidad hídrica; MP: municipios (el valor nacional es el total de municipios); SC: superficie cosechada; QP: volumen de producción; VP: valor de la producción; RT: rendimiento promedio; PP: precio promedio pagado al productor; IU: ingreso unitario promedio; Tg: millones de toneladas; M\$: millones de pesos; ha: hectáreas.

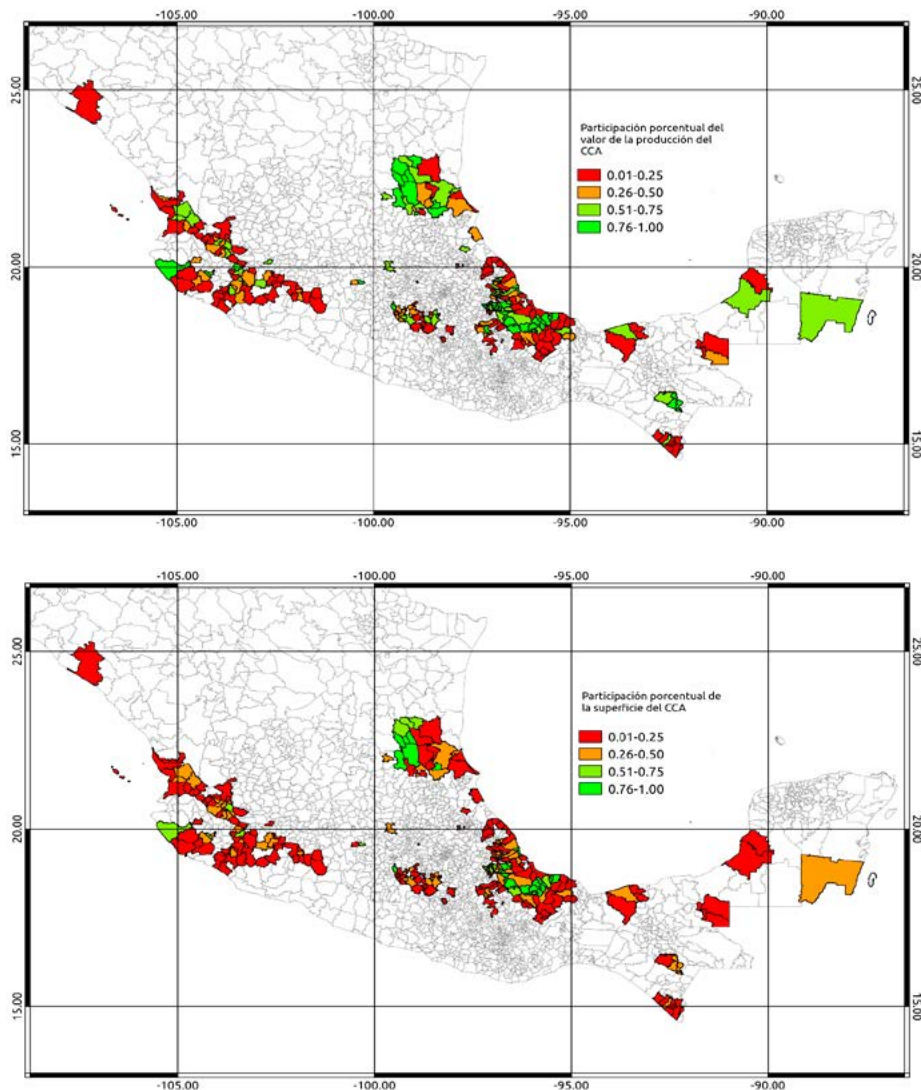
En los 262 municipios con influencia del CCA, la superficie total de cultivos perennes fue estimada en 2.071 millones de hectáreas, con un valor de la producción de 106 mil millones de pesos, esto representó 33% y 40% de los valores nacionales respectivamente. Un total de 48 municipios en siete entidades dedican un poco más del 50% de la superficie de los SPAP al CCA, lo cual difiere con 155 municipios de 14 entidades que solo destinaron hasta un 25% de esta superficie al CCA (Figura 3). Lerdo de Tejada (Veracruz) es el municipio con la mayor cobertura del CCA con respecto a los SPAP (93%). Adicionalmente, 94 municipios de 13 entidades obtuvieron más de 50% del valor de producción mediante el CCA, incluso en 48 municipios, el CCA aportó más del 75%

del valor de los SPAP. Esto contrasta con 122 municipios, donde el CCA generó hasta 25% del valor de los SPAP. Amatitlán (Veracruz) es el municipio, donde el CCA aporta hasta 97% del valor de la producción de los SPAP.

Los resultados de la evaluación del desempeño de paisaje en este estudio son similares respecto a la obtención de valores estadísticos a nivel municipal y estatal con el propósito de comparar sitios, tecnología y entornos (Baez-Gonzalez et al., 2018; Maitah et al., 2013; Marin, Martha, Cassman, & Grassini, 2016). Este trabajo de investigación permite la visualización del desempeño del paisaje a escala municipal, con lo cual se ayuda al tomador de decisiones sobre qué áreas deben ser priorizadas



**Figura 2.** Evolución de las variables del cultivo de caña de azúcar entre 2003 y 2017: superficie cosechada (miles de ha), volumen de producción (millones de toneladas), valor de la producción (miles de millones de pesos), rendimiento (Mg ha<sup>-1</sup>), precio pagado al productor (\$ Mg<sup>-1</sup>), e ingreso unitario (miles de pesos ha<sup>-1</sup>).



**Figura 3.** Participación porcentual del cultivo de la caña de azúcar con respecto a los SPAP a nivel municipal en 2017, según cuatro categorías de agrupación por superficie cosechada y valor de la producción.

en el diseño de programas o proyectos de inversión agrícola (van Oort et al., 2017; Zu et al., 2018).

## CONCLUSIONES

A pesar de que el comercio internacional es un factor de cambio subyacente, pareciera que la respuesta en las decisiones del CCA para atender la demanda internacional fue ampliar la frontera productiva (mayor superficie), en lugar de incrementar los rendimientos. Los precios también influyeron en un mayor incremento de la producción. Así como México tiene autosuficiencia alimentaria en azúcar y es un exportador consolidado en la región de Norteamérica, alrededor de 94 municipios dependen fuertemente del cultivo de la caña de azúcar (CCA) de acuerdo con la estimación de la participación porcentual de la superficie y el valor de la producción. Esta identificación aporta información estratégica para el desarrollo de políticas públicas a favor de una producción rentable y compatible con el entorno. El enfoque de paisaje del desempeño permite resaltar no solo las limitaciones o fortalezas de un sistema productivo sino conocer la magnitud de su impacto a nivel municipal.

## AGRADECIMIENTOS

Las tablas de datos utilizadas en este estudio exploratorio son parte del material didáctico del curso PAT-622 Optimización de Procesos Agroalimentarios en el Trópico del Programa de Doctorado Ciencias Agrícolas en el Trópico (PRODOCAT) y se reconoce ésta atenta aportación.

## LITERATURA CITADA

- Baez-Gonzalez, A. D., Kiniry, J. R., Meki, M. N., Williams, J. R., Alvarez Silva, M., Ramos Gonzalez, J. L., & Magallanes Estala, A. (2018). Potential impact of future climate change on sugarcane under dryland conditions in Mexico. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204 (5), 515-528. doi:10.1111/jac.12278.
- Bordonal, R. d. O., Nunes Carvalho, J. L., Lal, R., de Figueiredo, E. B., de Oliveira, B. G., & La Scala, N., Jr. (2018). Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38 (2). doi:10.1007/s13593-018-0490-x.
- FAO. (2017). Guidelines for the compilation of Food Balance Sheets. Retrieved from Rome: <http://gsars.org/wp-content/uploads/2017/10/GS-FBS-Guidelines-ENG-completo-03.pdf>.
- FAO. (2018). Guidelines on defining rural areas and compiling indicators for development policy. Retrieved from Rome: <http://gsars.org/wp-content/uploads/2018/12/GS-GUIDELINES-RURAL-AREAS-EN-FINAL-2018.pdf>.
- FAO. (2019). Food Balance Sheets Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>. Retrieved 08.02.2019, from Food and Agricultural Organization <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>.

- Figueroa Rodríguez, K. A., García García, A. M. T., Mayett Moreno, Y., Hernández Rosas, F., & Figueroa Sandoval, B. (2015). Factores que explican el rendimiento de caña de azúcar a nivel municipal en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6 (6), 1345-1358.
- Hess, T. M., Sumberg, J., Biggs, T., Georgescu, M., Haro-Monteagudo, D., Jewitt, G. and Knox, J. W. (2016). A sweet deal? Sugarcane, water and agricultural transformation in Sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 39, 181-194. doi:10.1016/j.gloenvcha.2016.05.003.
- Jain, S. L. (2001). Indian sugar sector: On the path of reform. *International Sugar Journal*, 103 (1232), 339-+. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000170462700025.
- Maitah, M., Smutka, L., Pulkrabek, J., Benesova, I., & Belova, A. (2013). Sugar production and consumption in Egypt in 1995-2009. *Listy Cukrovarnicke a Reparske*, 129 (9-10), 300-304. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000326652400007.
- Marin, F. R., Martha, G. B., Jr., Cassman, K. G., & Grassini, P. (2016). Prospects for Increasing Sugarcane and Bioethanol Production on Existing Crop Area in Brazil. *BioScience*, 66 (4), 307-316. doi:10.1093/biosci/biw009.
- OECD/FAO. (2018). OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027. Paris/Rome: OECD Publishing/FAO.
- SAGARPA. (2017). Norma Técnica para la Generación de Estadística Básica Agropecuaria y Pesquera. Retrieved from Mexico, D.F.: G:\2019.CT-PBCN\_SugarCane-ExploratoryAnalysis\PLA\_SugarCane-Reference-SIAP.
- Solomon, S. (2016). Sugarcane Production and Development of Sugar Industry in India. *Sugar Tech*, 18 (6), 588-602. doi:10.1007/s12355-016-0494-2.
- van Oort, P. A. J., Saito, K., Dieng, I., Grassini, P., Cassman, K. G., & van Ittersum, M. K. (2017). Can yield gap analysis be used to inform R&D prioritisation? *Global Food Security*, 12, 109-118. doi:10.1016/j.gfs.2016.09.005.
- Zu, Q., Mi, C., Liu, D. L., He, L., Kuang, Z., Fang, Q. and Yu, Q. (2018). Spatio-temporal distribution of sugarcane potential yields and yield gaps in Southern China. *European Journal of Agronomy*, 92, 72-83. doi:10.1016/j.eja.2017.10.005.





# Peasant evaluation of the agroecological management of cocoa plantations (*Theobroma cacao* L.) in Tabasco, Mexico

## Evaluación campesina del manejo agroecológico de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México

Chávez-García, Elsa<sup>1</sup>; Castelán-Estrada, Mepivoseth<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados, km 3.5 carretera Cárdenas- Huimanguillo. C.P. 86500. Cárdenas, Tabasco, México.

\*Autor por correspondencia: mcastelan@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate in a participative way the incidence of moniliasis (*Moniliophthora roreri*), black spot (*Phytophthora capsici*) and squirrel (*Sciurus* spp.) in cocoa plantations (*Theobroma cacao* L.) ("cacaotal") of the Chontalpa region, Tabasco, with at least one year of having changed from conventional management to agroecological management.

**Methodology:** The incidence of moniliasis, black spot and squirrel in 20 cocoa plantations with conventional management, and subsequent agroecological management, were estimated through semi-structured interviews to participating peasants. The relative decrease ( $Dr$ ) of these incidences was calculated with the equation  $Dr=lf \times 100 / lp$  where  $lf$ =incidence in the 2017-2018 cycle,  $lp$ =incidence under conventional management.

**Results:** Under conventional management, use of fungicides was found in 82% of the cocoa plantations evaluated, insecticides in 92%, herbicides in 71% and application of chemical fertilizers in 97% of the plantations. Prior to the agroecological management, moniliasis was present in all the plantations evaluated (55% of these, with damages between 70-100%), black spot in 90% of the plantations (with damages between 70-100%) and squirrels in 80% of the plantations (25% of these, with damages between 80-100%). Under agroecological management, a decrease  $\geq 50\%$  was registered on these three problems, in more than 80% of the cases evaluated.

**Limitations of the study:** Estimating from peasant must be complemented by experimental studies.

**Conclusions:** The agroecological management of cocoa plantations allowed elimination of the use of agrochemicals while moniliasis, black spot and squirrels were reduced in more than 80% of the cocoa plantations respect to conventionally managed cocoa plantations.

**Keywords:** *Theobroma cacao*, agroecology, participatory action research.

### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar en forma participativa la incidencia de moniliasis (*Moniliophthora roreri*), mancha negra (*Phytophthora capsici*) y ardilla (*Sciurus* spp.) en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) ("cacaotal") de la región de la Chontalpa, Tabasco, México, con al menos un año de haber cambiado de manejo convencional al manejo agroecológico.

**Metodología:** La incidencia de moniliasis, mancha negra y ardilla en 20 plantaciones de cacao con manejo convencional previo, y posterior manejo agroecológico, se estimó mediante entrevistas semiestructuradas a campesinos participantes. Se calculó la disminución relativa ( $Dr$ ) de las incidencias con la ecuación  $Dr=If \times 100 / Ip$ , donde  $If$ =incidencia en el ciclo 2017-2018,  $Ip$ =incidencia bajo manejo convencional.

**Resultados:** Se encontró el uso de fungicidas en 82% de los cacaotales evaluados, insecticidas en 92%, herbicidas en 71% y aplicación de fertilizantes químicos en el 97% de los cacaotales convencionales estudiados. Previo al manejo agroecológico, la moniliasis estaba presente en todas las plantaciones evaluadas (55% de éstas, con daño entre 70-100%), la mancha negra en 90% de las plantaciones (con daño entre 70-100%) y la ardilla en 80% de las plantaciones (25% de éstas, con daño entre 80-100%). Con el manejo agroecológico se registró una disminución relativa  $\geq 50\%$  en estos tres problemas, en más del 80% de los casos evaluados.

**Limitaciones del estudio:** Las estimaciones campesinas registradas deben complementarse con estudios experimentales.

**Conclusiones:** El manejo agroecológico del cacaotal permitió eliminar el uso de agroquímicos y disminuir la moniliasis, mancha negra y ataque de ardilla en más de 80% de los cacaotales, respecto a los cacaotales con manejo convencional.

**Palabras clave:** *Theobroma cacao*, agroecología, investigación acción participativa.

toda poblada y llena de huertas de cacao, y mucha de paz” (Cabrera, 1987). Aunque Tabasco es el primer productor de cacao a nivel nacional, con 68% de la superficie y 63% de la cosecha, presenta rendimientos medios de solo  $430 \text{ kg ha}^{-1}$  (SIAP, 2018). El manejo del cacaotal se ha basado en el uso intensivo de agroquímicos, la disminución de la biodiversidad y la homogeneización genética, con el fin de estandarizar las características del grano para satisfacer la demanda del comercio global.

Al respecto, Ramírez-Meneses *et al.* (2013) registraron mayor diversidad de especies arbóreas en cacaotales más antiguos ( $>50$  años) respecto a los de manejo más reciente (30 años). La disminución de la diversidad del cacaotal puede ser la razón de mayor vulnerabilidad a plagas y enfermedades. La moniliasis (*Moniliophthora roreri*), reportada por primera vez en México en 2005 (Hernández-Gómez *et al.*, 2015) ha sido de las principales causas de la baja producción, sumada a la mancha negra (*Phytophthora capsici*) registrada en segundo término (Córdova-Ávalos *et al.*, 2001; Hernández-Gómez *et al.*, 2015). También el daño por ardillas fue reportado por los productores de cacao en Tabasco como un problema crítico (Hernández-Gómez *et al.*, 2015, Trinidad *et al.*, 2016). Al respecto, García-Guzmán y Hernández-Guzmán (2015), registraron alta densidad de ardillas rojas (*Sciurus deppei*) y ardillas negras (*S. aureogaster*) en plantaciones de coco (*Cocos nucifera* L.) del municipio de Paraíso. Esta alta incidencia fue relacionada con la modificación de su hábitat, por actividades antropocéntricas, lo que provoca la desaparición de los depredadores naturales y que las

## INTRODUCCIÓN

El modelo modernizador fue impuesto en México con la dominación española y con ello se negaron los conocimientos de los pueblos originarios. Durante el siglo XX, dicho modelo se caracterizó por la industrialización y urbanización de las formas de vida, considerados como sinónimo de progreso y bienestar (Dussel, 2000). En la producción agroalimentaria, se impulsó la agricultura intensiva (Revolución Verde) que a corto plazo incrementó las cosechas por el uso elevado de insumos, pero a la larga se deterioró el ambiente, la economía y salud de las personas (Sarandón y Flores, 2014; Blandi *et al.*, 2015). Tabasco, no estuvo exento de dicho proceso modernizador, sobre todo con la implementación del Plan Chontalpa en 1970, que modificó las formas de vida campesina y generó deterioro ambiental, social y económico (Uribe, 2009; Chávez-García *et al.*, 2012). Desde el enfoque agroecológico se buscan alternativas a la crisis del modelo modernizador de producción de alimentos, en los aspectos técnico-productivos, social, político y cultural (Sevilla, 2010). Se retoman los sistemas cognitivos, productivos y organizativos campesinos que demuestran tener mayor sustentabilidad con respecto a la agricultura convencional (Calle *et al.*, 2013; Sevilla y Woodgate, 2013). Los sistemas campesinos no son estáticos, sino sometidos a procesos de cambio a los cuales resisten, interactúan o se adaptan (Pohl *et al.*, 2010). En el caso del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) (cacaotal) en la región de la Chontalpa, Tabasco, su importancia cultural es ancestral; ya en 1525 Bernal Díaz del Castillo describió esta región como “...

plantaciones se constituyan como grandes reservorios de alimentos. Por lo anterior, se inició un proyecto con campesinos productores de cacao pertenecientes a ocho comunidades de la región de la Chontalpa, para generar con ellos un manejo agroecológico de sus plantaciones, basado en la recuperación de saberes campesinos y apropiación de agroecotecnologías, con mayor sustentabilidad respecto al manejo convencional. El objetivo del presente trabajo fue evaluar, en forma participativa, la incidencia de moniliasis (*Moniliophthora roreri*), mancha negra (*Phytophthora capsici*) y ataque de ardilla (*Sciurus* sp.) en cacaotales de la región de la Chontalpa, Tabasco, México, con al menos un año de haber cambiado de manejo convencional al manejo agroecológico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La generación, implementación y replicación del manejo agroecológico del cacaotal en forma conjunta con campesinos de la región de la Chontalpa, fue un proceso complejo que incluyó aspectos tecnológicos, ecológicos y culturales. Esto demandó ante todo metodologías flexibles para facilitar el dialogo de saberes entre campesinos e investigadores, así como la inclusión de perspectivas y conocimientos generados fuera del marco científico (Guzmán y Alonso, 2007). Por ello se inició el acompañamiento agroecológico en 2015, el cual retomó las bases de la investigación acción participativa (IAP) (Murcia, 2004) y la metodología De campesino a campesino (Holt-Giménez, 2008). La IAP plantea que cualquier proceso de cambio, debe integrar a los beneficiarios como protagonistas del mismo. Dicha metodología ha sido adaptada en la investigación agroecológica para promover el cambio tecnológico de los procesos de producción agroalimentaria con mayor sustentabilidad y que fortalezca las capacidades y formas de organización de los campesinos para que continúen por ellos mismos (Guzmán et al., 2013). Retomadas de Guzmán y Alonso (2007), las principales fases de la IAP implementadas fueron:

1. Observación participante. Consistió en talleres, entrevistas abiertas y recorridos en las plantaciones para establecer un dialogo de saberes sobre la problemática del cacaotal.
2. Investigación participativa. Consistió en entrevista semiestructurada para registrar el uso de agroquímicos bajo manejo convencional en 28 plantaciones de cacao en la región de la Chontalpa, de las cuales el 85.7% tuvieron una superficie  $\leq 2$  ha. Se realizaron además talleres para socializar las experiencias sobre

los efectos de los agroquímicos en la salud y la economía de los campesinos, y el impacto en el ambiente (fauna, flora, suelo y agua).

3. Acción participativa. Durante 2015 y 2016 campesinos de la región de la Chontalpa, iniciaron de manera voluntaria el manejo agroecológico en sus cacaotales y replicaron su experiencia con otros campesinos de la región. El manejo agroecológico consistió principalmente en eliminar el uso de agroquímicos. El control de la maleza (*Syngonium podophyllum*) fue manual. La fertilización se realizó con aplicaciones foliares de lixiviado de lombriz de 1-2 veces por mes, en dosis 25 ml L<sup>-1</sup> agua. Para el control de monilia, mancha negra y ardilla se hicieron 1-2 aplicaciones por mes del agrohomeopático PFCacao II, 200C (proporcionado por el Centro Nacional de Agrohomeopatía de la Universidad Autónoma de Chapingo), en dosis de 1 gota en 100 L agua.
4. Evaluación del manejo agroecológico. Se llevó a cabo con 20 campesinos participantes después de un año de manejo agroecológico de sus plantaciones. Al integrarse al proyecto se estimó, mediante entrevista semiestructurada, la incidencia de moniliasis, mancha negra y ardilla en sus cacaotales bajo manejo convencional. Con al menos un año de manejo agroecológico, los campesinos estimaron nuevamente la incidencia de estos problemas en el ciclo 2017-2018. Para calcular la disminución o incremento relativo de la incidencia ( $Dr$ ) se utilizó la ecuación:

$$Dr = \frac{lf \times 100}{lp}$$

Donde  $lf$  = incidencia en el ciclo 2017-2018;  $lp$  = incidencia previa al manejo agroecológico.

### Área de estudio

La Chontalpa es una región geopolítica de Tabasco, México, conformada por los municipios de Cárdenas, Huimanguillo, Cunduacán, Paraíso y Comalcalco. Se ubica en la Llanura Costera del Golfo de México, presenta clima tropical cálido húmedo, relieve plano, áreas inundables y numerosos cuerpos de agua (INEGI, 2001). Las plantaciones de cacao evaluadas en este trabajo se ubicaron en los ejidos General Vicente Guerrero (Poblado C-29), Coronel Gregorio Méndez Magaña (Poblado C-28), Licenciado Francisco I. Madero (Poblado C-9), General Venustiano Carranza (Poblado C-23), Encrucijada 3ª sección y Reyes Heróles 2ª sección del municipio de Cárdenas; Ejido Francisco Villa (Poblado C-31) del municipio de Huimanguillo y Río Seco 1ª sección del

municipio de Cunduacán, Tabasco (Figura 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En 28 cacaotales con manejo convencional se encontró que el 82.2% (Cuadro 1) aplican agroquímicos para el control de moniliasis (*M. roseri*) y mancha negra (*P. capsici*). Compuestos derivados del cobre (sulfato y oxiclورو) fueron los utilizados con más frecuencia (75.0%). Si bien el uso de sulfato de cobre es permitido en México para la producción orgánica de alimentos (DOF 29/10/2013), de acuerdo a la ficha técnica tiene un grado de toxicidad aguda en caso de ingestión humana (categoría, 4), es nocivo al contacto con la piel (categoría 5), provoca irritación ocular grave (categoría 2A) y se reporta con toxicidad aguda y crónica para el ambiente (categoría 1), por sus efectos nocivos duraderos en organismos acuáticos (BASF, 2004). Cordero y Ramírez (1979), reportaron la acumulación de cobre en suelos del Pacífico Sur de Costa Rica, debido al uso de caldo bordelés (mezcla de sulfato de cobre y cal) en plantaciones de banano (*Musa paradisiaca* L.), durante los años 1930-1950.

En 92.8% de los cacaotales se aplican insecticidas; el principal grupo fue de organofosforados (80.7%), de los cuales 42.8% correspondió a Paratión metílico, 32.1% a Monocrotofós y 17.8% a Clorpirifós. En segundo lugar, se utilizan piretroides, 14.2% corresponde a Cipermetrina y 10.7% a Lambda cialotrina; y el uso de organoclorados como Endosulfán fue menos frecuente con 3.5%.

En el 71.4% de los cacaotales aplican herbicida Paraquat para el control de *Syngonium podophyllum*. De todos los insecticidas registrados, el



**Figura 1.** Relación de poblados con plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo manejo agroecológico, por municipio y su ubicación geográfica en la Región de la Chontalpa, Tabasco. Fuente: Elaboración propia.

fungicida Azoxystrobin y el herbicida Paraquat, son reportados como altamente peligrosos por *Pesticide Action Network International*, debido a los daños graves e irreversibles que pueden ocasionar en la salud y el medio ambiente (PANI, 2016). En 96.5% de los cacaotales se aplicaban fertilizantes químicos, principalmente con la fórmula N-P-K en distintas dosis o combinados con elementos menores (Fe, B, Zn, Mg y Cu) y fitohormonas (85.8%); el uso de urea como fuente de nitrógeno se registró en segundo lugar (Cuadro 1).

La evaluación del manejo agroecológico se realizó en cacaotales con superficie  $\leq 2$  ha (75%), de 2 y hasta 4 ha (20%) y el resto con superficie  $> 4$  ha (5%); con plantaciones de hasta 5 años de edad (60%) y con injertos de tipo criollo (almendra blanca); 15% fueron  $> 5$  y hasta 30 años; 25% fueron de 31 a 60 años, con cacao de diversos tipos.

La estimación campesina de la incidencia de moniliasis bajo manejo convencional registró que en 100% de los casos estaba presente dicho problema; en 55% de las plantaciones el problema era agudo (con pérdida de la producción de 70-100%); en 25% de los casos, la estimación de pérdida fue de 50-60%. Bajo manejo agroecológico se estimó que la incidencia disminuyó  $\geq 50\%$  en el 85% de las plantaciones. En el 10% de los casos, la disminución fue de 44%. Solo en un caso, se incrementó el problema de moniliasis, debido a condiciones de inundación severa del terreno (Cuadro 2).

Al respecto, Ortiz-García *et al.* (2015) bajo manejo integral del cultivo reportaron una disminución de 79.9% de moniliasis; sin embargo, el manejo propuesto incluyó uso de agroquímicos como Monocrotofós, fertilización química y Azoxystrobin, con los efectos ambientales y en la salud ya mencionados, que no son considerados en el análisis de costo-beneficio de la metodología de la economía neoclásica (Figura 2).

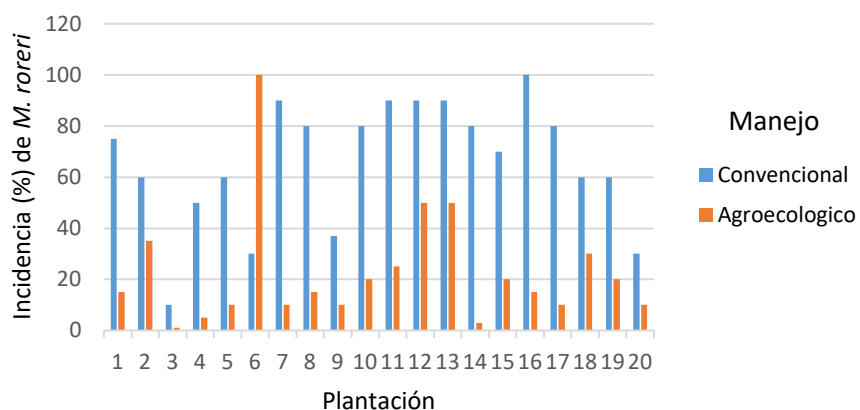
La estimación campesina realizada para la incidencia de mancha negra bajo manejo convencional registró que en 90% de los casos estaba presente dicho problema. De éstos, el 30% registró alta incidencia (70-100%), el 35% tuvo



**Cuadro 1.** Productos agroquímicos empleados en 28 plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), bajo manejo convencional en la región de la Chontalpa, Tabasco, México.

Producto	Variable respuesta	%
Fungicidas	No usa	17.8
	Si usa	82.2
	Sulfato/oxicloruro de Cu	75.0
	Ac. Peroxiacético+Peróxido de hidrógeno (vinagre)	17.8
	Polisulfuro de calcio (caldo sulfocálcico)	7.1
	Cal	7.1
	Azoxystrobin	3.5
Insecticidas	No usa	7.1
	Si usa	92.8
	Paratión metílico	42.8
	Monocrotofós	32.1
	Clorpirifós	17.8
	Cipermetrina	14.2
	Lambda cialotrina	10.7
	Endosulfán	3.5
Insecticidas por grupo	Organofosforados	80.7
	Piretroides	26.9
	Organoclorados	3.8
Herbicidas	No usa	28.6
	Usa Paraquat metílico	71.4
Fertilizantes	No usa	3.5
	Si usa	96.5
	N-P-K + Fe, Mn, B, Cu, Zn, Co, Mo, S, Mg, Ca	57.1
	N-P-K	71.4
Hormonas de floración	Urea (46% N)	28.6
	No usa	14.2
	Usa Auxinas, Giberelinas u otras	85.8

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 2.** Incidencia de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) con al menos un año de haber cambiado de manejo convencional al manejo agroecológico en Tabasco, México (n=20).

**Cuadro 2.** Disminución relativa (%) de la incidencia de moniliasis, mancha negra y ardillas en cacaotales (*Theobroma cacao* L.) de la región de la Chontalpa, Tabasco, estimada por los campesinos participantes.

# de Plantación	Moniliasis	Mancha negra	Ardillas
1	80	87	*
2	50	40	44
3	90	100	*
4	95	90	66
5	83	50	90
6	+200	+2000	*
7	88	100	88
8	81	100	33
9	75	75	100
10	62	80	60
11	77	90	75
12	44	50	50
13	44	98	60
14	96	96	70
15	71	*	67
16	85	*	60
17	88	100	70
18	50	25	67
19	66	67	*
20	66	71	70

+ Se presentó un incremento de las enfermedades.

\* No hubo incidencia bajo manejo convencional ni bajo manejo agroecológico.

Fuente: Elaboración propia

incidencia media (40-60 %) y 25% mostró baja incidencia (5-20%). Bajo manejo agroecológico, la estimación de daño por mancha negra, tuvo una disminución de  $\geq 50\%$  con respecto al manejo convencional previo, en 83.3% de las plantaciones. En 11.1% de los cacaotales, la disminución fue de 25-49%. Solo en un caso se incrementó el problema por causa de inundación severa del terreno (Cuadro 2 y Figura 3).

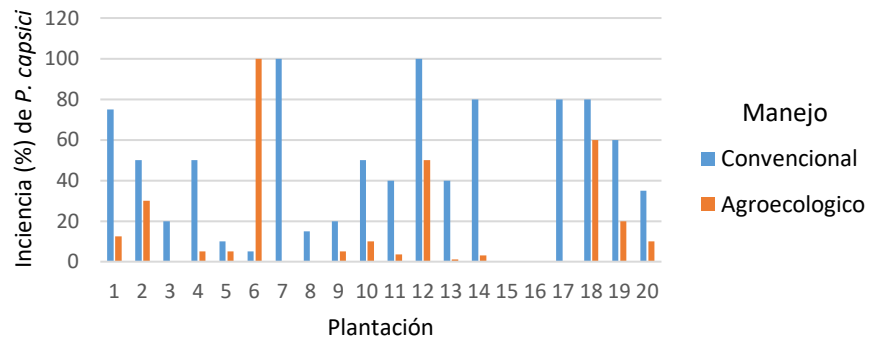
La estimación campesina respecto al daño por ardilla (*Sciurus* spp.) bajo manejo convencional, registró que 80% de los casos estaba presente este problema. De éstos, el 25% presentaron incidencia de 80-100%, el 12.5% registró incidencia de 40- 50% y 62.5% tenían una incidencia  $\leq 10\%$ . Bajo manejo agroecológico, el daño por ardilla registró una disminución

≥50% con respecto al manejo convencional previo en 87.5% de los casos evaluados. En 12.5% de las plantaciones, la disminución fue de 30-45% (Cuadro 2 y Figura 4). En todos los casos, el problema de ardillas disminuyó con el manejo agroecológico.

La estimación de la incidencia de los tres problemas productivos abordados en el presente trabajo, parte de la premisa corroborada de que el campesino, propietario del cacaotal, tiene un conocimiento detallado del mismo, inclusive a nivel de cada planta. Por ello, fueron quienes implementaron y verificaron la respuesta de las plantas de cacao al cambio de manejo convencional al agroecológico, en condiciones de una alta complejidad ecológica y cultural que conlleva el manejo diversificado del cacaotal. Si bien, los resultados obtenidos han permitido seguir replicando el manejo agroecológico entre otros productores de la región, es necesario validarlos mediante investigación experimental.

### CONCLUSIONES

El manejo convencional de 28 plantaciones de cacao ubicadas en la región de la Chontalpa, mostró que en más del 80% de las plantaciones se utilizaban fungicidas, insecticidas, fertilizantes y hormonas de floración. En el 70% de los mismos, se registró el uso de Paraquat como herbicida. La mayoría de estas sustancias activas son reportadas como altamente peligrosas por los daños graves e irreversibles que provocan en la salud y el medio ambiente. El manejo agroecológico generado, implementado y replicado por 20 campesinos participantes permitió la reconversión para producir cacao sin uso de agroquímicos. La estimación campesina de la incidencia de moniliasis, mancha negra y daño de la mazorca por ardilla en las plantaciones de cacao reconvertidas a manejo agroecológico, registró disminución ≥ 50%, con respecto a su manejo convencional en más del 80% de los casos evaluados. El manejo agroecológico implementado y validado en plantaciones de cacao por los campesinos, puede constituir una alternativa sustentable respecto al manejo convencional, pero debe complementarse con los resultados de la investigación experimental.



**Figura 3.** Incidencia de mancha negra (*Phytophthora capsici*) en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) con al menos un año de haber cambiado de manejo convencional al manejo agroecológico en Tabasco, México (n=20).

### AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado al Proyecto 2015-01-1466.

### LITERATURA CITADA

BASF. 2004. Hoja de seguridad según 91/155/CEE. Fecha de consulta 20/03/2019. [https://www.agro.basf.es/Documents/es\\_files/productfiles\\_files/2\\_hojas\\_seguridad\\_files/CUPROCAL.pdf](https://www.agro.basf.es/Documents/es_files/productfiles_files/2_hojas_seguridad_files/CUPROCAL.pdf)

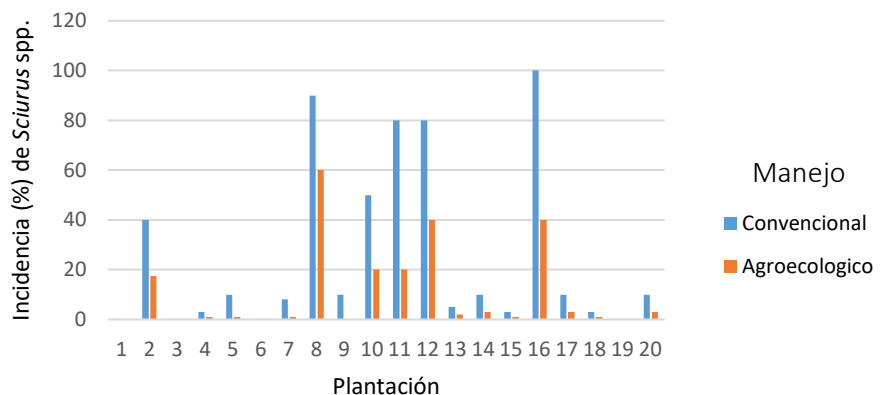
Blandi, M.L., Sarandón, S.J., Flores, C.C & Veiga I. (2015) Evaluación de la sustentabilidad de la incorporación del cultivo bajo cubierta en la horticultura platense. Rev. Fac. Agron. 114(2): 251-264.

Cabrera, B.C.A. 1987. Viajeros en Tabasco: textos. Villahermosa, Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco-Instituto de Cultura de Tabasco.

Calle, C.A., Gallar, D. & Candón, J. (2013). Agroecología política: la transición social hacia sistemas agroalimentarios sustentables. Revista de Economía Crítica 6: 244-277.

Cordero, A. & Ramírez, G.F. (1979) Acumulación de cobre en los suelos del Pacífico Sur de Costa Rica y sus efectos detrimentales en la agricultura. Agronomía Costarricense 3(1): 63-78.

Córdova-Ávalos, V., Sánchez-Hernández, M., Estrella-Chulín, N. G., Macías-Laylle, A., Sandoval-Castro, E., Martínez-Saldaña, T. & Ortiz-García C. F. (2001). Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Ejido Francisco I. Madero



**Figura 4.** Incidencia de ardilla (*Sciurus* spp.) en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) con al menos un año de haber cambiado de manejo convencional al manejo agroecológico en Tabasco, México bajo manejo convencional y manejo agroecológico (n=20).

- del Plan Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 17(34): 93-100.
- Chávez-García, E., Rist E. & Galmiche-Tejeda A. (2012). Lógica del manejo del huerto familiar en el contexto del impacto modernizador en Tabasco, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 9(68): 177-200.
- Estay, R.J. (2001). El incremento de la polarización. En: G.L. Gallardo, & G.J. Osorio (Editores) *Los rostros de la pobreza*. El Debate. Tomo I (pp. 225-260). Limusa. México.
- García-Guzmán, N.C & Hernández-Guzmán, J. (2015). Ocurrencia de ardillas tropicales en plantaciones de palma de coco en Paraíso, Tabasco, México. *The Biologist* 13(1): 35-39. <http://dx.doi.org/10.24039/rtb2015131140>
- Guzmán, C.G.I. & Alonso, M.A.M. (2007). La investigación participativa en agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable. *Ecosistemas* 16(1): 24-36.
- Guzmán, G.I, López, D., Román, L. & Alonso, A.M. (2013). Investigación acción participativa en agroecología: construyendo el sistema agroalimentario ecológico en España. *Agroecología* 8(2): 89-100.
- Hernández-Gómez, E., Hernández-Morales J., Avendaño A.C.H., López-Guillen, G., Garrido-Ramírez, E.R., Romero-Nápoles, J. & Nava-Díaz, C. (2015). Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33: 232-246.
- Holt-Giménez, E., (2008). *Campesino a campesino: Voces de Latinoamérica* Movimiento Campesino para la Agricultura Sustentable. Disponible en <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/cambpesino-a-campesino.pdf>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2001). *Síntesis Geográfica del Estado de Tabasco*. Aguascalientes, México.
- Murcia, F.J. (2004). *Investigar para cambiar. Un enfoque sobre investigación-acción participante*. Bogotá, Colombia: Mesa Redonda Magisterio
- Diario Oficial de la Federación DOF (2013). Lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias. Fecha de consulta 20/03/2019. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5319831&fecha=29/10/2013](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5319831&fecha=29/10/2013)
- Dussel, E. (2000). Europa, modernidad y eurocentrismo. En: Edgardo Lander (comp.) *La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas Latinoamericanas*. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Buenos Aires, Argentina. pp. 41-53.
- Pesticide Action Network International PANI. 2016. Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional. Disponible en: <https://rap-al.org/lista-de-plaguicidas-altamente-peligrosos-de-pan-internacional-2016/>. Consultado 12 de julio de 2018.
- Pohl, C., Rist, S., Zimmermann, A., Fry, P., Gurung, G. S., Schneider, F. & Hadorn, G. H. (2010). Researchers' roles in knowledge co-production: experience from sustainability research in Kenya, Switzerland, Bolivia and Nepal. *Science and Public Policy* 37(4): 267-281. <https://doi.org/10.3152/030234210X496628>
- Ortiz-García, C.F., Torres-de-la-Cruz, M. & Hernández-Mateo, S. del C. (2015). Comparación de dos sistemas de manejo de cultivo de cacao en presencia de *Moniliophthora roreri*, en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(2): 191-196.
- Ramírez-Meneses, A., García-López, E., Obrador-Olán, J.J., Ruiz-Rosado, O. & Camacho-Chiu, W. (2013). Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 29(3): 215-230.
- Sarandón, S.J. & Flores, C.C. (2014). La insustentabilidad del modelo agrícola actual. En: S.J. Sarandón & C.C. Flores (Editores) *Agroecología. Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (pp. 13-41). <http://hdl.handle.net/10915/37280>.
- Sevilla, G.E. (2010). *Sobre los orígenes de la agroecología en el pensamiento marxista y libertario*. AGRUCO/Plural Ediciones. La Paz, Bolivia.
- Sevilla, G.E. & Woodgate, G. (2013). *Agroecología: fundamentos del pensamiento social agrario y teoría sociológica*. *Agroecología* 8(2): 27-34.
- SIAP. Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. 2018. Avance de Siembras y Cosechas. Perennes. Situación al 31 de enero de 2018. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do)
- Uribe, I.R. (2009). El esfuerzo persistente. *Desarrollo, infraestructura, integración regional y medio ambiente en Tabasco, 1955-2008*. En A. C. Ruiz, & P. A. Fábregas (Eds.) *Historia Política Contemporánea de Tabasco* (pp.119-310). México, D. F. Gobierno del Estado de Tabasco.
- Trinidad F.W., Sol S.A. & Galindo A.A. (2016). Evaluación de la rentabilidad económica y captura de carbono en plantaciones de cacao en el Plan Chontalpa, Tabasco. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.* 2(1): 53-71. <http://dx.doi.org/10.5377/ribcc.v2i1.5680>





## Germination of the artificial sugarcane seed (*Saccharum* spp.)

### Germinación de la semilla artificial de caña de azúcar (*Saccharum* spp.)

Salgado-García, Sergio<sup>1</sup>; Álvarez-Sánchez, Giener F.<sup>1\*</sup>; Palma-López David J.<sup>1</sup>; Lagunes-Espinoza Luz del C.<sup>1</sup>; Ortiz-Laurel Hipólito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias Producción Agroalimentaria en el Trópico-Grupo MASCAÑA Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Córdoba-Grupo MASCAÑA

\*Autor por correspondencia: alvarez.geiner@colpos.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** Determinate the sugarcane (*Saccharum* spp.) seed germination and seedlings emergence from the artificial seed in an Eutric Fluvisol.

**Design/methodology/approximation:** A completely random design was used, and the treatments were distributed in experimental plots with 4 replications each. The study variables were: the emergence of seedlings and the vigor of seedlings at 30 days after sowing.

**Results:** Encapsulate sugarcane buds using sodium alginate at 2 % plus calcium chloride at 10 % and starch at 15 %, provided an adequate mean for the conservation of the viability of the yolk, obtaining emergency percentages of 94.4 and 97.2 %, respectively at 30 days after planting.

**Limitations/implications:** The encapsulated of Sodium alginate at 2% plus calcium chloride at 10% obtained a good percentage of germination, however, its high cost makes its implementation in the unprofitable field.

**Finding/Conclusions:** The results demonstrate the ability of the artificial seed of sugar cane encapsulated with starch for a rapid and homogeneous emergency in field conditions, evidencing the enormous potential of this technology as an alternative to improve the quality of sugarcane seeds and to reduce the weight of the planting material used.

**Keyword:** Artificial seed, Encapsulated, Emergence seedling.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la germinación y emergencia de plántulas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a partir de la semilla artificial en un suelo Fluvisol eutricto.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se utilizó un diseño completamente al azar donde los tratamientos se distribuyeron en parcelas experimentales con cuatro repeticiones cada una. Las variables de estudio fueron: la emergencia de plántulas y el vigor de plántulas a los 30 días después de la siembra.

**Resultados:** Encapsular yemas de caña de azúcar utilizando alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10 % y almidón al 15 %, propician un medio adecuado para la conservación de la viabilidad de la yema al obtener porcentajes de emergencia de 94.4 y 97.2 % respectivamente a los 30 días después de la siembra.

**Limitaciones/implicaciones:** Los encapsulados de alginato de sodio al 2 % + cloruro de calcio al 10 % obtuvieron un buen porcentaje de germinación, sin embargo, su alto costo hace poco rentable su implementación en campo.

**Hallazgos/conclusiones:** Los resultados demuestran la capacidad de la semilla artificial de caña de azúcar encapsulada con almidón para una emergencia rápida y homogénea en condiciones de campo, lo que pone en evidencia el enorme potencial de esta tecnología como una alternativa que permita mejorar la calidad de semillas de caña de azúcar y reducir el peso del material de siembra utilizado en los métodos tradicionales.

**Palabras clave:** Semilla artificial, encapsulados, emergencia de plántulas

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 7, julio. 2019. pp: 51-56.

**Recibido:** noviembre, 2018. **Aceptado:** abril, 2019.



## INTRODUCCIÓN

La importancia de la industria azucarera en México radica en su relevancia económica y social, debido a las grandes inversiones en capital, así como a la dependencia directa de más de 440,000 personas que desarrollan diversas actividades asociadas al cultivo, tales como la siembra, el crecimiento y desarrollo, cosecha, transporte, industrialización y comercialización (Figueroa *et al.*, 2015).

La siembra de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en México, es una actividad semi-mecánica al combinar operaciones manuales y mecanizadas (Ortiz-Laurel *et al.*, 2016); sin embargo, aun cuando se utiliza la tecnología de máquinas sembradoras que usan tallos enteros o trozos de caña, no se ha logrado la eficiencia de una siembra mecanizada de precisión (Robotham, 2004). Durante la obtención de los trozos (canutos o entrenudos) de caña con cosechadoras integrales y en el transbordo a las sembradoras, las yemas de caña de azúcar son dañadas, esta situación reduce el porcentaje de germinación, estimando que el 70% de las yemas sembradas comercialmente logran germinar (Viveros y Calderón, 1995).

Debido a lo anterior, surge la tecnología de las semillas artificiales y las bud-chips (yemas individuales). La primera, describe generalmente un embrión somático, encapsulado con una cubierta sintética que lo protege, permite su manipulación, aporta nutrientes, permite el intercambio gaseoso para la respiración del embrión, además de ser lo suficientemente blando para permitir la germinación (Cid *et al.*, 2006; Morales y Cano, 2012). La tecnología de bud-chips consiste en yemas individuales extraídas de los tallos de caña de azúcar utilizadas para la propagación de plántulas en invernaderos para la siembra semimecánica, y se considera una alternativa para reducir el peso y mejorar la calidad de la semilla de caña, al ser menos voluminosa, fáciles de transportar y más económicas, frente al gran volumen de material de siembra utilizado convencionalmente, que plantea un problema en el transporte, manipulación y almacenamiento de los tallos, los cuales se deterioran rápidamente, reduciendo la viabilidad de las yemas afectando la germinación (Jain *et al.*, 2010; Naik *et al.*, 2013; Budi *et al.*, 2016; Galal, 2016; Patnaik *et al.*, 2017).

En base a esto, se desarrolló la semilla artificial de caña de azúcar, la cual consiste en un trozo de tallo de caña de azúcar de 35 mm de longitud con una sola yema, desinfectada y encapsulada con una mezcla de paja de

caña de azúcar molida seca y un polímero biodegradable, además, al utilizar alginato de sodio y almidón, se ha registrado mayor resistencia y protección a las yemas, favoreciendo hasta el 100% de germinación (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2018). En seguimiento al desarrollo de la semilla artificial, en el presente estudio se evaluó la germinación y emergencia de plántulas de caña de azúcar en condiciones de campo a partir de la semilla artificial elaborada a diferentes concentraciones de alginato de sodio más cloruro de calcio y almidón.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Las muestras de caña (*Saccharum spp.*) se tomaron en plantaciones de caña de azúcar de ocho meses de edad, de la variedad Mex 69-290, localizadas en el poblado C-34 (Pdte. Benito Juárez García) de Huimanguillo Tabasco (17° 58' 16" N - 93° 37' 30" O).

### Obtención y desinfección de yemas

Se cortaron los tallos de caña, posteriormente, con el uso de una segueta (sierra pequeña de diente fino) se cortaron trozos de tallos con yemas de 35 mm de longitud, que debían contar con 20 mm de reserva a partir de la cicatriz hacia la parte superior de ésta, y 15 mm en la parte inferior.

Las yemas fueron desinfectadas en una solución de Malathion 50 EC (Agroquímica Tridente) al 0,2% (2 mL L<sup>-1</sup> de agua) y Carbendazim (Prozycar® 500) al 0,1% (1 mL L<sup>-1</sup> de agua). Se sumergieron las yemas en la solución durante 10 min, y posteriormente se dejaron secar otros 10. Los Tratamientos (T) para encapsular la yema de caña de azúcar y formar la semilla artificial fueron: T1: alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10%, T2: almidón al 15%, T3: yema sin encapsulado, y T4: yema recién cortada (Figura 1).

### Encapsulado de las yemas

Se utilizaron 20 g de alginato de sodio (MEYER®), así como, 100 g de cloruro de calcio (J.T. Baker®), correspondientes al T1. Se mezcló el alginato de sodio con 1 L de agua en un vaso de precipitado, agitando constantemente para evitar la formación de grumos. De igual manera se mezclaron los gramos de cloruro de calcio en 1 L de agua en un vaso de precipitado. En el primer vaso con la mezcla de alginato de sodio se agregaron 300 g de paja de caña de azúcar molida seca para formar una pasta, con la cual se cubrieron las yemas manualmente.



**Figura 1.** Tratamientos de encapsulado. a: almidón al 15%. b: alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10%. c: yema sin encapsulado. d: yema recién cortada.

Las yemas encapsuladas se sumergieron en la solución de cloruro de calcio por cinco minutos, para la solidificación del polímero y posteriormente se colocaron en una bandeja de plástico para dejarlos secar durante 72 h a la sombra a temperatura ambiente ( $28 \pm 2$  °C). El grosor del encapsulado fue de aproximadamente 5 mm (Figura 1).

#### Encapsulado de las yemas de caña de azúcar utilizando almidón

Se utilizaron 150 g de fécula de maíz (Maizena®) correspondientes al T2. En una parrilla eléctrica (Cimarec, Thermo scientific, USA) se colocó un vaso de precipitado (KIMAX®, USA) con 750 mL de agua para calentarla. La fécula de maíz se disolvió en 250 mL de agua en un vaso de precipitado, a esta mezcla se le agregaron los 750 mL de agua caliente, y se agitó hasta homogeneizarla. Se pesaron 300 g de paja de caña de azúcar molida seca, utilizando una balanza granataria (TJ611, OHAUS®, México). A la mezcla de Almidón se le agregó la paja molida para formar una pasta, con la cual se cubrieron las yemas manualmente y se colocaron en una bandeja de plástico para dejarlos secar durante 72 h a la sombra a temperatura ambiente. El grosor del encapsulado fue de aproximadamente 5 mm. El T3 (yemas sin encapsulado), consistió en el mismo procedimiento de obtención y desinfección de yemas que el T1 y T2, pero sin encapsular, de igual manera se dejaron en reposo bajo las mismas condiciones que el T1 y T2. La obtención de yemas para los T1, T2 y T3, la desinfección y el encapsulado, se realizaron el mismo día del corte de

los tallos de caña de azúcar.

El T4 (yema recién cortada), consistió en el mismo procedimiento de obtención y desinfección de yemas que el T3, pero este procedimiento se realizó el mismo día de la siembra.

#### Establecimiento del experimento y manejo agronómico

El experimento se estableció en julio de 2017, en un suelo Fluvisol eutricto (Salgado et al., 2005), en las instala-

ciones del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, con dimensiones de 15 m de ancho por 17 m de largo, la cual se dividió en 16 parcelas experimentales de 3 m de ancho por 3.5 m de largo, con tres líneas de siembra a 1.3 m de separación una de otra y una distancia entre semillas de 50 cm. Para dicho experimento, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde los tratamientos se distribuyeron en parcelas experimentales con cuatro repeticiones cada una.

Para el control de malezas en las parcelas experimentales, se aplicó un herbicida post-emergente (velfosato) siete días antes de realizar la siembra, una vez establecido el experimento el control de malezas se realizó de forma manual. La siembra se llevó a cabo después de las 72 h de reposo de los tratamientos T1, T2 y T3, para ello, se eliminó con palas la maleza seca en cada línea de siembra de las parcelas experimentales, posteriormente, cada semilla fue depositada en el suelo a una profundidad aproximada de 10 cm y una distancia de siembra de 50 cm entre semillas. El riego de las parcelas experimentales se aplicó diariamente mediante riego rodado hasta capacidad de campo.

Se midieron las variables de emergencia de plántulas, realizando un conteo de las plántulas emergidas por tratamiento a los 30 días después de la siembra. También el vigor de plántula, mediante la extracción de todas las plántulas emergidas a los 30 días, para medir la longitud de raíces y altura del tallo.

Se realizó un análisis de varianza con el diseño completamente al azar, y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, usando el paquete SAS versión 9.3. Para obtener una distribución normal aproximada, el porcentaje de emergencia de plántulas se transformó al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción de plántulas emergidas  $[\sqrt{x} / (100)]$ . Para la variable vigor de plántula se realizó una transformación logarítmica.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La emergencia de plántulas, mostró que T1 y T2 registraron emergencia de plántulas de 94.4 y 97.2% (estadísticamente iguales entre sí) (Cuadro 1); sin embargo, el T3 (yema sin encapsulado), mostró el menor porcentaje (55.5 %), sugiriendo que, encapsular yemas de caña de azúcar utilizando alginato de sodio (T1) y almidón (T2) mantiene la viabilidad de la yema (Figura 2) superando a las yemas recién cortadas (T4).

Los resultados de emergencia de plántulas obtenidos por los T1 y T2 (94.4 y 97.2% respectivamente), fueron ligeramente superiores al 93.66% de germinación obtenido a los 35 d después de la siembra por Galal (2016) al sembrar bud-chips (macetas con sistema de riego) (Galal, 2016), y a los 92.4% que reportaron Patnaik et al. (2017), utilizando la tecnología bud-chips (Patnaik et al., 2017). Arias et al. (2016), reportaron una emergencia de plántulas de 84% al encapsular yemas de caña de azúcar utilizando almidón al 10%, y 100% de emergencia de plántulas con alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10% a los 45 d después de la siembra (2). En el presente estudio, se registró que al aumentar la concentración de almidón al 15% se obtiene mayor por-

centaje de emergencia de plántulas, además, que, la concentración de alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10% es adecuada para la elaboración del vehículo para mejorar la emergencia ("semilla artificial") de yemas de caña de azúcar.

Para la longitud de raíz, el análisis de varianza indicó diferencias significativas entre tratamientos para el vigor de plántula. La prueba de medias de Tukey, indica que el T1 y el T4 presentaron la mayor longitud de raíz (12 y 11.2 cm, respectivamente),

siendo éstos estadísticamente iguales entre sí. La menor longitud de raíz se registró en T2 y T3 (Figura 3), ambos con una media de 8 cm de longitud de raíz (Cuadro 1).

En lo que respecta a la altura de tallo, en el análisis de varianza se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos. La prueba de medias de Tukey, indicó que T1 y T4, presentaron la mayor altura de tallo (49.6 y 54.6 cm, respectivamente), mientras que la menor altura fue de plántulas de T3 (30 cm) (Cuadro 1).



**Figura 2.** Germinación de yemas de *Saccharum* spp., mediante el vehículo de almidón al 15%



**Figura 3.** Desarrollo del sistema radical de la plántula a partir de yemas de *Saccharum* spp., mediante vehículo elaborado con almidón al 15%, o "semilla artificial".

**Cuadro 1.** Emergencia y vigor de plántulas de *Saccharum* spp. a los 30 días de siembra en condiciones de campo.

Tratamientos (T)	Emergencia de plántulas (%)	Longitud de raíz (cm)	Altura de tallo (cm)
T1 Alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10%	94.4 a	12 a	49.6 a
T2 Almidón al 15%	97.2 a	8 b	40.4 b
T3 Yema sin encapsulado	55.5 c	8 b	30 c
T4 Yema recién cortada	80.5 b	11.2 a	54.6 a
Media (%)	81.9	9.8	43.6
CV (%)	4.5	1.6	1.7
Prob F	0.0001**	0.0001**	0.0001**
DMS	0.1	0.06	0.1

†Medias con la misma letra en la columna son iguales estadísticamente. Prueba de Tukey (P≤0.05). \*\*Diferencia altamente significativa.



Aun cuando el porcentaje de emergencia de plántulas fue igual estadísticamente en los tratamientos de alginato de sodio y almidón, existe una diferencia en la velocidad de germinación y emergencia de plántulas (Figura 4) que origina las diferencias en longitud de raíces y altura del tallo, los tratamientos que presentaron mayor velocidad de emergencia de plántulas a los 20 días después de la siembra (T1 y T4), obtuvieron la mayor longitud de raíces y altura de tallo a los 30 días después de la siembra, en contraste, el T2 presentó mayor velocidad de emergencia de plántulas a los 30 días, obteniendo una longitud de raíz y altura de tallo promedio, menor que los T1 y T4. Sin embargo, a largo plazo, esto podría no presentarse, según lo reportado por Nieves *et al.* (2003), al demostrar que, las diferencias de altura y diámetro del tallo de plantas de cultivos de caña de azúcar *in vitro* y plantas derivadas de tallos con tres yemas sembradas en condiciones de campo disminuyen con el tiempo e incluso desaparecen a los 12 meses de edad.

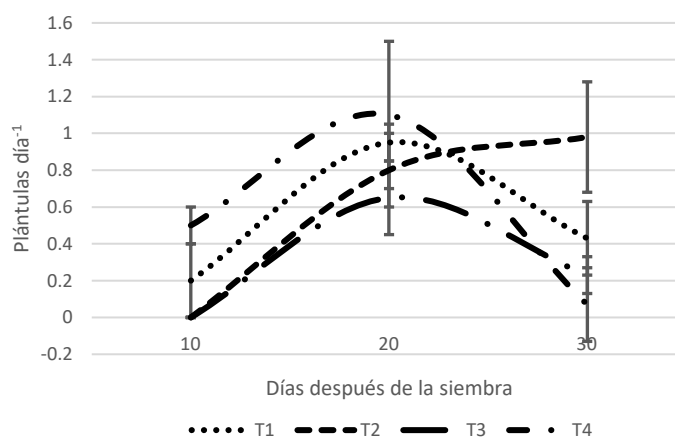
Estos resultados sugieren que los recubrimientos de polímeros en las concentraciones utilizadas en el T1 y T2, producen mayor porcentaje de emergencia de plántulas a los 30 días después de la siembra, en comparación con las yemas sin encapsuladas y recién cortadas, lo cual demuestra la viabilidad de la "semilla artificial" de caña de azúcar en condiciones de campo.

## CONCLUSIONES

Los resultados de la emergencia de plántulas a partir de la semilla artificial de caña de azúcar en condiciones de campo, demuestran que encapsular yemas de caña de azúcar utilizando alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10% y almidón al 15%, propician un medio adecuado para la conservación de la viabilidad de la yema al obtener porcentajes de emergencia de 94.4 y 97.2% respectivamente. Con los resultados obtenidos, se demuestra la capacidad de la semilla artificial de caña de azúcar encapsulada con almidón para una emergencia rápida y homogénea en condiciones de campo, lo que pone en evidencia el potencial de uso como alternativa que permita mejorar la calidad de semillas de caña de azúcar y reducir el peso del material de siembra utilizado en los métodos tradicionales.

## LITERATURA CITADA

Álvarez-Sánchez G.F., Arias-de la Cruz H.L., Salgado-García S., Córdova-Sánchez S., Ortiz-Laurel H., Castelán-Estrada M., García-de la



**Figura 4.** Velocidad de emergencia de plántulas de *Saccharum* spp., variedad Mex 69-290 a 10, 20 y 30 días después de la siembra en condiciones de campo

Cruz R., & Castañeda-Ceja R. (2018). Development of artificial sugarcane seed CP-54 from three cultivars (cv MEX 69-290; cv MEX 68-P-23; cv. CP 72-2086) using polymers in Tabasco, Mexico. *Acta Agron.* 67(1): 94-100 pp.

Budi S., Redjeki E.S., & Prihatiningrum A.E. (2016). Effect Variety and Stratified Plantlet Nursery to the Growth Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Propagated in Single Bud. *Research Journal of Seed Science.* 9(2): 42-47.

Cid Mariela., González-Olmedo J.L., Lezcano Y., & Nieves N. (2006). Influencia del pectimorf sobre la calidad de la semilla artificial de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Cultivos tropicales.* 27(1): 31-34 pp.

Figueroa R.K.A., García G.A.M.T., Mayett M.Y., Hernández R.F., & Figueroa S.B. (2015). Factores que explican el rendimiento de caña de azúcar a nivel municipal en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 6(6): 1345-1358 pp.

Galal A.M.O. (2016). A new technique for planting sugarcane in egypt. *IIOAB JOURNAL.* 7(4): 15-21 pp.

Jain R., Solomon S., Shrivastava A.K., & Chandra A. (2010). Sugarcane bud chips: a promising seed material. *Sugar Tech.* 12(1): 67-69 pp.

Morales M.E de J., & Cano J del S. (2012). Semillas sintéticas. El campo del futuro. *Revista Ciencia y Desarrollo.* Edición marzo-abril 2012. 16-21 pp.

Naik R., Annamalai S.J.K., Nair N.V., & Prasad N.R. (2013). Studies on mechanization of planting of sugarcane bud chip settlings raised in portrays. *Sugar Tech.* 15(1): 27-35 pp.

Nieves N., Zambrano Y., Tapia R., Cid M., Pina D., & Castillo R. (2003). Field performance of artificial seed-derived sugarcane plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 75: 279-282 pp.

Ortiz-Laurel H., Rosas-Calleja D., Rössel-Kipping D., Salgado-García S., & Debernardi de la Vequia H. (2016). Efectividad y rentabilidad de técnicas de siembra de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad.* 9(3): 40-47 pp.

Patnaik J.R., Singh S.N., Sarangi D., & Nayak P.K. (2017). Assessing potentiality of bud chip technology on sugarcane productivity, profitability and sustainability in real farming situations under south east Coastal Plain Zone of Odisha, India. *Sugar Tech.* 19(4): 373-377 pp.

- Robotham B.G. (2004). Sugarcane planters: characteristics of different types, soil disturbance and crop establishment. Proc. Aust. Soc. Sugar cane Technol. 26: 9 p.
- Salgado G.S., Palma-López D.J., Lagunes E.L.C., Ortiz G.C.F., & Ascencio R.J.M. (2005). Bases para generar un programa sustentable de fertilización en un Ingenio de Tabasco, México. Interciencia. 30(7): 395-403 pp.
- Viveros, C.A. & H Calderón. 1995. Siembra. En Cenicaña. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali. Cenicaña. Colombia. 131-139 pp.



## Evaluation of sugar cane (*Saccharum* spp.) varieties introduced to the state of Quintana Roo, Mexico

### Evaluación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) introducidas al estado de Quintana Roo, México

Arreola-Enríquez, Jesús<sup>1</sup>; Saucedo-Novelo, Eduardo C.<sup>1</sup>; Carrillo-Ávila, Eugenio<sup>1</sup>; Obrador-Olan, Jesús J.<sup>2</sup>;  
Valdez-Balero, Apolonio<sup>2</sup>; Leyva-Trinidad, Doris A.<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Km. 17.5 Carretera Haltunchen-Edzná, Sihochac, Mpio. Champotón, Campeche. C.P. 24450. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Km. 21 Carretera Libre Cárdenas-Coatzacoalcos, Periférico Carlos A. Molina S/N, Cárdenas, Tabasco. C.P. 86500. <sup>3</sup>Catedrática CONACyT comisionada al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) en el Centro de Investigación y Desarrollo en Agrobiotecnología Alimentaria (CIDEA), Pachuca Ciudad del Conocimiento y la Cultura, Blvd. Circuito La Concepción 3, C.P. 42162, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo.

\*Autor por correspondencia: doris.leyva@ciad.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** Find at least one variety of (*Saccharum* spp.) that exceeds, or at least equals, the local varieties in terms of cane yield in the field and factory sugar.

**Design/methodology/approach:** Ten varieties of sugarcane introduced to the state of Quintana Roo during the template cycle were evaluated, which were compared with two local varieties, NCo310 and CP722086. The experimental design consisted of randomized complete blocks and arrangement of divided plots with three repetitions, in which the treatments were varieties. Measured variables were the length of the stalk (LTM), stem diameter (DT), number of stems per strain (NTM), sucrose content (SAC), field cane yield (RCC) and sugar yield (RA).

**Results:** The results obtained indicated that at least three varieties of sugarcane introduced had higher agronomic performance and yield than the varieties of the region (control). Regarding the RCC, the varieties B86326, LAICA96606 and CYZ82154 had 162, 147 and 143 t ha<sup>-1</sup>, respectively, compared with 123 and 136 t ha<sup>-1</sup> of the control varieties NCo310 and CP722086, respectively; in terms of sugar yield, the varieties CP941674, SP835073 and SP811763 stand out, with 15.26, 14.46 and 14.09 t ha<sup>-1</sup>, compared with the control varieties, 15.39 and 12.28 t ha<sup>-1</sup> for CP722086 and NCo310, respectively.

**Limitations on study/implications:** An important limitation for this study is that there was only one culture cycle for the evaluation. Also, the irrigation conditions were not counted.

**Findings/conclusions:** Varieties with outstanding yields field (RCC) and sugar (RA) were: CP941674, SP835073, SP811763 and LAICA9213, so its reproduction and culture is recommended.

**Keywords:** yield, sucrose, cultivars, Yucatan Peninsula



Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 7, julio. 2019. pp: 57-63.

Recibido: febrero, 2019. Aceptado: junio, 2019.

## RESUMEN

**Objetivo:** Encontrar al menos una variedad de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) que supere, o al menos iguale, a las variedades locales en cuanto a rendimiento en campo y de azúcar en fábrica.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se evaluaron diez variedades de caña de azúcar introducidas al estado de Quintana Roo, México, durante el ciclo plantilla y se compararon con las variedades locales, NCo310 y CP722086. El diseño experimental constó de bloques completos al azar y arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones, en el cual los tratamientos fueron las variedades. Se evaluó la longitud de tallo moledero (LTM), diámetro de tallo (DT), número de tallos molederos por cepa (NTM), contenido de sacarosa (SAC), rendimiento de caña en campo (RCC) y rendimiento de azúcar (RA).

**Resultados:** al menos tres variedades de caña de azúcar introducidas tuvieron comportamiento agronómico y rendimiento superiores, o al menos iguales, que las variedades de la región (control). Respecto al RCC, las variedades B86326, LAICA96606 y CYZ82154 registraron 162, 147 y 143 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, comparado con 123 y 136 t ha<sup>-1</sup> de las variedades control NCo310 y CP722086. En cuanto a rendimiento de azúcar destacaron las variedades CP941674, SP835073 y SP811763, con 15.26, 14.46 y 14.09 t ha<sup>-1</sup>, comparado con las variedades control que reportaron 15.39 y 12.28 t ha<sup>-1</sup> para CP722086 y NCo310, respectivamente.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Los datos son de un ciclo de cultivo en condiciones de lluvias.

**Hallazgos/conclusiones:** Las variedades introducidas con rendimientos sobresalientes de campo (RCC) y azúcar (RA) fueron: CP941674, SP835073, SP811763 y LAICA9213, por lo que se sugiere su multiplicación para el cultivo.

**Palabras clave:** rendimiento, sacarosa, cultivares, Península de Yucatán.

como en fábrica, radican en que la mayoría de los cultivares son viejos (con más de 10 años) y reciben sobrexplotación, registrando pérdida de vigor. Las variedades de caña de azúcar predominantes en dicha entidad son los materiales genéticos CP722086, MEX69290 y SP701284, principalmente (SAGARPA, 2005), aunque la principal variedad cultivada en la región es la CP722086.

En el presente trabajo se evaluaron diez variedades de caña de azúcar originarias de diversos países, con la finalidad de seleccionar las variedades sobresalientes en rendimientos y superiores a las variedades locales, tanto rendimiento en campo como en fábrica, además de identificar posible resistencia a organismos plaga, entre otras características deseables, para programas de rehabilitación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización geográfica y descripción del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en una parcela del ejido Cacao, Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, México (18° 11' N y 88° 41' O). El clima en la región es Aw: cálido subhúmedo, con temperatura promedio de 26 °C, precipitación promedio anual de 1300 mm, lluvias en verano, de mayo a octubre y una estación seca de noviembre a abril García, 1988.

### Variedades de caña de azúcar evaluadas

Se evaluaron diez cultivares de caña de azúcar con procedencia de diversos países: SP811763, SP801816, SP835073 y SP803280, de Brasil; CMT70611 y CYZ82154, de China; LAICA96606 y LAICA9213, de Costa Rica; B86326 de Barbados; CP941674 de Estados Unidos;

## INTRODUCCIÓN

En México, según el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), la superficie nacional sembrada de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para el año 2017 fue de 824 747,000 ha, de la cual se obtuvo una producción de 57 108 292 millones de toneladas de azúcar con un rendimiento medio de 75.12 t ha<sup>-1</sup>. Las variedades imperantes en México en cuanto a superficie cultivada son: CP722086, MEX69290, SP701284, MEX68P23, MEX57473, MEX67351, MEX79431, Q96, Q68 y CO974, principalmente (SAGARPA, 2005).

En la zona cañera del estado Quintana Roo, México, se ha cultivado tradicionalmente la caña de azúcar con fines azucareros generando una importante actividad artesanal e industrial que es fuente de empleos para más de 20,000 pobladores de la zona (SAGARPA-FAO, 2010). En dicho estado la superficie sembrada de caña de azúcar es de 26,226 ha, obteniéndose una producción de 110 535 toneladas de azúcar con un rendimiento promedio en campo de 51.02 t ha<sup>-1</sup>, que lo ubica en rendimientos bajos (SIAP, 2008). Los bajos rendimientos de la caña de azúcar en la región de estudio, tanto en campo

además de las variedades locales (testigo) NCo310 (India) y CP722086 (Estados Unidos). Cada una de las variedades introducidas se distinguió porque en sus lugares de origen tienen un alto desempeño agroindustrial, resistencia y tolerancia a las principales plagas y enfermedades.

### Diseño experimental y arreglo de parcelas

Fue utilizado un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones, y un total de 12 tratamientos, donde cada bloque correspondía a un tratamiento: diez variedades introducidas y dos locales como tratamiento control. Las parcelas experimentales estaban conformadas por cuatro hileras (surcos) de 20 m de largo cada una, separados a 1.5 m.

El modelo estadístico definido para la evaluación de los tratamientos, de acuerdo a las características de los tratamientos (variedades) y las condiciones experimentales, fue:

$$Y_{ij}: \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$ =respuesta de la  $j$ -ésima unidad experimental (UE) con el tratamiento  $i$ -ésimo.

$\mu$ =media general.

$T_i$ =efecto de  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$ =efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$ =error experimental en la  $j$ -ésima repetición del  $i$ -ésimo tratamiento.

### Establecimiento y manejo del cultivo (parcela experimental)

Con el fin de garantizar homogeneidad entre variedades durante la siembra en campo, previo a ello fueron sembradas las variedades en vivero, utilizando material vegetativo (canutos con dos yemas viables) sobre bolsas de vivero de capacidad de 2 kg, y sustrato a base de tierra de la región. Durante la siembra en vivero, fue realizada la desinfección de las yemas utilizando hipoclorito de sodio al uno por ciento en una solución acuosa, donde fueron sumergidas las yemas durante cinco minutos. Se procedió a dar un riego pesado y posteriormente, se regaron cada tres días. Las plántulas se mantuvieron en el vivero hasta los dos meses de edad, cuando tenían una altura promedio de 30 cm y un desarrollo radical adecuado para el trasplante en campo. El surcado se realizó en seco, procurando una distancia de 1.5 m entre hileras y una profundidad de 40 cm. La

distancia entre plantas fue de 40 cm, obteniendo una densidad de siembra de 400 plantas por variedad por unidad experimental.

### Variables

La toma de datos de las variables de respuesta se realizó a los 15 meses de edad del cultivo.

**Longitud de tallo moledero:** se midió la longitud entre la base del tallo al nudo hasta la parte inferior del punto de crecimiento apical.

**Diámetro de tallo:** se midió a la altura de 1.5 m, utilizando un vernier estándar.

**Número de plantas por cepa:** se contabilizó el número de plantas por cepa.

**Contenido de sacarosa:** el análisis de esta variable se realizó en el laboratorio del Ingenio San Rafael de Puc-té (ISRP) ubicado en el Ejido Rojo Gómez, Othón P. Blanco, Quintana Roo, utilizando una muestra aleatoria de 10 tallos por parcela experimental, la cual fue pesada y procesada mediante el método del jugo prensado descrito por Chen (1997) con un sacarímetro. Los resultados fueron expresados como porcentaje (%) de sacarosa y porcentaje de Pol caña (PPC), que representa la sacarosa aparente contenida en 100 partes de caña.

**Rendimiento de caña en campo:** una vez realizados los muestreos para la determinación de la curva de maduración, se cortaron 10 tallos de caña con tres réplicas por parcela y fueron pesados, luego con el peso de la porción de tallos y el número de tallos por hectárea se determinó el rendimiento en caña, el cual fue expresado en toneladas de caña por hectárea.

**Rendimiento de azúcar:** con los valores obtenidos del potencial azucarero, sacarosa y el rendimiento en caña, se determinó el rendimiento azucarero de los cultivares, expresado en toneladas de Pol por hectárea y su equivalente en toneladas de azúcar por hectárea. Los muestreos fueron realizados durante todo el ciclo de plantilla del cultivo, la cual tuvo una duración de 15 meses.

Los datos obtenidos fueron sistematizados, ordenados y analizados con Statistical Analysis System (SAS<sup>®</sup>). Para la separación de medias se utilizó la metodología de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variable longitud de tallo moledero tuvo una influencia significativa por efecto de variedades, tal como se aprecia en el Cuadro 1.



**Cuadro 1.** Análisis de varianza para la longitud de tallo moledero por efecto de tratamientos (variedades).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Nivel de significancia
Tratamientos	11	18034.97	1639.54	8.27	<0.0001**
Bloques	2	43310.22	21655.11	109.26	<0.0001
Error	22	4360.44	198.20		
Total	35	65705.63			

NS=No significativo, \* Significativo (P≤0.05), \*\* Altamente significativo (p≤0.01).

Estadísticamente, las variedades con menor longitud de tallo moledero fueron CP941674, SP811763 y CP722086, las dos últimas a su vez no tuvieron diferencias significativas entre sí, tal como se aprecia en la Cuadro 2.

**Diámetro de tallo**

El diámetro del tallo tuvo una alta influencia por parte de los tratamientos de variedades de caña de azúcar evaluadas. La variedad SP835073 tuvo los tallos más delgados, mientras que las variedades CP941674 y CMT70611 registraron los tallos más gruesos, tal como se aprecia en el Cuadro 3.

El número de tallos molederos por cepa tuvo diferencias significativas por efecto de las variedades evaluadas, tal como se indica en el Cuadro 4.

Relativo al número de plantas por cepa, que equivale al número de tallos molederos por cepa, la variedad SP811763 mostró los valores más bajos (Cuadro 5).

El Cuadro 6, muestra el resultado de la prueba de medias de Tukey, donde se aprecia que el porcentaje de sacarosa de las variedades osciló entre 12.33 y 15.52%, destacando los genotipos CP722086 y CP941674 con

**Cuadro 2.** Comparación de medias de longitud de tallo moledero (Tukey, 0.05).

Variedad	Longitud de tallo moledero (cm)
LAICA9213	284.3a
SP801816	283.0a
B86326	282.0a
CYZ82154	275.3ab
SP835073	273.6ab
NCo310	270.3ab
CMT70611	269.6abc
LAICA96606	253.6abcd
SP803280	251.0abcd
CP722086	240.0bcd
SP811763	228.0cd
CP941674	212.6d

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes  
 Diferencia mínima significativa (DMS)=41.8 cm; Coeficiente de variación (CV)=5.40%

**Cuadro 3.** Comparación de medias para el diámetro de tallo (Tukey, 0.05).

Variedad	Promedio (mm)
CP941674	34.0a
CMT70611	33.4a
SP811763	33.4ab
B86326	32.3ab
LAICA96606	32.3ab
SP801816	31.2abc
SP803280	30.7abc
CP722086	30.7abc
LAICA9213	30.7abc
CYZ82154	29.4bc
NCo310	29.2bc
SP835073	28.c

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes  
 Diferencia mínima significativa=3.4 mm; CV=3.66%

**Cuadro 4.** Análisis de varianza para el número de tallos molederos por cepa.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Nivel de significancia
Tratamientos	11	13.8	1.26	3.91	0.0002*
Bloques	2	8.22	4.11	12.72	0.0032
Error	22	7.11	0.32		
Total	35	29.22			

NS=No significativo, \* Significativo (P≤0.05), \*\* Altamente significativo (p≤0.01).

**Cuadro 5.** Comparación de medias para el número de tallos molederos por cepa (Tukey 0.05).

Variedad	Número de tallos molederos por cepa
NCo310	11.6a
LAICA9213	11.0a
LAICA96606	10.6ab
CYZ82154	10.3ab
CMT70611	10.3ab
SP803280	10.3ab
CP941674	10.0ab
SP801816	10.0ab
SP835073	10.0ab
B86326	10.0ab
CP722086	10.0ab
SP811763	9.0b

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes

Diferencia mínima significativa=1.6 tallos; CV=5.53 %.

valores superiores, mientras que la variedad proveniente de Barbados apenas superó 12%.

En el Cuadro 7, indica que la producción de caña osciló entre 118 y 162 t ha<sup>-1</sup>, la variedad de Barbados tuvo el máximo rendimiento (aunque menos de sacarosa), seguido de LAICA. La primera de ellas fue descartada por registrar acame.

**Cuadro 7.** Valores promedio de rendimiento de caña en campo *Saccharum* spp.

Variedad	t ha <sup>-1</sup>
B86326	162a
LAICA96606	147b
CYZ82154	143b
CMT70611	136bc
CP722086	136bcd
LAICA9213	136bcd
SP835073	133bcd
CP941674	126d
SP801816	124d
NCo310	123d
SP811763	118d
SP803280	84e

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes

Diferencia mínima significativa=12.648 t ha<sup>-1</sup>; CV=3.42%.

**Cuadro 6.** Contenidos medios de sacarosa (%) en variedades de *Saccharum* spp.

Variedad	Sacarosa (%)
CP722086	15.52a
CP941674	15.47a
SP835073	15.99ab
CMT70611	14.64ab
SP811763	14.50abc
LAICA9213	13.92abc
LAICA96606	13.91abc
SP801816	13.73abc
SP803280	13.22bc
CYZ82154	13.12bc
NCo310	13.10bc
B86326	12.33c

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (P≤0.05).

Diferencia mínima significativa=2.25 % de sacarosa; CV=3.95%.

### Rendimiento de azúcar

El Cuadro 8 muestra los valores promedio de rendimiento de azúcar para las variedades evaluadas. Los rendimientos oscilaron entre 11.37 y 15.39 t ha<sup>-1</sup>, destacando las variedades estadounidenses por su alta producción de azúcar, específicamente a variedad CP722086 (variedad control). La variedad de Barbados produjo los menores rendimientos y la CP941674 fue estadísticamente igual al control proveniente de Estados Unidos.

**Cuadro 8.** Valores promedio de rendimiento de azúcar por variedad.

Variedad	t ha <sup>-1</sup>
CP722086	15.39a
CP941674	15.26ab
SP835073	14.46abc
SP811763	14.09abc
LAICA9213	13.17abcd
LAICA96606	13.07bcd
SP801816	12.86cd
CMT70611	12.64cd
SP803280	12.40cd
NCO310	12.28cd
CYZ82/154	12.24cd
B86326	11.37d

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (P≤0.059).

Diferencia mínima significativa=2.72 t ha<sup>-1</sup>; CV=3.88 %.



Aunque todas las variedades evaluadas superaron el rendimiento promedio nacional y estatal de campo (70.53 y 51.02 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), al menos dos variedades superaron en rendimiento de campo al testigo CP722086, y correspondió a las variedades LAICA96606, además de las procedentes de China (CYZ82154 y CMT70611), con rendimientos de 143 y 136 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

De acuerdo a los resultados del rendimiento de azúcar, considerada como la variable más importante para la agroindustria, la variedad introducida CP941674 tuvo un rendimiento (15.26 t ha<sup>-1</sup>) estadísticamente superior a las demás variedades introducidas, así como a la variedad control NCo310 (12.28 t ha<sup>-1</sup>) y estadísticamente igual a la segunda variedad control CP722086 (15.39 t ha<sup>-1</sup>), por lo que se considera promisoría para establecerla en la región de estudio.

Vizcaíno y Flores (2007) evaluaron el rendimiento de trece variedades de caña de azúcar en un suelo Cambisol, con 1300 mm de precipitación anual, encontrando que el testigo CP722086 presentó rendimientos de campo sobresalientes con 105 t ha<sup>-1</sup>, el cual es un rendimiento inferior a lo encontrado en la presente investigación. Vera (2008), en un trabajo de evaluación de variedades realizado en Campeche, México, señala que las variedades CP941674, SP835073, SP811763, SP803280 y SP801816 presentaron los rendimientos de campo más altos, lo cual concuerda con el presente trabajo; esto además confirma la buena calidad de estos cultivares para la región. Carrillo *et al.* (2008) mencionan en una investigación paralela a la presente, y realizada en Campeche, con las mismas variedades de caña de azúcar introducidas y evaluadas en el presente trabajo, encontraron que la variedad CP941674 presentó aceptable apariencia general, resistencia a las principales enfermedades de la región y producción de caña y azúcar en términos agroindustriales aceptables. De igual manera, en el estudio de trece variedades de caña de azúcar realizado en el estado de Colima, México, Vizcaíno y Flores (2007) reportan a la variedad CP722086 con un rendimiento de campo sobresaliente con 105 t ha<sup>-1</sup> y alta resistencia a plagas comunes del cultivo. Villalobos y Chavarría (1999) en un estudio realizado sobre variedades costarricenses recomiendan el cultivo de las variedades LAICA9213, LAICA9214 y H657052 por obtener rendimientos de azúcar entre 18 y 20 t ha<sup>-1</sup>.

De igual modo, la variedad de Barbados B86326 también evaluada, en este trabajo presentó un alto ren-

dimiento de campo de 162 t ha<sup>-1</sup>; sin embargo, tuvo acame pronunciado, razón por la que fue descartada. Vizcaino y Flores (2007) reportan un contenido de sacarosa en CP722086 de 15.68%, lo cual concuerda con lo encontrado en este trabajo y confirma la calidad agroindustrial de la variedad. Carrillo *et al.* (2008) mencionan contenidos de sacarosa superiores del promedio nacional mexicano para las variedades SP835073, CP941674, SP801816 y SP8033280 (14.9-17.0%), en el estado de Campeche, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la presente evaluación.

Por otra parte, Villalobos y Chavarría (1999) en estudio realizado para Costa Rica recomiendan el cultivo de las variedades LAICA 9213, LAICA 9214 y H657052 por obtener altos rendimientos de sacarosa y 18-20 t ha<sup>-1</sup> de azúcar. La anterior información concuerda con lo hallado en el presente trabajo, pues las variedades antes mencionadas presentaron contenidos de sacarosa aceptables.

## CONCLUSIONES

Tres variedades de caña de azúcar introducidas superaron los rendimientos de campo e industrial, respecto a las variedades de la región (CP722086 y NCo310). Las variedades CP941674, SP835073, SP811763 y LAICA9213, son pertinentes para su multiplicación y producción.

## AGRADECIMIENTO

A la Fundación Quintana Roo Produce, por el financiamiento del proyecto "Introducción de nuevas variedades de caña de azúcar para el estado de Quintana Roo".

## LITERATURA CITADA

- Carrillo-Ávila, E., Vera-Espinosa, J., Alamilla-Magaña, J.C., Obrador-Olán, J.J., Aceves-Navarro, E. (2008). Folleto técnico: Cómo aumentar el rendimiento de la caña de azúcar en Campeche. Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Fondo mixto CANACYT- Gobierno de estado de Campeche. 101 p.
- Chen, J. (1997). Manual del azúcar de caña: Para fabricantes de azúcar y químicos especializados. Editorial Limusa, S. A. México, D. F. 1200 p.
- García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de geografía. UNAM. México, D.F. 246 p.
- Rea, R. and De Sousa, O. (2002). Genotype x environment interactions in sugarcane yield trials in the central-western region of Venezuela. *Interciencia*. 27(11):20-624.
- SAGARPA-FAO. (2010). Diagnóstico agropecuario, forestal y pesquero del estado de Quintana Roo. Gobierno del Estado de Quintana Roo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,



- Pesca y Alimentación. 191p. [https://www.fao-evaluacion.org.mx/pagina/documentos/sistemas/eval2014/resultados2014/PDF2/QIR/REV\\_Diagnostico\\_sectorial\\_QRooPlus.pdf](https://www.fao-evaluacion.org.mx/pagina/documentos/sistemas/eval2014/resultados2014/PDF2/QIR/REV_Diagnostico_sectorial_QRooPlus.pdf)
- SAGARPA. (2005). Plan rector sistema producto caña de azúcar. Diagnóstico del sistema producto caña de azúcar. Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Quintana Roo, México. pp: 3-21,
- SIAP. (2017). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola: Caña de azúcar 2017. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SIAP. (2008). Estadística básica. Cierre de la producción agrícola. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. <http://www.siap.gob.mx>
- Vera-Espinosa, J. (2008). Evaluación agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp) introducidas al estado de Campeche. Tesis de Maestría en ciencias en Agricultura Tropical. Colegio de Postgraduados-Campus Campeche. Campeche, México. 90 p.
- Villalobos, C.; Chavarría, E. 1999. Evaluación del Efecto de la Estacionalidad en la Siembra de la Caña de Azúcar, Sobre el Rendimiento Agroindustrial en Esparza de Puntarenas. Promedio de 2 Cosechas. *In*: Memoria XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Vol. 2. Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca. San José, Costa Rica. 19-23 de julio de 1999.
- Vizcaino, M.C y Flores S. (2007). Rendimiento agroindustrial de variedades de caña de azúcar nacionales y extranjeras bajo temporal en Colima. XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. INIFAP. Zacatecas, Zac. México. 32 p.





# Commercial value of chocolate homemade

## Valor comercial del chocolate casero

Córdova-Ávalos, Víctor<sup>1</sup>; Pérez-Flores, Julián<sup>1\*</sup>; Chávez-García, Elsa<sup>1</sup>; Becerril-Hernández, Hilario<sup>1</sup>; Mandujano-Contreras, Juan C.<sup>2</sup>; Reyes-De La Cruz, Concepción<sup>2</sup>; Rodríguez-Ocaña, Leticia<sup>2</sup>; Córdova-Avalos, Antonio<sup>3</sup>; Córdova-Lázaro, Cristóbal E.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina, Km. 3, Carret. Cárdenas-Huimanguillo. H. Cárdenas, Tabasco. C. P. 86500. <sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Económico Administrativas, Zona de la Cultura Av. Universidad S/N. Villahermosa, Tabasco C. P. 86030. <sup>3</sup>Universidad Popular de la Chontalpa, Km. 2 Carr. Cárdenas-Huimanguillo, H. Cárdenas, Tabasco, C. P. 86500. <sup>4</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km. 125.5, Carr Federal México-Puebla, Santiago Momoxpan, 72760 Puebla, Pue.

\*Autor para correspondencia: julianflores@colpos.mx

---

### ABSTRACT

**Objective:** To know the commercial value of traditional homemade chocolate made in the Chontalpa Region, Tabasco, México.

**Design/Methodology:** The study was carried out in the Ejido Jose Maria Morelos y Pavon municipality of Cardenas and in the Rancheria Miahuatlan municipality of Cunduacan, Tabasco. Interviews were applied and two participatory workshops were held. With two cooperating families, participatory observation was performed, work times were recorded, and photos and videos of the process of making homemade chocolate were taken.

**Results:** The estimated commercial value of one kilogram of sweet homemade chocolate was \$290.20. The average price of homemade chocolates offered by the producers was \$198.60, ranging from \$150.00 to \$300.00. The price of sweet chocolate, offered by the Cardenas chocolate factory is \$110.10. This product is manufactured in an industrial way and the processes and production volumes are automated.

**Limitations of the study/Implications:** Traditional homemade chocolates are made with community inputs; no electric or fossil energy is used. In the chocolate homemade production process, personal expertise and indigenous technology are applied. The product is for self-consumption; the production surpluses are marketed in the local market.

**Findings/Conclusions:** Traditional homemade chocolate has a commercial value 80.1% higher than industrial chocolate. However, for the proportion of cocoa and for its taste, smell and aroma consumers pay this higher price.

**Keywords:** Cocoa, Chocolate commercial value, Tabasco

## RESUMEN

**Objetivo:** Conocer el valor comercial del chocolate casero tradicional elaborado en la Región Chontalpa, Tabasco, México.

**Diseño/metodología/aproximación:** El estudio se realizó en el Ejido José María Morelos y Pavón del municipio de Cárdenas y en la Ranchería Miahuatlán del municipio de Cunduacán, Tabasco. Se aplicaron entrevistas, y se realizaron dos talleres participativos. Con dos familias cooperantes se realizó observación participativa, registro de los tiempos de trabajo, y toma de fotos y videos del proceso de elaboración del chocolate casero.

**Resultados:** La estimación del valor comercial de un kilogramo de chocolate casero dulce fue de \$290.20. El precio promedio de los chocolates caseros ofertados por los productores fue \$198.60 variando de \$150.00 a \$300.00. El precio del chocolate dulce, ofertado por la chocolatera de Cárdenas es de \$110.10. Este producto, se elabora de manera industrial y los procesos y volúmenes de producción son automatizados.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Los chocolates caseros tradicionales se elaboran con insumos de la comunidad, no se usa energía eléctrica ni fósil, en el proceso de producción se aplica experiencia personal y tecnología autóctona. El producto es de autoconsumo y los excedentes son comercializados en el mercado local.

**Hallazgos/conclusiones:** El chocolate casero tradicional tiene un valor comercial 80.1% mayor al chocolate industrial. Por la proporción de cacao y por su sabor, olor y aroma los consumidores pagan este sobreprecio.

**Palabras clave:** Cacao, Valor comercial del chocolate, Tabasco

chile amashito (*Capsicum* sp.), sal y limón (*Citrus x limón* (L.) Burm), (Camacho, 2018; Córdova et al. 2018; Jaramillo et al. 2018) o dulces artesanales elaborados con coco (*Cocos nucifera* L.) o con papaya silvestre (*Carica mexicana* L.) (Chapa, 2014). El chocolate casero tradicional en la región de la Chontalpa, Tabasco, ha perdurado a lo largo de los años como parte de la dieta alimentaria de los productores (Córdova et al., 2018). En la actualidad, este chocolate no contiene conservadores, colorantes o saborizantes artificiales (Salas y Hernández, 2015; Jaramillo et al., 2018; Ruz, 2011). La producción de chocolate casero tradicional se realiza tomando en cuenta los conocimientos ancestrales y locales por parte de los productores, y es una alternativa de generación de ingresos para el sustento familiar. Al ser un chocolate elaborado con insumos locales, tiene el potencial de mejoras de agregación de valor, que permitan a su vez, mejorar el ingreso económico de las familias productoras de cacao (Camacho, 2018; Córdova et al. 2018; Jaramillo et al., 2018). Lo anterior es de vital importancia si se considera que el ingreso familiar promedio por la venta de cacao es de \$5,200 por hectárea por año (Bautista-Mora et al. 2016). Con base en lo anterior, se determinó el valor comercial del chocolate casero tradicional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en dos comunidades de La Región Chontalpa, Tabasco: el Ejido José María Morelos y Pavón (Poblado C-11) en el Plan Chontalpa del municipio de Cárdenas; y la Ranchería Miahuatlán del municipio de Cunduacán, Tabasco, México.

## INTRODUCCION

El libro del Popol Vuh menciona dos géneros de cacao para elaborar chocolate: *Theobroma cacao* L. (cacao) y *Theobroma bicolor* L. (pataxte). El pataxte contiene 50.3% de grasa y 49.3% de proteína; por su aroma y sabor, la población indígena de Oaxaca, lo usa para elaborar chocolate y preparar la bebida llamada "popo". El popo es un chocolate casero tradicional muy espumoso (Gálvez et al., 2016; Popol Vuh, 1990). En el ámbito internacional, el género más usado en la elaboración del chocolate es el *Theobroma cacao* L. (Coe y Coe, 2018).

A la bebida del chocolate casero los antiguos Maya-K'ichee de Guatemala le agregaban miel, vainilla y achiote (Aliphath y Caso, 2011); en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas se comercializa "tascalate", bebida tradicional a base de chocolate, maíz (*Zea mays* L.), achiote (*Bixa orellana* L.) y azúcar (Córdova et al., 2018). Lo anterior demuestra el principio de agregación de valor, prevaiente en la memoria de habitantes indígenas de México. En la antigüedad, el chocolate se tomaba frío o caliente en función de la temporada del año (Coe y Coe, 2018). En Tabasco, el consumo de pozol, un chocolate casero tradicional, es todo el año. El pozol se consume como bebida refrescante simple o amarga y fermentada, acompañado en algunos casos de

## Métodos, técnicas y materiales

Para conocer el valor comercial del chocolate casero se realizaron 34 entrevistas y dos talleres participativos. El objetivo de las entrevistas fue conocer el precio de venta del chocolate casero ofertado a los consumidores de Cárdenas, Tabasco. El objetivo de los talleres fue conocer el proceso de producción del chocolate casero. Las entrevistas se realizaron a productoras y al gerente de la Chocolatera de Cárdenas. La Chocolatera es propiedad de la Unión Nacional de Productores de Cacao (UNPC). Los talleres se realizaron en las comunidades de estudio citadas. En los talleres fueron seleccionadas dos familias cooperantes, con las cuales se realizó observación participativa, registro de datos, toma de fotos, videos del proceso de elaboración del chocolate casero y medición de los equipos y tiempo de los procesos de trabajo familiar para elaborar el chocolate. El tiempo fue medido en minutos, usando el cronometro integrado al celular de la marca Apple iPhone 6. La medición de los materiales y equipos de trabajo se realizó con un flexómetro de la marca Truper 5 m.

Los equipos de trabajo para la preparación del chocolate casero tradicional fueron: fogón, comal, redoma, mesa de madera, tihuapal, celón (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.), abanico de palma de corozo (*Scheelea liebmannii* Becc.) y paleta de madera. Los materiales e insumos usados fueron: cacao Trinitario seco fermentado (1,000 g), leña de guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), joloche de maíz seco, mano de obra familiar, azúcar y canela (*Cinnamomum verum* J. Presl). Para pesar los insumos se utilizó una balanza granataria, marca MEDIDA PS-5. Los equipos, los materiales e insumos, y el trabajo constituyeron los costos variables y fijos.

El cacao seco fermentado para el proceso de elaboración del chocolate casero fue proporcionado por un productor cooperante. Las etapas de elaboración del chocolate son: 1) selección del cacao seco fermentado, 2) tostado y descascarillado, 3) molienda del cacao tostado, 3) preparación de la pasta de cacao, 4) preparación del chocolate, amargo o dulce. En la estimación del costo del tiempo de trabajo se tomó como base el salario mínimo vigente de Tabasco de \$102.00. El monto por el cual el valor de un producto se incrementa en cada etapa de su producción, se estimó considerando los costos variables y fijos. El monto (costo) del producto en cada etapa de producción se determinó con la fórmula:

$$M = \left( \frac{CV + CF}{Ppo} \right) * 1000$$

En la fórmula:  $M$  es el costo estimado del producto en cada etapa de producción, proyectado a 1000 g;  $CV$  son los costos variables;  $CF$  son los costos fijos;  $Ppo$  es el peso del producto obtenido en cada etapa del proceso de producción del chocolate casero.

El valor comercial se estimó con la fórmula:

$$VC = M + \left( \frac{100}{100 - Mg} \right)$$

En la fórmula:  $VC$  es el valor comercial;  $M$  costo estimado del producto en cada etapa de producción;  $Mg$  es el margen de ganancia deseado (40%). La depreciación de los costos fijos se estimó con base en lo indicado en las entrevistas para la vida útil de cada instrumento autóctono (datos no tabulados).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proceso de producción del chocolate casero tradicional, se usó el fogón de tres piedras, que según un productor de 55 años "significa la familia compuesta por el padre, la madre y los hijos". El fogón es una caja de madera rellena de tierra y repellada con piso de cemento. Mide 0.65 m de alto, 0.76 m de ancho y 1.23 m de largo. Debajo del fogón se almacena la leña que es usada como combustible. Algunas familias del sureste de México usan el fogón abierto de tres piedras (Córdova et al., 2018; Quiroz y Cantú, 2012). En este fogón las piedras son colocadas en el suelo. Por ello, el proceso de elaboración de chocolate es más económico pero el tostado es más laborioso y cansado.

Antes de iniciar el proceso de elaboración del chocolate, el fogón fue limpiado y se recogieron las cenizas, depositándolas en un balde de plástico. Estas cenizas son usadas para fertilizar las plantas del huerto familiar. En cada lado del triángulo que formaron las tres piedras se colocaron cuatro leños de guásimo (*G. ulmifolia* Lam.) de un metro de largo. Para encender la leña se usó cerillo y el joloche de maíz mejen. El tiempo de preparación del fuego para el calentamiento del comal, incluyendo limpieza del fogón fue 11 min 38 s (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Costo, monto y valor comercial del chocolate casero tradicional en cada una de las etapas de producción en la región Chontalpa, Tabasco, México.

Costos variables y fijos por etapa de producción	Tiempo de trabajo (min, s)	Cantidad	Costo (\$)	Monto (\$)	Valor comercial (\$)
Cacao seco fermentado	00:00	1000 g	60.0	60.00	NA
Selección	14:15	980 g	3.00	-	-
Depreciación mesa	-	1	6.25	-	-
Cacao seleccionado	-	980 g	-	70.90	118.40
Leña	-	12 leños	12.00	-	-
Preparación fuego	11:38	1	2.40	-	-
Calentamiento comal	03:36	1	0.70	-	-
Tostado en comal	27:37	1	5.80	-	-
Depreciación comal y fogón	-	1	4.50	-	-
Cacao tostado		885 g	-	108.90	181.90
Descascarillado	10:24	885 g	2.20	-	-
Depreciación mesa	-	1	0.20	-	-
Cacao descascarillado	-	795 g	-	140.00	233.80
Molienda	26:00	795 g	5.52	-	-
Depreciación mesa y molino	-	1	0.65	-	-
Peso de la pasta de cacao	00:18	750 g	0.03	-	-
Pasta de cacao	00:00	750 g	15.40	195.00	325.80
Peso del azúcar	00:22	248 g	0.04	-	-
Peso de la canela	00:18	2 g	0.03	-	-
Molienda de la mezcla	41:50	3	8.80	-	-
Depreciación equipo*	-	1	0.65	-	-
Pasta chocolate dulce	-	1000 g	162.00	162.00	270.50
Moldeado y emplayado	17:42	1000 g	3.70	-	-
Plástico	-	0.80 m	3.00	-	-
Depreciación mesa y celón	-	1	6.25	-	-
Chocolates a granel	-	1000 g	-	174.95	290.20

\*balanza, mesa y molino.

Un informante clave de 55 años dijo: *"la leña de guásimo, produce buen fuego, carbón y buena brasa usada para precalentar el comal y tostar el cacao, da un buen olor al chocolate"*. Como reportan Quiroz y Cantú (2012) la leña es el combustible esencial en las zonas marginales de México. A escala doméstica, su uso y manejo implica valoración y conocimiento. En Tabasco, el guásimo (*G. ulmifolia*) y la palma de corozo (*S. liebmannii* Becc.) son especies que coexisten de manera natural en el agroecosistema cacao (Bautista-Mora et al., 2016). De ahí, el productor obtiene los recursos que necesita para su subsistencia (Bautista et al., 2016). Como indicó una productora de 80 años: *"Para avivar los tizones, el fuego y mantener constante el precalentamiento y calentamiento del comal, sin que se queme el cacao es indispensable el abanico de guano...este pues es elaborado con hojas de la palma de corozo"*.

El tiempo de calentamiento del comal fue 3 min 36 s. El comal fue plano y midió 47.8 cm de diámetro mayor y 14.5 de diámetro menor, y se colocó sobre las piedras que medían 9 cm de altura. Como indicó un productor de 55 años: *"En el proceso de producción del chocolate casero tradicional, para un tostado uniforme de las semillas de cacao, es aconsejable usar el comal plano y usar cacao seleccionado"*.

#### Selección y tostado del cacao seco fermentado

El proceso de selección implicó retirar las impurezas, el cacao arrugado, cacao quebrado y las pachas de cacao. El tiempo de la selección de cacao seco fermentado fue de 14 min 15 s, y el peso del producto de mala calidad fue de 20 g, i.e. 2%. Como indica Abel (2016), Tabasco, tiene el potencial de comercializar cacao seleccionado, pero los proveedores de cacao seco, no aplican las normas

mexicanas para ofertar al mercado cacao seleccionado, extrafino, fino y de primera. Hace falta una estrategia de agregación de valor que integre a la cadena de valor del cacao y chocolate (Brambila, 2008). El valor comercial del cacao seco seleccionado fue de \$118.40 (Cuadro 1). Este cacao fue usado para el tostado, interviniendo en el trabajo una mujer de 35 años de edad quien mencionó: “*para que el cacao quede bien tostado, es recomendable usar una paletilla de madera para que no se gaste el fondo del comal*”. El tiempo de preparación del fuego, del calentamiento del comal y del tostado del cacao, fue 42 min 11 s. El peso del cacao tostado con cáscara fue de 885 g y su valor comercial fue de \$181.90. En el mercado local e internacional no se practica el comercio del cacao tostado, debido al enfriamiento de la cáscara que dificulta su descascarillado en máquina.

### Descascarillado del cacao tostado

El descascarillado del cacao tostado fue manual en el momento en que el cacao estaba caliente, y para ello se usó la redoma, como instrumento autóctono. *La redoma facilita el soplado natural para el desprendimiento de la cascarilla de cacao (Productora de 80 años)*. El diámetro mayor de la redoma es de 49 cm, el diámetro menor de 31.5 cm y su altura de 3.5 cm, de madera de cedro. El cacao descascarillado fue depositado en una charola de aluminio previo a su molienda. El tiempo del descascarillado fue de 10 min 24 s, el peso mermado fue de 90 g, y el valor comercial del cacao en esta etapa fue de \$233.80. Existen empresas que ofrecen al consumidor el cacao sin cáscara y quebrado conocido en el mercado internacional como nibs (trochitos de cacao). Estos nibs son considerados un superalimento y la forma más saludable de consumir el chocolate (Cabrera, 2018). En México los nibs de cacao son ofertados al público en algunas estaciones del sistema de transporte colectivo Metro y en algunas terminales de autobuses de la ciudad de México, Puebla y Veracruz a \$250.00 el kg. Algunos microempresarios de Tabasco y de Chiapas transforman el cacao descascarillado en cacao garapiñado, y lo comercializan en \$500.00 el kg.

### Molienda del cacao descascarillado

El proceso de molienda se realiza para obtener la pasta de cacao y preparar el chocolate amargo o dulce. La molienda se realizó en un molino estrella instalado en una mesa de madera especial para este trabajo. La pasta de cacao fue recogida en una batea de madera, conocida comúnmente como “tihuapal”. El tihuapal usado midió 5.5 cm de altura, 23.5 cm de ancho y 34 cm de

largo. La obtención de la pasta de cacao solo requiere pasar una vez por el molino el cacao descascarillado. El peso de la pasta de cacao fue de 750 g, el tiempo de la molienda fue de 26 min, y el valor comercial de la pasta de cacao fue de \$325.80. Los productores de chocolate casero entrevistados, en promedio venden el kilogramo de pasta de cacao en \$274.00, variando de \$150.00 a \$600.00. La UNPC comercializa la caja de 25 kg de pasta de cacao en \$5,700.00 (\$228.00 por kg). Esto es más barato que lo ofertado por los productores rurales, pero su proceso de elaboración es industrial.

### Preparación de chocolate casero tradicional dulce

La proporción de ingredientes para elaborar de manera tradicional el chocolate casero dulce consistió en 750 g de pasta de cacao, 248 g de azúcar y 2 g de canela, para un total de 1000 g de mezcla. Esta mezcla de ingredientes implicó tres moliendas (refinadas) usando el molino estrella. El tiempo total de la molienda fue de 41 min 50 s. El proceso de preparación del chocolate dulce implica mayor esfuerzo si se incrementa el volumen de producción; no obstante, la calidad del producto se mantiene por su alta proporción de cacao (Chapa, 2014; Jaramillo, 2018; Sol et al., 2016).

La mezcla ya refinada fue manualmente moldeada en bolitas de 4 cm de diámetro que fueron colocadas en una charola de aluminio. El tiempo para esta actividad fue de 17 min 42 s. La cristalización de las bolitas de chocolate fue a la intemperie. No se usó congelador ni enfriador, ya que el producto pierde olor, sabor y aroma. Las bolitas cristalizadas se almacenaron en una lata de aluminio. Algunos productores de chocolate casero dulce usan el celón (*L. siceraria*) para el almacenamiento del chocolate (Córdova et al., 2018). En el mercado internacional, un chocolate con más del 70% de pasta de cacao se conoce como chocolate oscuro. El chocolate casero elaborado en el presente trabajo, por la proporción de ingredientes, fue un chocolate oscuro, y su valor comercial fue de \$290.20 (Cuadro 1). El precio promedio del chocolate casero ofertado por los productores entrevistados fue de \$198.60, variando de \$90.00 a \$300.00. El precio del chocolate dulce ofertado por la UNPC fue de \$110.10. Este producto, se elabora de manera industrial y los procesos y volúmenes de producción son automatizados.

### CONSIDERACIONES

En la Chontalpa, Tabasco, el chocolate casero tradicional es elaborado en pequeña escala, con tecnología

autéctona y mano de obra familiar. Los parámetros de humedad, sabor, olor, color y tostado son medidos sensorialmente con base en la experiencia y sabiduría de la persona encargada de elaborar el chocolate (Quevedo *et al.*, 2018; Cristóbal *et al.*, 2018). Este chocolate se ofrece como bebida a los parientes y amigos, y en las fiestas patronales religiosas de Tabasco. En el chocolate casero el contenido de grasa varía de 11% a 42% y en promedio tienen 11.75% de proteína (Sol *et al.*, 2016). Su característica principal es el contenido de cacao mayor de 70%. Por esta razón, y por su agradable sabor, olor y aroma, el consumidor paga un sobreprecio al chocolate casero amargo o dulce (Jaramillo *et al.*, 2018; Chapa 2014). Este sobreprecio puede ser manejado por el productor en función del margen de ganancia que desee, lo cual es un aspecto a investigar que sin duda contribuirá en la economía de las familias productoras de cacao casero tradicional.

## CONCLUSIONES

En Tabasco el proceso de producción y consumo de chocolate casero tradicional está rodeado de conocimiento ancestral que prevalece en la memoria de los habitantes de la región Chontalpa; y su valor comercial es de \$290.20, el precio promedio ofertado por los productores que lo preparan es de \$198.60 y este, por

la proporción de cacao, por el sabor y por el aroma tiene un sobreprecio promedio de 80.1% en comparación con el chocolate industrial.

## LITERATURA CITADA

- Abel, C. 2016. Manejo postcosecha de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco e influencia en la calidad fisicoquímica y sensorial. Tesis. UJAT-DACA. 86 p.
- Aliphath, M., Caso, L. 2011. La triada del chocolate: cacao, vainilla y achiote. Artes de México. 105: 47-52.
- Bautista-Mora, E., Pérez-Flores, J., Ruiz-Rosado, O., Valdez-Balero, A. 2016. Uso de recursos forestales maderables y no maderables del sistema agroforestal cacao (*Theobroma cacao* L.). Agroproductividad. 9(2):50-55.
- Brambila, P. J. J. 2008. En el umbral de una agricultura nueva. Primera reimpression. Universidad Autónoma Chapingo. 315 p.
- Camacho, G. M. 2018. Chocolate artesanal en México: cultura, consumo y marketing. Vinculategica EFAN. 3(2):498-504.
- Cabrera E. 2018. Cacao nibs la forma más saludable de comer chocolate. En: <https://www.directoalpaladar.com.mx/salud-y-nutricion/cacao-nibs-la-forma-mas-saludable-de-comer-chocolate>. Fecha de consulta 05-04-2018.
- Chapa, B. M. 2014. Chocolate: manjar de los dioses. Editorial Ink. Versión electrónica Editorial Sextil online. México, pp. 38, 66.
- Coe, S. D., Coe, M. D. 2018. La verdadera historia del chocolate. Traducido por Marco Antonio Pulido Rull. México. Fondo de Cultura Económica. 3ª reimpression. 396 p.
- Córdova, L. C. E., Jaramillo, V. J. L., Córdova, A. V., Carranza, C. I., Morales, J. J. 2018. Chocolate casero tradicional en la región de la Chontalpa Tabasco, México: actores y saberes locales. Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo regional. 52(28): 1-27.
- Gálvez, M. A. L., Reyes, R. C. H., Avendaño, A. E., Hernández, G. A., Mendoza, L. V. H., Díaz, F. 2016. Pataxte (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): Species underutilized in Mexico. Agroproductividad. 9(6): 41-47.
- Jaramillo, V. J. L., Córdova, L. C. E., Córdova, A. V. 2018. Disponibilidad a pagar por atributos culturales en chocolates caseros artesanales de la región de la Chontalpa, Tabasco, México. Economía Agraria y Recursos Naturales. 18(2): 53-73.
- Popol Vuh. 1990. Traducción de Adrián Recinos. Fondo de Cultura Económica. México. 152 p.
- Quevedo, G. J. N., Romero, L. J. A., Tuz, G. I. G. 2018. Calidad físico química y sensorial de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando cinco métodos de fermentación. Revista Científica Agroecosistemas. 6(1): 115-127.
- Quiroz, C. J., Cantú, G. C. 2012. El fogón abierto de tres piedras en la Península de Yucatán: Tradición y Trasferencia tecnológica. Revista Pueblos y Fronteras Digital. 7(13): 270-301.
- Ruz, M. 2011. El chocolate en Tabasco: naturaleza, ansia y melancolía. Artes de México. 105: 27-34.
- Salas, T. J., Hernández, S. L. Y. 2015. Cacao, una aportación de México al mundo. Revista Ciencias, Usos de Plantas Mexicanas. 39 p.
- Sol, S. A., Naranjo, G. J. A., Córdova, A. V., Ávalos, De La C. D. A., Zaldívar, C. J. M. 2016. Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Chontalpa, Tabasco, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. 14: 2817-2830.



# Changes in the composition value of the stems of sugarcane (*Saccharum* spp.) during the post-harvest storage

## Cambios en la composición de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) entera durante el almacenamiento post-cosecha

Aranda-Ibáñez, Emilio M.<sup>1</sup>; Salgado-García, Sergio<sup>1</sup>; Ramos-Juárez, Jesús A.<sup>1\*</sup>; Hernández-Jiménez, Eunice<sup>1</sup>; Vargas-Villamil, Luis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados, km 3.5 carretera Cárdenas- Huimanguillo. C.P. 86500. Cárdenas, Tabasco, México.

\*Autor por correspondencia: ramosj@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** Determine relative and absolute quantitative changes in the chemical composition of whole sugarcane (*Saccharum* spp.), during storage, for use in bovine feed or sugar manufacture.

**Methodology:** For the relative evaluation, 24 treatments with four replications were studied in a completely randomized design in a 2x2x6 factorial arrangement with two cultivars of sugarcane (Méx 69-290 and Méx 79-481), two types of harvest (burned and green cane) and six storage times (1, 3, 5, 10, 20 and 30 days). The variables to be measured were pH, dry matter (DM), Brix degrees, fiber and sucrose content, reducing sugars and percentage of purity. For the absolute evaluation, a dynamic model was developed for the mechanistic description of the disappearance of the average MS, fiber and sucrose contained in the sugarcane through time. The purpose of the model was to obtain the disappearance rates of these compounds per day and in this way simulate the absolute disappearance of 100 kg of sugarcane.

**Results:** The Brix, sucrose and fiber were greater for the variety Mex 69-290 in comparison to the variety Mex 79-481. The concentrations of sucrose, purity and pH were higher in the cane harvested green in comparison of the cane harvested burned. The sucrose, purity and the pH decreased with post-harvest storage time. Partial reducers and fiber were increased with the storage time.

**Conclusions:** According to the results of the present work, it is recommended that both varieties (harvested in green or burned) be stored for a maximum of 10 days and 3 days post-harvest, for an optimum use in bovine feed and in the Agro-industry Sugar, respectively.

**Keys words:** Feeding of cattle, nutritional quality, time of storage

### RESUMEN

**Objetivo:** Determinar los cambios cuantitativos relativos y absolutos en la composición química de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), entera durante su almacenamiento, para su uso en la alimentación bovina o fabricación de azúcar.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 7, julio, 2019. pp: 71-77.

**Recibido:** febrero, 2019. **Aceptado:** junio, 2019.

**Metodología:** Para la evaluación relativa se estudiaron 24 tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 2 \times 6$ , dos cultivares de caña de azúcar (Méx 69-290 y Méx 79-481), dos tipos de cosecha (caña quemada y caña verde) y seis tiempos de almacenamiento (1, 3, 5, 10, 20 y 30 días). Las variables a medir fueron: pH, materia seca (MS), grados Brix, contenido de fibra, sacarosa, azúcares reductores y porcentaje de pureza. Para la evaluación absoluta, se desarrolló un modelo dinámico para la descripción mecanística de la desaparición del promedio de la MS, fibra y sacarosa contenida en la caña de azúcar a través del tiempo. La finalidad del modelo fue obtener las tasas de desaparición de estos compuestos por día y de esta forma simular la desaparición absoluta de 100 kg de caña de azúcar.

**Resultados:** Los grados Brix, sacarosa y fibra fueron mayores para la variedad Mex 69-290 en comparación de la variedad Mex 79-481. La concentración de sacarosa, pureza y pH fueron mayores en la caña cosechada en verde en comparación de la caña cosechada quemada. La sacarosa, pureza y el pH se redujo con el tiempo de almacenamiento post-cosecha. Los reductores parciales y la fibra se incrementaron con el tiempo de almacenamiento.

**Conclusiones.** Según los resultados del presente trabajo, se recomienda que, ambas variedades (cosechadas en verde o quemadas), se almacenen por un máximo de 10 días y tres días post-cosecha para un óptimo aprovechamiento en la alimentación bovina y en la Agroindustria Azucarera, respectivamente.

**Palabras clave:** Alimentación de bovinos, calidad nutricional, tiempo de almacenamiento.

jugo de la caña como de buena calidad son: sacarosa mayor al 12.5%, grado Brix de 18 a 22, pureza de 79 a 89% y azúcares reductores menos de 1%. Es conocido que conforme pasa el tiempo después del corte, los microorganismos epifitos, bacterias y hongos (*Physalospora tucamanensis*) se multiplican y se nutren de la sacarosa; primero la transforman en azúcares reductores y después producen fermentaciones que reduce su eficiencia en la fabricación de azúcar (Martínez et al., 1999). El objetivo de este estudio fue determinar los cambios cuantitativos relativos y absolutos en la composición química de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), entera durante su almacenamiento, para su uso en la alimentación bovina o fabricación de azúcar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Ingenio Santa Rosalía (ISR), situado en el Centro Integrador Santa Rosalía del Municipio de Cárdenas, Tabasco, México. Se localiza a 12 m de altitud, con una temperatura promedio anual de 26 °C, precipitación promedio anual de 1870 mm, y humedad relativa promedio anual de 83% (García, 1988). Para la evaluación de la calidad de la caña de azúcar se diseñó un experimento donde se evaluaron los cambios relativos y absolutos de los componentes químicos, con respecto a la MS y 100 kg de caña, respectivamente.

Para la evaluación relativa, se estudiaron 24 tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 2 \times 6$ ; dos cultivares de caña de azúcar (C, Méx 69-290 y Méx 79-481); dos tipos de cosecha (TC, caña quemada y caña verde); y seis tiempos de almacenamiento (TA, 1,

## INTRODUCCIÓN

El manejo de la cosecha de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), para usarla en la alimentación bovina, implica una serie de actividades diarias, tales como el corte de la caña, el acarreo, molienda y suministro a los animales (Torres-Salado et al., 2008); sin embargo, en la época de lluvias y vientos del norte, el manejo mencionado anteriormente, no es posible realizarlo diariamente, ya que la humedad afecta el manejo agronómico uniforme del cultivo, dando como resultado que, en estas épocas, no se pueda intensificar la alimentación bovina a base de caña de azúcar. Es importante conocer el cambio en las características químicas de la caña de azúcar durante su almacenamiento, para poder planificar una estrategia de manejo que permita usar la caña de azúcar como alimento base y coadyuve a que la ganadería bovina en el trópico tenga suministro de alimento todo el año. En este sentido, la evaluación del cambio de las características químicas del alimento, con fines prácticos, como el que se plantea en este trabajo, requiere no solo comprender los cambios relativos con fines de determinar la calidad del alimento sino los cambios absolutos para determinar la producción y la eficiencia. Aunado a lo anterior, desde el punto de vista de la agroindustria azucarera, la entrega de la caña al Ingenio para su molienda debe ser dentro de las 24 h después del corte (Salgado et al., 2003). Los intervalos considerados como aceptables para clasificar el

3, 5, 10, 20 y 30 días). La unidad experimental consistió de 1000 kg de caña de azúcar madura de 12 meses, acomodada sobre el piso formando un montículo en un área techada.

En relación a los tipos de cosechas, la caña verde se cortó manualmente y se eliminaron las hojas secas y verdes, se despuntó a la altura de la sección 8 a 10 (y para la caña quemada, previo al corte de la caña, se realizó la quema del cañaveral para eliminar las hojas secas, facilitar el corte y acelerar el proceso de madurez (Salgado et al., 2012).

Para estudiar el tiempo de almacenamiento, en cada unidad experimental se recolectó al azar 10 cañas, las cuales se molieron y obtuvo entre 10 y 14 kg de caña molida, por el método de cuarteo, se seleccionó 1 kg de muestra para realizar los estudios químicos de la caña.

Las variables a medir fueron: pH medido con potenciómetro marca Orión, MS, para lo cual, las muestras se secaron en una estufa de recirculación de aire forzado a temperatura de 65 °C, grados Brix con un brixómetro marca Atago, contenido de fibra, contenido de sacarosa, azúcares reductores, según Rodríguez (1996) en el laboratorio del Ingenio Santa Rosalía. El porcentaje de pureza se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de pureza} = ((\% \text{ de sacarosa} | \text{ grados Brix}) \times 100)$$

Para cada una de las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental propuesto, la información fue procesada con el software SAS versión 9.4 (SAS, 2014). Para la evaluación absoluta, se desarrolló un modelo dinámico para la descripción mecánica de la desaparición del promedio de la MS, fibra y sacarosa contenida en la caña de azúcar a través del tiempo. La finalidad del modelo fue obtener las tasas de desaparición de estos compuestos por día y de esta forma simular la desaparición absoluta de 100 kg de caña de azúcar. En esta evaluación se utilizaron los datos obtenidos de la caña verde y quemada para obtener un promedio de la dinámica del proceso.

El modelo desarrollado fue de cuatro variables que describen la desaparición de la masa: a) residual de agua (AR), b) residual de fibra (FR), c) residual de sacarosa (SR) y residual de la MS (MSR) sin sacarosa y fibra (MSmR). Todas las variables de estado son función de sí mismas. A partir del valor de estas variables se describió el residual de la MS (MSR) y el material vegetal (MV), así mismo, la concentración relativa de sacarosa (S), de fibra (F) y de MS. Las ecuaciones diferenciales fueron las siguientes,  $dAR/dt=kAR*AR$ ,  $dFR/dt=kFR*FR$ ,  $dSR/dt=kSR*SR$ ,  $dMSmR/dt=kMSmR*MSmR$ , donde las ecuaciones auxiliares fueron,  $MSR=MSmR+FR+SR$ ,  $MV=AR+MSR$ ,  $S=SR/MV$ ,  $F=FR/MV$  y  $MS=MSR/MV$ .

Después de desarrollarse el modelo, se utilizó el sistema de ecuaciones diferenciales del modelo para ajustar los parámetros: tasa de desaparición de agua (kAR), MS sin sacarosa y fibra (kMSmR), sacarosa (kSR) y fibra (kFR). De

igual forma se ajustaron los valores absolutos iniciales de los residuales del agua (AR), sacarosa (SR) y fibra (FR). Finalmente, se ajustó el modelo a los valores de las tres curvas obtenidas experimentalmente que describen el valor relativo de la MS, sacarosa (S) y fibra (F). Se utilizaron los valores ajustados en el modelo desarrollado previamente para simular el comportamiento de las curvas de los residuales absolutos del agua (AR), sacarosa (SR) y fibra (FR). El modelo se desarrolló con el programa Stella VI (Hulbert et al., 2000), se ajustó y simuló con el programa Berkeley Madonna v8.01 (Macey et al., 2000). El método utilizado para la solución numérica fue Euler y para el ajuste de parámetros una variante del método simplex (Macey et al., 2000). El tiempo inicial fue de cero días y el final de 30 d. El intervalo de integración utilizado fue de 0.02 con una tolerancia de 0.001. Para el ajuste triple se consideró una importancia similar de uno para cada serie de datos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los grados Brix presentaron diferencias altamente significativas para los efectos principales: variedad, tipo de cosecha y tiempo de almacenamiento. El cultivar Méx 69-290 presentó el valor más alto de grado Brix en comparación con el cultivar Méx 79-481 (Cuadro 1), con relación al tipo de cosecha, la caña quemada tuvo mayor valor (Cuadro 2) y para el tiempo de almacenamiento, el valor mayor se registró a los 30 d en relación a los días 1, 3, 5, 10 y 20, donde no existió diferencias entre ellos (Cuadro 3).

Los grados Brix representan la concentración de sólidos solubles en el jugo de caña, el valor del cultivar

Méx 69-290 (18.72%), fue similar al reportado por Salgado *et al.*, (2003) cuando probaron dosis de fertilización en el mismo cultivar. Con la quema del cultivo, los tallos pierden humedad, lo que acelera el proceso de madurez con el consecuente incremento de los sólidos solubles en el jugo de caña; es por ello, que la caña de azúcar, debe entregarse al ingenio antes de

24 horas para conservar su humedad y evitar deterioro (Chen, 1991). Durante el tiempo de almacenamiento de la caña de azúcar, los valores de grados Brix en los primeros 20 d fue en promedio 16.9, al respecto, Preston (1977), citado por (Rincón, 2005), menciona que la cantidad mínima de grado Brix en la caña de azúcar para usarla en la alimentación de los bovinos es

de 12; sin embargo, Ramos *et al.* (2007), indican que en los alimentos fermentados en estado sólido a base de caña de azúcar, cuando los valores de grado Brix son superiores a 18 °Brix, se produce un alimento fermentado con mayor valor nutricional. El incremento en los grados Brix después de los 30 d de almacenamiento, se debe al efecto de concentración al perder humedad los tallos de caña, lo cual coincide con el incremento de la MS a los 30 d de almacenamiento (Cuadro 3). Se ha estimado que en 48 h la caña quemada puede perder 6.6% de su peso (Martínez *et al.*, 1999) y presentar reducción en la extracción del jugo de 11.0% para caña cosechada en verde y de 13.7% en caña quemada (Zossi *et al.*, 2011). Con respecto al contenido de sacarosa, se observaron diferencias altamente significativas para el efecto TA y su interacción C×TA, el cultivar Méx 69-290 presentó el mayor contenido de sacarosa con respecto al cultivar Méx 79-481 (Cuadro 1), la quemada de la caña tuvo menor contenido de sacarosa en comparación a la caña cosechada en verde (Cuadro 2). Se observó una reducción significativa de la sacarosa a través del tiempo de almacenamiento (Cuadro 3).

**Cuadro 1.** Contenido de Grados Brix, sacarosa, pureza, azúcares reductores, fibra, pH y materia seca en dos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Variables	Cultivares de caña de azúcar		±error estándar
	Mex 69-290	Mex 79-481	
Grados Brix	18.72 <sup>a</sup>	16.32 <sup>b</sup>	0.25
Sacarosa, %	11.13 <sup>a</sup>	9.63 <sup>b</sup>	0.20
Pureza, %	64.5 <sup>a</sup>	66.7 <sup>a</sup>	1.40
Azúcares reductores, %	2.27 <sup>b</sup>	3.18 <sup>a</sup>	0.31
Fibra, %	17.83 <sup>a</sup>	16.23 <sup>b</sup>	0.44
PH	4.46 <sup>a</sup>	4.54 <sup>a</sup>	0.06
Materia seca, %	35.3 <sup>a</sup>	30.7 <sup>b</sup>	0.63

<sup>ab</sup> Letras diferentes dentro de cada hilera indican diferencias significativas. Tukey (P≤0.05).

**Cuadro 2.** Contenido de Grados Brix, sacarosa, pureza, azúcares reductores, fibra, pH y materia seca en dos tipos de cosecha de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Variables	Tipos de cosecha		±error estándar
	Caña verde	Caña quemada	
Grados Brix	16.8 <sup>b</sup>	18.2 <sup>a</sup>	0.25
Sacarosa, %	11.04 <sup>a</sup>	9.7 <sup>b</sup>	0.20
Pureza, %	67.9 <sup>a</sup>	63.3 <sup>b</sup>	1.40
Azúcares reductores, %	1.97 <sup>b</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.31
Fibra, %)	15.9 <sup>b</sup>	18.1 <sup>a</sup>	0.44
pH	4.64 <sup>a</sup>	4.37 <sup>b</sup>	0.06
Materia seca, %	31.7 <sup>b</sup>	34.3 <sup>a</sup>	0.63

<sup>ab</sup> Letras diferentes dentro de cada hilera indican diferencias significativas. Tukey (P≤0.05).

**Cuadro 3.** Contenido de Grados Brix, sacarosa, pureza, azúcares reductores, fibra, pH y materia seca en el tiempo de almacenamiento de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Variables	Tiempo de almacenamiento, días						±error estándar
	1	3	5	10	20	30	
Grados Brix	17.2 <sup>b</sup>	17.6 <sup>b</sup>	16.9 <sup>b</sup>	16.1 <sup>b</sup>	17.1 <sup>b</sup>	20.2 <sup>a</sup>	0.43
Sacarosa, %	14.7 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>	12.5 <sup>b</sup>	10.8 <sup>c</sup>	5.8 <sup>d</sup>	4.1 <sup>e</sup>	0.35
Pureza, %	85.4 <sup>a</sup>	82.2 <sup>ab</sup>	74.6 <sup>bc</sup>	67.7 <sup>c</sup>	47.7 <sup>d</sup>	36.1 <sup>e</sup>	2.43
Azúcares reductores, %	0.4 <sup>c</sup>	0.68 <sup>c</sup>	2.07 <sup>bc</sup>	2.98 <sup>b</sup>	3.59 <sup>b</sup>	6.6 <sup>a</sup>	0.54
Fibra, %	13.67 <sup>c</sup>	14.2 <sup>c</sup>	16.7 <sup>c</sup>	14.6 <sup>c</sup>	18.9 <sup>b</sup>	25.0 <sup>a</sup>	0.76
pH	5.5 <sup>a</sup>	4.91 <sup>b</sup>	4.46 <sup>bc</sup>	4.26 <sup>c</sup>	4.18 <sup>c</sup>	3.69 <sup>d</sup>	0.11
Materia seca, %	30.6 <sup>bc</sup>	30.7 <sup>bc</sup>	29.5 <sup>c</sup>	28.3 <sup>c</sup>	34.1 <sup>b</sup>	44.7 <sup>a</sup>	1.10

<sup>ab</sup> Letras diferentes dentro de cada hilera indican diferencias significativas. Tukey (P≤0.05).

El valor de sacarosa del cultivar Méx 69-290 (11.13%) fue similar al reportado por Salgado *et al.* (2003) en el mismo cultivar y más bajo que el reportado por Ramírez *et al.* (2014) en diferentes cultivares de caña cortada a los 16.73 meses (18.09%). También, Vera-Espinosa *et al.* (2016), reportaron valores promedio de sacarosa de 18.01% en ciclo plantilla y 16.05% en ciclo soca en 10 cultivares de caña de azúcar. La caña quemada no sufre mayor deterioro durante las primeras 24 h, pero posteriormente se degrada  $3 \text{ kg t}^{-1}$  de caña por cada día que transcurra. Por el contrario, la caña cosechada en verde no se deteriora durante las primeras 36 h, pero posteriormente, la caña pierde  $1.5 \text{ kg}$  de azúcar  $\text{t}^{-1}$  de caña, resultando está pérdida menor que la observada en la caña quemada Larrondo (1995).

En los azúcares reductores, se observaron diferencias altamente significativas para TC, TA y la interacción  $C \times TC$ , y significativa para C. El cultivar Méx 69-290 tuvo menor porcentaje de azúcares reductores en relación al cultivar Méx 79-481. La caña quemada presentó mayor porcentaje de azúcares reductores que la caña cosechada en verde. Los azúcares reductores se incrementaron conforme al TA, siendo más alto después de 10 d de almacenamiento (Cuadro 3). El valor de 0.4% de azúcares reductores a las 24 h, es indicativo que las cañas estaban maduras y con buena calidad (Salgado *et al.*, 2003).

La sacarosa al degradarse por la acción de las invertasas ácidas dan origen a los azúcares levulosa y dextrosa (azúcares reductores), los cuales son usados por levaduras y bacterias para la fermentación alcohólica (Rincón, 2005), cuando el

jugo de caña contiene 1% o más de azúcares reductores, representan un impacto negativo para la agroindustria azucarera ya que el objetivo es la producción de azúcar cristizable (Robertson *et al.*, 1996); sin embargo, en la alimentación de rumiantes, la disminución de sacarosa a azúcares reductores, no tiene impacto negativo porque éstos azúcares, representa una fuente de energía altamente utilizable por los microorganismos ruminales (Calsamiglia *et al.*, 2008). De acuerdo a la concentración de sacarosa, el tiempo máximo para almacenar la caña cortada en verde o caña quemada es a los 10 d, ya que, en ese tiempo, la caña de azúcar tiene 10.8% de sacarosa, lo cual permitiría elaborar dietas alimenticias con buena calidad nutrimental (Rincón, 2005; Aranda *et al.*, 2009).

La pureza de la caña de azúcar, presentó diferencias altamente significativas para el efecto C, TA y su interacción  $C \times TA$ , y fue significativa para TC. No se registraron diferencias entre cultivares (Cuadro 1). La caña quemada presentó menor pureza en comparación a la caña cosechada en verde (Cuadro 2). La pureza se reduce significativamente con el TA, registrando valores más drástica después de 10 d de almacenada (Cuadro 3). La pureza es la relación porcentual entre la sacarosa y la concentración de azúcares totales ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), por lo cual, la degradación de la sacarosa influye negativamente en la pureza del jugo (Ramírez, 2014). A los 10 d de almacenamiento de la caña, disminuyó la pureza de la caña en 18% y a partir de los 10 d, la reducción fue más drástica, lo que sugiere que este tiempo, puede ser el máximo para mantener la caña almacenada previa a la elaboración del alimento.

Para el contenido de fibra, se observaron diferencias altamente significativas en los factores C, TC y TA de la caña de azúcar. El cultivar Méx 69-290 presentó mayor porcentaje de fibra que la Méx 79-481 (Cuadro 1). Cuando la caña de azúcar es quemada para su cosecha, se incrementa significativamente el porcentaje de fibra en comparación de la cosechada en verde. El menor porcentaje de fibra se encontró a los 1, 3, 5 y 10 d de almacenamiento, sin diferencia entre ellos; a partir del día 20 de almacenamiento, el porcentaje de fibra se incrementó linealmente, alcanzando el mayor valor de fibra en el día 30 (Cuadro 3). El incremento en la concentración de la fibra en los últimos días de almacenaje de la caña de azúcar, podría considerarse negativo para la producción de alimento para animales ya que disminuye la degradación ruminal (López *et al.*, 2003).

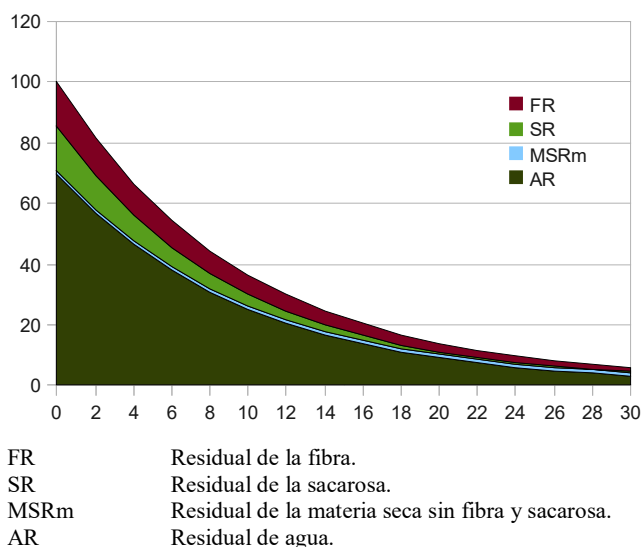
Se observaron diferencias altamente significativas para el pH, en TC, TA, y las interacciones  $C \times TA$  y  $C \times TC$ . No se encontró diferencias en el pH de los cultivares estudiados (Cuadro 1), cuando la caña es quemada se acelera su acidificación significativamente (Cuadro 2) y el TA disminuye el pH (Cuadro 3). La disminución del pH es un indicativo de la producción de ácidos originados por fermentación causada por microorganismos presentes en la caña en verde, además del establecimiento de los microorganismos durante el periodo de almacenaje sobre todo en la caña quemada (Rincón, 2005). Se observó mayor contenido de MS en el cultivar Mex 69-290 con respecto al cultivar Mex 79-481 (Cuadro 1), con relación al tipo de cosecha, la caña quemada tuvo mayor valor de MS que la caña cosechada en verde (Cuadro 2), en relación al

tiempo de almacenamiento, a los 30 d se alcanzó el mayor contenido de MS (Cuadro 3). El incremento de MS después de los 10 d, puede afectar la molienda por el aumento de la dureza de la caña al perder humedad, esto implica tener máquinas picadoras con motores de mayor potencia para la molienda o cambiar y afilar cuchillas con mayor frecuencia para lograr un buen picado y tamaño de partícula. En relación a la valuación absoluta, los valores estimados

de las tasas de desaparición de los residuales para AR, MSmR, SR y FR, fueron 10.17, 0.003, 14.14 y 7.90% por día. Los porcentajes encontrados fueron similares a los reportados por otros autores para las 24 primeras horas (Larrahondo, 1995). El error encontrado durante el ajuste fue de 0.0536809.

La Figura 1 muestra las curvas de desaparición absolutas de los componentes de la caña de azúcar obtenidos por la solución numérica del modelo desarrollado en este trabajo. La simulación muestra que en promedio se pierde 50% del material en una semana, tardando, aproximadamente, dos días menos para la sacarosa y un día mas para la fibra.

Los resultados de la simulación muestran que la desaparición de los compuestos, en términos absolutos, es muy rápida para un proceso industrial a menos que los gastos derivados por una cosecha temprana sean superiores a las pérdidas en calidad y material. Sería importante hacer un estudio de optimización para determinar con precisión el tiempo máximo que se podría retrasar la recolecta de caña. En el caso de la suplementación para la alimentación de rumiantes, la calidad o composición relativa del producto final podría tener un efecto en la toma de decisión del tiempo óptimo de recolecta, debido a otros factores, tales como el costo del proceso de recolección, la forma de recolecta, organización, prioridades en los procesos agroindustriales, etcétera. No habría que olvidar que la caña de azúcar es un cultivo que actualmente está disponible en el campo; sin embargo, la viabilidad del aprovechamiento de la caña en la alimen-



**Figura 1.** Descripción de la desaparición absoluta de los compuestos de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) simulada por el modelo desarrollado en este trabajo.

tación dependerá también de la optimización de todos los procesos involucrados.

## CONCLUSIONES

Para la Agroindustria azucarera, el cultivar Mex 69-290 es mejor en relación al cultivar Mex 79-481, pero para la alimentación de rumiantes, se pueden usar ambos cultivares. Con respecto al tipo de cosecha, para la Agroindustria azucarera, es mejor cortar la caña en verde, y para alimentar rumiantes, se pueden usar la caña cosechada en verde

o quemada. En relación al tiempo de almacenamiento, para la Agroindustria azucarera, se puede usar la caña hasta los tres días después de cortada, mientras que, para los rumiantes, se puede usar la caña hasta los 10 d de cortada. El modelo empleado permitió cuantificar las pérdidas relativas y absolutas de la composición química de la caña de azúcar.

## LITERATURA CITADA

Aranda, E. M., Mendoza, G. D., Ramos, J. A., Salgado, S., & Vitti, A. C. (2009). Selectividad de caña de azúcar en bovinos. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 13(1), 21-26.

Chen, J.C.P.1991. Manual del azúcar de caña: para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados. Edit. NORIEGA-LIMUSA. México, D.F. 1200 p.

Calsamiglia, S., Cardozo, P. W., Ferret, A., & Bach, A. (2008). Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. *Journal of animal science*, 86(3), 702-711.

García, E. (1988). Modificaciones al sistema climático de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.

Hulbert, L., Peterson, S., Wallis, J., & Richmond, B. (2000). Stella research software. Hanover (USA): High Performance Systems Inc.

Larrahondo, J.E. 1995. Calidad de la caña de azúcar. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA. p. 337-354.

López, I., Aranda, E. M., Ramos, J. A., & Mendoza, G. D. (2003). Evaluación nutricional de ocho variedades de caña de azúcar con potencial forrajero. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(4).

Macey, R., Oster, G., & Zanhley, T. (2000). Berkeley user's guide (version 8.01). California. University of California. USA.

Martínez C., A., Castillo M. A. & Milanes R.N. 1999. Deterioro postcosecha de la variedad de caña de azúcar Méx 69-290 en la zona de influencia del ingenio San José de Abajo. *In: XII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 99*. Veracruz, Veracruz. pp. 14-19.

- Ramírez, J., Burbano, O. I., & Valens, C. A. V. (2014). Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia. *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2), 183-195.
- Ramos, J. A., Elías, A., Herrera, F., Aranda, E., & Mendosa, G. (2007). Processes for the production of an energetic-proteinic animal feed. Effect of final molasses levels on the solid state fermentation of *Saccha-sorghum* and *Saccha-polishing*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 41(2), 131.
- Rincón, C.A. 2005. Evaluación agronómica y nutricional de variedades de caña de azúcar con potencial Forrajero en el Piedemonte Llanero. *Revista CORPOICA*. 6(2): 60-67
- Robertson, M. J., Muchow, R. C., Wood, A. W., & Campbell, J. A. (1996). Accumulation of reducing sugars by sugarcane: effects of crop age, nitrogen supply and cultivar. *Field Crops Research*, 49(1), 39-50.
- Rodríguez, D. N. E. 1996. Manual del laboratorio azucarero. Editorial Pueblo y Educación Cuba, pp. 17-89.
- Salgado García, S., Núñez Escobar, R., & Bucio Alanis, L. (2003). Determinación de la dosis óptima económica de fertilización en caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*, 21(2).
- Salgado, G.S., Lagunes, E.L.C., Ortiz, G.C.F., Aranda I.E.M. & Bucio A.L. 2012. Caña de azúcar: Producción sustentable. Mundi Prensa-Colegio de Postgraduados. México, D.F. 384 p.
- SAS. SAS User's Guide: Statistics (version 9.4). Cary NC, USA: SAS Institute Inc. 2014.
- Torres-Salado, N., Aranda, E. M., Mendoza, G. D., Hernández, D., Hernández, A., Landois, L., & Ramos, J. A. (2007). Consumo y producción de leche de vacas de doble propósito, suplementadas con Saccharina elaborada con caña de azúcar quemada. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(3).
- Vera-Espinosa, J. J., Carrillo-Ávila, E., Flores-Cáceres, S., Arreola-Enríquez, J., Osnaya-González, M., & Castillo-Aguilar, C. D. C. (2016). Evaluación agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*, 9(3).
- Zossi, B.S., Gerónimo, J., Cárdenas, Natalia Sorol & Marcos Sastre (2011). Influencia de compuestos azúcares y no azúcares en la calidad industrial de caña de azúcar en Tucumán, R. Argentina: caña verde y quemada (Parte 2). *Rev. ind. agric. Tucumán* vol.88 no.1 Las Talitas ene./jun. versión On-line ISSN 1851-3018.







# Vertical root distribution in six agroecosystems in a savanna's Acrisol of Huimanguillo, Tabasco, Mexico

## Distribución vertical de raíces en seis agroecosistemas en un Acrisol de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México

Murillo-De la Rosa, Arnulfo<sup>1</sup>; Obrador-Olán, José J.<sup>1</sup>; Castelán-Estrada, Mepivoseh<sup>1</sup>; García-López, Eustolia<sup>1</sup>; Carrillo-Ávila, Eugenio<sup>2</sup>; Guerrero-Peña, Armando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina km 3.5. H. Cárdenas Tabasco. CP. 86500. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, Carretera Federal Haltun-chén-Edzná Km 17.5, C.P. 24450, Sihochac, Champotón, Campeche, Mexico.

\*Autor de correspondencia: rogarlopez@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** We studied the density of length of thin roots (DLRD), less than 6 cm thick, in six agroecosystems that develop in an acid soil characteristic of the Sabana de Huimanguillo, Tabasco, Mexico, an "acahual" was taken as a reference and characterized floristically, identifying 33 species.

**Design/methodology/approach:** A description of a soil profile was made, taking samples from each horizon to perform physical and chemical analyzes. The DRLD was estimated by the monolith method, considering four depths (0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm), six samples were taken per agroecosystem.

**Results:** The soil corresponded to a Chromic Acrisol (Loamic, Cutanic, Hyperdystric, Humic). The highest values of DRLD occurred in the first 20 cm, being 67, 69.1, 66.5, 81.4, 82.8 and 77.6% for pineapple, eucalyptus, acacia, rubber, grass and acahual, respectively. It was notorious that from 40 cm of depth the DLRD values decreased considerably in all agroecosystems. 33 plant species were identified.

**Limitations of the study/implications:** It is necessary to do more research of the DLRD at greater depth and in other savanna soils to establish clear differences of vertical exploration of the radical biomass.

**Findings/conclusions:** The greatest development of DLRD occurs in the first 20 cm in the six agroecosystems, decreasing considerably according to depth. Grass presented the highest values of DLDR in general there were statistical differences between the first and the rest of the depths. No homogeneity of DLRD was observed in the arboreal agroecosystems in the studied depths.

**Keywords:** acid soils, root exploration, root length density.

## RESUMEN

**Objetivo:** Estudiar la densidad de longitud de raíces delgadas (DLRD), de menos de 6 cm de grosor, en seis agroecosistemas que se desarrollan en un suelo ácido característico de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México, se tomó como referencia y se caracterizó florísticamente un acahual.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se describió un perfil de suelo tomando muestras de cada horizonte para determinar sus características físicas y químicas. La DRLD se estimó mediante el método del monolito, considerando cuatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30 y 30-40 cm), se tomaron seis muestras por agroecosistema.

**Resultados:** El suelo correspondió a un Chromic Acrisol (Loamic, Cutanic, Hyperdystric, Humic). Los valores más altos de DRL se presentaron en los primeros 20 cm, siendo 67, 69.1, 66.5, 81.4, 82.8 y 77.6% para piña, eucalipto, acacia, hule, pasto y acahual, respectivamente. Fue notorio que a partir de 40 cm de profundidad los valores de DLRD disminuyeron considerablemente en todos los agroecosistemas. Se identificaron 33 especies de plantas.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Es necesario hacer más investigación de la DLRD a mayor profundidad y en otros suelos de sabana para establecer con claridad diferencias de exploración vertical de la biomasa radical.

**Hallazgos/conclusiones:** El mayor desarrollo de DLRD se da en los primeros 20 cm en los seis agroecosistemas, decreciendo considerablemente conforme a la profundidad. Pasto presentó los valores más altos de DLRD y de manera general hubo diferencias estadísticas entre la primera y el resto de las profundidades. No se observó homogeneidad de DLRD en los agroecosistemas arbóreos en las profundidades estudiadas.

**Palabras clave:** suelos ácidos, exploración radical, densidad de longitud de raíces.

1999). Sin embargo, esa distribución está muy influenciada por la especie cultivada (los árboles suelen tomar nutrientes de estratos profundos), la calidad del sitio, el tipo de suelo, la edad de la planta (Dwyer *et al.*, 1996) y distintas prácticas silviculturales: laboreo (Madeira, Melo, Alexander & Steen, 1989), fertilización y riego (Fabião *et al.*, 1995), y las interrelaciones árbol-cultivo (Jose, Gillespie & Pallardy, 2004; Moreno, Obrador, Cubera & Dupraz, 2005).

La región conocida como Sabana de Huimanguillo, en Tabasco, México, corresponde a una antigua planicie aluvial donde corrientes erosivas formaron lomeríos bajos a partir de rocas calizas, lutitas y arenas, creando una mezcla de minerales que, al intemperizarse, dieron origen a suelos ácidos, con altos contenidos de arenas ricas en aluminio y hierro (Palma-López, Cisneros, Moreno & Rincón-Ramírez, 2007) y donde; sin embargo, se localizan algunas áreas cultivadas con pastos destinados a la ganadería, piña (*Ananas comosus* L.) y cítricos (*Citrus* sp.). Dadas las limitaciones que estos suelos tienen para el desarrollo de los cultivos, la actividad forestal ha ido cobrando importancia en la región, observándose en los últimos 15 años, un importante establecimiento y desarrollo de plantaciones de cedro (*Cedrela odorata* L.) eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labell), hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) y acacia (*Acacia mangium* Willd) (SIAP-SAGARPA, 2017), aunque también hay que destacar la presencia de pocas zonas que sustentan acahuales en los que suele encontrarse buena representación de la flora nativa. El presente estudio tuvo como objetivo, conocer la unidad de suelo en el que se desarrollan seis agroecosistemas típicos en la Sabana de

## INTRODUCCIÓN

El sistema radical es una de las estructuras más importantes de la planta, es el soporte de su biomasa aérea y órgano de abastecimiento de agua y nutrientes (Newmann, George, & Plassard, 2009), provee de hábitat a micorrizas y organismos de la rizósfera y el rizoplano (Albrecht & Kandji, 2003); (Obrador, García, & Moreno, 2005). El aporte de materia orgánica (MO) al suelo por las raíces varía de 15 a 35% del total de la biomasa aérea (Escudero, 1985). Las raíces finas y delgadas en especies arbóreas tienden a ser menos en la superficie (0-30 cm) que la de las herbáceas, estando mejor distribuidas a mayor profundidad, lo que determina su éxito en la absorción de nutrientes y agua, permitiendo una pronta respuesta a los cambios estacionales (Moreno y otros, 2007; MOkany, Raison, & Prokushkin, 2006). La mayoría de los estudios sobre distribución radical en suelos señalan que las raíces finas y delgadas se encuentran en los primeros 50 cm del perfil (Pritchett, 1990), y que en los primeros 30 cm se realiza gran parte de la actividad microbiana (mineralización), pudiendo ser menor si no se hace laboreo de suelos (Donoso, Ruiz, Obispo, Sánchez, & Herrera,

Huimanguillo, la densidad de longitud de raíces delgadas en los mismos y la composición florística del acahual.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en seis agroecosistemas de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México, una antigua planicie aluvial erosionada donde las corrientes erosivas han formado lomeríos de baja altitud (20 a 30 m de altura). El clima corresponde a AmW, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con precipitación y temperatura media anual de 2225 mm y 27 °C, respectivamente (García, 1988; INEGI, 2002). En cuanto a la vegetación y uso del suelo, la mayor superficie (65.4%) está ocupada por pastizales (99,55 ha), seguida de plantaciones de eucalipto (30,874 ha) y cítricos (14, 426 ha) (OIEDRUS, 2005).

### Agroecosistemas estudiados y selección de parcelas

Los criterios para seleccionar las parcelas fueron: tipo de suelo representativo de la sabana, Acrisol cutánico según Palma-López, Cisneros, Moreno & Rincón-Ramírez (2007), para corroborarlo se realizaron barrenaciones; que el periodo de cultivo de los agroecosistemas fuera de al menos 10 años. Tres parcelas correspondieron a plantaciones: eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labell), hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) y acacia (*Acacia mangium* Willd) y dos a cultivos: piña (*Ananas comosus* L.) y pasto de humidicola (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickert). Como agroecosistema de referencia se tomó un acahual, en el que realizó un levantamiento florístico; la identificación de las especies se llevó a cabo en el Herbario CSAT del Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados.

### Descripción y clasificación de la unidad de suelo

La unidad de suelo se corroboró mediante la descripción de un perfil en el agroecosistema piña (Cuanalo, 1990) y los resultados de los análisis físico-químicos de las muestras, utilizando los conceptos de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS Working Group WRB, 2015) y la (NOM-021-RECNAT-2000).

Para estimar la densidad de longitud de raíces delgadas (DLRD) se utilizó el método del monolito (USDA, 2000), usando cubos metálicos de 25×25 y 10 cm de alto. En cada agroecosistema se tomaron seis muestras a cuatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30 y 30-40 cm), el muestreo en piña, hule, acacia y eucalipto se realizó en un punto equidistante entre planta y planta (método del quince), en pasto y acahual se realizó de forma alea-

ria. Las raíces delgadas de diámetros menores a 6 mm fueron extraídas de forma manual del suelo seco, para después extraer el resto por el método de lavado a mano de (Böhm, 1979). Las raíces extraídas de cada monolito fueron medidas y, considerando el volumen de suelo de cada uno de ellos, se calculó la DLRD en  $\text{km m}^{-3}$  (Moreno, Obrador, Cubera, & Dupraz, 2005).

Para observar las diferencias de las variables en estudio por agroecosistema entre las diferentes (cuatro) profundidades, se realizó un análisis de varianza y, en caso de encontrar diferencias significativas, se hizo la prueba de rango múltiple de LSD (diferencia mínima significativa) al 5% de nivel de significancia

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se enlistan las 33 especies identificadas en el acahual, las cuales corresponden a 25 familias botánicas. Al comparar los resultados con los de Ochoa, Hernández, De Jong & Gurría (2007), Escobar-Ocampo & Ochoa-Gaona (2007) y Contreras-Rodríguez (2010), se observó que el número de familias (25) es alto, pero el porcentaje (más de 50%) de árboles representativos de bosques maduros fue similar. La caracterización del perfil y los resultados de los análisis de suelo por horizonte, hasta los 65 cm de profundidad (Cuadro 2) muestran un suelo fuertemente húmico, de color negro oscuro, baja saturación de bases y revestimientos de arcilla; hay dos horizontes de transición fuertemente intemperizados, con bajos contenidos de MO, muy ácidos, con contenido no detectable de fósforo (P), confirmando que corresponde a un Chromic Acrisol (Loamic, Cutanic, Hyperdystric, Humic) (WRB, 2015).

El comportamiento vertical de la DLRD por y entre agroecosistemas presentó, en los primeros 20 cm, sus valores más altos: 67.0, 69.1, 66.5, 81.4, 82.8 y 77.6% para piña, eucalipto, acacia, hule, pasto y acahual, respectivamente. Los valores absolutos de la DLRD varían significativamente entre profundidades. Todos, excepto en la acacia, presentaron diferencias altamente significativas entre la primera profundidad (0-10 cm) y las restantes (Figura 1, Cuadro 3). El acahual y la piña mostraron los valores más bajos de DLRD (4.54 y 9.43, respectivamente), el más alto (38.78) se observó en pasto, el cual prácticamente duplicó al del hule, que fue el segundo en DLRD (19.22).

El hule presentó diferencias altamente significativas en las dos primeras profundidades con respecto a las demás especies. También es importante notar que a 40 cm

**Cuadro 1.** Especies de plantas identificadas en un acahual de 10 años ubicado en un Chromic Acrisol de la sabana de Hui-manguillo, Tabasco.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Guarumo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae
2	Cesniche	<i>Lippia myriocephala</i> Schl. et Cham.	Verbenaceae
3	Pochote	<i>Cochlospermum vitiifolium</i> (Willd.) Spreng.	Cochlospermaceae
4	Manzano	<i>Bunchosia loanceolata</i> Turcz.	Malpighiaceae
5	Jolocin	<i>Heliocarpus donnell-smithii</i> Rose	Tiliaceae
6	Volador	<i>Terminalia amazonia</i> (Gmel.) Excell	Combretaceae
7	Nance cimarrón	<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	Verbenaceae
8	Chachalaquillo	<i>Citharexylum hexangulare</i> Greenm.	Verbenaceae
9	Barí	<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	Clusiaceae
10	Vara prieta	<i>Vernonia patens</i> Kunth	Asteraceae
11	Tachiconcillo	<i>Davilla kunthii</i> St. Hil.	Dilleniaceae
12	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae
13	Jobo	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae
14	Mulato	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae
15	Tachuelillo	<i>Zanthoxylum kellermanii</i> P. Wilson	Rutaceae
16	Nudillo	<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A. Rich.	Rubiaceae
17	Zarza	<i>Mimosa pigra</i> L.	Fabaceae
18	Cojón de venado	<i>Semmmadenia donnell-smithii</i> (Rose.) Woodson	Apocynaceae
19	Morenilla	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Trians	Melastomataceae
20	Castarrica	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich.	Rubiaceae
21	Capulincillo	<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	Annonaceae
22	Marota	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Dcne. & Planch.	Araliaceae
23	Cenizo	<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC.	Melastomataceae
24	Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae
25	Limón dulce	<i>Citrus limmeta</i> Risso	Rutaceae
26	Limón real	<i>Citrus medica</i> L.	Rutaceae
27	Berenjena de montaña	<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae
28	Pata de vaca	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	Fabaceae
29	Canaque	<i>Alchornea laticifolia</i> Swartz	Euphorbiaceae
30	Higuillo	<i>Ficus</i> sp	Moraceae
31	Laurel	<i>Nectandra sanguinea</i> Rott.	Lauraceae
32	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaert.	Bombacaceae
33	Negrito	<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae

los valores de DLRD disminuyeron considerablemente en todos los agroecosistemas (Figura 1) y que en ninguno fueron mayores a  $4 \text{ km m}^{-3}$ . Los valores de DLRD de la mayoría de los agroecosistemas estudiados estuvieron en el intervalo de los observados en otras especies (Purbopuspito & Van Rees, 2002; Silva & Rego, 2003; Radersma & Ong, 2004) y otras unidades de suelo (Mulia & Dupraz, 2006), con excepción del pasto, cuyos valores superaron los reportados para las dehesas españolas (Joffre, Rambal, & Ratte, 1999; Moreno, Obrador, Cubera & Dupraz, 2005).

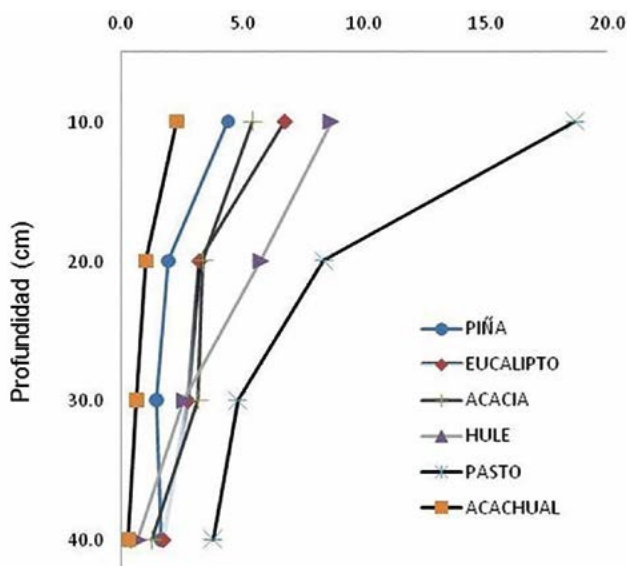
Las diferencias altamente significativas observadas en las dos primeras profundidades en hule pueden estar relacionadas con mayor adaptabilidad al suelo estudiado (Serrano, 2003). Los bajos valores (menores de  $4 \text{ km m}^{-3}$ ) de DLRD observados a 40 cm de profundidad confirman que la biomasa de raíces delgadas en especies arbóreas tiende a disminuir conforme aumenta la profundidad, si bien es cierto que en las herbáceas suele hacerlo de manera menos drástica (Moreno, Obrador, Cubera & Dupraz, 2005). Esta reducción muestra, en la mayoría de las especies herbáceas, una caída exponencial conforme se

**Cuadro 2.** Descripción del Perfil de suelo de Agroecosistema piña en la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México

**Tipo de de suelo:** Chromic Acrisol (Loamic, Cutanic, Hyperdystric, Humic); **Describió:** José J. Obrador Olán y Arnulfo Murrillo de la Rosa; **Fecha:** 11/nov/09; **Localidad:** Colonia Pino Suarez; **Localización:** 17°42' 03" N, 93°39' 95" W; **Elevación:** 33 m; **Relieve:** Loma con pendiente regular tipo convexa-cóncava, mayor a 5% y menor a 10%; **Drenaje del sitio:** normal; **Material parental:** sedimentos aluviales del Pleistoceno; **Flora cultivada:** piña, 10 años; **Fauna:** crotobinas (heces de lombrices), hormigas; **Manto freático:** 80 cm

Ho	Prof. (cm)	DESCRIPCIÓN
Ap1	0-25	<b>Color</b> en seco pardo amarillento (10YR6/4), en húmedo negro (10YR2/1); <b>textura</b> franco arenosa; <b>estructura</b> fuertemente desarrollada en bloques subangulares, finos, abundantes; poros numerosos finos y medianos, continuos, caóticos dentro y fuera de los agregados; <b>permeabilidad</b> rápida; <b>consistencia</b> en húmedo friable y en muy húmedo ligeramente pegajosa y plástica; <b>raíces</b> comunes finas y delgadas; presencia de crotobinas y hormigas, <b>pH</b> 5.60.
Ah2	25-65	<b>Color</b> en seco pardo oscuro (10YR3/3), en húmedo negro (10YR2/1); <b>motas</b> tenues, comunes, pardo grisáceas (10YR3/2); <b>textura</b> franco limosa; <b>estructura</b> fuertemente desarrollada en bloques subangulares con pocos grumos, finos y medios; <b>poros</b> numerosos, finos y medianos, continuos, caóticos dentro y fuera de los agregados; <b>permeabilidad</b> rápida; <b>consistencia</b> en húmedo friable y en muy húmedo ligeramente pegajosa y plástica; <b>cutanes</b> por "eluviación", continuos en canales y poros grandes de minerales arcillosos con humus; <b>nódulos</b> muy pocos, pequeños y medianos, de color pardo oscuro (10YR3/3), de forma prismática, subangular, de naturaleza blanda y composición de óxido de hierro; <b>raíces</b> comunes, finas, delgadas y medias; presencia de crotobinas; <b>pH</b> 5.26.
Bt1	65-100	<b>Color</b> en seco gris claro (2.5Y6/4), en húmedo gris (2.5Y8/4), <b>motas</b> grises (2.5Y5/1) y rojas (10YR6/8); <b>textura</b> franco arcillo arenosa; <b>poros</b> frecuentes, finos y muy finos, continuos, caóticos, dentro y fuera de los agregados tubulares; <b>estructura</b> moderadamente desarrollada en bloques subangulares finos y medios; <b>consistencia</b> en húmedo friable, y en muy húmedo, ligeramente pegajosa y plástica; <b>cutanes</b> por "eluviación", continuos, en canales y poros grandes de minerales arcillosos con humus; <b>pedregosidad</b> pocas piedras, de tamaño pequeño, subangulares, de clases arenisca, caliza y basalto; <b>nódulos</b> frecuentes, pequeños y medianos, de color pardo oscuro (10YR3/3) y rojo (10R4/8), de forma prismática, subangular y elipsoide, blandos, de óxido de hierro; <b>permeabilidad</b> moderada; <b>raíces</b> raras, finas, <b>pH</b> 5.15
Bt2	100-200	<b>Color</b> en seco amarillo rojizo (7.5YR7/8), en húmedo rojo amarillento (5YR5/8); <b>textura</b> arcillo arenosa; <b>estructura</b> moderadamente desarrollada bloques subangulares, medios; <b>poros</b> pocos finos y medianos, continuos, caóticos; <b>permeabilidad</b> lenta; <b>consistencia</b> en húmedo y muy húmedo ligeramente pegajosa y plástica; <b>raíces</b> escasas; <b>pH</b> 5

Ho	Textura (%)			MO (%)	P Olsen (mg Kg <sup>-1</sup> )	pH	CIC	Ca	Mg	Na	K
	A	L	R								
Ap1	60.5	17.2	22.3	6.5	7	5.8	14.7	3.18	0.94	0.32	0.11
Ah2	62.7	15.6	21.7	6.9	4	5.4	13.9	3.22	0.96	0.28	0.10
Bt1	51.7	16.9	31.4	0.6	NS	4.9	8.1	1.82	0.55	0.23	0.07
Bt2	52.3	11.1	36.6	0.2	NS	4.7	7.3	1.78	0.49	0.20	0.07



**Figura 1.** Distribución vertical de raíces delgadas ( $\text{km m}^{-3}$ ) de seis agroecosistemas en un suelo Chromic Acrisol (Loamic, Cutanic, Hyperdystric, Humic) de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México

profundiza, lo que generalmente no sucede con la biomasa de raíces gruesas (Fujita & Yanagisawa, 1999).

## CONCLUSIONES

La unidad de suelo correspondió a Chromic Acrisol (Loamic, Cutanic, Hyperdystric, Humic). La mayor DLRD en los agroecosistemas estudiados se da en 0-20 cm, decreciendo considerablemente conforme incrementa la profundidad. Los valores más altos de DRLD se presentaron en pasto. No se observó homogeneidad de DLRD en los agroecosistemas arbóreos. Se recomienda realización estudios de densidad radical de diferentes diámetros, a mayor profundidad y en otros suelos de sabana para establecer claramente las diferencias de exploración vertical. La composición florística del acahual estuvo representada por 33 especies correspondientes a 25 familias botánicas.

**Cuadro 3.** Valores promedios de densidad de longitud de raíces finas (DLRD) en seis agroecosistemas de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Agroecosistemas	Profundidad				Total
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	
	DLR finas (km m <sup>-3</sup> )				
Piña	4.26a**	1.97b	1.71b	1.49b	9.43
Eucalipto	6.87a**	3.08b	2.48b	1.73b	14.17
Hule	8.62a**	5.81a**	2.41b	2.37b	19.22
Acacia	5.40a**	3.51b*	2.85b*	1.24c	12.99
Pasto	19.60a**	9.96a*	5.80bc	3.42c	38.78
Achual	2.42a**	1.23b*	0.61c	0.28c	4.54

El ANOVA se realizó contrastando cada profundidad de todos los agroecosistemas, cada uno tuvo seis repeticiones. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (prueba LSD, 0.5): \*significativas y \*\*altamente significativas.

### LITERATURA CITADA

Albrecht, A., & Kandji, S. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. (99), 15-27. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 99(1-3), 15-27. doi:10.1016/S0167-8809(03)00138-5

Böhm, W. (1979). *Methods of studying root systems*. Berlin, FGR: Springer Verlag.

Contreras-Rodríguez, I. (2010). Manejo y uso actual de los achuales en la UMAFOR 2708CE, Centro Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México: Tesina de Maestría Tecnológica. Colegio de Postgraduados.

Cuanalo, C.H. (1990). *Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo* (Tercera ed.). Chapingo, Texcoco, México: Colegio de Postgraduados.

Donoso, S., Ruiz, F., Obispo, A., Sánchez, C., & Herrera, M. (1999). Efecto del laboreo sobre la biomasa de *Eucalyptus globulus* en el suroeste de España. *Forest Systems*, 8(2), 377-386.

Dwyer, M., Ma, B., Stewart, D., Hayhoe, H., Balchin, D., Culley, J., & McGroven, M. (1996). Root mass distribution under conventional and conservation tillage. *Canadian Journal of Soil Science*, 76(1), 23-28. doi:10.4141/cjss96-004

Escobar-Ocampo, M., & Ochoa-Gaona, S. (2007). Estructura y composición de la vegetación del Parque Educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 391-419.

Escudero, A. (1985). Efectos de árboles aislados sobre las propiedades químicas del suelo. *Revue d'Ecologie et Biologie du Sol*(22), 149-159.

Fabião, A., Madeira, M., Steen, E., Kätterer, T., Ribeiro, C., & Araújo, C. (1995). Development of root biomass in an *Eucalyptus globulus* plantation under different water and nutrient regimes. *Plant and Soil*, 168(1), 215-223.

Fujita, N., & Yanagisawa, N. (1999). Different distribution patterns of woody species on a slope in relation to vertical root distribution and dynamics of soil moisture profiles. *Ecological Research*(14), 165-177. doi:10.1046/j.1440-1703.1999.00295.x

García, M. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (Cuarta ed.). México: Indianápolis.

INEGI. (2002). *Estadísticas Ambientales, Superficie Forestal por Ecosistema según formación primaria y vegetación secundaria*. Obtenido de [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/archivos/01\\_rforestales/d3\\_Rforesta01\\_01.pdf](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/archivos/01_rforestales/d3_Rforesta01_01.pdf)

Joffre, R., Rambal, S., & Ratte, J. (1999). The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agroforestry Systems*, 45(1-3), 57-79. doi:10.1023/A:1006259402496

Jose, S., Gillespie, R., & Pallardy, S. (2004). Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforestry Systems*, 61(1-3), 237-255. doi:10.1023/B:AGFO.0000029002.85273.9b

Madeira, M., Melo, M., Alexander, C., & Steen, E. (1989). Effects of deep ploughing and superficial disc harrowing on physical and chemical soil properties and biomass in a new plantation of *Eucalyptus globulus*. *Soil and Tillage Research*, 14(2), 163-175.

MOkany, K., Raison, R., & Prokushkin, A. (2006). A Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*, 12(1), 84-96. doi:10.1111/j.1365-2486.2005.001043.x

Moreno, G., Obrador, J., Cubera, E., & Dupraz, C. (2005). Fine Root distribution in dehesas of Central-Western Spain. *Plant and Soil*, 277(1-2), 153-162. doi:10.1007/s11104-005-6805-0

Moreno, G., Obrador, J., García, E., Cubera, E., Montero, M., Pulido, F., & Dupraz, C. (2007). Driving competitive and facilitative interactions in oak dehesas through management practices. *Agroforestry Systems*, 70(1), 25-40. doi.org/10.1007/s10457-007-9036-y

Mulia, R., & Dupraz, C. (2006). Unusual fine root distributions of two deciduous tree species in Southern France: what consequences for modeling of tree root dynamics? *Plant Soil*, 281(1), 71-85. doi:10.1007/s11104-005-3770-6

Newmann, G., George, T., & Plassard, C. (2009). Strategies and methods for studying the rhizosphere-the plant science toolbox. *Plant and Soil*, 321(1), 431-456.

NOM-021-RECNAT-2000. (2000). Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de estudios, muestreo y análisis fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SERMANAP). Obtenido de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>

Obrador, J., García, E., & Moreno, G. (2004). Consequences of dehesa land use on nutritional status of vegetation in Central-Western Spain. En S. Schnabel, & A. Ferreira, *Sustainability of*

- agrosilvopastoral systems: dehesas, montados. *Advances in Geo-Ecology* (Vol. 37, págs. 327-340). Catena Verlag.
- Ochoa, G., Hernández, V., De Jong, H., & Gurría, G. (2007). Pérdida de diversidad florística ante un gradiente de Intensificación del sistema agrícola de roza-tumba-quema: un estudio de caso en la selva Lacandona, Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*(81), 65-80.
- OIEDRUS. (2005). Sistema de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Tabasco). Estadística básica. Obtenido de [http://www.oeidrustab.gob.mx/mapas/memoria\\_web/tipos\\_suelos.pdf](http://www.oeidrustab.gob.mx/mapas/memoria_web/tipos_suelos.pdf). Tabasco
- Palma-López, D., Cisneros, J., Moreno, E., & Rincón-Ramírez, J. (2007). Palma-López, D.J., Cisneros D.J., Moreno C.E. & Rincón-Ramírez, J.A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. Villahermosa, Tabasco, México: Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB.
- Pritchett, W. (1990). Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. México. D.F.: Jonh Wiley & Sons. Editorial Limusa, S.A. .
- Purbopuspito, J., & Van Rees, K. (2002). Root distribution at various distances from clove trees growing in Indonesia. *Plant Soil*, 239(2), 313–320. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1015096119071>
- Radersma, S., & Ong, C. (2004). Spatial distribution of root length density and soil water of linear agroforestry systems in sub-humid Kenya: Implications for agroforestry models. *Forest Ecology and Management.*, 188(1-3), 77–89. doi: 10.1016/j.foreco.2003.07.021
- Serrano, E. (2003). Relation between functional root content and banana yield in Costa Rica. En F. Rosales, T. Moens, & L. Vega (Edits.), *International Symposium Banana Root System: towards a better understanding for its productive management* (págs. 25-34). San José, Costa Rica. Obtenido de [http://www.inibap.org/pdf/IN050550\\_en...](http://www.inibap.org/pdf/IN050550_en...)
- SIAP-SAGARPA. (2017). Sistema de Información Agrícola y Pesquera. Obtenido de [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)
- Silva, J., & Rego, F. (2003). Root distribution of a Mediterranean shrubland in Portugal. *Plant and Soil*, 255(2), 529–540. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1026029031005>
- USDA. (2000). Guía para la evaluación de la calidad del suelo. (A. Luthers, J. Salazar, & L. Plaza, Trads.) Argentina: Departamento de Agricultura. Servicio de Investigación Agrícola. Obtenido de <http://soils.usda.gov/sqi>
- WRB, I. W. (2015). Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos. Roma, Italia: FAO.







# Cultivation and incorporation of *Crotalaria juncea* L. in a sugarcane culture soil in the Chontalpa, Tabasco, Mexico

## Cultivo e incorporación de *Crotalaria juncea* L. en un suelo cañero de la Chontalpa, Tabasco, México

Almeida-Santos, Lilia Esther<sup>1</sup>; Obrador-Olán, José Jesús<sup>1</sup>; García-López, Eustolia<sup>1</sup>; Castelán-Estrada, Mepivoseh<sup>1</sup>; Carrillo-Ávila, Eugenio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina km 3.5. H. Cárdenas Tabasco. CP. 86500. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, Carretera Federal Haltun-chén-Edzná Km 17.5, C.P. 24450, Sihochac, Champotón, Campeche, Mexico.

\*Autor por correspondencia: obradoro@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objetivo:** to analyze in a sugarcane soil, the yield in aerial biomass of sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) (Fabaceae) with and without nitrogen fertilization in two periods of cut (40 and 60 d), and to evaluate the changes in its fertility in two dates subsequent to its incorporation.

**Design/methodology/approach:** two fertilization treatments NPK 00-60-60 and 120-60-60 and a control were tested. At the beginning of the experiment, 15 and 30 days after the harvest and incorporation of the sunn hemp, compound samples of soil were taken (0-30 cm) to analyze them chemically.

**Results:** in total dry weight (PS) and the aerial components (stem and leaves) of the legume there were no significant differences between treatments, their average yield was 7.08 and 7.16 t ha<sup>-1</sup> for the 40 and 60 day cuts, respectively. The N did not show significant differences between doses or cutting season; their average accumulation was 151.61 and 176.37 kg ha<sup>-1</sup> for the respective cuts. The P showed higher values and significant differences in the fertilized treatments. Soil analysis before planting showed optimal properties, except for the low OM content.

**Study limitations/implications:** the sensitivity of some of its components may make it difficult to detect changes in OM; the OSC is an alternative and easily measurable parameter, although it is also advisable to follow up in the long term.

**Findings/Conclusions:** the incorporation of sunn hemp to the soil is a viable and promising alternative to restore the N used and incorporate the environment, in addition, OM improves its physical, chemical and biological fertility.

**Keywords:** green manure, nitrogen fertilization, cutting season.

### RESUMEN

**Objetivo:** analizar en un suelo cañero, el rendimiento en biomasa aérea de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) (Fabaceae) con y sin fertilización nitrogenada en dos épocas de corte (40 y 60 d), y evaluar los cambios en su fertilidad en dos fechas posteriores a su incorporación.

**Diseño/metodología/aproximación:** se probaron dos tratamientos de fertilización NPK 00-60-60 y 120-60-60 y un testigo. Al inicio del experimento, 15 y 30 d después de la cosecha e incorporación de la crotalaria, se tomaron muestras compuestas de suelo (0-30 cm) para analizarlas químicamente.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 7, julio, 2019. pp: 87-93.

**Recibido:** febrero, 2019. **Aceptado:** mayo, 2019.

**Resultados:** en peso seco (PS) total y de los componentes aéreos (tallo y hojas) de la crotalaria no hubo diferencias significativas entre tratamientos, su rendimiento promedio fue 7.08 y 7.16 t ha<sup>-1</sup> para los cortes de 40 y 60 d respectivamente. El N tampoco mostró diferencias significativas entre dosis ni época de corte; su acumulación promedio fue de 151.61 y 176.37 kg ha<sup>-1</sup> para los cortes respectivos. El P mostró valores más altos y diferencias significativas en los tratamientos fertilizados. El análisis del suelo antes de la siembra mostró propiedades óptimas, excepto por el bajo contenido de MO.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** la sensibilidad de algunos de sus componentes puede dificultar la detección de cambios en la MO; siendo el COS un parámetro alternativo y fácilmente medible, aunque también es recomendable hacer un seguimiento a largo plazo.

**Hallazgos/conclusiones:** la incorporación de crotalaria al suelo es una alternativa viable y promisoría para restituir el N utilizado e incorporar el del ambiente, además, la MO mejora su fertilidad física, química y biológica.

**Palabras clave:** abono verde, fertilización nitrogenada, época de corte.

y se desarrolla rápidamente, tiene un hábito de crecimiento denso que suprime las malezas, reduce la población de nematodos en el suelo, fija N<sub>2</sub> atmosférico, produce abundante MO, conserva la humedad del suelo e incrementa el suministro de nutrimentos. Giraldo (2003), menciona que puede producir de 5,600 a 14,000 kg ha<sup>-1</sup> de biomasa seca y aportar hasta 204 kg N ha<sup>-1</sup>.

Partiendo de lo anterior, el objetivo de este estudio fue conocer el rendimiento en biomasa aérea de *Crotalaria juncea* L. en un suelo Cambisol, con y sin fertilización nitrogenada, y evaluar los cambios en la fertilidad del suelo cañero en dos fechas posteriores a su incorporación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco (18° 01' N y 93° 03' O). El suelo corresponde a un Cambisol éutrico CMeu (Arcílico) (Palma-López *et al.*, 2007), el clima es Am(g)w (García, 1988), cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, sequía en los meses de marzo-abril y presencia de nortes a finales del año. La temperatura, precipitación y evaporación media anual es de 26 °C, 2324 mm y 1400 mm, respectivamente. El experimento se estableció en un suelo cañero una vez que fue laborado para la resiembra de caña. Para realizar el análisis químico del suelo, al momento de establecer el experimento se formó una muestra compuesta a partir de 15 submuestras, que fueron tomadas con barrena tipo holandesa, a una profundidad de 0-30 cm (NRCCA 2008). Los análisis realizados fueron la metodología de la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000).

## INTRODUCCIÓN

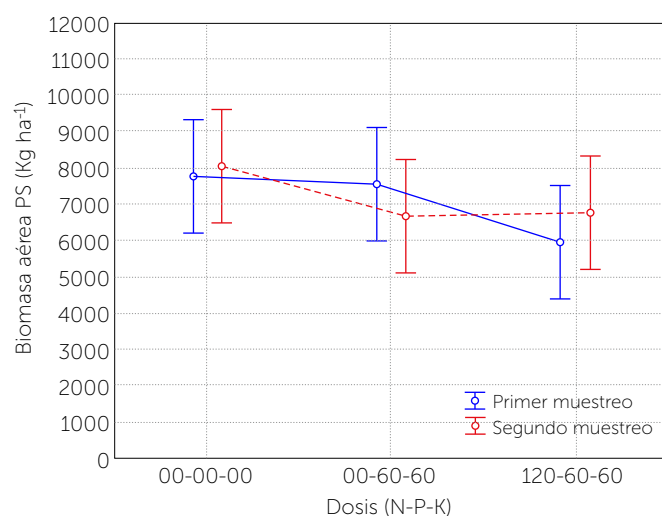
La degradación del suelo se define como la pérdida de la capacidad de producción agrícola debido al deterioro de parámetros químicos, físicos y biológicos del suelo (Gliessman, 2002). El monocultivo caña de azúcar (*Saccharum* spp.) provoca disminución de la fertilidad y la salud del suelo, lo que lleva a un marcado descenso en el rendimiento. El principal parámetro del suelo afectado es la MO con pérdidas de hasta 13 t ha<sup>-1</sup> año, entre 7 y 12 t de paja se producen en una hectárea de caña de azúcar y cada tonelada contiene aproximadamente 5.4, 1.3 y 3.1 kg de N, P y K, respectivamente (Suma y Savitha, 2015). Los agricultores suelen quemar los residuos porque creen que no hacerlo disminuye la germinación, incrementa el número de plagas y de laboreo de maquinaria agrícola (de Resende *et al.*, 2006). En la zona de la Chontalpa, Tabasco, México, alrededor del 90% de la cosecha se realiza de forma manual, lo que implica la quema de la caña y de los residuos, la primera para favorecer la velocidad del corte y la segunda para aumentar el rendimiento de la maquinaria agrícola cuando se realiza el subsoleo (Pascual, 2013).

Cuando la disponibilidad y costo de fertilizantes minerales complica su uso, se puede obtener N incorporando especies fijadoras de nitrógeno, como las Fabaceas en forma de abonos verdes (AV), que mejoran y restauran la fertilidad del suelo con el aporte de nutrientes, MO y agua; con la aparición de los fertilizantes químicos su uso se fue perdiendo, pero con los problemas de degradación, se está regresando como alternativa para recuperar los suelos y detener su deterioro (De Freitas, 2000).

Entre las especies que se han utilizado como AV destaca la crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), que, de acuerdo con Muraoka *et al.* (2002), puede aportar aproximadamente 149 kg ha<sup>-1</sup> de N al suelo disponible para otros cultivos, germina

La crotalaria se sembró al voleo, 20 kg ha<sup>-1</sup> de semillas. Se consideraron dos tratamientos de fertilización NPK 00-60-60, 120-60-60, y un testigo (00-00-00), que se aplicó 20 días después de la germinación (ddg). Se estimó el rendimiento de la biomasa aérea, en peso seco total y de los componentes (tallo y hojas) de crotalaria, tomando muestras de 1 m<sup>2</sup> de la parte central de cada bloque a los 40 y 60 ddg. Las muestras vegetales se pesaron en fresco, se lavaron con agua destilada (Kalra, 1998) y se dejaron sobre papel absorbente, se colocaron en bolsas de papel debidamente identificadas para secarse hasta peso constante en horno de circulación forzada a 75 °C, se pesaron, molieron (molino Wiley) y llevaron al laboratorio para realizarles los análisis: N, P, K, Ca y Mg (Kalra, 1998). La biomasa aérea de la crotalaria se incorporó al suelo a los 60 ddg; para evaluar los cambios en la fertilidad del suelo, 15 y 30 días después se tomaron, en cada parcela, muestras compuestas, siguiendo los mismos criterios que para el muestreo inicial.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos, tres dosis de fertilización y un testigo (Cuadro 1); cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones; el ANOVA se realizó con el software Statistica, considerándose, en caso necesario, una prueba de comparación de medias de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05.



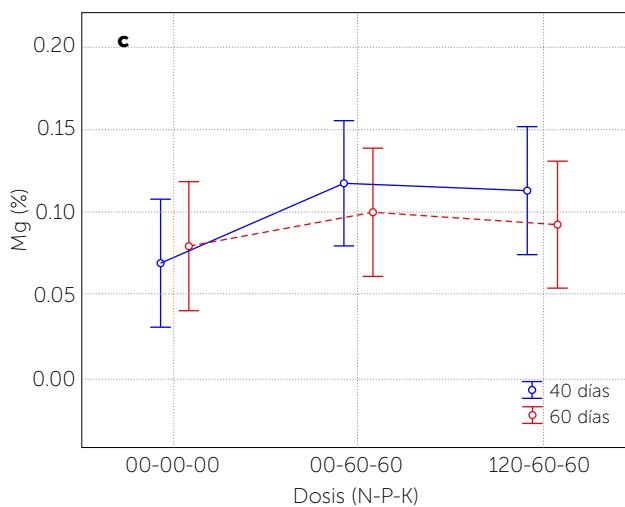
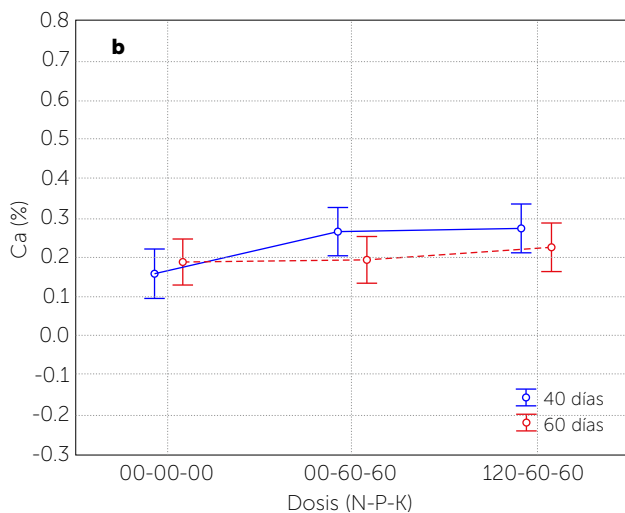
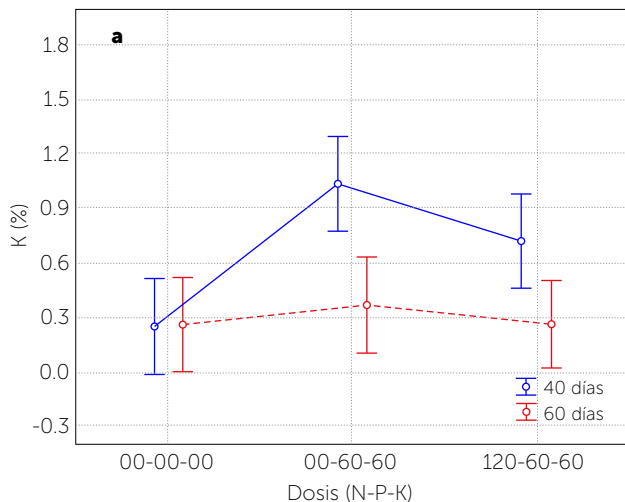
**Figura 1.** Rendimiento de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) en peso seco, con tres dosis de fertilización y dos fechas de corte en un suelo cañero en Tabasco, México. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

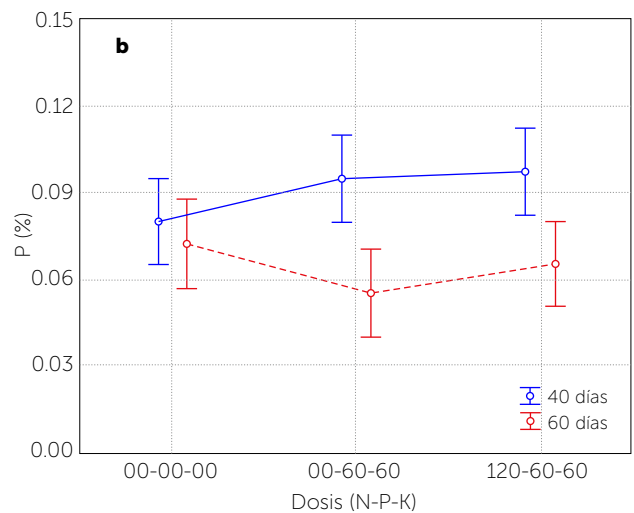
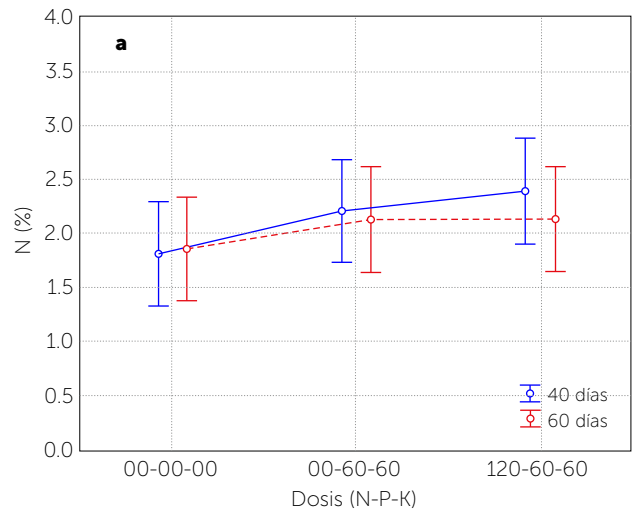
La Figura 1 muestra que no hubo diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) para el rendimiento de biomasa aérea de crotalaria, entre los tres tratamientos de fertilización ni entre las dos épocas de corte evaluadas. Borges-Teodoro et al. (2011) encontraron que esta especie tuvo su mayor tasa de crecimiento y desarrollo en los primeros 40 días, disminuyendo en los 20 siguientes para incrementar otra vez a partir de los 60. En este sentido, resulta mejor realizar el corte a los 40 días para que el material vegetal se incorpore más rápido y se tenga tiempo suficiente para la siguiente siembra de caña de azúcar, ya sea en el ciclo primavera-verano u otoño invierno; aunque la de fin de año representa mayor riesgo, ya que se registra más de 70% de la precipitación anual, lo que limita el uso de maquinaria para el laboreo de

suelo y transporte de los tallos a sembrar (Obrador-Olán, 2009). El rendimiento promedio de MS fue de 7.08 y 7.16 t ha<sup>-1</sup> para los cortes a los 40 y 60 días, respectivamente. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Soratto et al. (2012) y son inferiores a los reportados por Mangaravite et al. (2014).

En la Figura 2 se muestran los contenidos de K, Ca y Mg foliares en las dos épocas de corte y tres dosis de fertilización. No se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) para Ca y Mg probablemente debido a que éste es un suelo de origen aluvial que suele presentar suministros importantes de estas dos bases (Palma-López et al., 2007). El K mostró concentraciones significativamente mayores en el primer corte ( $p < 0.05$ ) como respuesta a la aplicación de la dosis 00-60-60. La concentración de N en la biomasa aérea no mostró diferencias estadísticas significativas entre dosis ni época de corte (Figura 3), probablemente debido a que este elemento es biológicamente fijado por la crotalaria, razón por la que no se observa respuesta a la aplicación de este elemento (Mansoer et al., 1997). La acumulación promedio de N fue de 151.61 y 176.37 t ha<sup>-1</sup> para el primer y segundo corte, respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos por Soratto et al. (2012) e inferiores a los obtenidos por Borges-Teodoro et al. (2011) y Mangaravite et al. (2014), en estos casos los valores fluctuaron entre 201 y 514 kg ha<sup>-1</sup> con corte a los 92 dde, 75 dds, floración, 120 dds y 132 dds, respectivamente.



**Figura 2.** Contenido nutrimental de: a) K, b) Ca y c) Mg en biomasa aérea seca de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) con tres dosis de fertilización y dos fechas de corte en un suelo cañero en Tabasco, México. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).



**Figura 3.** Contenido nutrimental de: a) N y b) P en biomasa aérea seca de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) con tres dosis de fertilización y dos fechas de corte en un suelo cañero en Tabasco, México. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).

El promedio acumulado de P, K, Ca y Mg fue de 4.99, 17.33, 13.73 y 6.15 kg ha<sup>-1</sup> para el primer corte y de 5.93, 20.86, 14.72 y 6.74 kg ha<sup>-1</sup> para el segundo corte, dichos resultados son cercanos a los obtenidos por Cavalcante *et al.* (2012) quienes reportaron valores respectivos de 8.8, 53, 15.7 y 9 kg ha<sup>-1</sup>, pero inferiores a los de Soratto *et al.* (2012) y Mangaravite *et al.* (2014). Los valores observados por estos autores fluctuaron de 19 a 85, 87 a 293.28, 69.32 a 136 y 20 a 111.83 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

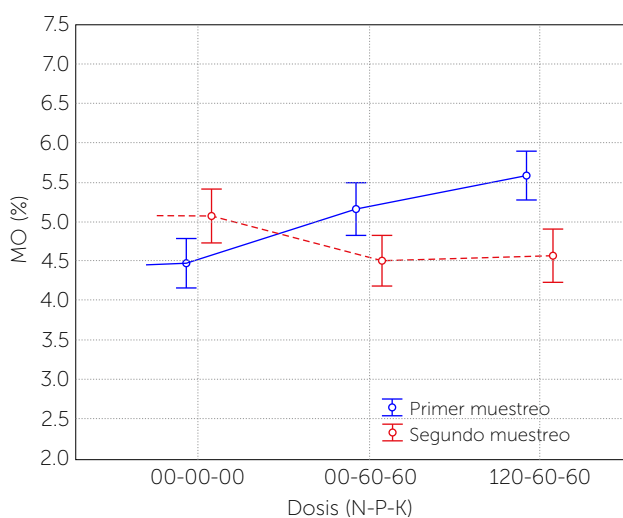
Los contenidos de nutrientes del suelo antes de la siembra se muestran en el Cuadro 2. El valor del pH indica que se trata de un suelo moderadamente ácido,

**Cuadro 2.** Contenidos nutrimentales en un suelo cañero de Tabasco, México, antes de sembrar crotalaria (*Crotalaria juncea* L.).

Parámetro	pH (H <sub>2</sub> O)	MO	N	P-Olsen mg kg <sup>-1</sup>	K	Ca	Mg	CIC
		%						
	5.8	2.8	0.15	9.6	0.39	11.6	10.5	20.3

pero no afecta el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar (ECO CROP, 2007). Los contenidos de MO y N son medios, como consecuencia de la quema y requema que anualmente sufre el cultivo de caña y que significan alrededor de 6.0 t de paja (Obrador-Olán, 2009). Cabrera y Zuaznábar (2010) estudiaron la evolución de la MO del suelo durante 20 años de cultivo continuo con caña de azúcar, encontraron un valor inicial de MO alto de 3.89%, que descendió al final hasta 2.78%, considerado medio; la disminución en 1.11% (0.64% C) resulta en una reducción significativa.

El valor de P-Olsen encontrado fue medio, lo que concuerda con los valores encontrados en los suelos de la zona de abastecimiento de los Ingenios de la región, que varían mayormente de medios a altos, debido al historial de fertilización (Pascual, 2013). Es decir, superan la dosis adecuada, por lo que ajustar la dosis de P podría ser buena estrategia para mantener los contenidos mencionados. El valor de la CIC fue medio y los de las bases de intercambio fueron medio para K y altos para Ca y Mg, este comportamiento se relaciona con las características propias de la formación de los suelos de llanura aluvial (Palma-López et al., 2007).



**Figura 4.** MO del suelo de diferentes tratamientos 15 y 30 días después de la incorporación de *Crotalaria juncea* L.

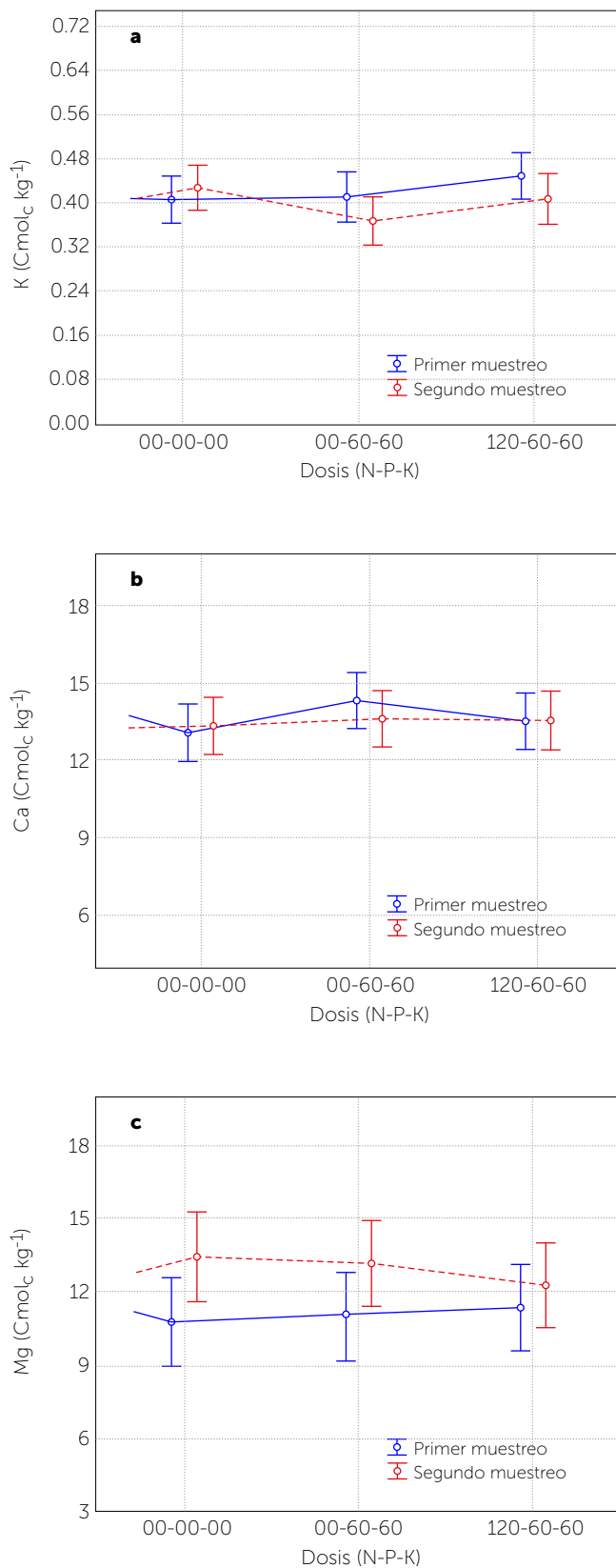
También es importante considerar que las dosis de K están por debajo de las que se han recomendado (Salgado-García et al., 2011) y que no se realiza fertilización de Ca y Mg. Con respecto a los cambios en las propiedades químicas del suelo

por la incorporación de crotalaria, la Figura 4 muestra el comportamiento de la MO, 15 y 30 días después de su incorporación. A los 15 días se observó tendencia a incrementar conforme se aumenta la dosis de fertilización; ocurriendo lo contrario a los 30 días, donde hubo interacción entre tratamientos y días de muestreo. Existen componentes de la MO más sensibles para estimar los cambios que puedan suceder en el mencionado parámetro, tal es el caso del C orgánico soluble (COS), que tiene además la ventaja de su facilidad de medición. No obstante, lo anterior, en el presente estudio se produjo una alta cantidad de materia seca de crotalaria (alrededor de 7000 kg ha<sup>-1</sup>), la cual coincide con la reportada por Giraldo (2003), quien indica que los mencionados aportes suministran al suelo alrededor 204 kg N ha<sup>-1</sup>.

Las bases (K, Ca y Mg) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ni fechas de muestreo (Figura 5), aunque cabe señalar que los contenidos de K y Ca fueron ligeramente mayores en el primer muestreo, al contrario del Mg, que tuvo sus valores más altos en el segundo. La crotalaria agregada al suelo restituye los nutrientes tomados del mismo, e incorpora N tomado del ambiente, además de propiciar otros beneficios de la MO a la fertilidad física, química y biológica (Subaedah et al., 2016).

## CONCLUSIONES

El rendimiento de *C. juncea* fue similar en las dos épocas de corte y tratamientos de fertilización, y coincide con múltiples reportes en cuanto a la cantidad de materia seca que puede generar en los periodos de tiempo estudiados. La acumulación promedio de N ha<sup>-1</sup> fue de 151.6 y 176.3 para el primer y segundo corte, valores similares a los reportados por diferentes autores en condiciones ambientales similares. No se observaron cambios en las propiedades químicas del suelo cañero evaluadas en dos diferentes fechas después de la incorporación de *Crotalaria juncea*, pero sí respecto a las del primer muestreo, antes de sembrar la especie fijadora de nitrógeno.



**Figura 5.** Contenido nutrimental de: a) K, b) Ca y c) Mg en un suelo cañero en Tabasco, México, con tres tratamientos de fertilización, 15 y 30 días después de la incorporación de *Crotalaria juncea* L. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).

## LITERATURA CITADA

Barbazán M. (1998). Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Fertilidad de Suelos, Facultad de Agronomía Universidad de la República Montevideo, Uruguay. 27pp.

Borges-Teodoro, R., de Oliveira, F.L., Natal-da Silva, D.M., Fávero, C., Lima-Quaresma, M.A. (2011). Aspectos agronómicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. Revista Brasileira de Ciência do Solo 35: 635-643. Obtenido de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218547032> ISSN 0100-0683

Cabrera, J., & Zuaznábar, R. (2010). Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del carbono. Cultivos Tropicales 31(1): 5-13.

Cavalcante, V., Santos, V., Neto, A., Dos Santos, M., Dos Santos, G., & Costas, L. (2012). Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 16(5): 521-528.

De Freitas, V.H. (2000). Manejo de suelo en pequeñas fincas. Estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos (Vol. Boletín de suelos 77). Roma, Italia: FAO. Obtenido de [http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/6D\\_s.pdf](http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/6D_s.pdf)

De Resende, A., Xavier, R., De Oliveira, O., Urquiaga, S., & B.J.R. Alves. (2006). Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E. Brazil. Plant and Soil 1(2): 339-351. doi:<https://doi.org/10.1007/s11104-005-4640-y>

ECOCROP (2007). The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Versión 1.0. Ags. Rome, Italy: En: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home> (consulta: 6/08/2016).

García, E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Cuarta ed.). Editorial Indianapolis. México, D.F. 246 p.

Giraldo, Á.G. (2003). Abonos verdes, características y especies utilizables. FAO. En: [http://teca.fao.org/sites/default/files/technology\\_files/abonos%20verdes.pdf](http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/abonos%20verdes.pdf).

Gliessman, S. (2002). Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. (E. Rodríguez, T. Benjamín, L. Rodríguez, & A. Cortés, Edits.) CATIE. Turrialba, C.R. Obtenido de <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecologia-procesos-ecolc3b3gicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>.

Kalra, Y. (1998). Handbook of reference methods for plant analysis. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group. FL. 33487-2742. 287 pp.

Mangaravite, S., Passos, R., Andrade, V., Burak, L., & Mendonça, S. (2014). Phytomass production and nutrient accumulation by green manure species. Rev. Ceres, Viçosa, 61(5): 732-739.

Mansoer, Z., Reeves, D.W., & Wood C. (1997). Suitability of sunn hemp as an alternative late-summer legume cover crop. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 246-253.

Muraoka, C., Ambrosano, E., Zapata, F., Bortoletto, N., Martins, A., Trivelin, P.C.O. & Scivittaro, W. (2002). Eficiencia de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, aplicados solos o

- juntamente, como fuentes. Terra Latinoamericana 20(1), 17-23. Obtenido de Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320104>
- NOM-021-RECNAT-2000. Norma oficial mexicana. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- NRCCA. (2008). Soil fertility and nutrient management-Study guide. Cornell, United States of America: Cornell University. USA. 36 PP.
- Obrador-Olán, J. (2009). Labores culturales en el cultivo de caña de azúcar. En A. Valdez-Balero, A. Guerrero-Peña, E. García-López, & J. Obrador-Olán, Manual para el cultivo y producción de caña de azúcar. Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco, México. págs. 22-25.
- Palma-López, D., Cisneros-Domínguez, J., Moreno-Cáliz, E., & Rincón-Ramírez, J. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Villahermosa, Tabasco, México: Colegio de Postgraduados, ISPROTAB, FUPROTAB. 199 p.
- Pascual-Córdova, G. (2013). Evaluación del agroecosistema cacao (*Theobroma cacao* L.) y caña de azúcar (*Saccharum* spp) a través de indicadores de calidad del suelo. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco, México. 102 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. y Córdova-Sánchez, S. 2011. Un programa de fertilización sustentable para el Ingenio "Presidente Benito Juárez" en Tabasco, México. Avances en Investigación Agropecuaria 15(3): 45-65.
- Soratto, R., Crusciol, C., Da Costa, C., Neto, J., & Castro, G. (2012). Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milho, cultivados solteiros e consorciados. Pesq. Agropec. Bras., 47(10): 1462-1470
- Subaedah, S., Aladín, A., & Nirwana, S. (2016). Fertilization of nitrogen, phosphor and application of green manure of *Crotalaria juncea* in increasing yield of maize in marginal dry land. Agriculture and Agricultural Science Procedia 9: 20-25.
- Suma, R., & Savitha, C. (2015). Integrated sugarcane trash management: a novel technology of sustaining soil health and sugarcane yield. Adv Crop Sci Tech, 3(1): 1-4. doi:<http://dx.doi.org/10.4172/2329-8863.1000160>







## Effect of land use change on the edaphologic properties in La Sabana, Huimanguillo, Tabasco, Mexico

### Efecto del cambio de uso de suelo sobre las propiedades edáficas en La Sabana, Huimanguillo, Tabasco, México

Alejandro-Martínez, Patricia<sup>1</sup>; De La Cruz-Morales Mariela<sup>1</sup>; Palma-López David J.<sup>2</sup>; Megia-Vera Héctor J.<sup>1</sup>; Palma-Cancino David J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta. Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86418.

<sup>2</sup>Colegio De Postgraduados, Campus Cárdenas, Periférico S/N, Cárdenas, Tabasco, México. C.P.

86500. <sup>3</sup>Universidad Politécnica del Golfo de México, Paraíso, Tabasco, México, C.P. 86600

\*Autor para correspondencia: dapalma@colpos.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** Evaluate physical and chemical properties of acid soils subject to change of land use in La Sabana of Huimanguillo, Tabasco, México.

**Design/methodology/approach:** The following technical criteria were used: production systems representative of savanna soils in Huimanguillo, Tabasco, from sugar cane (*Saccharum* spp.), pineapple (*Ananas comosus* L.), cassava (*Manihot esculenta* Crantz), pastureland, and acahual (secondary vegetation). Physical and chemical properties were evaluated using standardized methods: apparent density (AD), organic matter (OM), total nitrogen (N), extractable phosphorus (P Olsen), cation exchange capacity (CEC), electric conductivity (EC), exchangeable bases (K, Ca and Mg), and pH.

**Results:** Results suggest highly statistical differences in contents of OM, AD, pH, and porosity (%). Statistical differences were found in Ca, Mg, and K content. Total N, P Olsen, CEC and EC, did not show statistical differences.

**Study limitations/implications:** La Sabana of Huimanguillo, has been affected by a significant loss of soil fertility, therefore is important to evaluate the soil degradation process by change of land use under different climate conditions.

**Findings/conclusions:** Evaluation of soil properties degradation in acid soils subject to different land use, physical and chemical properties of soils showed that sugar cane and pastureland were affected significantly.

**Keywords:** organic matter degradation, soil, acid soils.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar las propiedades físicas y químicas de suelos ácidos de La Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México, sujetos a diferentes usos.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se consideraron los siguientes criterios técnicos, sistemas de producción representativos de sabana en el municipio de Huimanguillo que corresponden a caña de azúcar (*Saccharum* spp.), piña (*Ananas comosus* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), pastizal y acahual. Se evaluaron las propiedades físicas y químicas a través de métodos estandarizados: densidad aparente (Dap), materia orgánica (MO), nitrógeno (N) total, fósforo (P Olsen) extractable, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), bases intercambiables (K, Ca y Mg) y pH.

**Resultados:** Se obtuvieron resultados altamente significativos para MO, DAP, pH y porosidad (%), en los contenidos de Ca, Mg, y K se encontraron diferencias significativas, en cambio con N total, P Olsen, CIC y CE no se observaron diferencias significativas.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** La Sabana de Huimanguillo, se ha visto afectada por la pérdida significativa de la fertilidad en suelo, por lo que es necesario evaluar el proceso de degradación en un periodo de mayo a diciembre, contemplando las condiciones climáticas (seca-lluvia).

**Hallazgos/conclusiones:** Al evaluar la degradación de las propiedades de los suelos ácidos sujetos a diferentes usos, el sistema de producción de caña de azúcar y el pastizal son los cultivos que más son afectados en las propiedades físicas y químicas de los suelos.

**Palabras clave:** degradación, suelo, suelos ácidos

## INTRODUCCIÓN

**Los suelos** son sistemas naturales abiertos y complejos, que mantienen gran diversidad de plantas aportando nutrientes, además de servir de soporte a las mismas. Las características y propiedades de los suelos son influenciadas por el clima y la biota actuando sobre los materiales geológicos, acondicionados por el relieve y drenaje durante un periodo de tiempo (Palma-López *et al.*, 2008). El suelo es considerado como un cuerpo natural formado por sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren sobre la superficie de la tierra, ocupa un espacio y tiene una o ambas de las siguientes características: horizontes o capas que se diferencian del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia, o por la habilidad de soportar raíces de plantas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 2003).

Tabasco, México, tiene una superficie total de 24,661 km<sup>2</sup>, equivalentes al 1.3% del territorio nacional; y sus suelos de La Sabana de Huimanguillo, se localizan en lomeríos con pendientes ligeras, son de baja fertilidad, presentan alta acidez con pH de 4.0 a 5.5 y contenidos de materia orgánica de 1 a 4%, a veces hasta de 20% (Palma-López *et al.*, 2007; 2017; Salgado-García *et al.*, 2017). La materia orgánica desempeña un papel importante en el suelo ya que aporta gran variedad de elementos nutritivos para las plantas, y modifica la estructura del mismo, el conocimiento sobre su aporte de nutrientes es importante, sobre todo en suelos ácidos, por lo que, las estimaciones del suministro al suelo se basan más bien en el rendimiento

de cosechas (Murillo-De La Rosa, 2010).

La sabana se caracteriza por condiciones ambientales donde la agricultura y ganadería, ofrecen un grado diferencial de adaptabilidad en aprovechamiento de la tierra, en este sentido, el patrón de uso del suelo a través de la historia se ha expresado por la dominancia de ganadería extensiva. En la última década, esta actividad se ha estado desplazando gradualmente por cultivos de cítricos (*Citrus* spp.), piña (*Ananas comosus* L.) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz), como fuentes de materia prima para la agroindustria (Salgado-García *et al.*, 2017).

Aproximadamente 35 años, dio inicio el cultivo de la piña en La Sabana de Huimanguillo (específicamente en el Ejido La Esperanza), y actualmente emplea a 800 personas, quienes cosechan al año más de 40 mil toneladas (Zavala-Cruz *et al.*, 2014). La integración de la producción de caña de azúcar 12 años después se debió a su relevancia económica, social e impacto favorable en la economía familiar (Zavala-Cruz *et al.*, 2014; Salgado-García *et al.*, 2017). Actualmente, se ha registrado disminución de hasta 70% el uso de suelo de pastizales y ganadería. El presente trabajo tiene como propósito estudiar los cambios en las características físicas y químicas del suelo en diferentes sistemas de producción, dentro de La Sabana, Huimanguillo, Tabasco, tomando como referencia un suelo con vegetación secundaria (acahual).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Ejido La Esperanza, ubicado en La Sabana del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México (17° 53' 23.3" y 17° 54'

01.4" N y 93° 37' 30.1" y 93° 38' 20.5" O, Salgado-García *et al.*, 2010). El sitio presenta un clima cálido húmedo Af (m) con temperatura media anual de 26 a 28 °C y precipitación total anual de 2000 a 3000 mm (INEGI, 2001). Para la delimitación del sitio se consideraron los sistemas de producción representativos de La Sabana de Huimanguillo, Tabasco y los diferentes usos de suelo característicos del ejido. Se eligieron cinco usos para determinar los sitios de muestreos: Piña (Pi), Yuca (Y), Caña de azúcar (Ca), Pastizal (Pa) y Acahual (A). Se priorizaron los sitios más cercanos y que contaran con el mismo tipo de suelo, en este caso un Acrisol. En cada sitio se tomaron cuatro muestras de suelo, considerando su topografía para la ubicación de la muestra, la cual se realizó a criterio del experto. Los sitios se geo-referenciaron con ayuda de un GPS (Garmin® eTrex 10).

La toma de muestras y determinación de la densidad aparente (Dap), se basó en la guía para la descripción del suelo (FAO, 2009). Se excavó un pequeño hueco en la superficie del suelo, cubriéndolo con bolsa de polietileno, se llenó completamente midiendo el volumen de agua con una probeta graduada de 100 mL. En laboratorio las muestras fueron secadas a una temperatura de 105 °C por 72 h en la estufa SL® SHEL LAB, para obtener el peso seco con una balanza granataria (Sartorius Ge 612).

Se tomaron muestras de suelo a profundidades variables, dependiendo del grosor del horizonte A, el cual se identificó por el tono oscuro debido a la abundancia de materia orgánica (Caviño *et al.*, 2002). En cada sitio de estudio se tomaron cuatro muestras simples de suelo con una pala recta del primer horizonte, eliminando los dos tercios laterales, para llevar aproximadamente 1.5 kg de suelo al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua (LASPA) del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente y a la sombra durante un mes para su posterior análisis.

Para el análisis de los parámetros físicos y químicos se consideró la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002): materia orgánica (MO) por el método Walkley y Black, nitrógeno total (N) mediante Macro-Keldahl, fósforo

extractable (P) por el procedimiento Olsen, capacidad de intercambio catiónico (CIC) por el método del acetato de amonio, conductividad eléctrica (CE) con conductímetro, bases intercambiables (K, Ca y Mg) extraídas por acetato de amonio a pH 7.0, pH medido en agua en relación 1:2 mediante un potenciómetro y granulometría por el método de Boyoucos. Para examinar los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA), considerando los usos como tratamientos y los muestreos como repeticiones. Se llevó a cabo una prueba de medias de Tukey ( $P=0.05$ ). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico InfoStat versión 2008.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades físicas

De acuerdo con la prueba de medias se observa que los tratamientos piña, yuca, caña y pastizal son estadísticamente iguales en cuanto a densidad aparente (Dap) y diferentes al sitio de acahual (Cuadro 1). Tomando como referencia el acahual con  $1.08 \text{ t m}^{-3}$ , se infiere que los suelos de cada cultivo tienden a la compactación, por lo que tendrán menor capacidad de retención de humedad. Los cultivos de caña de azúcar y yuca presentan los suelos con mayor grado de degradación para esta variable (Palma-López *et al.*, 2008). Al respecto, Alvarado y Forsythe (2005), indican que en suelos cultivados la Dap tiende a disminuir en el horizonte A debido a mayor actividad biológica. Autores como Castellanos *et al.* (2000), señalan que una menor Dap, indica que en el suelo existe un alto contenido de MO, una menor compactación y una mayor porosidad y conductividad hidráulica, lo que se refleja en un medio propicio para la penetración radicular, como sucede con los suelos de acahual.

Para la variable de profundidad del horizonte A de los suelos, se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre los promedios de profundidad para los usos de suelo evaluados. El tratamiento que presenta el mayor grosor del horizonte es el Acahual ( $42.50 \pm 2.56$ ), como se esperaba dada la protección de la cobertura vegetal para disminuir el riesgo de erosión (Palma-López *et al.*, 2008), seguido de los cultivos de piña ( $31.00 \pm 2.56$ ), caña de azúcar ( $27.25 \pm 2.56$ ), yuca ( $20.75 \pm 2.56$ ), y pastizal ( $17.50 \pm 2.56$ ).

**Cuadro 1.** Densidad aparente (Dap), Materia orgánica (MO), Nitrógeno total (N) y Fósforo extractable (P) detectados en diferentes usos de suelo en acrisoles de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo	Dap ( $\text{t m}^{-3}$ )	MO (%)	N (%)	P ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
Acahual	1.08 <sup>a</sup>	4.10 <sup>b</sup>	0.24 <sup>a</sup>	7.40 <sup>b</sup>
Piña	1.53 <sup>b</sup>	4.06 <sup>ab</sup>	0.22 <sup>a</sup>	7.40 <sup>b</sup>
Yuca	1.73 <sup>b</sup>	3.58 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>a</sup>	8.96 <sup>a</sup>
Caña de azúcar	1.82 <sup>b</sup>	3.23 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	6.22 <sup>c</sup>
Pastizal	1.64 <sup>b</sup>	3.75 <sup>ab</sup>	0.22 <sup>a</sup>	6.84 <sup>bc</sup>

Letras desiguales indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

Estas diferencias se deben principalmente al manejo agronómico de cada cultivo y a la poca cobertura del suelo, sobre todo entre los surcos de los cultivos. En el caso del pastizal puede deberse al sobrepastoreo que provoca que el suelo este descubierto y sea más propenso a la erosión hídrica (Zavala-Cruz *et al.*, 2014). En el suelo ocupado para cultivo de piña, se esperaría menor grosor en el horizonte A, ya que la anchura de los callejones debería producir mayor erosión (Salgado-García *et al.*, 2010); sin embargo, se observó que con el deshoje que realizan los productores después de la cosecha, para permitir un crecimiento rápido de los vástagos, se crea una especie de cubierta orgánica (*mulch*) que ayuda a disminuir la erosión.

Con respecto a la porosidad (%) de los suelos, el Acahual fue estadísticamente superior a los demás (61.47%  $\pm$ 2.56,  $P < 0.05$ ), mientras que los tratamientos de piña (42.59%  $\pm$ 3.50), pastizal (37.16%  $\pm$ 3.50), yuca (34.90%  $\pm$ 3.50) y caña (31.23%  $\pm$ 3.50) fueron estadísticamente iguales ( $P < 0.05$ ). Esto demuestra que existe una disminución clara de la porosidad del suelo ocasionada por el cambio de uso del suelo y su manejo posterior (Palma-López *et al.*, 2008).

La porosidad total se incrementa debido al efecto de la materia orgánica en el proceso de formación de agregados del suelo lo cual incrementa la agregación y porosidad del mismo (Ramos-Reyes *et al.*, 2016). En el caso de la caña de azúcar el paso de la maquinaria y el riego subfoliar propicia la pérdida de porosidad (Salgado-García *et al.*, 2014).

### Propiedades químicas

Se registraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ,  $CV = 10.2$ ) en el contenido MO, siendo 4.10% en Acahual el más alto y 3.23% en caña de azúcar el más bajo (Cuadro 1). De acuerdo a la NOM-021-REC-NAT-2000 (DOF, 2002), los contenidos de MO en todos los usos se consideran como altos, aunque en suelos ácidos la MO se acumula como humus residual de difícil mineralización (Salgado-García *et al.*, 2017). Las diferencias entre los usos se deben a la actividad y descomposición biológica de la hojarasca del acahual permitiendo un flujo de energía continuo a través de la reincorporación natural al suelo de mayor biomasa (Salgado-García *et al.*, 2014). Esto coincide con Hernández-Jiménez *et al.* (2013) quienes mencionan que la baja disponibilidad de MO contribuye a la pérdida de la estructura del suelo y a su compactación, por lo que los suelos cultivados tienen contenidos más bajos con respecto a suelos con cubierta vegetal natural.

El Nitrógeno total (N) determinado en los Acrisoles en estudio, es considerado alto de acuerdo a la NOM-021-REC-NAT-2000 (Cuadro 1). No se encontraron diferencias significativas entre los valores de N en los distintos tratamientos analizados; sin embargo, los valores disminuyen con el uso ( $P < 0.05$ ,  $CV = 23.95$ ). Esta baja en N en los Acrisoles con uso agropecuario se debe a que los cultivos no reponen al suelo todo el N extraído con la cosecha, contrariamente a los acahuals (Salgado-García *et al.*, 2010). Wright y Hons (2005), señalan que una alta concentración de N total en el suelo corresponde al efecto de acumulación de la MO, que además de estar favorecida por aportes constantes de

biomasa aérea y radical de cultivos y plantaciones, en Acrisoles tiene una baja tasa de mineralización condicionada por la acidez del suelo y baja carga de bacterias.

El contenido de N se relaciona con el contenido de la MO del suelo, dependiendo su suministro de la calidad de los componentes orgánicos (relación C/N), de sus tasas de mineralización y de condiciones ambientales (Quenea *et al.*, 2009; Salgado-García *et al.*, 2014). Por lo anterior, los contenidos de N total no muestran estadísticamente una degradación con el uso del suelo (Cuadro 1). Dado que en el pH del suelo la mayor parte de este N es orgánico, no está disponible para las plantas y los cultivos registran deficiencias de N (Hernández-Jiménez *et al.*, 2013).

Los contenidos de P Olsen en los diferentes usos de los suelos mostraron diferencias significativas (Cuadro 1). El mayor contenido de P Olsen correspondió a los suelos utilizados para el cultivo de yuca, seguido del acahual, piña, pastizal y caña de azúcar. Estos incrementos significativos en los cultivos pueden deberse a los procesos de fertilización de los sistemas de producción y a los ciclos más cerrados de la MO en el acahual. De acuerdo a la NOM-021-REC-NAT-2000 (DOF, 2002), estos suelos se califican con contenidos medios de P extractable. Se ha observado que los suelos con uso agrícola y manejo intensivo incrementan los contenidos de P por la aplicación de fertilizantes fosfatados, pero las concentraciones de nitratos y K se reducen (Geissen *et al.*, 2009). Los contenidos medios de P en el horizonte A están relacionados con los contenidos de MO y al pH del suelo, en la profundidad donde la MO se reduce y los contenidos de

aluminio e hidrógeno intercambiables se incrementan, el P extractable desaparece paulatinamente (Hernández-Jiménez et al., 2013).

Con respecto a las bases intercambiables, se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el contenido de K intercambiable entre los usos de suelo (Cuadro 2). Las medias de los tratamientos de piña y yuca son iguales ( $0.09 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ), pero inferiores a las medias observadas en los tratamientos acahual, caña y pastizal ( $\geq 0.10 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ). De acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002), los contenidos de K en suelo son considerados como muy bajos. Los valores más bajos corresponden a los cultivos de la yuca y la piña, que son cultivos potasófilos, lo cual pudiera explicar la menor disponibilidad de K en suelo (Rodríguez et al., 2009; Salgado-García et al., 2010).

El uso del suelo y la pendiente del terreno parecen tener influencia en los contenidos de  $\text{K}^+$  intercambiable en suelo (Quenea et al., 2009; Arnáez et al., 2015), mientras que los contenidos de Ca y Mg intercambiables solo se ven alterados por el uso del suelo. Rodríguez et al. (2009), mencionan que la escorrentía superficial también es un factor que provoca el lavado de cationes en el suelo. Los valores más altos de K en la caña pueden deberse a la fertilización química que recibe la caña la cual contiene una fuerte dosis de potasio (Salgado-García et al., 2014).

En el contenido de Ca en suelo, se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). De acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002), estos suelos son muy bajos (acahual, piña y pastizal) y bajos (yuca y caña de azúcar) en Ca (Cuadro 2). La baja concentración de Ca intercambiable, puede deberse a las interacciones del Ca con los grupos funcionales ( $\text{CO}_2$ , OH, COOH, SH,  $\text{CO}_2\text{H}$ ) de los compuestos húmicos del suelo (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas) (Quenea et al., 2009) y, a que en suelos Acrisoles, la alta capacidad de acidificación generada con alta presencia de iones  $\text{H}^+$  reemplaza al Ca y Mg en la zona de intercambio (Palma-López et al., 2007). Los contenidos más altos de Ca en suelos para cultivo de piña y yuca pueden deberse al uso de fungicidas ricos

en Ca y a aplicaciones de encalado (Salgado-García et al., 2010).

Los contenidos de Mg en los suelos fueron estadísticamente similares ( $p > 0.05$ ), y de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002), cuando los suelos están sujetos a un rango de  $0.5\text{-}1.3 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$  se clasifican como de bajo contenido (acahual, piña y caña de azúcar), mientras rangos menores a 0.5 son muy bajos (yuca y pastizal) (Cuadro 2). En Acrisoles es común encontrar niveles bajos de Mg debido a la predominancia de pH ácido en el suelo que limita la disponibilidad de bases intercambiables como Mg, K y Ca (Palma-López et al., 2007; Salgado-García et al., 2017).

De acuerdo con la norma NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002) el pH de los cinco sitios evaluados, se caracteriza como moderadamente ácido entre 5.25-5.13 (Cuadro 2), presentando diferencias altamente significativas entre los usos del suelo ( $p < 0.01$ ). Los valores de pH

indican que con piña existe menor acidificación del suelo, esto se puede explicar debido a la forma de manejo que se le da al cultivo, donde no se realiza otra práctica más que la reincorporación de la planta al suelo, así como la alta aplicación de fertilizantes y fungicidas de residuo básico (Salgado-

García et al., 2010). Los valores más altos en la caña de azúcar tienen que ver con la práctica de encalado que realizan cada dos años en promedio (Salgado-García et al., 2014).

El decremento del pH puede deberse al efecto de las actividades intensivas de manejo, a la falta de reciclaje de materiales orgánicos y a la poca cobertura del suelo con algunos cultivos (Geissen et al., 2009). Sin embargo, la presencia de valores de pH bajos en el acahual evidencia que el pH en los suelos Acrisoles está influenciado por la fuerte lixiviación de bases que ocurre en estos suelos y a la alta presencia de Al y H intercambiables en los mismos (Palma-López et al., 2007).

## CONCLUSIONES

En suelos Acrisoles los sistemas de producción de caña de

**Cuadro 2.** Contenidos promedio de bases intercambiables y pH detectados en diferentes usos de suelo en Acrisoles de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso de suelo	K	Ca	Mg	pH
Acahual	0.10 <sup>ab</sup>	1.77 <sup>c</sup>	0.10 <sup>a</sup>	5.25 <sup>a</sup>
Piña	0.09 <sup>a</sup>	1.89 <sup>c</sup>	0.10 <sup>a</sup>	5.68 <sup>b</sup>
Yuca	0.09 <sup>a</sup>	2.53 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	5.13 <sup>a</sup>
Caña de azúcar	0.14 <sup>c</sup>	2.23 <sup>b</sup>	0.06 <sup>a</sup>	5.50 <sup>ab</sup>
Pastizal	0.11 <sup>b</sup>	1.96 <sup>c</sup>	0.04 <sup>a</sup>	5.38 <sup>ab</sup>

Letras desiguales indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

azúcar y el pastizal son los cultivos que más se ven de-meritados en sus propiedades físicas y químicas. Los usos de piña y yuca muestran ligera degradación de las propiedades del suelo. Se evidenció que el uso inadecuado del suelo cambia las propiedades químicas y físicas de los suelos ácidos de La Sabana de Huimanguillo, Tabasco, provocando alteraciones en la fertilidad degradando este recurso. En el acahual se evidenció menor degradación del suelo, la conservación de esta vegetación secundaria coadyuva a la conservación de los suelos Acrisoles, permitiendo mantener sus funciones y servicios ecosistémicos.

## LITERATURA CITADA

- Alvarado, A., y Forsythe, W. (2005). Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica. *Agronomía costarricense: Revista de Ciencias Agrícolas* 29(1): 85-94.
- Arnáez, J., Lana-Renault, N., Lasanta, T., Ruiz-Flaño, P., y Castoviejo, J. (2015). Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes. A review. *Catena* 128: 122-138.
- Caviño, P., Echeverría, H. E., y Redolatti, M. (2002). Diagnóstico de nitrógeno en trigo con antecesor soja bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 20(1): 36-42.
- Castellanos, J.Z., Uvalle-Bueno, J.X., y Aguilar-Santelises, A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Editorial UACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2002). NOM-021-RECNAT 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Cd de México, México.
- Geissen, V., Sánchez-Hernández, R., Kampichler, C., Ramos-Reyes, R., Sepúlveda-Lozada, A., Ochoa-Goana, S., de Jong, B.H.J., Huerta-Lwanga, E., Hernández-Daumas, S. (2009). Effects of land-use change on some properties of tropical soils: an example from Southeast Mexico. *Geoderma* 151(3): 87-97.
- Hernández-Jiménez, A., Cabrera-Rodríguez, A., Borges-Benitez, Y., Vargas-Blandino, D., Bernal-Fundora, A., Morales-Díaz, M., y Ascanio-García, M.O. (2013). Degradación de los suelos ferralíticos rojos Lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana. *Cultivos Tropicales* 34(3): 45-51.
- INEGI (2001). Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ciudad de México, México.
- Murillo-De La Rosa, A. (2010). La materia orgánica del suelo en seis agroecosistemas de la sabana de Huimanguillo, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados. Cárdenas, Tabasco. México.
- Palma-López, D.J., Cisneros, D.J., Moreno-Cáliz, E., y Rincón-Ramírez, J.A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco. México.
- Palma-López, D.J., Moreno-Cáliz, E., Rincón-Ramírez, J.A., y Shirma-Torres E.D. (2008). Degradación y conservación de los suelos del estado de Tabasco. Colegio de Postgraduados, CONACYT, CCYTET. Cárdenas, Tabasco. México.
- Palma-López, D.J., Jiménez-Ramírez, R., Zavala-Cruz, J., Bautista-Zúñiga, F., Gavi-Reyes, F., y Palma-Cancino, D.Y. (2017). Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México. *Agro Productividad* 10(12): 29-35.
- Quenea, K., Lamy, I., Winterton, P., Bermond, A., y Dumat, C. (2009). Interactions between metals and soil organic matter in various particle size fractions of soil contaminated with waste water. *Geoderma* 151(4): 217-223.
- Ramos-Reyes, R., Sánchez-Hernández, R., y Gama-Campillo, L.M. (2016). Análisis de cambio de uso de suelo en el municipio costero de Comalcalco, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3(8): 348-354.
- Rodríguez, G.Z.F., Mármol, C.L.E., Martínez, J., y Montiel, M.M. (2009). Acumulación total y por órganos de macronutrientes en plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cv. "Tempranita" en la altiplanicie de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 26: 470-489.
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Zavala-Cruz, J., Ortiz-García, C. F., Castelán-Estrada, M., Lagunes-Espinoza, L.C., Guerrero-Peña, A., Ortiz-Ceballos, A.I, y Córdova-Sánchez, S. (2010). Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF): en la zona piñera de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Cárdenas, Tabasco. México.
- Salgado-García, S., Castelán-Estrada, M., Aranda-Ibáñez, E.M., Ortiz-García, C.F., Ortiz-Laurel, H., Lagunes-Espinoza, L.C., Mendoza-Hernández, J.H., Córdova-Sánchez, S. (2014). Validación de dosis generadas por el sistema de fertilización SIRDF para caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Agro Productividad* 7(2): 47-54.
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Zavala-Cruz, J., Ortiz-García, C. F., Lagunes-Espinoza, L.C., Ortiz-Ceballos, A.I, Córdova-Sánchez, S., y Salgado-Velázquez, S. (2017). Los suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México. *Agro Productividad* 10(12): 16-21
- Soil Survey Staff. (2003). Keys to soil taxonomy. Department of Agriculture: Natural Resources Conservation Service.
- Wright, A. L., y Hons, F. M. (2005). Soil carbon and nitrogen storage in aggregates from different tillage and crop regimes. *Soil Science Society of America Journal*, 69(1):141-147.
- Zavala-Cruz, J., Salgado García, S., Marín Aguilar, Á., Palma López, D. J., Castelán Estrada, M., y Ramos Reyes, R. (2014). Transecto de suelos en terrazas con plantaciones de cítricos en Tabasco. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(2), 123-137.



# Inefficiency of capsaicin to inhibit *in vitro* *Moniliophthora roreri* Cif & Par, causal agent of *Theobroma cacao* L. moniliasis

## Ineficiencia de capsaicina para inhibir *in vitro* a *Moniliophthora roreri* Cif & Par, agente causal de moniliasis de *Theobroma cacao* L.

De la Cruz-Ricardez, Dario<sup>1</sup>; Ortiz-García; Carlos F.<sup>1\*</sup>; Lagunes-Espinoza, Luz del C.<sup>1</sup>; Torres-De la Cruz, Magdiel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Producción Agroalimentaria en el Trópico, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n, C.P. 86500, H. Cárdenas, Tabasco, México. <sup>2</sup>División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas, km. 0.5, C.P. 86039, Villahermosa, Tabasco, México.

\*Autor por correspondencia: cfortiz@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate *in vitro* the fungicidal efficiency of capsaicin to inhibit *Moniliophthora roreri*, causal agent of *Theobroma cacao* L. moniliasis.

**Design/methodology/approach:** Capsaicin reagent grade dissolved in absolute ethyl alcohol was used to prepare a stock solution of 2000 mg L<sup>-1</sup>. Dilutions were prepared from this solution to obtain concentrations of 250, 500, 750 and 1000 mg L<sup>-1</sup>. The efficacy on the inhibition of mycelial growth, sporulation and viability of conidia of *M. roreri* was evaluated with the plate dilution method. A completely randomized design (DCA) was established. The efficiency percentages were obtained by Abbott's formula (1925).

**Results:** The efficiency of capsaicin to inhibit mycelial growth of *M. roreri* was less than 15%. Likewise, it was inefficient in the inhibition of sporulation and spore viability (percentage of germination less than 5%). The efficiency of capsaicin in the inhibition of the mycelial development and the sporulation of *M. roreri*, is masked by the disinfecting action of the solvent from the concentration of 750 mg L<sup>-1</sup>.

**Limitations of the study/implications:** The low efficiency of capsaicin to inhibit *M. roreri* requires the use of higher concentration solutions, always considering the solvent used as a comparative target.

**Findings/conclusions:** Capsaicin is ineffective in inhibiting the mycelial growth, sporulation and viability of *M. roreri* spores.

**Key words:** capsaicin, *Theobroma cacao*, *Moniliophthora roreri*.

### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar *in vitro* la eficiencia de la capsaicina para inhibir a *Moniliophthora roreri*, agente causal de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.).

**Diseño/metodología/aproximación:** Capsaicina grado reactivo disuelta en alcohol etílico absoluto se usó para preparar una solución stock de 2000 mg L<sup>-1</sup>. A partir de esta solución se prepararon diluciones para obtener concentraciones de 250, 500, 750 y 1000 mg L<sup>-1</sup>. La eficiencia sobre la inhibición del crecimiento micelial, la esporulación y la viabilidad de conidios de *M. roreri* se evaluó con el método de dilución en placa. Se estableció un diseño completamente al azar (DCA). Los porcentajes de eficiencia se obtuvieron mediante la fórmula de Abbott (1925).

**Resultados:** La eficiencia de la capsaicina para inhibir el crecimiento micelial de *M. roreri*, fue menor al 15%. De igual manera se mostró ineficiente en la inhibición de la esporulación y la viabilidad de esporas (porcentaje de germinación menor al 5%). La eficiencia de la capsaicina en la inhibición del desarrollo micelial y la esporulación de *M. roreri*, se enmascara por la acción desinfectante del solvente a partir de la concentración de 750 mg L<sup>-1</sup>.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** La baja eficiencia de la capsaicina para inhibir *M. roreri* requiere del uso de soluciones de mayor concentración, considerando siempre utilizar como blanco comparativo el solvente utilizado.

**Hallazgos/conclusiones:** La capsaicina es ineficaz para inhibir el crecimiento micelial, esporulación y viabilidad de esporas de *M. roreri*.

**Palabras clave:** capsaicina, *Theobroma cacao*, *Moniliophthora roreri*.

para la membrana; además de inducir un estrés osmótico en las células de los microorganismos (Kurita et al., 2002). Por estas razones, el objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia fungicida de la capsaicina para inhibir *in vitro* a *M. roreri*, agente causal de la moniliasis de *Theobroma cacao* L.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El aislamiento de *M. roreri* (MR) fue obtenido en el Laboratorio de Fito patología del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco a partir de fruto de *Theobroma cacao* L. de huertas comerciales, preservando la cepa en medio de cultivo V8 sólido.

Para el estudio del efecto de la capsaicina se utilizó capsaicina grado reactivo (Sigma-Aldrich®, St. Louis, Missouri, USA). Para determinar el efecto de la capsaicina sobre el crecimiento micelial (CM), la esporulación (ES) y la viabilidad de las esporas (VE) producidas por MR, se preparó una solución stock de capsaicina a una concentración de 2000 mg L<sup>-1</sup>, utilizando alcohol etílico absoluto como solvente (Peña-Alvarez et al., 2012). Posteriormente se realizaron cinco diluciones de capsaicina+solvente (CAP+SOL) para obtener concentraciones de 250, 500, 750 y 1000 mg L<sup>-1</sup> (tratamientos), tomando una concentración de 0 mg L<sup>-1</sup> como testigo. Las cuatro concentraciones de CAP+SOL se agregaron por separado y esterilizadas al medio de cultivo V8 clarificado, antes de vaciar a las cajas de Petri, utilizando jeringas con filtros de 0.20 μm (Corning®, Germany) a fin de mantener la asepsia del medio. Posteriormente, 10 mL de medio de cultivo con capsaicina, se transfirieron a cajas de Petri de 90 mm mediante jeringa de auto llenado (Socorex® 173, Switzerland).

## INTRODUCCIÓN

*Moniliophthora roreri* es un patógeno hemibiotrófico que produce la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.) considerada como la enfermedad más dañina en Latinoamérica. En México está presente desde el 2005 (Phillips-Mora et al., 2006). Desde entonces es el principal problema fitosanitario de la producción de cacao provocando anualmente pérdidas mayores al 75% de la producción (Torres-De la Cruz et al., 2011). Actualmente la estrategia más recomendada para el control de esta enfermedad, es el manejo integrado (Ortiz-García et al., 2015). Sin embargo, algunos productores, han optado por el abandono de sus plantaciones o el cambio del uso del suelo debido al reducido ingreso económico familiar por unidad de producción. En la búsqueda de alternativas sustentables para el control *M. roreri*, se reportan el uso de extractos vegetales (De la Cruz-Ricardez et al., 2016); esto debido a los contenidos de compuestos naturales como fenoles, carotenoides, alcaloides, etcétera. Tal es el caso de los capsaicinoides presentes en frutos de *Capsicum*. La capsaicina es el principal componente pungente o irritante de los frutos de *Capsicum*, se sintetiza y acumula en las células epiteliales de la placenta (Ben-Chaim et al., 2006). El interés de la capsaicina, más que su uso gastronómico, se debe a las aplicaciones en la medicina (Spiller et al., 2008; Chapa-Oliver y Mejía-Teniente, 2016) y por sus propiedades antioxidantes (Campos-Hernández et al., 2018). Además, múltiples estudios indican sus propiedades bactericidas y fungicidas (Cichewicz y Thorpe, 1996; Jones et al., 1997; Moreno-Limón et al., 2012; Bacon et al., 2017). Esto debido a que la capsaicina ingresa a las células y funciona como una sustancia tóxica



Debido al uso de etanol en las diluciones de capsaicina, se evaluó el efecto directo del solvente (SOL) sobre MR empleando el mismo volumen de etanol usado para las diluciones de la capsaicina: 1.25, 2.5, 3.75 y 5 mL de etanol para 250, 500, 750 y 1000 mg L<sup>-1</sup> respectivamente. El SOL se adicionó al medio de cultivo V8 clarificado siguiendo el método descrito anteriormente para la capsaicina y se evaluaron las mismas variables.

Para la efectividad de capsaicina sobre el crecimiento micelial (CM) sobre *M. rorei*, a partir de cultivos de MR de 15 días de edad, se extrajeron fragmentos de 5 mm de diámetro, los cuales se depositaron en el centro de cajas de Petri que contenían medio V8 clarificado y las concentraciones CAP + SOL y solvente SOL. Posteriormente se incubaron a 25 °C en oscuridad. El CM se registró cada 24 h en dos ejes ortogonales y concluyó cuando las colonias del tratamiento testigo llenaron completamente la caja. La medición del crecimiento radial se realizó con un vernier manual marca Pretul®. Posteriormente se calculó el área de CM total y se determinó el porcentaje del área de inhibición del CM, por cada tratamiento.

Para la efectividad de capsaicina sobre la esporulación (ES) de *M. rorei*, se recolectaron de las cajas con medio donde se evaluó el efecto de la capsaicina sobre el CM, esporas para determinar el efecto de la capsaicina sobre la ES. Para ello, se agregaron a las cajas Petri, 5 mL de la solución de agua destilada estéril + Tween 80 (0.1%), se realizó un raspado de esporas con espátula de acero inoxidable estéril y se recuperó el sobrenadante. La suspensión de conidios se homogenizó durante 10 min utilizando un agitador magnético (Thermolyne®, Artur H. Thomas Co., Philadelphia, PA, EUA) y se filtró con gasa clínica para separar el micelio. El conteo de conidios se realizó en cámara de Neubauer (Hausser Scientific, USA) y el número total se estimó mediante la fórmula de Lipa y Slizynski (1973):

$$C = (C_c)(4 \times 10^6)(F_d / 80)$$

donde: C=Número de esporas mL<sup>-1</sup>, C<sub>c</sub>=Número promedio de esporas contadas en la cámara de Neubauer y F<sub>d</sub>=Factor de dilución.

#### Efectividad de extractos sobre la viabilidad de esporas de *M. roerei*

A partir de las esporas producidas en presencia de la CAP

+ SOL, se obtuvo una suspensión de 5×10<sup>6</sup> esporas mL<sup>-1</sup>, de la cual se depositaron 30 μL en cuatro zonas de la caja de Petri con medio V8 clarificado. La alícuota de esporas se cubrió con cubreobjetos estériles y las cajas con medio V8 + inóculo se incubaron a 25±0.5 °C en oscuridad. El porcentaje de germinación se determinó mediante la observación de 100 esporas por tratamiento y repetición, cada 24 h y concluyeron cuando el testigo obtuvo el 90 % de germinación (120 h).

#### Diseño experimental y análisis de datos

Cada bioensayo se estableció bajo un diseño completamente al azar (DCA), con cinco repeticiones por tratamiento (cada una de las concentraciones de capsaicina), empleando como unidad experimental una caja de Petri. La efectividad de la capsaicina sobre el CM, ES y VE se calculó mediante la fórmula de Abbot (1925):

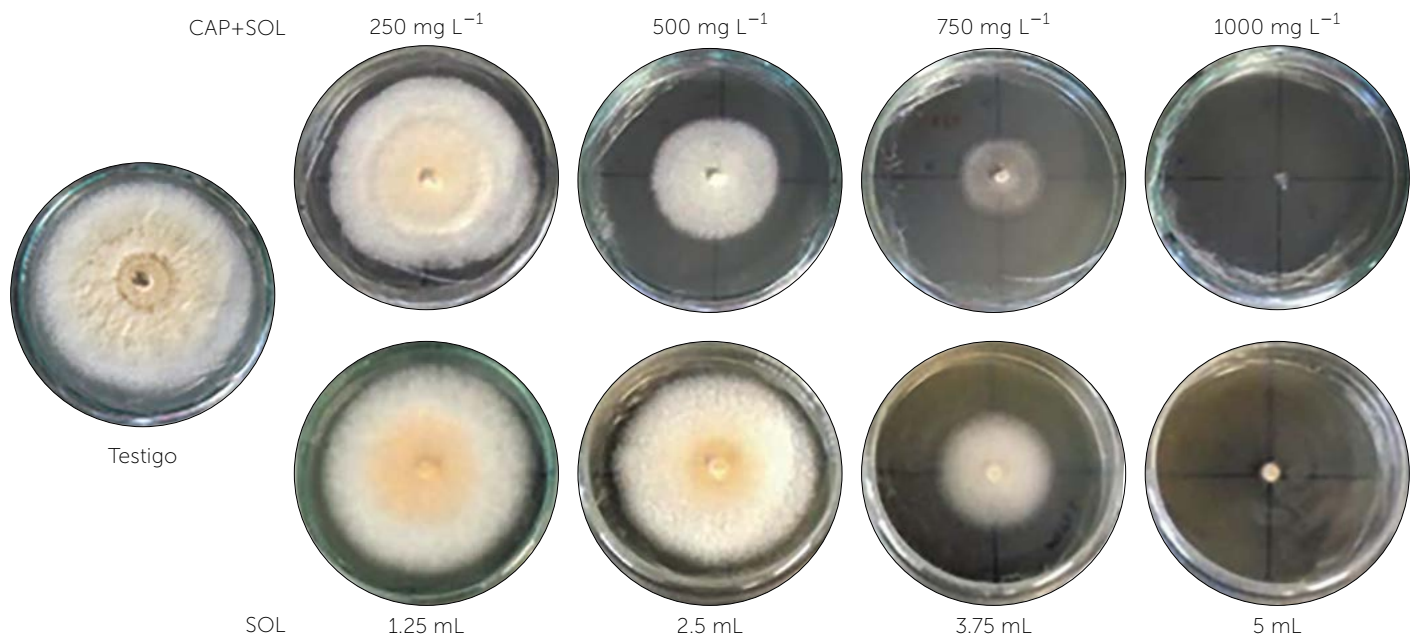
$$E = ((V_t - E_m) / V_t) * 100$$

donde: E=Eficiencia, V<sub>t</sub>=Valor de la variable en el testigo, E<sub>m</sub>=Valor de la variable en el tratamiento con los extractos metanólicos. Posteriormente, los datos se transformaron al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción y se sometieron a un ANOVA y separación de medias (Tukey, 0.05) utilizando el programa InfoStat versión 2017.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efectividad de capsaicina sobre el crecimiento micelial, esporulación y viabilidad de esporas de *M. roerei*

La Figura 1, muestra los efectos de cuatro concentraciones de capsaicina sobre MR. Inicialmente se destaca que el crecimiento de las colonias del tratamiento testigo se desarrolló con forma, tamaño y textura normal, de color crema, con centro de color de café claro a salmón, tal como lo describe Evans (1981) en cultivo *in vitro*, lo que muestra que las condiciones de experimentación fueron las adecuadas para el estudio, y se observaron efectos diferenciados por concentración. Con la concentración de 1000 mg L<sup>-1</sup> de CAP + SOL y los 5 mL de SOL el CM de MR fue inhibido completamente; mientras que con la concentración de 750 mg L<sup>-1</sup> la colonia de MR creció lentamente alrededor del disco de micelio sembrado, con micelio poco denso y una apariencia clara; con la concentración de 250 mg L<sup>-1</sup> la colonia mostró textura y color de micelio similar a la colonia testigo.



**Figura 1.** Aspectos de crecimiento micelial y esporulación de *Moniliophthora roreri* en diferentes concentraciones de capsaicina + solvente (CAP+SOL) y el solvente (SOL) probadas en medio V8 clarificado.

Una vez restado el efecto del SOL correspondiente de cada concentración, el ANOVA y pruebas de separación de medias mostraron diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ) en la efectividad de la capsaicina sobre el CM de *M. roreri* (Figura 2A). La concentración de 500 mg L<sup>-1</sup> de capsaicina presentó la mayor eficiencia con 14.18% de eficiencia, seguido de 750 mg L<sup>-1</sup> con 8.16% de eficiencia y 250 mg L<sup>-1</sup> con 4.27% de eficiencia. Lo que muestra que la capsaicina presenta baja efectividad sobre el CM, del orden del 14 % en las cuatro concentraciones evaluadas. Es importante señalar que cuando la concentración supera los 500 mg L<sup>-1</sup> la efectividad no se expresa de forma directa, debido a la interferencia del efecto antimicrobiano del etanol que inicia a cubrir la respuesta de ésta, como se mostró en las concentraciones de 750 y 1000 mg L<sup>-1</sup> de capsaicina.

Con respecto a la esporulación (ES), no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la eficiencia de ambas concentraciones de capsaicina sobre la ES de *M. roreri*. Con las concentraciones de 250 y 500 mg L<sup>-1</sup> la eficiencia fue de 4.79 y 4.68% respectivamente (Figura 2B). Lo anterior indica que la eficiencia de la capsaicina en la reducción de la ES fue baja, por lo que el efecto observado (>85%) es atribuible al solvente.

Para la evaluación de la viabilidad de esporas (VE), se evaluaron las esporas provenientes de las concentraciones con capsaicina de 250 y 500 mg L<sup>-1</sup>. Los porcentajes de

eficiencia de la capsaicina sobre la VE producidas por *M. roreri* se muestran en la Figura 2C, y únicamente con la concentración de 250 mg L<sup>-1</sup>, se obtuvo una eficiencia de 5.64%. Lo anterior indica que la eficiencia de la capsaicina para inhibir la VE es muy baja (<5%) y que los tratamientos con capsaicina no inhiben la germinación de esporas de *M. roreri*.

La capsaicina, es el principal capsaicinoide presente en frutos de *Capsicum* (Ben-Chaim *et al.*, 2006), es considerada como antimicrobiana, debido a que ingresa a las células y funciona como una sustancia tóxica generando estrés osmótico (Kurita *et al.*, 2002). Se han reportado algunos trabajos de la evaluación del efecto de la capsaicina sobre microorganismos; por ejemplo, Moreno-Limón *et al.* (2012) encontraron que la capsaicina diluida en alcohol etílico a concentración de 200 y 1000 mg L<sup>-1</sup> mostró un halo de inhibición de 11 y 4.67 mm respectivamente en el crecimiento de *Aspergillus flavus*; sin embargo, extractos de *C. annuum* var. *aviculare* (piquín) mostraron mayor efecto que la capsaicina en el mismo estudio. Lo que concuerda con nuestros resultados de que la capsaicina tiene poco efecto sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos, en este caso sobre *M. roreri*. Igualmente, al evaluar extractos metanólicos de cuatro especies de *Capsicum*, se encontró que *C. annuum* var. *glabriusculum* tiene mayor efecto de inhibición sobre *M. roreri* que *C. chinense*, quien presentó mayor contenido de capsaicina (De la Cruz-Ricardez, 2018).

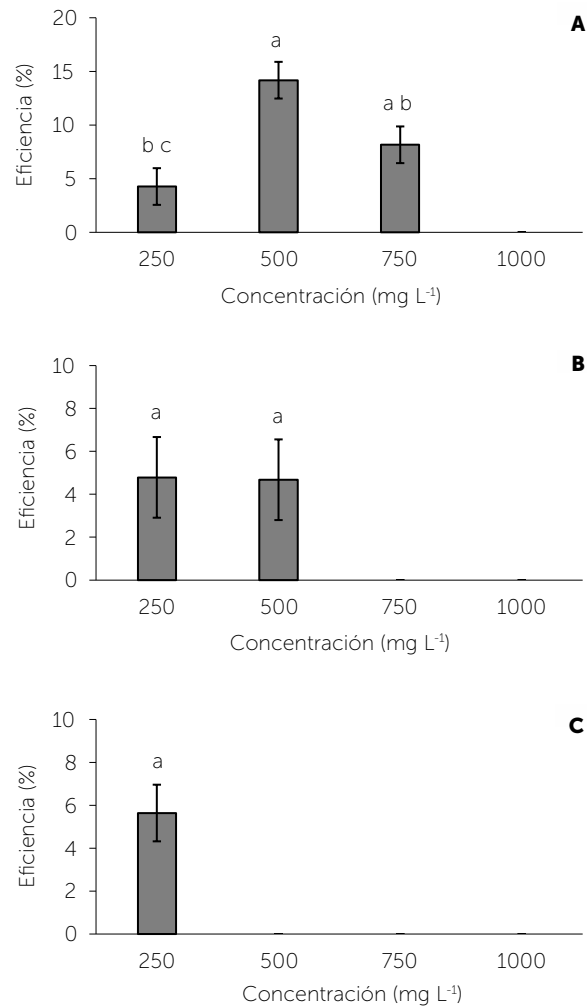
Fue evidente el efecto directo del solvente observado sobre *M. royeri*. El uso de alcohol etílico es reportado en la literatura como desinfectante en materiales del área médica y de laboratorios (Kieff y Fink, 2011; Chang et al., 2012) y también su efecto directo sobre hongos que descomponen los alimentos (Dao y Dantigny, 2011). Esto se debe a la rápida acción que tiene el etanol sobre los microorganismos, la cual consiste en destruir la membrana celular y desnaturalizar las proteínas (Chandler et al., 2004). Su acción es rápida (15 s), y sus efectos biológicos de daño microbiano permanecen por varias horas, incluso días (Rodakiewicz-Nowak et al., 1999). Paschos et al. (2015), evaluaron el efecto del etanol sobre la actividad metabólica de *Fusarium oxysporum*, encontrando que tanto la producción de biomasa y el crecimiento se vieron afectados por la presencia mínima de etanol (1%). Asimismo, Sequeira et al. (2017) observaron efecto antifúngico sobre el crecimiento de *A. niger*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium chrysogenum* y *P. corylophilum* con soluciones etánolicas de 30 y 70%. Ponzó et al. (2018) indicaron que el etanol al 30, 40 y 50% inhibe completamente el crecimiento micelial *in vitro* de *Colletotrichum* spp. Lo anterior concuerda con nuestros resultados al observar efectos del alcohol etílico sobre *M. royeri*. Aunque, las concentraciones usadas en este estudio fueron muy bajas; el volumen más alto de alcohol etílico que se usó en las diluciones fue de 5 mL que equivale al 5%, mostrando efecto fungicida; sin embargo, las concentraciones de 3.75, 2.50 y 1.25%, muestran efecto fungistático. Mlikota et al. (2004), reportaron que etanol al 30% inhibe totalmente la germinación de esporas de *B. cinérea*, *Alternaria alternata*, *Rhizopus stolonifer* y *A. niger*, mientras que con 10% de etanol no hay inhibición de la germinación en ninguno de los hongos. Esto concuerda con los resultados al no tener inhibición en la germinación de esporas de *M. royeri* con etanol al 1.25, 2.50 y 3.75%.

## CONCLUSIONES

La capsaicina, muestra bajo efecto *in vitro* sobre el crecimiento micelial (<15%) de *M. royeri* y efectos aun menores sobre la esporulación y la viabilidad de esporas (<5%). El efecto de la capsaicina sobre el crecimiento micelial y esporulación de *M. royeri*, se enmascara por la acción del solvente a partir de 750 mg L<sup>-1</sup>.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el otorgamiento de la beca al primer autor para la realización de sus estudios de posgrado.



**Figura 2.** Eficiencia de cuatro concentraciones de capsaicina sobre *M. royeri*. A) Crecimiento micelial, B) Esporulación, C) Viabilidad de esporas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

## LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 256-267.
- Bacon, K., Boyer R., Denbow C., O'Keefe S., Neilson A., y Williams R. (2017). Antibacterial activity of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) extract fractions against select foodborne pathogens. *Food Science and Nutrition* 5: 730-738.
- Ben-Chaim, A., Borovsky Y., Falise M., Mazourek M., Kang B.C., Paran I., y Jahn M. (2006). QTL analysis for capsaicinoid content in *Capsicum*. *Theoretical and Applied Genetics* 113: 1481-1490.
- Campos-Hernández, N., Jaramillo-Flores M.E., Téllez-Medina D.I., y Alamilla-Beltrán L. (2018). Effect of traditional dehydration processing of pepper jalapeno rayado (*Capsicum annuum*) on secondary metabolites with antioxidant activity. *CyTA-J. Food* 16: 316-324.
- Chandler, M., Stanley G.A., Rogers P., y Chambers P. (2004). A genomic approach to defining the ethanol stress response in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Annals of Microbiology* 54: 427-454.
- Chang, D.A., Florea M., y Seiberling K.A. (2012). Desinfección de laringoscopios de fibra óptica flexibles después de la

- contaminación *in vitro* con *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 138: 11921.
- Chapa-Oliver, A. M., y Mejia-Teniente L. (2016). Capsaicin: from plants to a cancer-suppressing agent. *Molecules* 21: 931-945.
- Cichewicz, R. H., y Thorpe P.A. (1996). The antimicrobial properties of chile peppers (*Capsicum* species) and their uses in Mayan medicine. *Journal of Ethnopharmacology* 52: 61-70.
- Dao, T., y Dantigny P. (2011). Control of food spoilage fungi by ethanol. *Food Control* 22: 360-368.
- De la Cruz-Ricardez, D., Lagunes-Espinoza L.C., Ortiz-García C.F., y Pablo-Pérez M. (2016). Actividad antifúngica *in vitro* del extracto acuoso y alcaloideo de *Lupinus* spp. en *M. roleri*. *Agroproductividad* 9: 3-9.
- De la Cruz-Ricardez, D. (2018). Efecto *in vitro* del extracto metanólico de especies de *Capsicum* sobre *Moniliophthora roleri* y su caracterización química. Tesis de Maestría en Ciencias. Posgrado en Producción Agroalimentaria en el Trópico. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco.
- Evans, H. C. (1981). Pod rot of cacao caused by *Moniliophthora* (Monilia) *roreri*. *Phytopathological Papers* 24: 44.
- Jones, N.L., Shabib S. y Sherman P.M. (1997). Capsaicin as an inhibitor of the growth of the gastric pathogen *Helicobacter pylori*. *FEMS Microbiology Letters* 146: 223-227.
- Kieff, D., y Fink D. (2011). Decontamination of nasal atomizer tips: alcohol versus guards. *Otolaryngology - Head and Neck Surg* 145: 411-413.
- Kurita, S., Kitagawa E., Chang-Hwa K., Momose Y., y Iwahashi H. (2002). Studies on the Antimicrobial Mechanisms of Capsaicin Using Yeast DNA Microarray. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 66: 532-536.
- Lipa, J.J., and Slizynsky K. (1973). Wskazówki metodyczne I terminologia dowyznaczenia snedniej dawki swiertelnej (LD50) w patologii owadow i toksykologii [Methodological instructions and terminology for determination of average lethal dose (LD50) in insect pathology and toxicology]. *Prace Nauk. Inst. Ochr. Roślin* 15: 59-83. (in Polish).
- Mlikota, G.M.F., Mansour M.F., Smilanick J.L., y Mackey B. E. (2004). Survival of spores of *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea* and *Alternaria alternata* after exposure to ethanol solutions at various temperatures. *Journal of Applied Microbiology* 96: 1354-1360.
- Moreno-Limón, S., Salcedo-Martínez S.M., Cárdenas-Ávila M.L, Hernández-Piñero J.L., y Núñez-González M. A. (2012). Efecto antifúngico de capsaicina y extractos de chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*) sobre el crecimiento *in vitro* de *Aspergillus flavus*. *Polibotánica* 34: 171-184.
- Ortiz-García, C.F., Torres-De la Cruz M., y Hernández-Mateo S.C.. (2015). Comparación de dos sistemas de manejo del cultivo del cacao, en presencia de *Moniliophthora roleri*, en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38: 191-196.
- Paschos, T., Xiros C., y Christakopoulos P. (2015). Ethanol effect on metabolic activity of the ethalogenic fungus *Fusarium oxysporum*. *BMC Biotechnology* 15:1-12.
- Peña-Alvarez, A., Alvarado L.A., and Vera-Avila L.E. (2012). Analysis of capsaicin and dihydrocapsaicin in hot peppers by ultrasound assisted extraction followed by gas chromatography-mass spectrometry. *Instrumentation Science and Technology* 40: 429-440.
- Phillips-Mora, W., Coutiño A., Ortiz C. F., Lopez A.P., Hernandez J., y Aime M.C. (2006). First report of *Moniliophthora roleri* causing frosty pod rot (monilliasis disease) of cocoa in Mexico. *Plant Pathology* 55: 584
- Ponzo, S. F., Aparecida B. E., Pereira da Silva B. M., y Cia P. (2018). Ethanol on the postharvest control of anthracnose in 'Kumagai' guava. *postharvest technology* 77: 160-167.
- Rodakiewicz-Nowak, Haber J., Pozdnyakova N., Leontievsky A., y Golovleva L. A. (1999). Effect of Ethanol on Enzymatic Activity of Fungal Laccases. *Bioscience Reports* 19: 589-600.
- Sequeira O. S., Phillips A.J.L., y Macedo M.F. (2017). Ethanol as an antifungal treatment for paper: short-term and long-term effects. *Studies in Conservation* 62: 33-42.
- Spiller, F., Alves M.K., Vieira S.M., Carvalho T.A., Leite C.E., Lunardelli A., Poloni J.A., Cunha F.Q., y de Oliveira J.R. (2008). Anti-inflammatory effects of red pepper (*Capsicum baccatum*) on carrageenan- and antigen-induced inflammation. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 60: 473-478.
- Torres-De la Cruz, M., Ortiz-García C.F., Téliz-Ortiz D., Mora-Aguilera A., y Nava-Díaz C. (2011). Temporal progress and integrated management of frosty pod rot (*Moniliophthora roleri*) of cocoa in Tabasco, Mexico. *Journal of Plant Pathology* 93: 31-36.



# Near infrared spectroscopy (NIRS) in following the maturity of cultivation of sugar cane (*Saccharum* spp.)

## La espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) en el seguimiento de la madurez del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.)

López Hernández, Oscar<sup>1</sup>; Salgado García, Sergio<sup>1\*</sup>; Hernández Nataren, Edith<sup>1</sup>; Lagunes Espinoza, Luz del Carmen<sup>1</sup>; Contreras Oliva, Adriana<sup>2</sup>; Córdova Sanchez, Samuel<sup>3</sup>; Romero, Eduardo R.<sup>4</sup>; Zossi, Silvia<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de la Maestría en Ciencias Producción Agroalimentaria Tropical, Grupo MASCAÑA, Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n carr. Cárdenas-Huimanguillo Km. 3.5, 86500, Heroica Cárdenas, Tabasco, México. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Km. 348, Córdoba - Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, 94946, Veracruz, México. <sup>3</sup>Universidad Popular de la Chontalpa, Carretera Cárdenas-Huimanguillo Km. 2, Ranchería Paso y Playa, 86500, Heroica Cárdenas, Tabasco, México. <sup>4</sup>Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, William Cross 3150, Las Talitas, T4101XAC, Tucumán, Argentina.

\*Autor por correspondencia: salgados@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To determine the viability of the near infrared spectroscopy methodology to estimate the maturity of sugarcane (*Saccharum* spp.).

**Design/methodology/approximation:** The management of the parameters to evaluate the maturity were the total soluble solids (°Brix) and Pol (%). This work was carried out at the Obispo Colombres Agroindustrial Experimental Station in Tucumán, Argentina, where 1265 juice samples were collected from sugar cane in the laboratory, where the total soluble solids (°Brix) and Pol (%) were examined with the usual methods and to obtain the spectra of the juice samples, the near infrared spectrophotometer FOSS NIR Systems model 6500 for liquids was used. And the prediction model for °Brix and Pol (%) in juices, was generated from the mathematical treatment SNV and Detrend and arrangements 1,4,4,1 and 2,4,4,1 (derived, GAP and smoothed, respectively).

**Results:** The prediction models generated for °Brix and Pol (%) have standard calibration error values (SEC) of 0.126 and 0.296; standard prediction error (SEP) of 0.181 and 0.327; and calibration correlation coefficient ( $R^2$ ) of 0.997 and 0.991, respectively.

**Limitations/implications:** The study was carried out at the Obispo Colombres Agroindustrial Experimental Station in Tucumán, Argentina, for reasons of logistics between Public and Private Institutions in Mexico.

**Findings/Conclusions:** These results indicate that the models developed for °Brix and Pol (%) can be used as a cheaper alternative to conventional procedures in the determination of maturity since it improves the speed in the determinations, does not use chemical reagents and requires less workforce.

**Keywords:** Brix, Chemical analysis, Maturity control, Pol, Quality of cane juice

### RESUMEN

**Objetivo:** Fue determinar la viabilidad de la metodología de espectroscopía del infrarrojo cercano para estimar la madurez de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

**Diseño/metodología/aproximación:** El manejo de los parámetros para evaluar la madurez fueron los sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix) y Pol (%). Este trabajo se realizó en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres en Tucumán, Argentina, donde se colectaron 1265 muestras de jugos de caña de azúcar en laboratorio, donde se examinaron los sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix) y Pol (%) con los métodos habituales y para la obtención de los espectros de las muestras de jugo se utilizó el espectrofotómetro de infrarrojo cercano FOSS NIR Systems modelo 6500 para líquidos. Y el modelo de predicción para  $^{\circ}$ Brix y Pol (%) en jugos, se generó a partir del tratamiento matemático SNV y Detrend y arreglos 1,4,4,1 y 2,4,4,1 (derivada, GAP y suavizados, respectivamente).

**Resultados:** Los modelos de predicción generados para  $^{\circ}$ Brix y Pol (%), tienen valores de error estándar de calibración (SEC) de 0.126 y 0.296; error estándar de predicción (SEP) de 0.181 y 0.327; y coeficiente de correlación de la calibración ( $R^2$ ) de 0.997 y 0.991, respectivamente.

**Limitaciones/implicaciones:** El estudio se realizó en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres en Tucumán, Argentina, por motivos de logística entre Instituciones Públicas y Privadas en México.

**Hallazgos/Conclusiones:** Estos resultados indican que los modelos desarrollados para  $^{\circ}$ Brix y Pol (%) se pueden utilizar como una alternativa más económica a los procedimientos convencionales en la determinación de la madurez ya que mejora la velocidad en las determinaciones, no emplea reactivos químicos y requiere de menor mano de obra.

**Palabras clave:** Análisis químico, Brix, calidad de jugo de caña, control de madurez, Pol.

Infrarrojo Cercano, que optimizan la velocidad y el costo en las determinaciones de los análisis. La espectroscopía ve la interacción de la radiación electromagnética con la materia. NIRS distingue el segmento de luz de longitudes de ondas entre 800 y 2600 nm del espectro electromagnético y examina la absorción de energía en dicha región por los grupos funcionales de las moléculas de la muestra (Zossi et al., 2010).

Por medio de la espectroscopía es viable realizar el análisis cualitativo y cuantitativo de multicomponentes en muestras, con un mínimo de preparación. Esta metodología, se caracteriza por ser no destructiva, rápida, no emplear reactivos químicos, disminuir el error del operador y requerir menos mano de obra especializada que los métodos tradicionales empleados en el laboratorio. Sin embargo, se debe tener presente que es un método secundario, lo cual significa que debe ser calibrado con las metodologías convencionales y que sus respuestas no presentarán mayor exactitud que la de los métodos primarios empleados (Rein, 2007). Con base en lo anterior, se evaluó la tecnología de espectroscopía del Infrarrojo Cercano NIRS para crear los modelos de predicción de la calidad del jugo de caña de azúcar (parámetros  $^{\circ}$ Brix y Pol (%)), que logren suplir el procedimiento convencional, reducir el tiempo de obtención de resultados, y eliminar los reactivos tóxicos (desechos), tales como el subacetato de plomo, lo que permitirá contribuir al cuidado ambiental, además de incidir en la optimización sobre control de la calidad de la fase de madurez del cultivo de caña y hacer eficiente la recolección de la caña de azúcar.

## INTRODUCCIÓN

Es importante conocer el proceso de la madurez para saber el momento óptimo de cosecha de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), lo que permite al ingenio (fábrica de azúcar) producir o extraer al máximo la sacarosa. La revisión de la madurez es un factor muy importante en el proceso de la cosecha de la caña, que consiste en analizar muestras de tallos antes del inicio de la zafra. Para determinar el punto de madurez, los parámetros de calidad analizados en el jugo de caña son principalmente la cantidad de sólidos solubles suspendidos ( $^{\circ}$ Brix) y sacarosa aparente (% Pol). Los lotes con calidades de jugo próximas a la madurez, son las que se proyectan para la cosecha; esto asegura la máxima explotación del contenido de sacarosa. Por ello, el control del estado de maduración de la caña, constituye una de las prácticas de campo y laboratorio más importantes que deben ser apoyadas por los agricultores e industriales, ya que influyen directamente en la cantidad de azúcar producida por hectárea.

Las metodologías analíticas usados actualmente para examinar los parámetros de calidad en el control de madurez se establecieron hace más de 70 años (Chen, 1991; Golcher et al., 1984), son pesados y consumen mucho tiempo. Hoy, se cuenta con métodos nuevos como la Espectroscopía de

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la zafra 2017 en los meses de mayo, junio y julio, fueron procesadas muestras de jugo primario de caña de azúcar limpia (sin batura) en el Laboratorio de Investigaciones Azucareras de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), Argentina. El jugo proveniente de las distintas variedades evaluadas, fue extraído en un trapiche (molino) de planta piloto, con un molino de tres rodillos y un nivel de extracción de jugo comprendido entre 57 y 65%.

Las variables determinadas en el laboratorio fueron: °Brix y Pol (%) en jugo. Los métodos de referencia empleados fueron:

Pol (%) en jugo: se midió utilizando un polarímetro automático modelo MCP 500, marca Anton Para, y mediante la metodología registrada en manual del azúcar de caña (Spencer & Meade, 1967). Los grados Brix refractométrico, se calcularon con un refractómetro modelo RA-620, marca KEM (Electronics Manufacturing CO., LTD.), y mediante la metodología registrada en Manual del azúcar de caña (Spencer & Meade, 1967).

### Análisis mediante NIRS

El análisis de las muestras de jugo de caña de azúcar para obtener los espectros de las variables de estudio mediante NIRS se realizó con un Espectrofotómetro de Infrarrojo Cercano FOSS NIR Systems modelo 6500, con detector de transmitancia, lámpara de tungsteno, en un intervalo de lectura de 400 a 2500 nm; para obtener el espectro se realizó una lectura cada 2 nm en cada una de las 1083 muestras (seleccionadas para la calibración) con el software ISIScan 2.21; los modelos de calibración se realizaron em-

pleando el software WinISI III. Para el cálculo de los modelos de calibración, las muestras espectralmente parecidas fueron eliminadas por el software.

Las expresiones matemáticas de las ecuaciones de calibración pueden escribirse como:

$$\begin{aligned} \text{Brix}(\%) &: b_0 + b_1X_{\lambda 1} + b_2X_{\lambda 2} + b_3X_{\lambda 3} + b_4X_{\lambda 4} + \dots + b_nX_{\lambda n} \\ \text{Pol}(\%) &= b_0 + b_1X_{\lambda 1} + b_2X_{\lambda 2} + b_3X_{\lambda 3} + b_4X_{\lambda 4} + \dots + b_nX_{\lambda n} \end{aligned}$$

Donde:

La ordenada al origen es  $b_0$ , los coeficientes de regresión son  $b_1$  a  $b_n$ , y  $X_{\lambda 1}$  a  $X_{\lambda n}$  son las absorbancias a las diferentes longitudes de onda. El software no facilita estas ecuaciones, sino que ejecuta los cálculos matriciales pertinentes, proporcionando solo los parámetros de las calibraciones obtenidas (coeficiente de correlación y errores).

El modelo matemático utilizado es el de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS), el cual usa toda la información espectral y la introduce en el modelo de calibración. También se emplean la primera y segunda derivada, para afinar los espectros en el infrarrojo cercano, y el método estadístico de Mínimos Cuadrados Parciales Modificados (MPLS) (Shenk & Westerhaus, 1991). Así mismo, para el proceso de los modelos de calibración y predicción se realizó la corrección de los espectros a través del tratamiento matemático de varianza normal estándar (SNV) y Detrend (Barnes et al., 1989).

Se desarrolló el modelo de predicción para °Brix y porcentaje de Pol en jugo, utilizando el procedimiento matemático SNV y Detrend y arreglo 1,4,4,1 (derivada, GAP y suavizados) para los espectros. De igual manera, se creó otro modelo de predicción para °Brix y para Pol (%) mediante el tratamiento matemático SNV y Detrend, y arreglo 2,4,4,1 (derivada, GAP y suavizados). Para ajustar la calibración, se determinan los siguientes parámetros estadísticos: error estándar de calibración (SEC), coeficiente de determinación en la calibración ( $R^2$ ) y error estándar de la validación cruzada (SECV). El error estándar de calibración se estimó como (Cozzolino, 2002):

$$SEC = \sqrt{\frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - t - 1}}$$

Donde:

$y_i$ =valores de laboratorio utilizados en la calibración.

$\hat{y}_i$ =valores previstos por la ecuación NIRS.

$n$ =número de muestras.

$t$ =número de componentes principales (PCR).

De igual forma el software calcula el error estándar de validación cruzada.

Los modelos de calibración se eligieron buscando minimizar el error estándar de validación cruzada y el error estándar de calibración.

Para comprobar la exactitud del modelo de calibración NIRS, se valoró el comportamiento de las ecuaciones obtenidas sobre otras muestras a las usadas en la calibración, con variabilidad para el parámetro en estudio (valores altos, medios y bajos) y examinadas bajo iguales condiciones. Para la validación externa se utilizó un grupo de 182 muestras de jugo de caña de azúcar analizadas por métodos convencionales. Para la validación se determinó el error estándar de predicción (SEP) según Valderrama *et al.* (2007):

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum_i (y_i - Y_i)^2}{n}}$$

Donde:

$y_i$ =valores de laboratorio.

$Y_i$ =valores predichos por la ecuación NIRS.

$n$ =número de muestras.

Otra forma de evaluar las ecuaciones NIRS con relación a su precisión y exactitud, es a través de la relación entre el error estándar de validación cruzada y el desvío estándar del análisis químico (SECV/SD). Si esta relación es mayor a 0.33, el modelo presenta un bajo poder de predicción (Craig *et al.*, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los espectros NIR esencialmente

contienen información de la composición orgánica de cada una de las muestras de jugo de caña de azúcar. En la Figura 1, se presentan los espectros de 1083 muestras de jugo de caña de azúcar recogidas a través del software ISIScan 2.21, en el rango de longitudes de onda de 400 a 2500 nm, pertenecientes a las regiones Visible-NIR del espectro electromagnético. El patrón espectral es parecido en todas las muestras de la población, aunque se percibe una reducida diferencia en los valores de absorción al inicio de la región visible (400–700 nm). Se ven dos picos de absorción principales (alrededor de 1450 y 1970 nm) en la región de infrarrojo cercano, los cuales concuerdan con los reportados por Robert & Cadet (1998).

### Modelos de predicción para °Brix y Pol (%)

En este trabajo se tomó todo el espectro Vis-NIR (400–2500 nm) para la calibración, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) en la creación de scores para detectar muestras fuera de rango, se utilizaron dos segmentos de longitudes de onda y se realizó tratamiento a los espectros cada 2 nm, obteniendo un total de 1050 puntos espectrales, muestras con  $t > 2.5$  y un H (H: distancia de Mahalanobis)  $> 3$  fueron consideradas como

outliers (Cozzolino *et al.*, 2003) y eliminadas, se aplicó el tratamiento matemático de una corrección por dispersión de SNV y Detrend y dos diferentes arreglos para la derivada, GAP y suavizados.

Se generaron dos modelos de predicción para °Brix y dos para pol (%) en jugo (Cuadro 1). De las 1083 muestras usadas en la calibración, el software seleccionó 1020 (°Brix, 1ª derivada), 1014 (Pol (%), 1ª derivada), 1023 (°Brix, 2ª derivada), 1019 (Pol (%), 2ª derivada) muestras espectralmente diferentes para construir los modelos de calibración, utilizando el tratamiento matemático SNV y Detrend y dos arreglos: 1,4,4,1 y 2,4,4,1 (derivada, GAP y suavizados) para los espectros.

La calibración de los dos parámetros fue adecuada (Cuadro 1), lo que se refleja en un bajo error estándar de calibración (SEC) y un significativo coeficiente de correlación ( $R^2$ ). El mejor modelo de predicción para °Brix en jugo es el que presenta un  $R^2$  de 0.997 y SEC de 0.126 corresponde al realizado con un tratamiento matemático SNV y Detrend, y arreglo 2,4,4,1. En el caso de porcentaje de Pol en jugo corresponde al realizado con un tratamiento matemático SNV y Detrend, y arreglo 1,4,4,1, con un  $R^2$  de 0.991 y SEC de 0.296. El

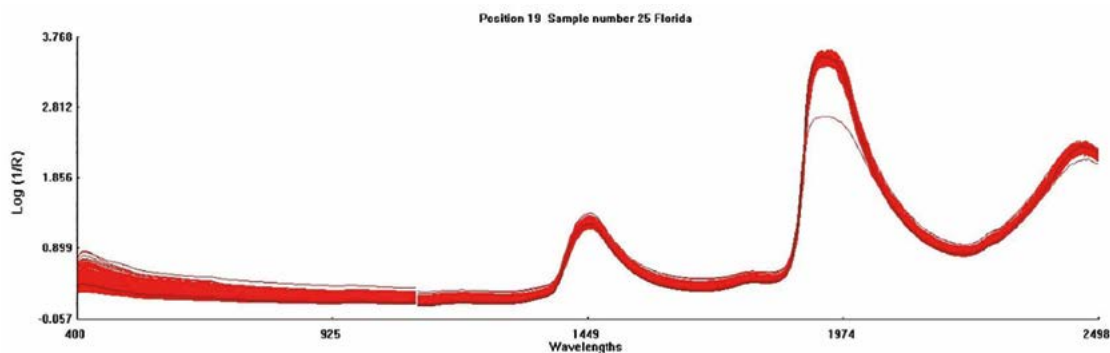


Figura 1. Espectros de las 1083 muestras de jugo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*).



**Cuadro 1.** Parámetros estadísticos de muestras seleccionadas para la calibración.

Parámetro	Tratamiento matemático	n	Media	SD	Rango	R <sup>2</sup>	SEC	SECV	SECV/SD
°Brix jugo	SNV y Detrend 1, 4, 4, 1	1020	16.20	2.49	8.74 – 23.67	0.9973	0.1292	0.1453	0.058
°Brix jugo	SNV y Detrend 2, 4, 4, 1	1023	16.21	2.48	8.77 – 23.64	0.9974	0.1265	0.1517	0.061
Pol % jugo	SNV y Detrend 1, 4, 4, 1	1014	13.36	3.13	3.97 – 22.75	0.9911	0.2960	0.3177	0.101
Pol % jugo	SNV y Detrend 2, 4, 4, 1	1019	13.40	3.11	4.06 – 22.73	0.9899	0.3123	0.3395	0.109

n=número de muestras. SD=desviación estándar de los valores de referencia.

SEC=Error estándar de la calibración. SECV=Error estándar de validación cruzada, estimado del error "real" de la predicción.

R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación.

Cuadro 1, muestra también que las relaciones SECV/SD son menores a 0.33, por lo tanto, como lo establece Craig et al. (2004), los modelos desarrollados presentan un alto poder de predicción.

### Validación de los modelos

Para validar externamente los modelos generados se usaron 182 muestras de jugo de caña de azúcar, estas se analizaron en las mismas condiciones que aquellas usadas para construir el modelo (Cuadro 2). En la Figura 2 se observa el comportamiento de los valores predichos por NIRS vs valores obtenidos con los métodos de referencia primario, correspondientes a la validación del modelo de °Brix en jugo, se puede ver que en los dos casos existe muy buena correlación. Así mismo, la Figura 3 muestra el comportamiento de los valores predichos por NIRS vs valores obtenidos con los métodos de referencia primario, correspondientes a la validación del modelo del porcentaje de Pol en jugo, estos también presentan buena correlación. En general, la correlación entre los datos reales y los predichos por NIRS fue buena; sin embargo, los modelos para °Brix presentaron mayor grado de predicción con respecto a los desarrollados para el porcentaje de Pol.

Se destaca en este estudio la alta relación entre datos predichos por NIRS y los datos de referencia, lo que conlleva a elevar considerablemente la calidad de predicción de las ecuaciones para °Brix y porcentaje de Pol, la confiabilidad se ve mejorada por el elevado número de muestras utilizadas en calibración y validación, así como el amplio rango de la composición química de las muestras, según los valores de °Brix (8.77-23.64) y porcentajes de Pol (4.06-22.73). La amplia variación de la composición del set de calibración

es una condición deseable para desarrollar ecuaciones de predicción, con alta representatividad de la realidad (Murray, 1988).

Los datos obtenidos en el presente estudio fueron concordantes con los obtenidos en países donde se recomienda el uso de la Espectrometría de Infrarrojo Cercano para estimar la calidad de la caña (Schaffler, 2001; Larrahondo et al., 2001; Mehrotra y Siesler, 2003; Valde-rama et al., 2007; Berding et al., 1991, Hernández et al., 2008).

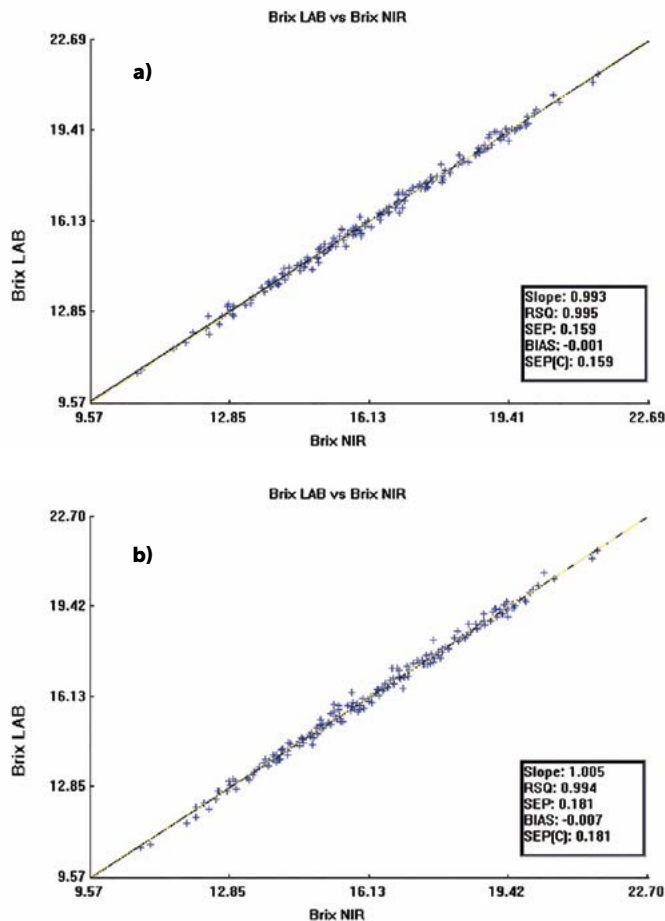
## CONCLUSIÓN

**El mejor** modelo de predicción para °Brix en jugo de *Saccharum* spp., es el que presenta un R<sup>2</sup> de 0.997 y SEC de 0.126, correspondiente al realizado con un tratamiento matemático SNV y Detrend, y arreglo 2,4,4,1. En el caso del porcentaje de Pol en jugo corresponde al tratamiento matemático SNV y Detrend y arreglo 1,4,4,1, con un R<sup>2</sup> de 0.991 y SEC de 0.296. Estos resultados obtenidos

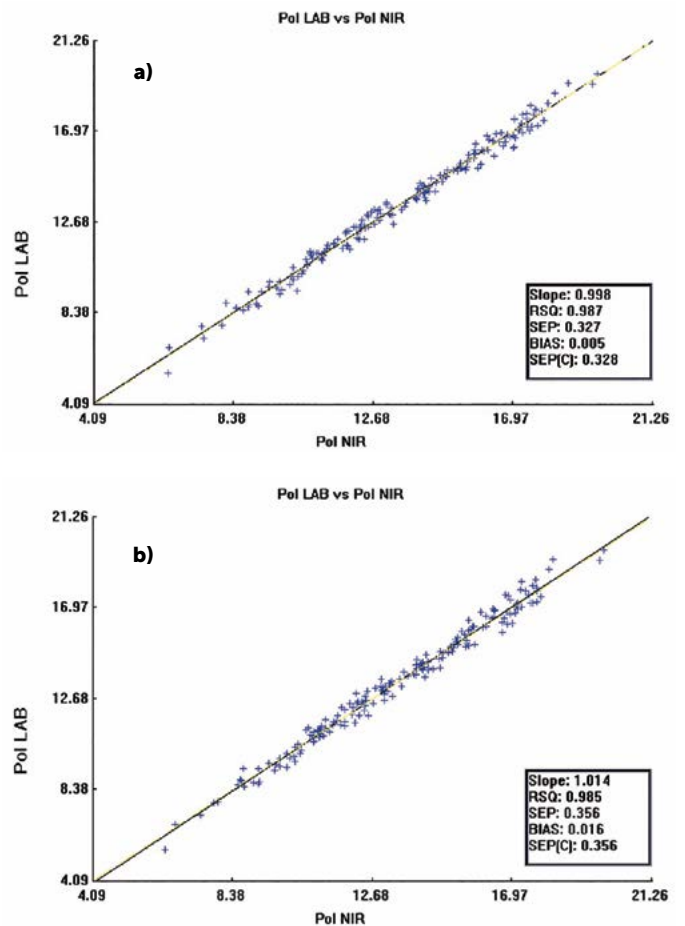
**Cuadro 2.** Parámetros estadísticos de muestras seleccionadas para la validación de los modelos

Parámetro	Tratamiento matemático	n	R <sup>2</sup>	SEP
°Brix jugo	SNV y Detrend 1, 4, 4, 1	182	0.995	0.159
°Brix jugo	SNV y Detrend 2, 4, 4, 1	182	0.994	0.181
Pol % jugo	SNV y Detrend 1, 4, 4, 1	182	0.987	0.327
Pol % jugo	SNV y Detrend 2, 4, 4, 1	182	0.985	0.356

n=número de muestras. R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación. SEP=Error estándar de predicción.



**Figura 2.** Validación externa del modelo para °Brix en jugo, valores predichos por NIRS vs valores del método de referencia primario. a) tratamiento matemático 1, 4, 4, 1. b) tratamiento matemático 2, 4, 4, 1.



**Figura 3.** Validación externa del modelo para porcentaje de Pol en jugo, valores predichos por NIRS vs valores del método de referencia primario. a) tratamiento matemático 1, 4, 4, 1. b) tratamiento matemático 2, 4, 4, 1.

empleando la tecnología NIRS son muy satisfactorios, ya que permiten el reemplazo de las determinaciones convencionales de porcentaje de Pol y °Brix en jugo en las evaluaciones de calidad del jugo de caña de azúcar en la observación de la madurez. Las características de esta metodología permiten establecer de manera eficaz el momento de idoneidad de la cosecha de la caña de azúcar, para obtener el máximo aprovechamiento de la sacarosa, lo cual impacta en el beneficio tanto de productores como del ingenio azucarero en la fabricación del azúcar.

### AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Colegio de Postgraduados por el apoyo proporcionado para la realización de este proyecto. Un agradecimiento especial al Laboratorio de la Sección Química y al área de Agronomía de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres de Tucumán, Argentina, por su apoyo técnico y ayuda en recopilar datos y desarrollo de los modelos de calibración NIR.

### LITERATURA CITADA

Barnes, R.J., Dhanoa, M.S. & Lister, S.J. (1989). Standard normal variate transformation and detrending of near infrared diffuse reflectance spectra. *Applied Spectroscopy*, 43(5), 772-777.

Berding, N., Brotherton, G.A., le Brocq, D.G. & Skinner, J.C. (1991). Near Infrared Reflectance Spectroscopy for Analysis of Sugarcane from Clonal Evaluation Trials: II. Expressed Juice. *Crop Science*, 31, 1024-1028.

Chen, J.C.P. (1991). *Manual de Azúcar de Caña*. Limusa (ed.). México, 1200 p.

Cozzolino, D. (2002). Uso de espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) en el análisis de alimentos para animales. *Agrociencia*, 6(2), 25-32.

Cozzolino, D., Fassio, A. & Fernández, E. (2003). Uso de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano para el análisis de calidad de ensilaje de maíz. *Agricultura Técnica*, 63(4), 387-393.

Craig, A.R., Workman, Jr.J. & Reeves, J.B. (2004). *Near Infrared Spectroscopy in Agriculture*. ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA, 785 p.

Golcher, A.A., Hasbach, R.F. & Infante, M.J.J. (1984). *Manual para analistas de laboratorio azucarero*. Azúcar, S.A.-Geplacapan-NUD (ed.). México, 180 p.

- Hernández, M., Monroy, N. & Rodas, E. (2008). Análisis de fibra de caña con tecnología NIR. Trabajo presentado en el Congreso de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe, 7, Guatemala. [En línea] Disponible en <http://www.atagua.org/index.php?showpage> (consultado 17 septiembre 2008).
- Larrahondo, J.E., Palau, F., Navarrete, A. & Ramírez, C. (2001). Applications of near infrared spectroscopy in the sugarcane industry of Colombia. *Proc. Int. Society of Sugar Cane Technologists*, 24, 163-165.
- Mehrotra, R. & Siesler, H.W. (2003). Application of Mid Infrared/Near Infrared Spectroscopy in Sugar Industry. *Applied Spectroscopy Reviews*, 38(3), 307-354.
- Murray, I. (1988). Aspects of the interpretation of near infrared spectra. *Food Science Technology Today*, 2, 135-139.
- Rein, P. (2007). Cane sugar engineering. Bartens (ed.). Berlin, Germany, 752 p.
- Robert, C & Cadet, F. 1998. Analysis of Near-Infrared Spectra of Some Carbohydrates. *Applied Spectroscopy Reviews*, 33(3), 253-266.
- Schaffler, K.J. (2001). Automated routine analysis of quality parameters in sugar cane juices and molasses by NIR. En: *Proc. ISSCT Congress*, 24, Brisbane, Australia, p.143-146.
- Shenk, J.S. & Westerhaus, O.M. (1991). New standardization and calibration procedures for NIRS analytical systems. *Crop Science*, 31, 1694-1696.
- Spencer, G.L. & Meade, G.P. (1961). *Manual del Azúcar de Caña*. 9na ed. Montaner y Simón S.A (ed.) España. 940 p.
- Valderrama, P., Braga, J.W.B. & Poppi, R.J. (2007). Validation of Multivariate Calibration Models in the Determination of Sugar Cane Quality Parameters by Near Infrared Spectroscopy. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 18(2), 259-266.
- Zossi, S., Ruiz, M.R., Sorol, N. & Sastre, M. (2010). Espectroscopia por infrarrojo cercano (NIRS). Su aplicación en análisis de jugos de caña de azúcar. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 87(1), 1-6.





## Evaluation of pest control products by sugarcane growers according to their social identification

## Evaluación de productos de control biológico de plagas por cañeros según su identificación social

Figuroa-Rodríguez, Katia A.<sup>1</sup>; García-Pacheco, Luis, A.<sup>1</sup>; Figuroa-Sandoval, Benjamín<sup>2\*</sup>;  
Hernandez-Rosas, Francisco<sup>1</sup>; Salinas-Ruiz, Josafhat<sup>1</sup>; Mayett-Moreno, Yésica<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba. Km. 348 Carretera Córdoba-Veracruz. Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. CP. 94953. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados-Campus San Luis. Calle de Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. CP. 78622. <sup>3</sup>Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. 21 sur #1103, Barrio de Santiago. Puebla, Puebla. C.P. 72410.

\*Autor para correspondencia: benjamin@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To validate a self-perception scale for social identification and its relationship with familiarity, willingness to use, test and willingness to buy Biological Pest Control Products (BPCP).

**Methodology:** A questionnaire was applied to 61 sugarcane growers of the central region of Veracruz, Mexico during 2019. A familiarity scale of 5 points was used; a 7-points Likert scale was used for the willingness to use/test BPCP; willingness to pay was measured with an open question; and, the self-perception scale for social identification was an image where farmers self-situated themselves. Data were analyzed using a completely randomized design. An ANOVA with a post hoc Tukey ( $\alpha=0.05$ ) test was carried out, as well as a Pearson ( $\alpha=0.05$ ) between familiarity and willingness to use/test.

**Results:** The self-perception scale for social identification allowed to identify farmers as traditional, in transition and technified. No significant differences were found in the self-perception scale regarding willingness to use/test or pay for the BPCP contrary to familiarity. Neither there was a correlation between familiarity and willingness to use/test BPCP.

**Implications of the study:** The self-perception scale for social identification allows to identify farmers according to their self-perceived level of technification, where the ones self-perceived as technified were more willing to accept innovations.

**Conclusions:** The tendency is for farmers that self-perceived as technified to be more willing to use/test BPCP. To be familiarized with BPCP does not mean willing to use/test them. Farmers that consider themselves as technified does not overestimate the price of BPCP.

**Key words:** *Saccharum* spp., innovations, self-rated, familiarity, willingness to use/try, willingness to pay.

### RESUMEN

**Objetivo:** Validar una Escala de Auto-percepción de Identificación Social (EA-IS) y su relación con familiaridad, disposición a usar, probar y a comprar Productos de Control Biológico (PCB).

**Metodología:** Se aplicó un cuestionario a 61 productores cañeros de la zona centro de Veracruz, México durante 2018. Se utilizó una escala de familiaridad de 5 puntos; una escala de 7 puntos de Likert para la disposición a usar/probar PCB; la disposición de compra fue una pregunta abierta; y, la EA-IS fue una imagen donde el productor se auto-ubicaba. Los datos se analizaron con un diseño completamente al azar. Se realizó un análisis de varianza seguido por una prueba post hoc de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), y un análisis de correlación de Pearson ( $\alpha=0.05$ ) entre familiaridad y disposición a usar/probar.

**Resultados:** La EA-IS permitió identificar productores tradicionales, en transición y tecnificados. No hubo diferencias significativas en las categorías de la EA-IS según la disposición a usar/probar/pagar PCB pero sí para familiaridad, tampoco correlación entre familiaridad y disposición a usar/probar PCB.

**Implicaciones del estudio:** La EA-IS permite diferenciar productores según su auto-percepción de niveles de tecnificación, los que se perciben como tecnificados tienden a aceptar innovaciones.

**Conclusión:** La tendencia es que los productores que se auto-perciben como tecnificados mencionen estar más dispuestos a usar/probar PCB. Estar familiarizado con los PCB no significa estar dispuesto a usarlos o probarlos. Los productores que se consideran tecnificados no sobrestiman el precio de los PCB.

**Palabras clave:** *Saccharum* spp. innovaciones, auto-percepción, familiaridad, disposición a usar/probar, disposición a pagar.

micós. Algunas de las razones son la falta de eficacia, inconsistencia en su rendimiento en campo, y su alto costo, lo que los ha limitado a productos de nicho (Glare *et al.*, 2012).

Otro factor a considerar es la disponibilidad comercial de dichos productos. A nivel internacional existen productos, tales como *Trichoderma harzianum* T39 conocido como Trichodex<sup>®</sup> o *Ampelomyces quisqualis* AQ10, vendido como AQ10<sup>®</sup> de venta desde hace varias décadas en Israel (Wilson, 1997), mientras que en México, Nava-Pérez *et al.* (2012) reportaron 20 marcas comerciales de PCB a base de hongos entomopatógenos. En el caso del sector cañero en particular algunos ingenios nacionales han invertido en laboratorios para la producción de hongos entomopatógenos que posteriormente venden para su aspersión terrestre o aérea en las parcelas de sus proveedores. Sin embargo, en 2007-2008, el INEGI (2008), reporta que el 75% de las unidades de producción con caña de azúcar del país usaban control químico seguido por biológico (9.74% del total), cultural (3.96%), integral (1.72%), y el resto no realizaban ningún control para las plagas y enfermedades.

Bajo el contexto actual, la decisión de usar productos de control biológico puede ser considerada como una propensión individual a innovar por parte de los productores agrícolas, ya que éstos resuelven adoptar un nuevo producto, donde sus características personales influyen sobre dicha intención (Jeong *et al.*, 2017). Este fenómeno de adopción de innovaciones se da dentro de un sistema social (Rogers, 1983). Una de las escalas existentes para deter-

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es uno de los principales cultivos a nivel mundial y nacional, contribuyendo a la producción de azúcar, etanol, bagazo o lignocelulosa (Chandra *et al.*, 2018). Para su manejo sustentable, el control biológico de plagas y enfermedades ha sido una alternativa utilizada a nivel mundial para el control de enfermedades fúngicas (Romão-Dumaresq *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2017; Viswanathan y Malathi, 2019) así como de sus principales plagas, *e.g.*: *Eldana saccharina* (Downing *et al.*, 2000); *Diatraea saccharalis* F. (Lv *et al.*, 2011); y, *Aeneolamia varia* (Matabanchoy Solarte *et al.*, 2012).

En los últimos años, el descubrimiento de nuevas cepas, así como la mejora de aquellas conocidas y la introducción de genes no nativos para expresar nuevas características funcionales en las cepas han sido temas importantes en la investigación científica de la microbiología aplicada a la agricultura, especialmente debido a sus características como biopesticidas: herbicidas, insecticidas y nematocidas. Dentro de los hongos entomopatógenos más utilizados como insecticidas o agentes de control biológico para diversas plagas se tienen a *Beauveria*, *Metarhizium*, y *Paecilomyces* (Vitorino y Besa, 2017). Sin embargo, pese a la relevancia del control biológico como una estrategia para una producción sustentable de los cultivos, estos productos no han tenido el éxito comercial esperado en el mercado de los productos de control de plagas actualmente dominado por productos quí-

minar la tendencia para aprender sobre adoptar innovaciones en un área de interés es la de identificación social (Bartels y Reinders, 2010), definida como la percepción de pertenencia a un grupo, donde el individuo se define a sí mismo como miembro del grupo, por lo que las personas que comparten ciertas características se sienten identificados con cierto grupo (Postmes et al., 2013).

Otro variable es establecer elementos indicativos de la adopción de una innovación, la cual se observa en tres componentes: familiaridad, disposición a usar, probar y disposición de pago. La primera, debido a que la relativa familiaridad con la marca de un producto incrementa su aceptabilidad (Stanton, 2019); la segunda también ha sido correlacionada el tiempo de adopción de innovaciones (Huotilainen et al., 2006); y la tercera, es la disposición de compra (WTP willigness-to-pay por sus siglas en inglés), un cálculo en el cual los compradores determinan la cantidad máxima de recursos que están dispuestos a intercambiar por un bien (Plassmann et al., 2007). Estudios previos han establecido que la disposición de compra de bienes es una variable proxy para determinar actitudes y preferencias de los consumidores (De Pelsmacker et al., 2005).

Con base en lo anterior, se validó una escala de identificación social con productores cañeros, además de evaluar el uso de dicha escala para comprender y predecir el comportamiento de compra de productos de control biológico medido a través de la familiaridad de marcas, la disposición a usa, probar y comprar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Instrumento

Se diseñó un cuestionario compuesto de cuatro secciones. En la primera, se preguntaron datos generales de los productores: sociodemográficos y de su unidad de producción. La segunda sección fue la familiaridad, en escala de 5 puntos (1=No lo conozco, 2=Lo conozco pero no lo he usado, 3=Lo he usado pero no en mi parcela, 4=Lo uso eventualmente y 5=Lo uso regularmente), y disposición a usar y probar productos (adaptada de

Huotilainen et al., 2006), de control biológico: Productos de control biológico genéricos, *Metarhizium*, *Beauveria*, Bio-CNPR y Bio-Terra, en escala de 7 puntos de Likert (1=Para nada dispuesto, 7=extremadamente dispuesto) (Bäckström et al., 2004): La tercera, la escala de identificación social (Figura 1), adaptada de Bartels y Reinders (2010). Se les pide a los encuestados de expresar su auto-percepción y su identificación con una organización (Bergami y Bagozzi, 2000), en este caso, en lugar de la identificación con una organización fue con la imagen de un productor innovador. Finalmente, la disposición de compra establecida a través de una pregunta abierta de ¿cuánto estaría dispuesto a pagar por una unidad (garrafa de un lt o un paquete de 500 gramos) de producto de control biológico?

### Participantes

Este estudio se enfocó en productores de caña de la zona centro del Estado de Veracruz. El laboratorio de biotecnología aplicada del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, una institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, desarrolló dos productos de control biológico a base de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*: Bio-CNPR y Bio-Terra.

El Bio-CNPR, es un formulado líquido que debe conservarse a temperatura de 18-20 °C, y su uso ha sido promovido en la zona centro del Estado de Veracruz por el líder de la organización cañera CNPR del Ingenio Potrero desde 2015. Mientras que Bio-Terra es una formulación nueva en estado sólido que no requiere refrigeración, liberada en 2019.

Con el objetivo de promover ambos productos, el investigador líder del laboratorio participó en una serie de encuentros con productores cañeros promovidos por la organización CNPR. Estos encuentros tenían una duración de 40 min y se les explicaba a los asistentes sobre: plagas; características, formulación y aplicación de Bio-CNPR y Bio-Terra. Seguido de una sesión de preguntas y respuestas. Una vez terminado el encuentro, los asistentes eran encuestados de manera individual por encuestadores que fueron previamente capacitados. En total,

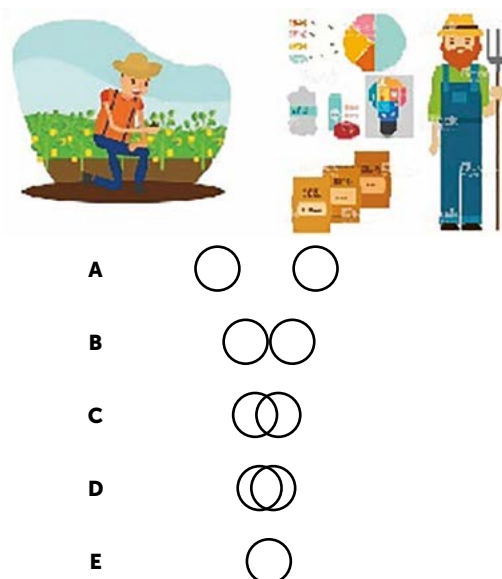


Figura 1. Escala de identificación social adaptada de Bartels y Reinders (2010).

se tuvieron cinco encuentros con 61 productores, todos participaron en el estudio, por lo que la muestra no fue probabilística.

Se obtuvo una variabilidad en los perfiles socioeconómicos de los participantes; sin embargo, el perfil general de los cañeros de la región que participaron podría definirse como: varones, con estudios de primaria, y 50 años de edad (Cuadro 1).

### Análisis estadístico

Para las variables evaluadas en este trabajo: la familiaridad, la disposición a usar y la disposición de pago, se utilizó un diseño completamente al azar como a continuación se describe:

$$y_{ij} = \mu + Categoría_i + \epsilon_{ij}$$

Donde  $y_{ij}$  es la respuesta observada del individuo  $j$  ( $j=1, \dots, n_j$ ) en la categoría  $i$ , ( $i=1, \dots, 5$ ),  $\mu$  es la media general,  $Categoría$  es el efecto fijo de la categoría  $i$  y  $\epsilon_{ij}$  es el error experimental ( $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ ).

Los datos fueron analizados con el software SPSS v. 20 se compararon las variables según la categoría de la escala de identificación social de los participantes, utilizando un análisis de varianza seguido por una prueba post hoc de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Para establecer la relación entre familiaridad y disposición a usar o probar, se hizo un análisis de correlación de Pearson ( $\alpha=0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Escala de identificación social

La distribución de los resultados de las categorías de la escala para la identificación social, mis-

ma que busca determinar la pertenencia de un individuo a un grupo así como su proceso de autovaloración (Postmes et al., 2013), se presenta en la Figura 2.

Basado en los diferentes tiempos de adopción de innovaciones, Rogers (1983) estableció cinco categorías de adoptadores: innovadores, tempranos, mayoría temprana, mayoría tardía y rezagados, estas categorías siguen una distribución de campana de Gauss. Los hallazgos de la investigación siguen la misma distribución de las categorías de Rogers, a la derecha se encuentran los productores que se identifican como altamente tecnificados mientras que a la izquierda están los que se consideran tradicionales. No se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en cuanto a nivel de educación ni edad.

### Familiaridad

En la Figura 3a-3e, se presentan las gráficas de medias entre la categoría de la escala de identificación social y la familiaridad con cuatro productos de control biológico (genéricos, *Metarhizium*, *Beauveria*, Bio-CNPR y BioTerra). Salvo para "productos de control biológico", en general, se observa una tendencia de que los productores más innovadores están más familiarizados con los diferentes productos que aquellos más tradicionales; sin embargo, únicamente se observan diferencias significativas para el caso de *Metarhizium*, *Beauveria* y Bio-CNPR. Estos resultados permiten observar que los productores que se perciben como tecnificados tienen mayor familiaridad con estos productos, los hallazgos sobre la relación entre imagen social y tener información sobre innovaciones fue previamente documentado por Jeong et al. (2017).

**Cuadro 1.** Perfil socioeconómico de los cañeros participantes de la organización CPNR.

Variable	Frecuencia (%)	
Género	Femenino	10 (16.4)
	Masculino	51 (83.6)
Edad	≤ 30	5
	31-40	5
	41-50	17
	51-60	19
	61-70	9
	≥ 71	6
	Media	52.2
	(Desviación estándar)	(13.6)
Nivel de educación	Sin estudios	6 (9.8)
	Primaria	23 (37.7)
	Secundaria	18 (29.5)
	Preparatoria	5 (8.2)
	Universidad	9 (14.8)
Hectáreas	Media	6.2
	(Desviación estándar)	(5.98)
Rendimiento	Media	77.2
	(Desviación estándar)	(19.2)
Cañero exclusivamente	No	36 (59)
	Si	25 (41)
Usa Whatsapp	No	33 (54.1)
	Si	28 (45.9)

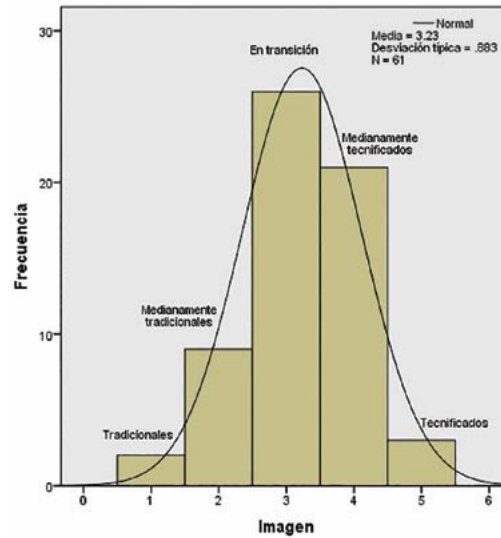
Fuente: Elaboración propia con datos de campo.



Por el contrario, el concepto de control biológico resultó menos familiar para todos en general, excepto el segundo grupo de productores medianamente tradicionales; sin embargo, no son estadísticamente diferentes.

### Disposición a usar/probar

Para la disposición a usar/probar, ninguno de los productos evaluados tuvo diferencias significativas por categoría de identificación social. Sin embargo, la tendencia encontrada en familiaridad coincide con esta variable (Figuras 4b, 4c y 4e). En este caso, los productores que se perciben como tecnificados estuvieron menos dispuestos a usar/probar el Bio-CNPR, esto tal vez se debe a que es un producto que requiere refrigeración, por lo que prefieren el formulado Bio-Terra. Por el contrario, los productores más tradicionales prefieren el Bio-CNPR, esto tal vez debido a que son más conservadores por lo que prefieren productos que ya han sido probados en lugar de elegir innovaciones. Los resultados son consistentes con Jeong et



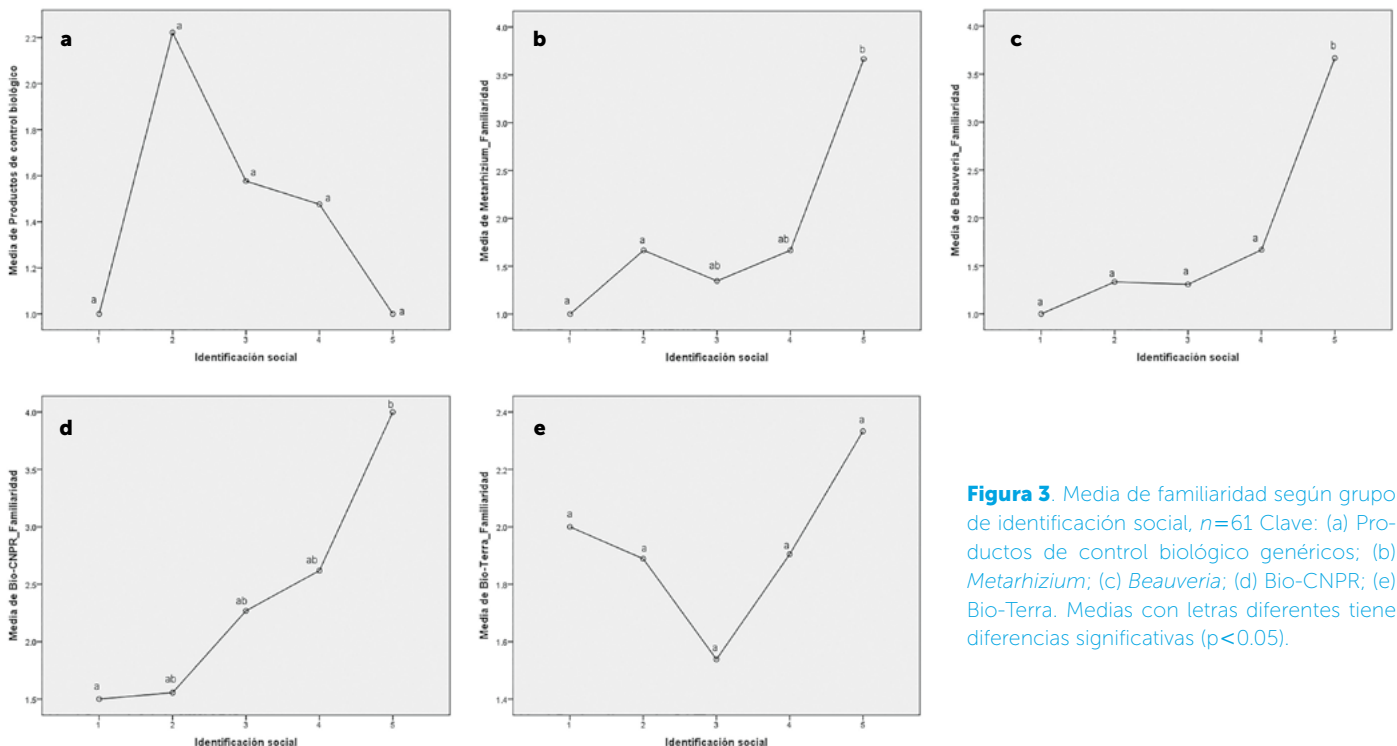
**Figura 2.** Distribución de los resultados de la escala de identificación social por categorías, n=61. Clave: 1=A, no se parece en absoluto, n=2; 2=B, n=9; 3=C, n=26; 4=D, n=21; 5=E, n=3, es su propia imagen.

al. (2017), quienes establecen que los consumidores están dispuestos a cambiar cuando consideran que los nuevos productos son mejores que los que usan actualmente.

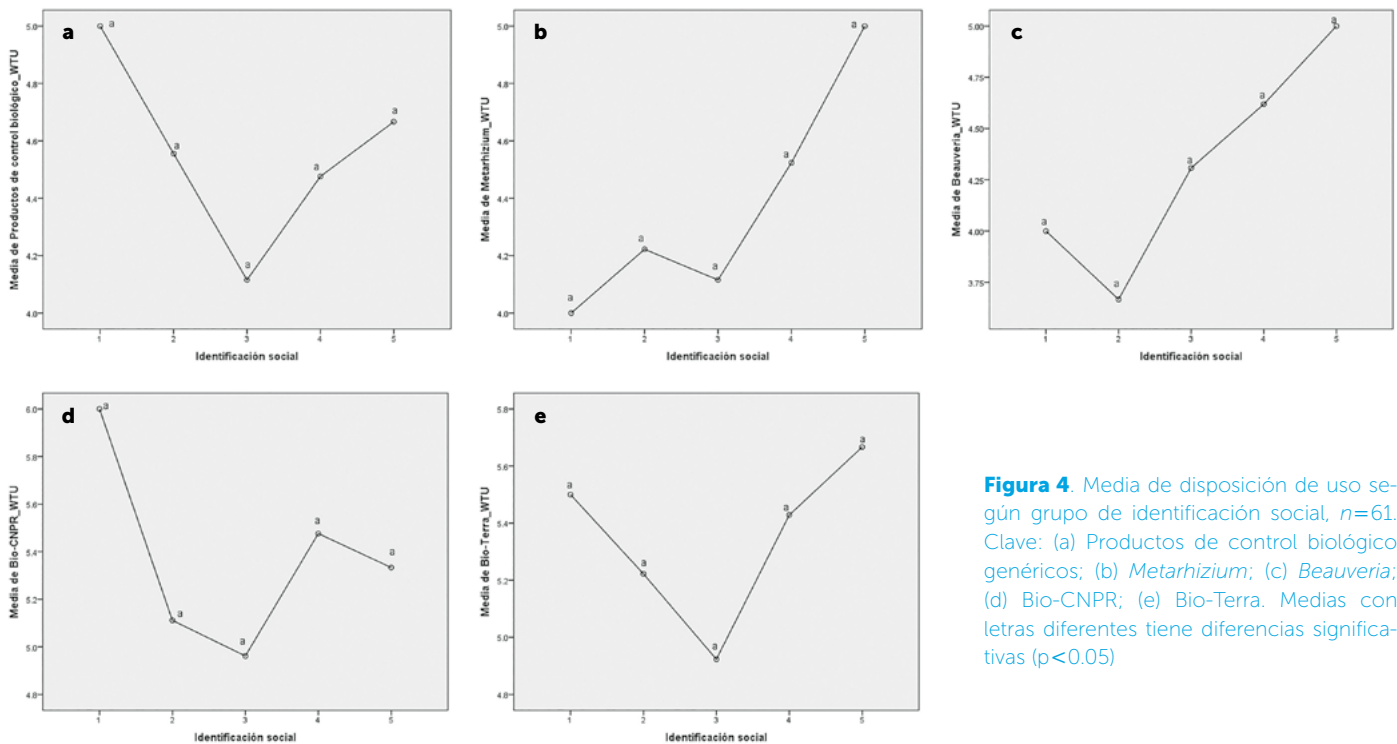
### Familiaridad y disposición a usar/probar

El Cuadro 2 muestra las correlaciones entre familiaridad y disposición a usar/probar. En lo que respecta familiaridad, se observó que existe alta correlación entre conocer ambos microorganismos de control biológico; y quien conoce los microorganismos también conoce más fácilmente ambos

productos que se buscaba difundir. Finalmente, entre más se conocen los productos no necesariamente significa mayor disposición a usar/probar, sólo hubo dos correlaciones Bio-Terra familiaridad con disposición a usar/probar Beauveria y Bio-Terra, no obstante, el índice de correlación es bajo  $\leq 0.3$ . Esta inconsistencia entre familiaridad y disposición a usar/probar, ya había sido documentada por Huutilainen et al. (2006) para el caso de alimentos.



**Figura 3.** Media de familiaridad según grupo de identificación social, n=61 Clave: (a) Productos de control biológico genéricos; (b) *Metarhizium*; (c) *Beauveria*; (d) Bio-CNPR; (e) Bio-Terra. Medias con letras diferentes tiene diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 4.** Media de disposición de uso según grupo de identificación social, n=61. Clave: (a) Productos de control biológico genéricos; (b) *Metarhizium*; (c) *Beauveria*; (d) Bio-CNPR; (e) Bio-Terra. Medias con letras diferentes tiene diferencias significativas (p<0.05)

**WTP**

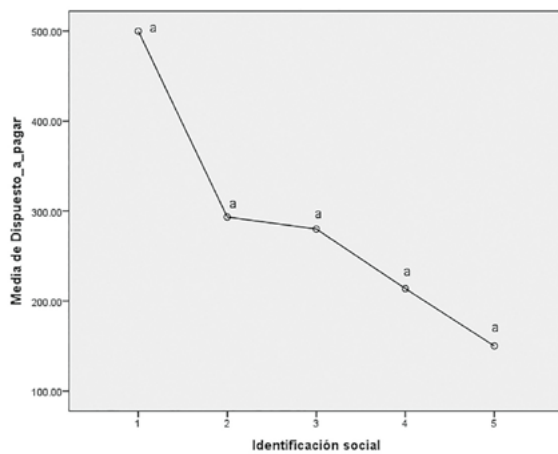
La disposición a pagar, se determinó como el precio que el encuestado estaría dispuesto a pagar por un litro o medio kilogramo de productos de control biológico. Los resultados mostraron que los encuestados estarían dispuestos a pagar, en promedio: \$260.00 ± \$230.51, lo mínimo a pagar es de cero (nueve respuestas) y la máxima de \$1,000.00 (tres respuestas). Aquellos que no estarían dispuestos a pagar mencionan que requieren primero ver si el producto funciona antes de establecer cuánto podrían pagar por éste. En 2015, el producto Bio-CNPR tuvo un precio de \$150.00, actualmente su precio y el del Bio-terra es \$250.00.

Como se observa en la Figura 5, los productores que se perciben como tecnificados estarían dispuestos, en promedio, a pagar menos. Esto debido a que, probablemente, conocen y han probado productos de control biológico, por lo que tienen una referencia de su precio en el mercado. Otra explicación puede ser la satisfacción en su uso, debido a que los productos de control biológico no siempre son consistentes en su efectividad comparados con los productos químicos (Fravel, 2005). La satisfacción, más que la familiaridad, explican la disposición de pago (Homburg *et al.*, 2005), por lo que las experiencias previas, positivas y negativas, con produc-

**Cuadro 2.** Matriz de correlación entre familiaridad y disposición a usar/probar.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Prod_Control_B_ Familiaridad	1.000									
2	Metarhizium_Familiaridad	.224	1.000								
3	Beauveria_Familiaridad	.139	.920**	1.000							
4	Bio-CNPR_Familiaridad	.066	.556**	.568**	1.000						
5	Bio-Terra_Familiaridad	.108	.461**	.385**	.508**	1.000					
6	Prod_Control_B_ WTU	.143	.154	.164	-.200	.133	1.000				
7	Metarhizium_WTU	.084	.190	.198	-.156	.170	.812**	1.000			
8	Beauveria_WTU	.026	.012	.045	.006	.168	.624**	.767**	1.000		
9	Bio-CNPR_WTU	.148	.216	.205	.204	.120	.285*	.226	.251	1.000	
10	Bio-Terra_WTU	.047	.232	.300*	.242	.260*	.600**	.559**	.434**	.542**	1.000

\*p<0.05; \*\* p<0.001.



**Figura 5.** Medias de la disposición a pagar por productos de control biológico según grupo de identificación social,  $n=61$ . Clave: Medias con letras diferentes tiene diferencias significativas ( $p<0.05$ )

tos de control biológico puede influir en los resultados obtenidos.

Los productos de control biológico tienen relevancia dentro de una agricultura que busque ser más sustentable, reduciendo efectos de contaminación, así como de protección a los productores que aplican productos químicos para controlar plagas y enfermedades. Derivado de la importancia que este tema tiene, fomentar el uso de este tipo de productos entre productores, comprender su disposición a usarlos y emitir recomendaciones resulta estratégico para el sector. Los resultados permiten observar que la escala de identificación social probada puede ser útil para reconocer productores que se perciben como tradicionales, y, por ende, menos propensos a utilizar innovaciones de aquellos que se consideran tecnificados y más abiertos a las innovaciones. El segundo; evaluar el uso de dicha escala para comprender y predecir el comportamiento de compra de productos de control biológico medido a través de la familiaridad de marcas, la disposición a usar/probar y a comprar. La investigación permite obtener información sobre aceptación de desarrollos tecnológicos por productores que pueda ser de utilidad para los investigadores y técnicos que atienden al sector cañero. Se recomienda a los investigadores estar atentos a los términos que utilizan para comercializar productos de control biológico, ya que los productores logran familiarizarse mejor con marcas comerciales o nombres de microorganismos que con conceptos más abstractos como: "control biológico". Estas recomendaciones deben observarse al momento de crear etiquetas y materiales de divulgación de sus innovaciones. Futuras investigaciones

podrían ampliar el tamaño de la muestra para indagar el comportamiento de compra de productos de control biológico para otros cultivos en otros Estados de la República Mexicana.

## CONCLUSIONES

Se concluye que los productores que se perciben como más tecnificados tienden a estar más familiarizados con los conceptos de *Metarhizium*, *Beauveria* y los productos Bio-CNPR y Bio-Terra. En lo referente a la disposición a usar/probar, se concluye que no existen diferencias entre la disposición de las diferentes categorías de la escala de identificación social; sin embargo, la tendencia es que los productores más tecnificados mencionen estar más dispuestos a usar/probar los productos que los tradicionales. Para la correlación entre familiaridad y disposición a usar/probar, se concluye que el conocer el producto no significa estar dispuesto a usarlo o probarlo. En lo que se refiere a la disposición de pago, se concluye que los productores que se consideran tecnificados no sobrevaloran el producto, es decir que no pagan precios fuera del rango de su precio comercial, por lo que están más informados de los precios que los productores que se perciben como tradicionales.

## AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados por el financiamiento obtenido para la presente publicación. Agradecemos a Edna Liliana Díaz Sánchez y a Rocío Lorena Hernández Cabrera por el apoyo en el trabajo de campo. Luis Andrés García-Pacheco fue apoyado con una beca del CONACYT.

## LITERATURA CITADA

- Bäckström, A., A. M. Pirttilä-Backman & H. Tuorila. (2004). Willingness to try new foods as predicted by social representations and attitude and trait scales. *Appetite* 43: 75-83.
- Bartels, J. & M. J. Reinders. (2010). Social identification, social representations, and consumer innovativeness in an organic food context: A cross-national comparison. *Food Quality and Preference* 21: 347-352.
- Bergami, M. & R. P. Bagozzi. (2000). Self-categorization, affective commitment and group self-esteem as distinct aspects of social identity in the organization. *British Journal of Social Psychology* 39: 555-577.
- Chandra, P. B. S., R. D. M. Venkatesh, S. Sunil y S. Kakkeri. (2018). A review on production of ethanol from sugarcane molasses & its usage as fuel. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology* 9: 7-24.
- De Pelsmacker, P., L. Driesen y G. Rayp. (2005). Do consumers care about ethics? Willingness to pay for fair-trade coffee. *Journal of Consumer Affairs* 39: 363-385.
- Downing, K. J., G. Leslie y J. A. Thomson. (2000). Biocontrol of the sugarcane borer *Eldana saccharina* by expression of the

- Bacillus thuringiensis cry1Ac7* and *Serratia marcescens chiA* genes in sugarcane-associated bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 66: 2804-2810.
- Fravel, D. R. (2005). Commercialization and implementation of biocontrol. *Annual Review of Phytopathology* 43: 337-359.
- Glare, T., J. Caradus, W. Gelernter, T. Jackson, N. Keyhani, J. Köhl, P. Marrone, L. Morin y A. Stewart. (2012). Have biopesticides come of age? *Trends in Biotechnology* 30: 250-258.
- Homburg, C., N. Koschate y W. D. Hoyer. (2005). Do satisfied customers really pay more? a study of the relationship between customer satisfaction and willingness to pay. *Journal of Marketing* 69: 84-96.
- Huotilainen, A., A. M. Pirttilä-Backman y H. Tuorila. (2006). How innovativeness relates to social representation of new foods and to the willingness to try and use such foods. *Food Quality and Preference* 17: 353-361.
- INEGI. 2008. Padrón nacional cañero (2007). *In: Informática I. N. d. E. G. e.s* (ed.).
- Jeong, S. C., S. H. Kim, J. Y. Park y B. Choi. (2017). Domain-specific innovativeness and new product adoption: A case of wearable devices. *Telematics and Informatics* 34: 399-412.
- Liu, S., N. Lin, Y. Chen, Z. Liang, L. Liao, M. Lv, Y. Chen, Y. Tang, F. He, S. Chen, J. Zhou y L. Zhang. (2017). Biocontrol of sugarcane smut disease by interference of fungal sexual mating and hyphal growth using a bacterial isolate. *Frontiers in Microbiology* 8.
- Lv, J., L. T. Wilson, J. M. Beuzelin, W. H. White, T. E. Reagan y M. O. Way. (2011). Impact of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) as an augmentative biocontrol agent for the sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) on rice. *Biological Control* 56: 159-169.
- Matabanchoy Solarte, J. A., A. E. Bustillo Pardey, U. Castro Valderrama, N. C. Mesa Cobo y C. A. Moreno Gil. (2012). Eficacia de *Metarhizium anisopliae* para controlar *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae), en caña de azúcar. *Revista Colombiana de Entomología* 38: 177-181.
- Nava-Pérez, E., C. García-Gutiérrez, J. R. Camacho-Báez y E. L. Vázquez-Montoya. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai* 8: 17-29.
- Plassmann, H., J. O'Doherty y A. Rangel. (2007). Orbitofrontal cortex encodes willingness to pay in everyday economic transactions. *Journal of Neuroscience* 27: 9984-9988.
- Postmes, T., S. A. Haslam y L. Jans. (2013). A single-item measure of social identification: Reliability, validity, and utility. *British Journal of Social Psychology* 52: 597-617.
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of innovations*. 3 ed. The Free Press. New York.
- Romão-Dumaresq, A. S., W. L. de Araújo, N. J. Talbot y C. R. Thornton. (2012). RNA Interference of Endochitinases in the Sugarcane Endophyte *Trichoderma virens* 223 Reduces Its Fitness as a Biocontrol Agent of Pineapple Disease. *PLoS ONE* 7.
- Stanton, J. V. (2019). Changing consumer preferences in emerging markets: food market challenges in Central Mexico. *Journal of Food Products Marketing* 25: 378-403.
- Viswanathan, R. & P. Malathi. (2019). Biocontrol Strategies to Manage Fungal Diseases in Sugarcane. *Sugar Tech* 21: 202-212.
- Vitorino, L. C. & L. A. Bessa. (2017). Technological microbiology: Development and applications. *Frontiers in Microbiology* 8: 1-23.
- Wilson, M. (1997). Biocontrol of aerial plant diseases in agriculture and horticulture: Current approaches and future prospects. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 19: 188-191.





**“Las especies y razas animales criollas y autóctonas además de ser fuente de alimento, son vida sustentable, identidad, cultura y tradición”**

**VERACRUZ, MÉXICO**

**9 - 12 DE OCTUBRE DE 2019**

[www.congresofirc.com/congreso-2019](http://www.congresofirc.com/congreso-2019) • [congresoveracruz@congresofirc.com](mailto:congresoveracruz@congresofirc.com)

# Maestría Paisaje y Turismo Rural

Becas



**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



## Perfil de ingreso

- Turismo
- Biología
- Agronomía
- Ingeniería ambiental
- Desarrollo comunitario
- Arquitectura del paisaje
- Áreas afines



## Fechas de ingreso

- Último día hábil de Mayo para su ingreso en Agosto.
- Último día hábil de Septiembre para su ingreso en Enero.



## Requisitos de ingreso

- Promedio mínimo de 8.0, o superior
- Examen EXANI III del CENEVAL, al menos 925 puntos
- Examen TOEFL, al menos 400 puntos



**COLEGIO DE  
POSTGRADUADOS**  
CAMPUS CÓRDOBA



**SADER**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA  
Y DESARROLLO RURAL

[www.colpos.mx](http://www.colpos.mx)

<https://www.colpos.mx/posgrado/ptr/>



## Informes



271 180 57 56



01 (271) 71 66000, 55 y 57



[paisajeyturismo@colpos.mx](mailto:paisajeyturismo@colpos.mx)



@Postgraduados  
@PaisajeyTurismoRural