

**Alimento fermentado a
base de caña de azúcar
(*Saccharum spp.*)
en el cambio de peso de
bovinos en pastoreo**

pág. 56

Año 9 • Volumen 9 • Número 7 • julio, 2016

AVES RAPACES ASOCIADAS A LINDEROS ARBÓREOS ADYACENTES A CULTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>) EN LA CHONTALPA, TABASCO	3
EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>) EN MÉXICO: UNA HISTORIA DE ÉXITO CON NUEVOS DESAFÍOS	8
TRANSFERENCIA DEL MODELO DE ALTA RENTABILIDAD PARA LA TRANSFORMACIÓN INTEGRAL DEL CAMPO CAÑERO EN MÉXICO	14
REDUCCIÓN DE COSTOS EN LA MICROPROPAGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>)	18
CALIDAD DE JUGOS DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>) SEGÚN EL CICLO DE CULTIVO EN CHIAPAS, MÉXICO	23
USO DE RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>) PARA ELABORAR ABONOS ORGÁNICOS	29

y más artículos de interés...

Estructura

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

La estructura de la contribución será la siguiente:

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

Formato

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

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

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

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

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

Citas libros y Revistas:

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

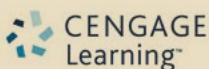
DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS

CONEXOS, Año 9, Volumen 9, número 7, julio 2016, Agroproductividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-022412450500-102. ISSN: 01887394, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Impresa en México por Printing Arts México, S. de R. L. de C. V., Calle 14 no. 2430, Zona Industrial Guadalajara, Jalisco, México. CP 44940. Este número se terminó de imprimir el 31 de julio de 2016 con un tiraje de 3000 ejemplares.



Contenido

3	AVES RAPACES ASOCIADAS A LINDEROS ARBÓREOS ADYACENTES A CULTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) EN LA CHONTALPA, TABASCO
8	EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) EN MÉXICO: UNA HISTORIA DE ÉXITO CON NUEVOS DESAFÍOS
14	TRANSFERENCIA DEL MODELO DE ALTA RENTABILIDAD PARA LA TRANSFORMACIÓN INTEGRAL DEL CAMPO CAÑERO EN MÉXICO
18	REDUCCIÓN DE COSTOS EN LA MICROPROPAGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.)
23	CALIDAD DE JUGOS DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) SEGÚN EL CICLO DE CULTIVO EN CHIAPAS, MÉXICO
29	USO DE RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) PARA ELABORAR ABONOS ORGÁNICOS
35	ESTRUCTURA POBLACIONAL DE ROEDORES PLAGA EN CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) EN LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO
41	OBTENCIÓN DE CELULOSA A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.)
46	PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE ALIMENTOS ELABORADOS CON CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) Y POLLINAZA FERMENTADA EN ESTADO SÓLIDO
51	DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL DE HUEVECILLOS DE MOSCA PINTA (<i>Aeneolamia</i> spp.) EN CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) EN LA REGION CENTRAL DE VERACRUZ
56	ALIMENTO FERMENTADO A BASE DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) EN EL CAMBIO DE PESO DE BOVINOS EN PASTOREO
62	EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE INOCULACIÓN DE <i>Xanthomonas albilineans</i> (Ashby) Dowson, EN CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.)
68	ENERGÍA DISPONIBLE A PARTIR DE BIOMASA DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.)
75	CASO DE ÉXITO: REORIENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE CHAYOTE



Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Alejandro Rojas Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:

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

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

Impresión 3000 ejemplares.

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

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

Directorio

Said Infante Gil
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro[†]
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez
Director de Agroproductividad

Comité Técnico-Científico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

Editorial

Volumen 9 • Número 7 • julio, 2016.

El cultivo de la caña de azúcar en el mundo representa una fuente de energía en distintas vertientes para la sociedad, sin embargo, su consumo para transformar la biomasa de campo en dulce y derivados, está siendo cuestionada por el impacto ambiental, sobre todo por las corrientes sociales que estudian el impacto del cambio climático y consecuencias en la salud de los habitantes. **AGRO PRODUCTIVIDAD** entrega una serie de resultados de investigación, encaminados a mejorar las actividades de la cadena de valor de la caña de azúcar, y un aspecto relevante es la estimación de energía que representa la biomasa residual en campo, que bajo un uso estandarizado ayudaría a la reducción de costos e impacto ambiental que se genera por uso de combustibles fósiles. Existe una queja recurrente de los habitantes de poblaciones aledañas a los centros de proceso (ingenios) debido a la emisión de cenizas que llevan una mezcla de biomasa y combustóleo, que causan contaminación de agua, enseres domésticos y respiratorios. Es importante considerar que futuras investigaciones aborden el tema de inversión energética de forma sostenible en el procesamiento de la caña de azúcar en conciliación con el ambiente y las personas. La producción global de azúcar anualmente supera a la demanda, y con ello, el volumen de biomasa disponible para generar energía.

Dr. Jorge Cadena Iñiguez
Director de **AGRO PRODUCTIVIDAD**

AVES RAPACES ASOCIADAS A LINDEROS ARBÓREOS ADYACENTES A CULTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN LA CHONTALPA, TABASCO

BIRDS OF PREY ASSOCIATED TO TREE BOUNDARIES ADJACENT TO SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) PLANTATIONS IN CHONTALPA, TABASCO

Sánchez-Soto, S.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n, H. Cárdenas, Tabasco, México. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS.

Autor de correspondencia: sssoto@colpos.mx

RESUMEN

Para identificar las especies de aves rapaces que se asocian a los linderos arbóreos que delimitan los cultivos de caña (*Saccharum* spp.), durante mayo, 2013 a noviembre 2014. Se efectuaron 26 recorridos en un tramo de 5 km de linderos arbóreos, por la tarde, con el fin de detectar aves rapaces, mediante un binocular, y ser fotografiadas para su identificación por comparación con guías de campo. Se identificaron 11 especies incluidas en cuatro familias y tres órdenes: Accipitriformes (Cathartidae: *Coragyps atratus* y *Cathartes aura*; Accipitridae: *Elanus leucurus*, *Buteogallus urubitinga*, *Buteo magnirostris* y *Buteo plagiatus*), Strigiformes (Strigidae: *Glaucidium brasilianum*) y Falconiformes (Falconidae: *Caracara cheriway*, *Herpethotes cachinnans*, *Falco sparverius* y *Falco femoralis*). Todas tienen potencial como agentes de control biológico de roedores plaga, pero se considera que *E. leucurus* es la especie de mayor potencial al consumir ratas y ratones, es residente y se registró en 46% de los recorridos; seguida de *B. magnirostris*, que a pesar de ser generalista en su dieta, es residente y se registró en 96% de los recorridos.

Palabras clave: Aves de presa, linderos arbóreos, caña de azúcar, Tabasco.

ABSTRACT

In order to identify the species of birds of prey that are associated to tree boundaries that demarcate sugar cane (*Saccharum* spp.) plantations, twenty-six visits were carried out from May 2013 to November 2014 to a stretch of 5 km of tree boundaries, in the afternoon, with the aim of detecting birds with binoculars, and to photograph them for their identification compared with field guides. Eleven species included in four families and three orders were identified: Accipitriformes (Cathartidae: *Coragyps atratus* and *Cathartes aura*; Accipitridae: *Elanus leucurus*, *Buteogallus urubitinga*, *Buteo magnirostris* and *Buteo plagiatus*), Strigiformes (Strigidae: *Glaucidium brasilianum*) and Falconiformes (Falconidae: *Caracara cheriway*, *Herpethotes cachinnans*, *Falco sparverius* and *Falco femoralis*). All of them have potential as agents for biological control of pest rodents, but it is considered that *E. leucurus* is the species with greatest potential to consume rats and mice, is a resident and was found in 46 % of the visits; it was followed by *B. magnirostris*, which despite being a generalist in its diet, is a resident and was found in 96 % of the visits.

Keywords: birds of prey, tree boundaries, sugar cane, Tabasco.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio, 2016. pp: 3-7.

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

INTRODUCCIÓN

En la subregión conocida como La Chontalpa, en Tabasco, México, se cultivan cerca de 31,000 ha de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), que representa 89% de la superficie total sembrada con dicho cultivo en dicha entidad (SIAP, 2015). Un problema fitosanitario que afecta al cultivo es el daño ocasionado por roedores, que atacan principalmente la base del tallo de las plantas, ocasionando pérdidas de entre 5% a 10% de la cosecha (Flores, 1994). Los aspectos básicos para el control integrado de este grupo de plagas incluye la acción de enemigos naturales, entre los cuales figuran las aves rapaces, cuya presencia en las áreas cañeras debe ser favorecida mediante estrategias de manejo (Sánchez-Navarrete, 1981), sin embargo, antes de implementar acciones en este sentido es importante contar con información básica respecto a éstos, considerando en primera instancia la identificación taxonómica de las especies que ocurren en las áreas cañeras (Quintero-Romanillo et al., 2009). El presente trabajo tuvo como objetivo identificar las especies de aves rapaces que se encuentran asociadas a linderos arbóreos en un área cañera del área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ), en La Chontalpa, Tabasco, México, considerando que en esta zona son comunes los linderos arbóreos que delimitan los cultivos de caña de azúcar con potreros, caminos y canales de drenaje, en cuyos márgenes puede haber franjas de vegetación secundaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó de mayo de 2013 a noviembre de 2014 en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Tabas-

co (17° 59' 05" y 17° 59' 51" N, y 93° 34' 13" y 93° 35' 33" O), aproximadamente a 500 m del IPBJ. El clima en el área es cálido húmedo con lluvias en verano; la temperatura media de 26 °C y precipitación acumulada de aproximadamente 2,250 mm anuales. En el sitio de estudio la caña de azúcar se cultiva en lotes que en conjunto cubren una superficie aproximada de 30 ha; además existen potreros para la cría de ganado vacuno, plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), hule (*Hevea brasiliensis*), cocotero (*Cocos nucifera*), palma aceitera (*Elaeis guineensis*), mango (*Mangifera indica*) y áreas para la siembra de cultivos anuales como maíz (*Zea mays*), así como fragmentos de selva mediana perennifolia y vegetación secundaria. Durante dicho período se realizaron 26 recorridos en un tramo de 5 km de linderos arbóreos seleccionados previamente. Se consideraron linderos lineales constituidos de diversas especies arbóreas, incluyendo chilpilcoite (*Diphysa robinoides*), co-coite (*Giricidia sepium*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), melina (*Gmelina arborea*), moté (*Erythrina americana*), mulato (*Bursera simaruba*), palma aceitera (*Elaeis guineensis*) y teca (*Tectona grandis*), entre otros. Estos linderos se localizan entre dos cultivos de caña, o entre un cultivo de caña y un potrero, separados por caminos de terracería (rurales). También se tomaron en cuenta linderos constituidos por franjas de vegetación secundaria (acahual), presentes principalmente en el margen de canales de desagüe (drenaje), colindantes con cultivos de caña de azúcar. Cada recorrido se realizó entre las 15:00 pm y 18:00 pm, debi-

do a que en este horario las actividades humanas son mínimas con relación al horario matutino. Las observaciones se realizaron con recorridos a baja velocidad (2-4 km h⁻¹), escudriñando a la vez la vegetación arbórea con el fin de detectar aves rapaces. Al observar una o más de ellas, el vehículo se detuvo y se procedió al conteo y observación de las mismas mediante un binocular Brunton Eterna 11x45; en seguida, se fotografiaron con una cámara digital Canon Power Shoot SX50 HS con zoom óptico de 50x. Posteriormente, las especies se identificaron comparando las fotografías con las imágenes presentes en las guías de Peterson y Chalfif (1989), Howell y Webb (1995) y Van Perlo (2006), considerándose también las descripciones morfológicas incluidas en las mismas. La lista de las especies determinadas siguió el orden propuesto por la AOU (1998). El nombre científico y nombre común actualizados se tomó del trabajo de Escalante et al. (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de estudio se observaron 11 especies de aves rapaces, las cuales se agrupan en tres órdenes y cuatro familias (Cuadro 1). Esta cantidad representa el 20.7% de aves rapaces registradas para el estado de Tabasco (Chablé-Santos et al., 2005) y el 61.1% de las rapaces registradas para el Parque



Ecológico de La Chontalpa, un área natural protegida localizada cerca del área de estudio (Sánchez-Soto, 2012). Las 11 especies son residentes, excepto *F. sparverius* que es migratoria. Todas tienen hábitos diurnos, excepto *G. brasilianum* que es ave rapaz nocturna con hábitos relativamente diurnos (Carrera et al., 2008). Dos de ellas, *F. femoralis* y *B. urubitinga*, se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana 059 como especie amenazada y especie sujeta a protección especial, respectivamente (SEMARNAT, 2010).

Cuadro 1. Órdenes y familias de aves rapaces observadas en linderos arbóreos adyacentes a cultivos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Orden	Familia	Especie	Nombre común
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	zopilote común
		<i>Cathartes aura</i>	zopilote aura
	Accipitridae	<i>Elanus leucurus</i>	milano cola blanca
		<i>Buteogallus urubitinga</i>	aguililla-negra mayor
		<i>Buteo magnirostris</i>	aguililla caminera
		<i>Buteo plagiatus</i>	aguililla gris
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	tecolote bajo
Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	caracara quebrantahuesos
		<i>Herpetotheres cachinnans</i>	halcón guaco
		<i>Falco sparverius</i>	cernicalo americano
		<i>Falco femoralis</i>	halcón fajado

Estos resultados (Cuadro 1) presentan cierta similitud con los de Quintero-Romanillo et al. (2009), quienes determinaron las especies de aves rapaces en un área de cultivos de caña de azúcar en Ahome, Sinaloa, México. Estos autores observaron 10 especies, incluyendo a *C. atratus*, *C. aura*, *E. leucurus*, *C. cheriway*, *F. sparverius* y *F. femoralis*. Las especies *C. atratus*, *C. aura* y *C. cheriway* se alimentan principalmente de carroña; sin embargo, como especies oportunistas pueden llegar a capturar presas vivas (Márquez-Reyes et al., 2005), por ello, su presencia en áreas cañeras es importante desde el punto de vista de sanidad ambiental, y porque pueden actuar

como agentes de control biológico de roedores en ciertas situaciones; por ejemplo, en la zona de La Chontalpa se han observado agrupaciones de *C. cheriway* y *C. atratus* en campos cañeros después de la quema del cultivo, debido probablemente a que procuran presas heridas o indefensas, además de carroña. De hecho, de las especies carroñeras (Cuadro 1), *C. atratus* y *C. cheriway* se observaron en la mayoría de los recorridos presentando mayor número de individuos (Cuadro 2) debido a sus hábitos relativamente gregarios (Howell y Webb, 1995). Se resalta que aunque solo se detectó un individuo de *C. aura* perchando en el borde de un acahual (Cuadro 2), con frecuencia se observaron varios individuos sobrevolando el área de estudio. Con excepción de *E. leucurus* que se alimenta principalmente de ratas y ratones, el resto de las especies no carroñeras (Cuadro 1) son de hábitos alimenticios más generalistas, e incluyen en su dieta especies de roedores que cazan por lo general desde una percha (Cartron et al., 2000, Márquez-Reyes et al., 2005). Desde este punto de vista, los linderos arbóreos adyacentes a los cultivos de caña de azúcar constituyen

Cuadro 2. Número de recorridos para observación de aves rapaces en linderos arbóreos adyacentes a cultivos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Especie	Recorridos	Núm. de Individuos	Lindero
<i>Coragyps atratus</i>	25	1 - 30	entre caña y potrero, acahual
<i>Cathartes aura</i>	1	1	acahual
<i>Elanus leucurus</i>	12	1 - 2	entre caña y potrero acahual
<i>Buteogallus urubitinga</i>	2	1	acahual
<i>Buteo magnirostris</i>	25	1 - 3	entre caña y caña entre caña y potrero acahual
<i>Buteo plagiatus</i>	2	1	entre caña y caña acahual
<i>Glaucidium brasilianum</i>	1	1	acahual
<i>Caracara cheriway</i>	21	1 - 11	entre caña y caña entre caña y potrero
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	5	1	entre caña y caña entre caña y potrero acahual
<i>Falco sparverius</i>	5	1	entre caña y caña entre caña y potrero
<i>Falco femoralis</i>	5	1	entre caña y caña entre caña y potrero acahual

un factor importante que debe ser considerado en el control biológico de roedores plaga, ya que además de servir como sitios de percha para aves rapaces, pueden funcionar como sitios de anidación de las mismas. Estas arboledas tienen ventajas económicas y ecológicas, incluyendo los beneficios en la conservación de la biodiversidad (Villanueva *et al.*, 2008).

Todas las especies observadas (Cuadro 1) tienen cierto potencial en la regulación poblacional de roedores plaga del cultivo de caña de azúcar, y su importancia relativa estaría en función de su especificidad alimenticia, estacionalidad y abundancia, entre otros factores. Tomando en cuenta esto, la especie con alto potencial es *E. leucurus* (Figura 1) que se alimenta básicamente de roedores (Leveau *et al.*, 2002; Márquez-Reyes *et al.*, 2005) y es una especie residente registrada en 46% de los recorridos de campo (Cuadro 2), perchando alto en ramas con escaso follaje o ramas secas de árboles muertos, coincidiendo con la información de Márquez-Reyes *et al.* (2005), lo que se debe tomar en cuenta en las estrategias de manejo para favorecer su presencia en áreas con cultivos de caña de azúcar. Otra especie que podría tener buen potencial es *B. magnirostris* (Figura 2), que aunque su dieta es generalista (Márquez-Reyes *et al.*, 2005), es una especie residente que se detectó en 96% de los recorridos y en todos los linderos considerados (Cuadro 2). Debido a que los recorridos se realizaron en horas del día, no se obtuvo información sobre la presencia de aves rapaces nocturnas, con excepción de *G. brasilianum*, sin embargo, es muy probable que este grupo de aves utilice también los linderos arbóreos como sitios de percha o descanso, tomando en cuenta que varias especies ca-



Figura 2. *Buteo magnirostris* (Accipitriformes: Accipitridae)

zan roedores desde estos sitios (Köning y Weick, 2008). Para el estado de Tabasco se registran nueve especies de rapaces nocturnas (Chablé-Santos *et al.*, 2005), incluyendo a *G. brasilianum*, por lo cual es probable que en el área de estudio ocurran otras especies que cazan desde una percha.

CONCLUSIONES

En el contexto del control biológico de roedores plaga del cultivo de caña de azúcar, los linderos arbóreos adyacentes a este cultivo son un elemento importante porque constituyen sitios de percha para varias especies de aves rapaces que se alimentan de esos organismos. Se sugiere el establecimiento de linderos arbóreos en áreas que carecen de ellos con el fin de favorecer la presencia de estas aves, tomando en consideración los hábitos de las especies, principalmente de aquellas con mayor potencial de control biológico.

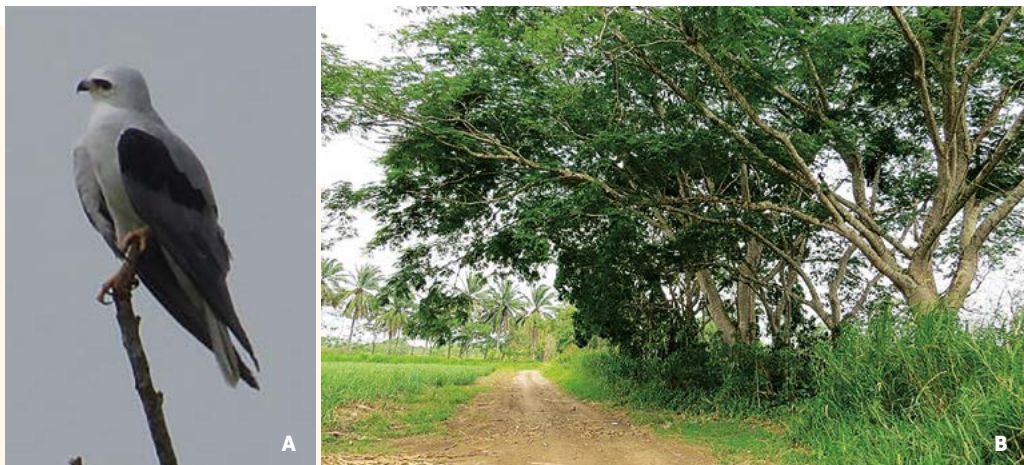


Figura 1. A: *Elanus leucurus* (Accipitriformes: Accipitridae). B: Lindero arbóreo de un cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

AGRADECIMIENTOS

A la Línea Prioritaria de Investigación 2 "Agroecosistemas Sustentables", Colegio de Postgraduados por los recursos financieros para la realización de este estudio.

LITERATURA CITADA

- AOU (American Ornithologists' Union). 1998. Check-list of North American birds, 7th edition. Allen Press. Lawrence, Kansas, USA.
- Carrera J.D., Fernández F.J., Kacoliris F.P., Pagano L., Berkunsky I. 2008. Field notes on the breeding biology and diet of ferruginous pygmy-owl (*Glaucidium brasilianum*) in the Dry Chaco of Argentina. *Ornitología Neotropical* 19: 315-319.
- Cartron J.L.E., Richardson W.S., Proudfoot G.A. 2000. Pp. 5-15. Capítulo 1: The cactus ferruginous pygmy-owl: taxonomy, distribution, and natural history. *In*: Cartron, J.L.E., Finch, D.M. (eds.). Ecology and Conservation of the Cactus Ferruginous Pygmy-Owl in Arizona. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-43. Ogden, UT: U.S.: Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 68 p.
- Chablé-Santos J.B., Escalante-Pliego P., López-Santiago G. 2005. Aves, Cap. 12. Pp. 261-282. *In*: Bueno J., Álvarez F. y Santiago S. (eds.). Biodiversidad del Estado de Tabasco. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 370 p.
- Escalante P., Sada A.M., Robles-Gil J. 2014. Listado de Nombres Comunes de las Aves de México. Universidad Nacional Autónoma de México, y Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves de México. México, D.F. 39 p.
- Flores C. 1994. Las Plagas de la Caña de Azúcar en México. Sin Ed. México, D.F. 350 p.
- Howell S.N.G., Webb S. 1995. A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. New York. 851 p.
- Köning C., Weick F. 2008. Owls of the World. Yale University Press. 528 p.
- Leveau L.M., Leveau C.M., Pardiñas U.F.J. 2002. Dieta del Milano blanco (*Elanus leucurus*) en Argentina. *Ornitología Neotropical* 13: 307-311.
- Márquez-Reyes C., Bechard M., Harders F.G., Vanegas V.H. 2005. Aves Rapaces Diurnas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt". Bogotá D.C., Colombia. 394 p.
- Peterson R.T., Chalif E.L. 1989. Aves de México. Guía de Campo. Editorial Diana. México, D.F. 473 p.
- Quintero-Romanillo A.L., Barreras-Fitch R.C., Orozco-Gerardo J.A., Rangel-Cota G. 2009. Determinación de especies de aves rapaces, en el área de abastecimiento de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*) de la cia. azucarera de los Mochis S. A. de C. V., susceptibles de ser utilizadas como control biológico en el manejo integrado de plagas. *Ra Ximhai* 5: 239-245.
- Sánchez-Navarrete F. 1981. Roedores y Lagomorfos. Colegio de Ingenieros Agrónomos de México, A.C. México, D.F. 247 p.
- Sánchez-Soto S. 2012. Lista actualizada de las aves del Parque Ecológico de la Chontalpa, Tabasco, México. *Huitzil* 13: 173-180.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial, 30 de diciembre de 2010, 2a Sección. México, DF.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (consultado el 8 de abril de 2015).
- Van Perlo B. 2006. Birds of Mexico and Central America. Princeton University Press. New Jersey. 336 p.
- Villanueva C., Ibrahim M., Casasola F. 2008. Valor Económico y Ecológico de las Cercas Vivas en Fincas y Paisajes Ganaderos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 36 p.



EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN MÉXICO: UNA HISTORIA DE ÉXITO CON NUEVOS DESAFÍOS

GENETIC IMPROVEMENT OF SUGARCANE (*Saccharum* spp.) IN MÉXICO: A STORY OF SUCCESS WITH NEW CHALLENGES

Senties-Herrera, H.E.¹, Gómez-Merino, F.C.², y Loyo-Joachin, R.¹

¹Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Agrícola Tangamanga, A.C. Carretera Cosamaloapan-Tuxtepec km 99. Rancho San Rafael, Tangamanga, Municipio de Cosamaloapan de Carpio, Veracruz, México. C.P. 95420. ²Colegio de Postgraduados *Campus* Córdoba, Carretera Córdoba-Veracruz km 348. Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C.P. 94961.

Autor de correspondencia: hector.ciitatac@gmail.com

RESUMEN

El programa de mejoramiento genético de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) junto con las estaciones de Hibridación y Cuarentenaria, y once Centros Experimentales Regionales, genera, evalúa y selecciona nuevas variedades de alto rendimiento agroindustrial, con resistencia a las principales plagas, y buena adaptabilidad a las diferentes condiciones agroclimáticas de las seis regiones cañeras que existen en México, para hacer frente a los embates del cambio climático. En esta contribución se analiza la estructura del programa nacional de mejoramiento genético, logros importantes y algunos desafíos que este sector enfrenta en la actualidad. Se destacan adelantos científicos y tecnológicos, aunque se continúa con un esquema de mejoramiento genético convencional, que implica un periodo de 14 a 15 años para liberar una nueva variedad. Con este esquema, se ha logrado generar un número considerable de variedades que ocupan el 55% de la superficie cultivada con caña, que posiciona a México como el sexto productor mundial de este cultivo. Dentro de los retos más cruciales se encuentra el aumento de la base genética, los rendimientos de campo y la necesidad de diversificación del cultivo y la industria.

Palabras clave: Poaceae, Saccharinae, hibridación, selección.

ABSTRACT

The program for sugarcane (*Saccharum* spp.) genetic improvement of the Center for sugarcane Research and Development (Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar, CIDCA), together Hybridization and Quarantine Stations and eleven Regional Experimental Centers, generates, evaluates and selects new varieties of high agro-industrial yield, with resistance to the main pests and good adaptability to different agro-climate conditions in the six sugarcane regions in México, to endure the assault from climate change. In this contribution, the structure of the national program for genetic improvement is analyzed, as well as important achievements and some challenges that this sector currently faces. Scientific and technological advancements are highlighted, although a scheme for conventional genetic improvement is continued, which implies a period of 14 to 15 years to liberate a new variety. Even so, an important number of varieties have managed to be generated, which occupy 55 % of the surface cultivated with sugar cane, placing México as the sixth world producer of this crop. The most crucial challenges are the increase of the genetic base, the field yields, and the need for diversification of the crop and the industry.

Keywords: Poaceae, Saccharinae, hybridization, selection.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio. 2016. pp. 8-13.

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



INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo ampliamente distribuido en el mundo y en la actualidad se produce en más de 130 países y territorios. Brasil ocupa el primer lugar con 30% de la producción mundial, seguido de India con 21%, China con 7% y México ocupa el sexto lugar con 3.5% (Senties-Herrera y Gómez-Merino, 2014). Este cultivo se extiende a lo largo de los trópicos y subtropicales entre los 37.7° N, hasta los 31° S, desde el nivel del mar hasta altitudes de 1,600 m (Salgado-García *et al.*, 2013). Su capacidad productiva varía entre las zonas cañeras tropicales y subtropicales, de 40 a 150 t ha⁻¹ de caña y de 3.5 a 15 t ha⁻¹ de azúcar en promedio (Romero *et al.*, 2014), con rendimientos potenciales que se calculan desde 470 t ha⁻¹ según Dal-Bianco *et al.* (2012), hasta 805 t ha⁻¹, de acuerdo con Yavad *et al.* (2010). En México, el cultivo de la caña de azúcar en términos de generación de valor, se constituye como el segundo más importante del país, solo después de la cadena de valor del maíz. La producción se concentra en seis regiones: Noroeste (Sinaloa), Pacífico (Nayarit, Colima, Jalisco y Michoacán), Centro (Morelos y Puebla), Noreste (Tamaulipas y San Luis Potosí), Golfo (Veracruz, Tabasco, Oaxaca) y Sur (Campeche, Chiapas y Quintana Roo) (Hernández-Cázares, 2014; Senties-Herrera *et al.*, 2014) (Figura 1). La Región Golfo es la más importante con una participación de 47.8% de la producción nacional, seguida por la Pacífico con el 20.4%, Noreste con 13.5% y las regiones Noreste, Noroeste y Sur participan con 18.1% restante (Senties-Herrera *et al.*, 2014). La superficie cultivada es de alrededor de 800 mil hectáreas (CNPR, 2016), con una superficie potencial de aproximadamente cinco millones de hectáreas (SIAZUCAR, 2009).

En las últimas diez zafras (2004/2005 a 2014/2015) la producción de caña por hectárea ha presentado cam-

bios importantes (Figura 2). El rendimiento de caña en las primeras ocho zafras se redujo en 15% para este periodo, ya que en la zafra 2004/2005 se obtuvo un rendimiento promedio de 77 t ha⁻¹ y paso a 65 t ha⁻¹ en la zafra 2011/2012. Sin embargo, para la zafra inmediatamente posterior se incrementó 16% el rendimiento promedio para alcanzar 78 t ha⁻¹, pero esta tendencia no se mantuvo en las dos zafras posteriores (2013/2014 y 2014/2015), ya que se mostró reducción de 13%, para llegar a un rendimiento de 68 t ha⁻¹. Esta tendencia se mantiene similar al análisis realizado por Senties-Herrera *et al.* (2014), que indica que el crecimiento anual es del 0.4%, y que en comparación con los aumentos observados en Brasil, los cuales han alcanzado 1.5% anual (Waclawovsky *et al.*, 2010), las ganancias que se han obtenido en México siguen siendo bajas, sin embargo, la superficie sembrada, se ha incrementa-

do año con año; registrando para la zafra 2004/2005 con más de 650 mil hectáreas y para la zafra 2014/2015 superó las 800 mil ha de cultivo equivalente a 23% de aumento.

Con relación a materiales de caña de azúcar más empleados en México, para 1980, nueve variedades ocuparon 70% de área cultivada, y en 2012, se redujo a cuatro variedades (CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 79-431 y ITV 92-1424) que ocuparon 73% de la superficie cultivada (Senties-Herrera y Gómez-Merino, 2014). Para el año 2014, esta misma tenencia de las variedades se mantuvo (Figura 3).

Características del programa de mejoramiento genético de caña de azúcar

En México el mejoramiento genético de caña de azúcar se realiza por vía sexual, en la Estación de Hibridación ubicada en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas desde 1952 (IMPA, 1983). Los trabajos de hibridación en los

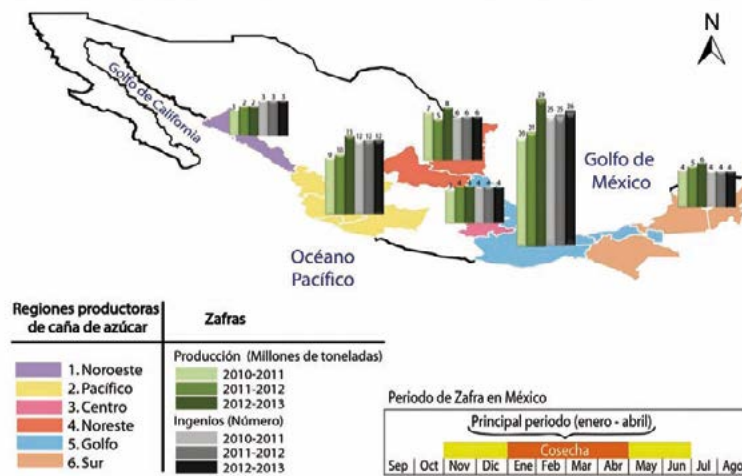


Figura 1. Regiones productoras de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México. Las columnas verdes sobre las entidades representan la producción de caña de azúcar por zafra en millones de toneladas, en tanto que el número de ingenios azucareros que operaron se representa en columnas grises, ciclos de cosecha: 2010/2011; 2011/2012; 2012/2013.

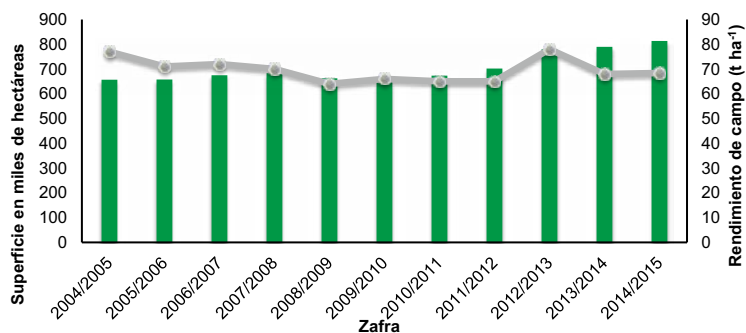


Figura 2. Variación en la superficie sembrada (columnas) y rendimiento promedio por hectárea de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) (línea superior) (Fuente: CNPR, 2016, Manual Azucarero Mexicano, 2016).

últimos 60 años han permitido que más de 150 variedades mexicanas se hayan liberado, y ocupen 55% de la superficie sembrada del país; el 45% restante se encuentra sembrado con variedades extranjeras, gracias al Programa de Intercambio e Importación de Variedades que mantiene la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (CNIAA) (CIDCA, 2016). Senties-Herrera *et al.* (2014), reportan que las variedades mexicanas sobresalientes son: Mex 69-290, Mex 79-431, ITV 92-1424, Mex 68-P-23, Mex 57-473, ATEMEX 96-40, Mex 69-749, Mex 68-1345, Mex 55-32, Mex 73-1240 y Mex 80-1410, y las extranjeras de mayor importancia son: CP 72-2086, RD 75-11, My 55-14, NCo 310, SP 70-1284, Co 997, L 60-14 y CP 44-101. De todas ellas, destaca la variedad CP 72-2086, la cual ocupa el primer lugar en superficie cultivada a partir de la zafra 2010/2011 (Salgado *et al.*, 2013; Senties-Herrera *et al.*, 2014). Lo anterior sugiere que el programa de mejoramiento del país necesita ampliar su base genética, dada la tendencia a mayor homogeneidad de los materiales y que hacen vulnerable al sistema ante embates de naturaleza tanto biótica como abiótica, como lo demostraron González-Jiménez *et al.* (2011), al evaluar la similitud de 12 variedades de caña de azúcar del estado de Tabasco. El dendrograma derivado de análisis de AFLP reveló solo tres grupos distintos de *Saccharum* spp. El grupo I comprendió las variedades C 87-51, ATM 96-40, B 4362, Mex 69-290, Mex 57-1285 y Mex 91-130, las cuales presentaron un 0.77% de similitud genética. El grupo II comprendió las variedades, RD 75-11, Mex 79-431, SP 70-1284, Mex 59-32 y CP 72-2086, las cuales formaron un conglomerado, por consiguiente 0.70% de características genéticas similares. El grupo III lo integró la variedad Mex 68-P-23, que presentó menor similitud genética con 0.22% al resto de las variedades. Senties-Herrera y Gómez-Merino (2014), han abordado ampliamente esta problemática con su propuesta de nuevas directrices en mejoramiento genético en caña de

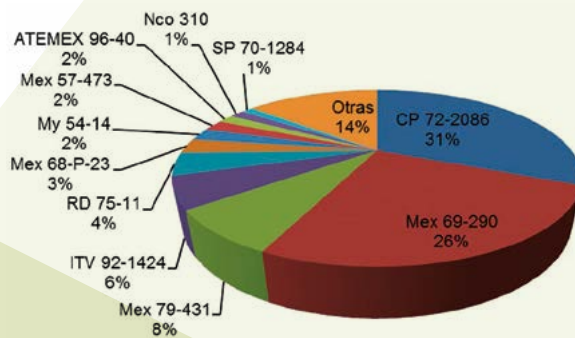


Figura 3. Distribución porcentual de las principales variedades que sustentan el 86% de la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México (Manual Azucarero Mexicano, 2015).

azúcar. Por otra parte, Gómez-Merino *et al.* (2014), describen cuales con las necesidades de innovación más apremiantes en la producción de este importante cultivo, entre las que destaca la generación de nuevas variantes con adaptación a variables de cambio climático global (Cuadro 1).

Coordinación del programa de mejoramiento genético

El principal objetivo de la estrategia nacional de mejoramiento genético en caña de azúcar es seleccionar variedades adecuadas a las seis regiones agroecológicas del país, a través del trabajo coordinado del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA), una estación de Hibridación y otra de Cuarentena, con once Campos Experimentales Regionales (CER), que atienden a un determinado número de ingenios (Figura 4) (Senties-Herrera *et al.*, 2014).

La Estación de Hibridación se encuentra en las instalaciones del CIDCA, ubicado en la Carretera Tapachula-Talismán km 17.5, entre los paralelos 14° 57' de latitud norte y 90° 10' de longitud oeste, a 366 metros sobre el nivel del mar. Esta ubicación proporciona excelentes condiciones naturales para obtener Fuzz (semilla botánica) de alta calidad y viabilidad. Cuenta con un banco de germoplasma compuesto por 3,184 variedades de las cuales, 1,133 son mexicanas y 2,051 extranjeras. Cuenta además con 16 bancos de cruza- mientos constituidos por un grupo selecto de progenitores. El cruzamiento de estos materiales se lleva a cabo anualmente para obtener

Cuadro 1. Necesidad de innovación en la producción de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en México (Gómez-Merino *et al.*, 2014).

En uso de insumos y aprovechamiento de recursos naturales	En aspectos ambientales y cambio climático	En aspectos agronómicos
<ul style="list-style-type: none"> • Uso eficiente del agua • Uso eficiente de fertilizantes, biofertilizantes y abonos • Aprovechamiento estratégico de recursos genéticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a sequías • Resistencia a heladas • Resistencia a inundaciones • Resistencia a choque térmico • Tolerancia y resistencia a plagas y enfermedades • Gestión ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Cosecha en verde y mecanización • Digitalización y agricultura de precisión • Aplicaciones biotecnológicas y ciencias genómicas • Organización de productores • Certificación de procesos



Figura 4. Coordinación del programa de mejoramiento genético y selección de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en México.

genotipos potencialmente adaptables a las diferentes zonas agroecológicas de México y cumplir compromisos internacionales, dado que el CIDCA trabaja conjuntamente en el mejoramiento genético y selección de variedades con países como Guatemala, Colombia y Venezuela (CIDCA, 2016). La Estación Nacional Cuarentenaria de la Caña de Azúcar (ENCCA) se localiza en Tizimín, Yucatán, que recibe material genético foráneo, y es evaluado durante 18 meses para confirmar su sanidad. El material sano es remitido a los diferentes CER, así como al

CIDCA. Se ingresa al Banco de Germoplasma solo aquel genotipo que presenta características sobresalientes para ser usado como progenitor, con el fin de aportar variabilidad para el programa de hibridación (Flores-Revilla, 2012). Los CER se distribuyen de manera estratégica en las seis regiones agroecológicas de México, lo que ha permitido seleccionar variedades bajo una adecuada presión de selección, y que actualmente se cuenta con todas las fases selectivas. Bajo este programa este programa convencional se requiere de 14-15 años para ob-

tener el primer resultado, pero una vez establecido el proceso cada año se generan nuevas variedades (Flores, 2001). Actualmente, algunos CER ya cuentan con variedades liberadas para el campo comercial tales como: ATEMex 96-40, ATEMex 98-1, LGM 92-156, ICPMex 92-1420, LTMex 96-10, MOTZMex 91-207, MOTZMex 91-789 (CIDCA, 2016). En la actualidad, la nomenclatura de las nuevas variedades será designada con las sigla Mex, seguidas del año de generación (año en que se realizó el cruzamiento) y la numeración restante se determinará con base a

los rangos asignados a cada CER (Flores-Revilla, 2012). En años recientes se ha dado un impulso considerable al desarrollo biotecnológico para el mejoramiento genético de la caña de azúcar. Hasta ahora ha sido claro que se carece de herramientas moleculares aplicables a este cultivo, y los esfuerzos iniciales por desarrollar una plataforma de etiquetas de secuencias expresadas (EST: <http://sucest-fun.org/index.php/projects/sucest>) ha tenido poco impacto en el mejoramiento (Dal Bianco *et al.*, 2012). Uno de los grandes desafíos que enfrenta el cultivo de la caña de azúcar para desarrollar estrategias de mejoramiento eficientes es la complejidad del genoma, aunado a problemas de baja eficiencia de transformación genética, inactivación de transgenes, variación somaclonal y dificultades de los retrocruzamientos (Birch, 2014). En general, los modelos probabilísticos desarrollados por especialistas en genética estadística son aplicables solo a especies diploides, y no son aptos para especies poliploides como la caña de azúcar. La contribución de alelos múltiples a caracteres complejos como el rendimiento continúa siendo una pregunta sin resolver para la caña de azúcar. Pese a ello, los avances recientes en genómica funcional de este cultivo han permitido definir rutas genéticas importantes para su mejoramiento (Grativol *et al.*, 2014). Se espera que tanto los protocolos de transformación genética como de mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares se hagan más eficientes y permitan en un futuro aumentar la capacidad de síntesis de azúcar, tolerancia o resistencia a embates ambientales y de mayor rendimiento (Dal Bianco *et al.*, 2012). Debido a su destacada capacidad para convertir la energía lumínica en carbohidratos y su habilidad para acumular sacarosa en sus tallos, además de su fácil cultivo, la caña de azúcar representa una de las plantas más interesantes para la producción agroalimentaria y bioenergética.

CONCLUSIONES

El mejoramiento genético de la caña de azúcar en México ha permitido que más de 50% de la superficie cultivada la ocupen variedades generadas por dicho programa. Este programa presenta una estructura bien organizada para llevar a cabo los trabajos de hibridación, evaluación y selección de nuevas variedades, esfuerzos que se traducen en materiales mejorados que responden a la problemática agroindustrial y variables del cambio climático para las distintas regiones productoras del país. Para aumentar la eficiencia de este cultivo como cadena de valor en general, se sugiere tomar alternativas relacionadas con producción, rentabilidad y sostenibilidad,

con sólidas bases científicas, que consideren aplicaciones biotecnológicas, tales como el cultivo de tejidos, ingeniería genética y selección asistida por marcadores moleculares, que permitan hacer predicciones genómicas y análisis multivariados que contribuyan a mejorar el sistema de producción de la caña de azúcar en México.

LITERATURA CITADA

- Birch R.G. 2014. Sugarcane Biotechnology: Axenic Culture, Gene Transfer, and Transgene Expression. *In*: Moore P.H. and Botha F.C. (Eds.), Sugarcane: Physiology, Biochemistry & Functional Biology. WILEY Blackwell. pp. 645-673
- CIDCA, 2016. Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA). <http://www.camaraazucarera.org.mx/Cidca.aspx>
- CNPR. 2016. Estadísticas de la agroindustria de la caña de azúcar 2003/2014. http://www.caneros.org.mx/site_caneros/estadisticas/nacional.pdf
- Dal-Bianco, M., Sampaio-Carneiro, M., Takeshi-Hotta, C., Giacomini-Chapola, L., Hoffmann, H.P., Franco-Garcia, A.A. and Mendes-Souza, G. 2012. Sugarcane improvement: how far can we go? *Current Opinion in Biotechnology* 23(2): 265-270.
- Flores, C.F. 2001. Las variedades de caña de azúcar en México. México. 308 p.
- Flores-Revilla, C. 2012. Proyectos: Avances y Resultados 2012. http://www.caneros.org.mx/site_caneros/descargas/pleno_gdl/04_PONENCIA_ESTACIONES_HIBRIDACION.pdf
- Gómez-Merino, F.C., Trejo-Télez, L.I., Morales-Ramos, V., Salazar-Ortiz, J., Velasco-Velasco, J., Senties-Herrera, H.E. y Ladewig, P. 2014. Necesidades de innovación en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*. 7(2): 9-15.
- González-Jiménez V., Valdez-Balero, A., Gómez-Merino, F.C., Silva-Rojas, H. V., Pérez-Flores, J., Ortiz-García, C. F. 2011. Caracterización molecular de variedades de caña de azúcar cultivadas en el estado de Tabasco, México. *Biología Vegetal* 11: 107-113.
- Grativol, C., Rugulski, M., Bertalan, M., McCombie, W.R., Rodrigues da Silva, F., Zerlotini-Neto, A., Vicentini, R., Farinelli, L., Silva-Hemerly, A., Martienssen, R. A., Gomes-Ferreira, P. C. 2014. Sugarcane genome sequencing by methylation filtration provides tools for genomic research in the genus *Saccharum*. *The Plant Journal*. 79: 162-172.
- Hernández-Cázares, A.S. 2014. La agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en México. *Agroproductividad*. 7(2): 35-41.
- IMPA. 1983. Programa de variedades. Objetivos, importancia y metodología experimental. Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar, México. 63 p.
- Manual Azucarero Mexicano. 2015. 58ª Edición. Compañía Editora del Manual Azucarero. México, D.F. 505 p.
- Manual Azucarero Mexicano. 2015. 59ª Edición. Compañía Editora del Manual Azucarero. México, D.F. 495 p.
- Romero, E.R., Scandalariis, J., Digonzelli, P.A., Leggio-Neme, M.F., Giardina, J.A., Fernández-de-Ullivarri, J., Casen, S.D., Tonatto, M.J. y Alonso, L.G. 2014. La caña de azúcar. Características y

- ecofisiología. *In*: Romero, E.R., Digonzelli, P.A. y Scandaliaris, J. (Eds.). Manual del Cañero. pp. 13- 22.
- Salgado-García, S., Lagunes-Espinoza, L.C., Núñez-Escobar, R., Ortiz-García, C.F., Bucio-Alanis, L. y Aranda-Ibañez, E. 2013. Caña de azúcar. Producción sustentable. Mundi Prensa-Colegio de Postgraduados. México, D. F. 528 p.
- Sentías-Herrera, H.E. y Gómez-Merino, F.C. 2014. Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*. 7(2): 9-15.
- Sentías-Herrera, H.E., Gómez-Merino, F.C., Valdez-Balero, A. Silva-Rojas, H.V. and Trejo-Téllez, L.I. 2014. The Agro-Industrial Sugarcane System in Mexico: Current Status, Challenges and Opportunities. *Journal of Agricultural Science*. 6(4): 26-55.
- SIAZUCAR. 2009. Convención Nacional de Geografía 2009. <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/eventos/cng2009/memoria/cng2009/20091019%20siazucar%20para%20cng%20julio%20c-rivera.pps>
- Waclawovsky, A.J., Sato, P.M., Lembke, C.G., Moore, P.H. and Souza, G.M. 2010. Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. *Plant Biotechnology Journal* 8(3):263-276.
- Yadav D.V., Jain, R. and Rai, R. K. 2010. Impact of Heavy Metals on Sugarcane. *In*: Sherameti, I. and Varma, A. (Eds.). *Soil Heavy Metals-Soil Biology*. pp. 339-367.



TRANSFERENCIA DEL MODELO DE ALTA RENTABILIDAD PARA LA TRANSFORMACIÓN INTEGRAL DEL CAMPO CAÑERO EN MÉXICO

TRANSFERENCE OF THE HIGH PROFITABILITY MODEL FOR THE INTEGRAL TRANSFORMATION OF THE SUGAR CANE FIELD IN MÉXICO

Castelán-Estrada, M.^{1*}; Salgado-García, S.¹; Ortiz-Laurel, H.²; Juárez-López, J.F.¹

¹Colegio de Postgraduados, *Campus* Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n, H. Cárdenas, Tabasco, México. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. ²Colegio de Postgraduados, *Campus* Córdoba, km 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C.P. 94946. México.

***Autor de correspondencia:** mcastelan@colpos.mx

RESUMEN

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México, históricamente presenta rendimientos que no permiten una rentabilidad suficiente. Por lo anterior, se desarrolló un proyecto a escala nacional para capacitar a técnicos de campo de 10 ingenios pertenecientes al Fideicomiso de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero (FEESA), así como a técnicos de organizaciones de productores, con el fin de transferir tecnología sobre el Modelo de Alta Rentabilidad en Caña de Azúcar, para inducir la formación de Unidades Compactas Cañeras para Alta Rentabilidad y Transferencia Tecnológica (UCCARETT). El periodo de capacitación fue en 2011 y 2012 mediante talleres teórico-prácticos, evaluando técnicamente 90 parcelas cañeras. Los resultados logrados fueron: seis talleres de producción sustentable de caña de azúcar, seis de inducción al Modelo de Alta Rentabilidad, cinco talleres temáticos regionales, cuatro talleres sobre uso eficiente de agua para riego de caña y un taller sobre el Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en caña de azúcar; totalizando 112 eventos de capacitación y 1,129 técnicos de campo profesionalizados.

Palabras clave: Caña de azúcar, capacitación, técnicos, unidades compactas cañeras.

ABSTRACT

Cultivation of sugar cane (*Saccharum* spp.) in México historically presents yields that do not allow sufficient profitability. Therefore, a project was developed at a national scale to train field technicians from 10 sugar plants that belong to the Trust for Companies Expropriated from the Sugar Sector (Fideicomiso de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero, FEESA), as well as technicians from producers' organizations, with the aim of transferring technology to the Model for High Profitability in Sugar Cane, to induce the formation of Sugar Cane Compact Units for High Profitability and Technological Transference (Unidades Compactas Cañeras para Alta Rentabilidad y Transferencia Tecnológica, UCCARETT). The development period was 2011 and 2012 through theoretical-practical training workshops, technically evaluating 90 sugar cane plots. The results achieved were: six workshops on sustainable sugar cane production, six on induction to the High Profitability Model, five regional theme workshops, four workshops on efficient use of water for sugar cane irrigation, and one workshop on the integrated system to recommend fertilizer doses (Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes, SIRDF) for sugar cane; in total, 112 training events and 1,129 professional field technicians.

Keywords: sugar cane, training, technicians, compact units.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio, 2016, pp: 14-17.

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

INTRODUCCION

Según estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016) en México se destinaron 828,609 ha al cultivo de la caña de azúcar en 2014, lo que representa un incremento superior al 50% de la superficie destinada a dicho cultivo, respecto a 1980 (537,458 ha). No obstante la mejora tecnológica inducida en las últimas décadas, los rendimientos por hectárea a nivel nacional no permiten una rentabilidad adecuada, en gran parte por la baja del precio de azúcar, que impacta con una baja eficiencia en el aprovechamiento de los recursos agrícolas (Cuadro 1).

Como resultado de detallados análisis económicos de la evolución de la agroindustria cañera en México, la Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce AC (COFUPRO) implementó a través del grupo Manejo Sustentable de la Caña de Azúcar (MAS-CAÑA) del Colegio de Postgraduados, un programa de capacitación de alcance nacional, destinado al personal técnico de los ingenios azucareros que forman parte del Fideicomiso de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero (FEESA), que incluyó ingenios azucareros de cinco estados del país (Atencingo, Casasano, Emiliano Zapata, El Modelo, El Potrero, José Ma. Morelos, Providencia, Plan de San Luis, San Cristóbal y San Miguelito). El programa duró 14 meses con aplicación de seis talleres de capacitación y cinco temáticos

regionales dirigidos a técnicos de campo y 90 evaluaciones técnicas en parcelas cañeras. El objetivo fue transferir tecnología sobre el Modelo de Alta Rentabilidad y asesoría para inducir la formación de Unidades Compactas Cañeras para Alta Rentabilidad y Transferencia Tecnológica (UCCARETT).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los talleres se basaron en presentaciones orales y prácticas de campo, analizando las tendencias mundiales en el manejo de la caña de azúcar, identificación de variedades, nutrición del cultivo, manejo integrado de plagas, calibración de equipos y maquinaria agrícola, riego, drenaje, extensión y administración agrícola. Las evaluaciones de las UCCARETT se realizaron mediante recorridos

técnicos con acompañamiento de los productores y técnicos responsables, siguiendo un formato de evaluación de la disposición física y de manejo, diseñado expresamente en base al Modelo de Alta Rentabilidad (MAR). El programa se aplicó diez Ingenios (Figura 1).

Los equipos de campo e insumos empleados fueron sensores de humedad, barrenas de acero inoxidable, estructura triangular para medir el gasto del

agua, GPS, papel indicador, tijeras de acero inoxidable y consumibles para las prácticas de los muestreos foliar y de suelos, fertilizadoras y aspersoras para las prácticas de calibración de equipos.

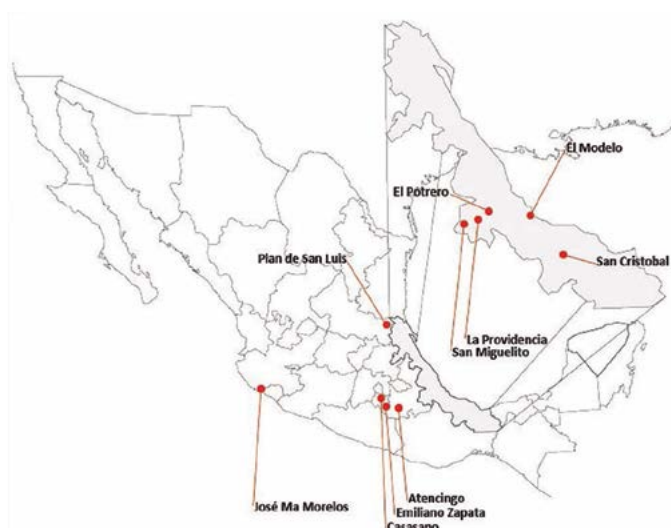


Figura 1. Ingenios pertenecientes al Fondo de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero con superficie cultivada de 137,842 ha, de 45,192 productores, localizados en cinco estados de la República Mexicana.

Cuadro 1. Comportamiento histórico de la superficie cultivada, producción de tallo moledero y rendimientos de la caña de azúcar en México (SIAP, 2016).

Año	Superficie cosechada (ha)	Tallo moledero producido (t)	Rendimiento nacional ($t\ ha^{-1}$)	Aumento de superficie cultivada (%)	Aumento de superficie acumulada (%)
1980	537,458	35,081,008	65.3	-	0.0
1990	571,162	39,907,868	69.9	6.3	6.3
2000	618,282	42,373,391	68.5	8.2	14.5
2010	703,943	50,421,619	71.6	13.9	28.4
2014	828,609	56,672,828	74.4	17.7	46.1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de campo al sistema de manejo en UC-CARETT indicó una consolidación de 80% en promedio, lo cual sugiere continuar capacitando a técnicos y productores para alcanzar el 100% de apropiación del modelo pues actualmente su aplicación varía de un ingenio a otro. Con relación a los talleres sobre producción sustentable de caña de azúcar, cada uno tuvo una duración de dos días con los temas: fisiología, nutrición y fertilización, riego y drenaje, manejo agronómico, plagas, control de malezas, sistema de gestión (SIGECAÑA) y sistemas de mecanización y cosecha del cultivo de la caña de azúcar. La masa crítica capacitada fue de 206 técnicos y productores de los diez ingenios del grupo FEESA y se les proporcionó información actualizada sobre el manejo sustentable del cultivo de la caña de azúcar. La evaluación ex-post indica adquisición de conocimientos por los técnicos y productores capacitados, con evaluación general superior a >9.0.

Inducción al modelo de alta rentabilidad en caña de azúcar (MAR)

El MAR comprende diez pasos descritos como: **Crear que se puede y comprometerse (actitudes); Diagnóstico de suelo, agua, drenaje y factores limitantes; Sistema de labranza y preparación del suelo; Alta densidad y fecha ideal de siembra; Selección de variedades y semilla adecuada; Fertilización balanceada; Manejo de agua y drenaje; Manejo integrado de plagas, incluye malezas; Preparación para cosecha, y Cosecha mecanizada en verde.** La sensibilización (crear que se puede y comprometerse) se realizó mediante una especialista en psicología, y durante el desarrollo del programa se detectó que

los 155 técnicos en proceso, no estaban familiarizados con los pasos del modelo de alta rentabilidad, reconociendo que únicamente habían recibido la Guía Básica para la Transformación y el Desarrollo del Campo Cañero FEESA-PROASA. La evaluación general del evento

fue sobresaliente, el desempeño de los profesores evaluado por los asistentes resultó en promedio >87.

Talleres temáticos regionales

Cada ingenio solicitó una temática específica para sus técnicos acorde a sus necesidades particulares con duración de tres días incluyendo teoría y prácticas en campo, capacitando un total de 194 asistentes (técnicos y productores). La evaluación general resultó superior a 88.

Evaluación técnica de las UCCARETT

Se realizó en campo para evaluar cuantitativamente el grado de consolidación de las UCCARETT. El Ingenio San Miguelito no logró conformar las UCCARETT comprometidas, por lo que no participó en esta actividad. El Ingenio José Ma. Morelos fue vendido durante la ejecución de este proyecto por lo que también fue excluido del programa (Cuadro 2). La asistencia estimada de 450 productores, técnicos e investigadores que participaron en estas actividades.

En resumen, se concluye que los 10 pasos del modelo de alta rentabilidad para el manejo de las UCCARETT se aplican de forma diferencial. Las evaluaciones de campo indican que las UCCARETT están en proceso de consolidación (Hildebrand, 1985) con una calificación promedio de ocho, lo que implica que cuatro o

más pasos del modelo se aplican de forma parcial. Por ello, se debe continuar trabajando en la transferencia; el sistema de riego predominante es rodado y solo algunas UCCARETT tienen riego por goteo. También se debe continuar la capacitación de técnicos y productores en el MAR para apropiación

del modelo y concepto UCCARETT que considera las diez acciones del modelo de alta rentabilidad (MAR): 1. Creer que se puede y comprometerse (Actitud); 2. Diagnóstico de los Factores del Medio (Suelo, Agua, Clima); 3. Sistema de Labranza y Preparación del Suelo;

Cuadro 2. Talleres a las UCCARETT a los Ingenios Azucareros del Grupo FEESA.

Taller	Ingenio	Visitas técnicas	Talleres programados	Talleres realizados
1	Atencingo	3	9	13
2	Casasano	3	9	10
3	Zacatepec	3	9	09
4	Potrero	3	9	10
5	San Miguelito	3	9	NA
6	Providencia	3	9	12
7	San Cristóbal	3	9	14
8	El Modelo	3	9	12
9	José Ma. Morelos	3	9	NA
10	Plan de San Luis	1	9	10
Total		28	90	90

4. Manejo de la Densidad y Fecha de Siembra; 5. Variedades Adecuadas; 6. Fertilización Balanceada; 7. Manejo del Agua y Drenaje; 8. Manejo Integrado de Plagas y Malezas; 9. Preparación para la Cosecha; 10. Cosecha Mecanizada en Verde. Mediante el conjunto de acciones de este proyecto fueron capacitados 1,129 técnicos, líderes cañeros y productores, distribuidas en seis acciones principales (Cuadro 3).

CONCLUSIONES

Se realizaron 122 talleres mediante los cuales se capacitó a 1129 técnicos, líderes cañeros y productores. Las evaluaciones de 90 UCCARETTS indican que estas unidades están en proceso de consolidación, pero cuatro pasos del Modelo de Alta Rentabilidad se están aplicando de forma irregular, por lo que se debe mejorar la capacitación y transferencia. Es posible que durante la zafra 2015/2016, el conocimiento adquirido por el personal técnico se aplique cotidianamente para mejorar el rendimiento de campo de la caña de azúcar en

los ingenios del Grupo FEESA, y hacer una evaluación al respecto para cuantificar el impacto efectivo de la capacitación.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Minoru Yenome, Ing. Jorge Ibarra Torres, Ing. Salvador Esquer Pereda, Ing. Oswaldo Ulises Gollolarte Vázquez, Ing. Iván Valdez, Ing. Javier Rivera Flores, MVZ. Juan Manuel Méndez, Ing. José J. Delgadillo Sanabria, Ing. Arnulfo T. Landa Chama de FEESA. A los Gerentes y Superintendentes de campo de los Ingenios Atencingo, Casasano, Emiliano Zapata, José Ma. Morelos, Plan de San Luis, San Miguelito, La Providencia, El Potrero, El Modelo y San Cristóbal.

LITERATURA CITADA

- Aprendizaje tecnológico y creación de capacidades productivas, tecnológicas y de innovación a través de la adopción de un modelo de desarrollo de proveedores en la agroindustria azucarera en México. http://www.altec2013.org/programme_pdf/924.pdf Consultado 07/04/2015.
- Campos-Ortiz F, M. Oviedo-Pacheco. 2013. Documentos de Investigación No 2013-16. Estudio sobre la Competitividad de la Industria Azucarera en México. Banco de México Banco de México. <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/documentos-de-investigacion/banxico/%7B6990D66E-0967-353F-156B-39C97972A27E%7D.pdf> Consultado 07/04/2015.
- Díaz R. J., Melo M. O., y Quiroz E, V. 2013. Aprendizaje tecnológico y creación de capacidades productivas, tecnológicas y de innovación a través de la adopción de un modelo de desarrollo de proveedores en la agroindustria azucarera de México. http://www.altec2013.org/present_file/924.swf Consultado 07/04/2015.
- Etchevers, B. J.D. y V. Volke H. 1991. Generación de tecnologías mejoradas para pequeños productores. Serie Cuadernos de Edafología # 17. CEDAF-Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 46p.
- Hildebrand, R. Poey, F. 1985. On-farm agronomic trials in farming systems research and extension. Boulder, USA.
- PRONAR. 2009. Proyecto Nacional de Alta Rentabilidad para el Reordenamiento y Transformación del Campo Cañero Mexicano. <http://www.zafranet.com/---files/PDF/PRONARHomologada.pdf> Consultado 07/04/2015.
- SIAP. 2016. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> Consultado: 09/05/2016

Cuadro 3. Acciones de capacitación y transferencia de tecnología para los ingenios azucareros del grupo FEESA.

Acción	Taller	Evento (Núm.)	Número de Técnicos capacitados
1	Producción sustentable de caña de azúcar	6	206
2	Inducción al Modelo de Alta Rentabilidad en caña de azúcar	6	155
3	Talleres temáticos regionales	5	194
4	Inducción de UCCARETT	90	450
5	Uso eficiente del agua para riego en caña de azúcar	4	111
6	Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en caña de azúcar	1	13
Total		112	1 129

REDUCCIÓN DE COSTOS EN LA MICROPROPAGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

COST REDUCTION IN THE MICRO-PROPAGATION OF SUGAR CANE (*Saccharum* spp.)

Criollo-Chan, M.A.¹; Osnaya-Gonzalez, M.L.¹; Robledo-Paz, A.²; Monsalvo-Espinosa, J.A.¹; Echeverría-Echeverría, S.T.³; Alamilla-Magaña J.C.¹; Caamal-Velázquez, J.H.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Campeche, Km 17.5 Carretera Federal Haltunchen-Edzna, Si-hochac, Champotón, Campeche. ²Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ³CBTA 13 X'Matkuil, Ex Hacienda X'Matkuil, Mérida, Yucatán.

***Autor de correspondencia:** hcaamal@colpos.mx

RESUMEN

Se desarrollaron estrategias para la disminución de costos en la micropropagación de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), iniciando con el establecimiento de un protocolo para su propagación *in vitro*, a partir de meristemos apicales de la variedad CP 94-1674 como primera fase y su escalamiento posterior en bioreactores de inmersión temporal y la implementación de Diodos Emisores de Luz (LED), como estrategias para disminuir los costos de producción. La multiplicación convencional se hizo en medio Murashige y Skoog (MS) suplementado con un 1 mg L⁻¹ de 6-bencilaminopurina (BAP) y 3 mg L⁻¹ de Acido 2,4-diclorofenociacético; y para el escalamiento en Bioreactores de Inmersión Temporal se utilizó el medio MS suplementado con 0.5 mg L⁻¹ de BAP. Se obtuvo una tasa de multiplicación diez veces mayor que la propagación convencional con disminución de 30% del medio de cultivo y 10% de mano de obra. Se implementó la utilización de luz LED como estrategia para la disminución en el consumo de energía eléctrica y costos en los materiales utilizados.

Palabras claves: Bioreactores de Inmersión temporal, Diodos Emisores de Luz, costos.

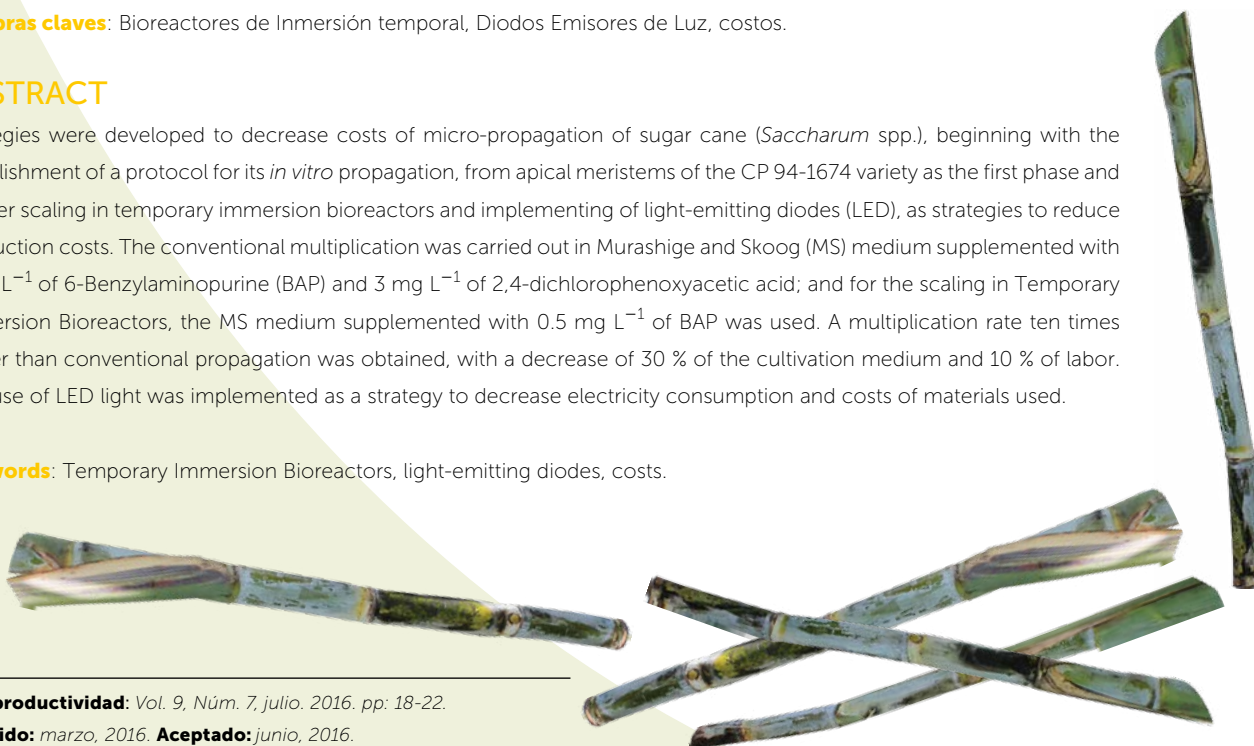
ABSTRACT

Strategies were developed to decrease costs of micro-propagation of sugar cane (*Saccharum* spp.), beginning with the establishment of a protocol for its *in vitro* propagation, from apical meristems of the CP 94-1674 variety as the first phase and its later scaling in temporary immersion bioreactors and implementing of light-emitting diodes (LED), as strategies to reduce production costs. The conventional multiplication was carried out in Murashige and Skoog (MS) medium supplemented with 1 mg L⁻¹ of 6-Benzylaminopurine (BAP) and 3 mg L⁻¹ of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid; and for the scaling in Temporary Immersion Bioreactors, the MS medium supplemented with 0.5 mg L⁻¹ of BAP was used. A multiplication rate ten times higher than conventional propagation was obtained, with a decrease of 30 % of the cultivation medium and 10 % of labor. The use of LED light was implemented as a strategy to decrease electricity consumption and costs of materials used.

Keywords: Temporary Immersion Bioreactors, light-emitting diodes, costs.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio. 2016. pp: 18-22.

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



INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) (Poaceae) es originaria de Nueva Guinea (Alejandre-Rosas *et al.*, 2010), y es el cultivo primario a nivel mundial para obtener azúcar y otros subproductos, tales como alcohol, alimento para ganado, abono orgánico, combustible, pulpa, papel y tableros aglomerados (Salgado *et al.*, 2001; Guerrero, 1999 y Bongiovanni, 2008); su propagación se realiza mediante estacas (partes de tallos con yemas), y a pesar de ser el método más utilizado, tiene como principal desventaja, facilitar la dispersión de enfermedades que ocasionan pérdidas en el rendimiento (Díaz *et al.*, 2001), además de ser lentos y con baja tasa de multiplicación. Considerando que los productores requieren de una multiplicación rápida, con suficiente cantidad y semilleros puros de nuevas variedades, la micropropagación es una herramienta útil para la multiplicación masiva (Singh *et al.*, 2001; Caamal-Velazquez *et al.*, 2014). En la actualidad el uso de Bioreactores se Inmersión Temporal (BIT) para la propagación masiva de plantas se ha vuelto habitual, sin embargo, hay factores que se deben considerar antes de convertirlo en rutinario, tales como, los modelos RITA[®], BIOMINT[®], CETIS[®], entre otros. Utilizando los mismos principios se pueden establecer BIT's domésticos y funcionales, como por ejemplo el desarrollado por Escalona *et al.* (1999), que se implementa con materiales locales y costo menor al de los comerciales. Con el desarrollo y uso de iluminación LED en los laboratorios de micropropagación, se ha comenzado a explorar la respuesta de las plantas a la iluminación LED, cuyas principales ventajas es su alta durabilidad (más de 30,000 horas), marcada disminución en el consumo energético (12 w h⁻¹ promedio). Existen antecedentes en orquídeas (Abdullahil *et al.*, 2011), caña de azúcar (Gomes da rocha *et al.*, 2013), ornamentales (Wu y du Toit, 2012), entre otros cultivos. En este trabajo se demuestra que la propagación de plantas se aumenta en gran medida implementando la utilización de lámparas LED y los BIT, reduciendo costos de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Colegio de Postgraduados (COLPOS) Campus Campeche, ubicado en Sihochac, Champotón, Campeche, México (19° 49' 068" N, 90° 546' 334" O). Se utilizaron ápices de caña de azúcar de la variedad CP 94-1674, de nueve meses de edad. El material vegetal fue procedente del Campo Experimental del Colegio de Postgraduados Campus Campeche.

Multiplicación convencional de brotes

Una vez que se registró la esterilidad de los explantes, se indujeron a la generación de brotes mediante siembra en frascos de vidrio de 250 ml con 30 ml de medio MS sólido (Murashigue and Skoog, 1962), suplementados con 30% de sacarosa, 1 mg L⁻¹ de 6-bencilaminopurina, 3 mg L⁻¹ de Acido 2,4-diclorofenociacético y solidificado con 0.3% de Gellan Gum (Medio

MCC, Cuadro 1), se sellaron e incubaron por 30 días en un cuarto con fotoperiodo 16 h luz por 8 h oscuridad a 25±2 °C. Los sub cultivos se realizaron cada 30 días hasta obtener el número de brotes deseados. Para la realización de los análisis respectivos se utilizaron cuatro explantes por frasco con cuatro repeticiones para tener un total de 20 explantes, se realizaron experimentos independientes para la realización de los análisis correspondientes.

Multiplicación mediante Bioreactores de Inmersión Temporal (BIT)

Con el objetivo de escalar la multiplicación de brotes de caña, se utilizaron Bioreactores de Inmersión Temporal (BIT); y como un paso previo se sumergieron en medio MS suplementado con 30% de Sacarosa y 0.5 mg L⁻¹ de BAP (MLH líquido) (Cuadro 1) por siete días e incubaron con fotoperiodo de 16 h luz por 8 h oscuridad, a 25±2 °C.

Transcurrido el tiempo de adaptación al medio líquido se aplicaron los BIT's con medio MLH líquido, utilizando dos tamaños de brote y tres volúmenes de medio, los parámetros fueron medidos a los 15 y 30 días (Cuadro 2). Para los BIT's se utilizaron frascos de vidrio de 900 ml de capacidad y para su uso se aplicaron las condiciones reportadas por Lorenzo *et al.* (1998) quien recomienda inmersiones de un minuto y una aireación del mismo periodo con frecuencia de seis horas.

Incubación utilizando Diodos Emisores de Luz (LED)

Los explantes en proceso de multiplicación utilizando el medio MCC

Cuadro 1. Concentración hormonal de los Medios de cultivos para la inducción de brotes de caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

Medio	6- bencilaminopurina (BAP)	Acido 2,4-diclorofenociacético (2,4-D)
MCC	1.0 mg L ⁻¹	3.0 mg L ⁻¹
MLH	0.5 mg L ⁻¹	-

Cuadro 2. Establecimiento de tratamientos en el escalamiento de multiplicación de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Longitud de explante (cm)	Volúmenes de medio (ml)		
	200 Inicio	300 inicio	400 inicio
3	20 explantes	20 explantes	20 explantes
5	20 explantes	20 explantes	20 explantes

(Cuadro 1) Fueron sometidos a incubación con 100% iluminación LED blanca, con picos de longitud de onda 460 y 560 nm y se utilizó como control la iluminación fluorescente, con picos de longitud de onda de 545-610 nm, 36W. El sistema LED utilizado fue el modelo 5050-1M, con un controlador y fuente de poder de 12 Volts (Shendk Model SDK-0605); se utilizaron tres explantes por frasco de 500 ml y se realizaron tres repeticiones.

Enraizamiento de brotes de caña de azúcar y aclimatación de plántulas

Los brotes obtenidos en la multiplicación, fueron puestos en Bioreactores de Inmersión Temporal, para formar raíces. Se utilizó medio MS líquido, con 20 g L⁻¹ de sacarosa, suplementado con 0.1 mg L⁻¹ de ácido giberélico, 0.002 mg L⁻¹ de ácido indolacético y 3.9 mg L⁻¹ de ácido indobutírico. Cada biorreactor contenía 400 ml del medio de enraizamiento. Una vez que formaron raíces las plántulas pasaron a aclimatación, en cuya fase se utilizaron las plántulas *in vitro* lavadas con una solución de 3 g L⁻¹ del fungicida Benomat® (VELSIMEX) y una solución de 3 g L⁻¹ bactericida Agri-mycin® 500 (Pfizer), posteriormente fueron sembradas en charolas de unicel de 60 cavidades, que contenían suelo tipo acrisol, Sustrato comercial Turba Rubia FSK2 (Floraska®) en proporción 1:1; y fueron tapadas con plástico transparente y colocadas en una casa sombra para su adaptación, a temperatura ambiente (25±2 °C) la aclimatación de las plantas se realizó en

todo el año. En esta etapa se evaluó su adaptación *ex vitro* y supervivencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al inicio del establecimiento se obtuvieron ocho brotes y callos de los ápices utilizando el medio MCC, tomando los ápices como plantas madre, los cuales fueron utilizados para la implementación de estos trabajos. Utilizando el medio MLH a los 30 días se logró la obtención de un promedio de cuatro brotes por explante, esto concuerda con lo encontrado con Criollo-Chan (2014), quien utilizando un medio con BAP y 2,4-D obtuvo en promedio tres brotes por explante de la variedad CP-94-1674. Parreño (2012) reporta haber obtenido en promedio 10 brotes por explante a partir de meristemos apicales, lo cual indica estar en un rango medio de obtención de brotes de caña. Una vez establecidos los ápices se prosiguió al establecimiento de la metodología para la propagación mediante el uso de BIT's. La Figura 1 muestra los valores de tratamientos realizados para el establecimiento del método de propagación utilizando BIT's; observando que 400 ml de medio MLH son suficientes para multiplicar 20 explantes cuando se utilizan frascos de 900 ml, de la misma manera se observa que los explantes con longitud de cinco cm son los mejores para la micropropagación utilizando BIT's. Lo anterior se corroboró con las mediciones a 15 y 30 días, registrando en promedio 23 brotes por explante, usando 20 ml de medio MLH por explante al inicio de la multiplicación. Lorenzo *et al.* (1998) utilizaron 50 ml de medio por explante y obtuvieron 23 explantes partiendo de longitudes iniciales de 0.5 cm de longitud, la diferencia radica en que con la metodología desarrollada en el presente estudio, desde los 15 días de multiplicación se obtienen estas cifras, lo cual es relevante pues disminuye el tiempo de multiplicación a la mitad (Figura 1). De aquí en adelante se utilizaron 400 ml de medio con explantes de 5 cm de longitud promedio.

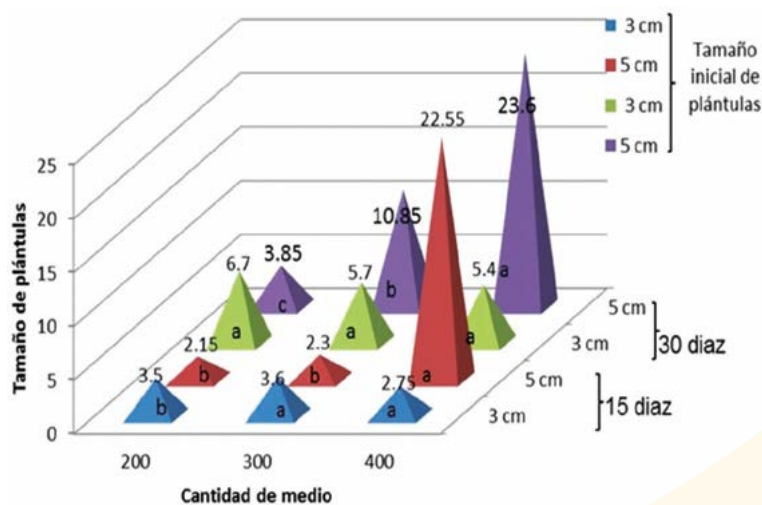


Figura 1. Tasa de multiplicación de explantes de *Saccharum* spp., en BIT's utilizando diferentes cantidades de medio MLH y diferentes tamaños de explante. Los valores fueron comparados por prueba de Tukey (≤ 0.05)

Cuando se trata de micropropagación de

caña de azúcar, las metodologías convencionales (Medio semisólido) no pueden faltar pues son el inicio de la micropropagación, sin embargo una vez realizado el establecimiento en la etapa de multiplicación, la utilización de BIT's se hace importante para propagar masivamente caña de azúcar, ya que según lo reportado por Lorenzo *et al.* (1998) utilizar los BIT's disminuye 46 % los costos de producción debido principalmente a la eliminación del solidificante. Según Kodym y Zapata-arias (2001) el 90% de los costos se deben al azúcar y gelificante; Raghu *et al.* (2007) mencionan que el uso de medios líquidos ayuda a disminuir los costos de

producción de *Centella asiática*. El uso de BIT's tiene la ventaja de utilizar medios líquidos lo que reduce por lo menos 30% de los costos del medio de cultivo. Al ser los BIT's, un sistema abierto, el intercambio gaseoso evita la acumulación de compuestos nocivos para los explantes (Etileno o ácido absísico), lo cual permite que los estomas tengan buena regulación de cierre y apertura, lo que aumenta la tasa de sobrevivencia al momento de la aclimatización; y de la misma manera el tener un sistema de inmersión temporal permite que los explantes sean sumergidos homogéneamente aumentando la tasa de multiplicación.

Con el fin de disminuir aun más los costos de producción de plantas se visualizó como un potencial punto de apoyo la iluminación, normal-

mente los laboratorios de propagación utilizan lámparas fluorescentes de 39 watts, lo que si bien representa un ahorro energético en cuanto a otro tipo de lámparas (Las de tungsteno por ejemplo), con los adelantos de la tecnología se cuenta con lámparas LED T8 de 22 watts (Tecnolite®) las cuales son equivalentes a lámparas fluorescentes de 39 watts. La Figura muestra la tasa de multiplicación de caña de azúcar cuando se utiliza la propagación convencional (medio semisólido).

Como se observa en la Figura 2, no se visualizan diferencias significativas en la tasa de multiplicación al utilizar lámparas LED cuando se utiliza la pro-

pagación convencional. Existen algunos estudios sobre micropropagación de caña utilizando iluminación LED, sin embargo, se enfocan a otros tipos de iluminación LED, por ejemplo, Gomes da Rocha *et al.* (2013), utilizó LED rojo, azul y verde, además de combinar la concentración de sacarosa y se enfocó en la tasa

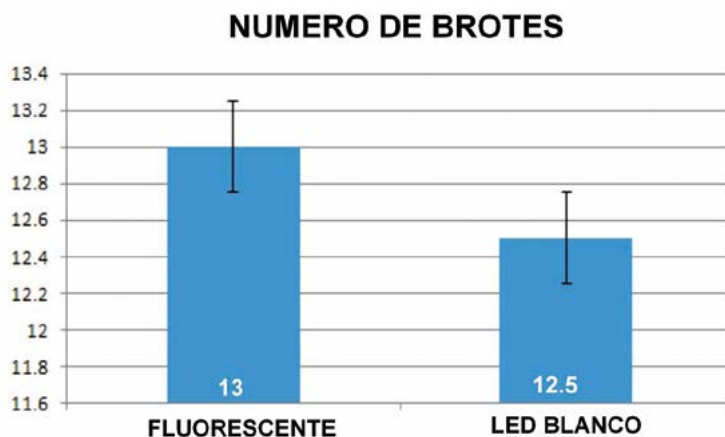


Figura 2. Promedio de la tasa de multiplicación de brotes de *Saccharum spp.*, utilizando lámparas fluorescentes y LED con 100% de iluminación.

de sobrevivencia a la aclimatación, en donde afirma que la luz LED roja es la más adecuada para la multiplicación de caña de azúcar y sugiere que las lámparas LED pueden ser buen sustituto de las lámparas fluorescentes de los laboratorios de micropropagación. En cuanto a la aclimatización de los explantes no hubieron diferencias entre las plantas micropropagadas bajo lámparas fluorescentes o lámparas LED.

CONCLUSIONES

Los resultados globales del trabajo indican que la combinación de diversas metodologías descritas permite mejorar la multiplicación de caña de azúcar y tener reducción de costos y hacer más rentable el proceso de obtención de planta para siembra. En la primera etapa se duplicó la tasa de multiplicación de brotes (23 explantes) y disminuyó el tiempo de propagación a la mitad (15 días), evidenciando que la utilización de medio líquido (MLH) además de disminuir los costos de producción en 30%, aumenta la producción de plantas. No existen diferencias al utilizar lámparas fluorescentes y lámparas LED, favoreciendo la reducción de costos pues al disminuir el consumo de energía eléctrica los costos totales de producción disminuyen aproximadamente 50%.

AGRADECIMIENTO

A la Línea de Investigación 5 (Biotecnología Vegetal Animal y Microbiana) del Colegio del Postgraduados, a la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Campeche y a la Fundación Produce Campeche por los recursos económicos brindados para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Abdullahi B. Md., Shin-Yun-kyon, Turkey-Elshmary, Eun-Jung L., Kee-Yoeup P., 2011. Effect of light quality, sucrose and coconut water concentration on the microporpagation of Calanthe hybrids ('Bukduseong' × 'Hyesung' and 'Chunkwang' × 'Hyesung'). Australian Journal of crop science 5 (10): 1247-1254.
- Bongiovanni R. 2008. Economía de los cultivos industriales: algodón, caña de azúcar, maní, tabaco, té y yerba mate. Manfredi Córdoba. Primera edición, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina. 25 p.
- Caamal-Velázquez J.H., Bello-Bello J.J., Osnaya-Gonzalez M.L., Echeverría-Echeverría S.T., Guerrero-Turriza H.O., Criollo-Chan M.A. 2014. Manual de micropogación de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) Colegio de Postgraduados y Fundación produce, 1ª edición, 23 p.
- Criollo-Chan M.A. 2013. Micropogación de dos Variedades de Caña de Azúcar de Alto Rendimiento. Tesis de la Maestría en Agricultura Tropical, Colegio de Postgraduados Campus Campeche.
- Díaz I., Digonzelli P., Antoni H., Portas de Z., Cerrizuela E. 2001. Respuesta a diferentes densidades de plantación de mericlones y clones de la variedad de caña de azúcar CP 65-357. Rev. Fac. Agron. 18(1): 33-40.
- Escalona M., Lorenzo J.C., Gonzalez B., Daquinta M., González J.L., Desjardins Y., Borroto G.C. 1999. Pineapple (*Annanas comus* L. Merr) micropogation in Temporary Inmersion systems. Plant Cell Reports 18: 743-748.
- Gomes da Rocha P.S., Pedroso de Oliviera R., Bueno Scivittaro W. 2013. Sugarcane micropogation using light emitting diodes and adjustment in growth-medium sucrose concentration. Ciencia Rural, Santa Maria 43 (7): 1168-1173.
- Guerrero G. 1999. Cultivo herbáceos extensivos. 6 Edición. Editorial Mundi-Prensa, España. 350 p.
- Kodym A., Zapata-Arias J. 2001. Low-Cost alternative for the micropogation of banana. Plant Cell Tissue and organ culture. 66, pp 67-71.
- Lorenzo J., González B., Escalona M., Teisson C., Espinosa P., Borroto C. 1998. Sugar canes shoot formation in an-improved temporary immersion system. Plant Cell Tissue and Organ-Culture 54(3):197-200.
- Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant 15(3):473-497.
- Parreño H.J.G. 2012. Establecimiento *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) variedad CP 72-2086. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Zamorano. Honduras. 30 p.
- Raghu A.V., Martin G., Priya V., Geetha S.P., Balachandran I. 2007. Low cost alternatives for the Micropogation of *Centella asiatica*. Journal of plant science 2(6): 592-599.
- Salgado G., Bucio A., Riestra D., Lagunés E. 2001. Caña de azúcar: hacia un manejo sustentable. Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados. Instituto para el Desarrollo del Sistema de Producción del Trópico húmedo de Tabasco Villahermosa Tabasco. pp: 239-349.
- Singh B., Yadav G., Lal M. 2001. An Efficient Protocol for Micropogation of Sugarcane Using Shoot Tip Explants. Sugarcane Research Institute, U.P. Council of Sugarcane Research, Shahjahanpur. India. 3(3):113-116
- Wu H.C., du Toit E. 2012. *In Vitro* Organogenesis of *Protea cynaroides* L. Shoot-Buds Cultured Under Red and Blue Light-Emitting Diodes, Embryogenesis, Dr. Ken-Ichi Sato (Ed.), ISBN: 978-953-51-0466-7, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/embryogenesis/in-vitro-organogenesisof-protea-cynaroides-l-shoot-buds-cultured-under-red-and-blue-light-emitting>.



CALIDAD DE JUGOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) SEGÚN EL CICLO DE CULTIVO EN CHIAPAS, MÉXICO

QUALITY OF SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) JUICES BASED ON THE CULTIVATION CYCLE IN CHIAPAS, MÉXICO

Salgado-García, S.¹; Castelán-Estrada, M.¹; Aranda-Ibañez, E.M.¹; Ortiz-Laurel, H.²; Lagunes-Espinoza, L.C.¹; Córdova-Sánchez, S.^{3*}

¹Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina S/N. H. Cárdenas, Tabasco. CP 86500. México. ²Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba, Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Amalan de los Reyes, Veracruz. CP 94946. México. ³Universidad Popular de la Chontalpa. Cuerpo Académico de Química Verde y Desarrollo Sostenible (CA-QVyDS). Carretera Cárdenas - Huimanquillo, Km. 2.0 Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86500.

***Autor de correspondencia:** sacorsa_1976@hotmail.com

RESUMEN

Los ingenios azucareros Huixtla y Pujiltilic en el estado de Chiapas, México, exigen a los productores renovar las plantaciones de caña cada al cumplirse cinco zafras (cosechas), argumentando que plantaciones de mayor edad producen menos sacarosa. Dado que la renovación frecuente de las plantaciones puede afectar la economía del productor, se evaluó la calidad de jugos y rendimientos de tallo moledero en tres variedades, cinco ciclos de plantación y dos fechas de cosecha. Los resultados mostraron que la humedad, azúcares reductores y pureza de los jugos no presentaron diferencias estadísticas en función del ciclo de cultivo. La relación entre sacarosa, fibra y ciclos de cultivo tampoco se asoció a las variedades; en ambos casos, las variaciones observadas se atribuyeron a la variación edafoclimáticas de las áreas de cultivo que conducen a diferentes grados de madurez y acumulación de sacarosa. El rendimiento de tallo moledero no presentó diferencias por ciclo de cultivo pero se observa que este tiende a reducirse en plantaciones más viejas, lo cual obedece sobre todo a pérdida de cepas.

Palabras clave: rendimiento de tallo, ciclo de cultivo, Huixtla, Pujiltilic.

ABSTRACT

The sugar plants in Huixtla and Pujiltilic, in the state of Chiapas, México, require producers to renovate the sugar cane plantations once five harvests have been carried out, arguing that the older plantations produce less sucrose. Since the frequent renovation of the plantations can affect the producer's economy, the quality of juices and yields of milling stalks was evaluated in three varieties, five plantation cycles, and two harvest dates. Results showed that the moisture, reducing sugars, and purity of the juices did not present statistical differences in function of the cultivation cycle. The relationship between sucrose, fiber and cultivation cycles was associated to the varieties; in both cases, the variations observed were attributed to the soil and climate variation in the cultivation areas, which lead to different degrees of maturity and accumulation of sucrose. The yield of the milling stalks did not present differences per cultivation cycle, but it is observed that it tends to decrease in older plantations, which responds mostly to the loss of stumps.

Keywords: stalk yield, cultivation cycle, Huixtla, Pujiltilic.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio, 2016. pp: 23-28.

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

INTRODUCCION

El estado de Chiapas está situado en el sureste de México, cuenta con dos ingenios azucareros de capital privado; Pujiltic y Huixtla cuyo rendimiento de tallo moledero es alto respecto a la media nacional (Cañeros, 2012). Durante 2011, el Sistema Producto de Caña de Azúcar del Estado de Chiapas (SPCACH) manifestó que los ingenios azucareros exigían a los productores renovar sus plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) después de cinco zafas, con el argumento que las plantaciones con mayor número de cortes presentan menor contenido de sacarosa. En México, un jugo de buena calidad se caracteriza por contener >12.5% de sacarosa, 18 a 22 °Brix, 79% a 89% de pureza, menos de 1% de azúcares reductores, y su entrega al molino debe ser dentro de las 24 horas después del corte (Salgado et al. 2003). Dado que la renovación frecuente de la plantación puede repercutir negativamente en la economía del productor, aun cuando el rendimiento observado sea superior a 90 t ha⁻¹, el SPCACH solicitó al Grupo MASCAÑA del Colegio de Postgraduados realizar la evaluación de la calidad de jugos y rendimientos considerando las variedades más importantes, edad de plantación y época de cosecha en cada ingenio.

METODOLOGÍA

El Ingenio Pujiltic se localiza en la parte central del estado de Chiapas, México, en la zafra 2011/12 cosechó 16,760 ha en condiciones de riego por gravedad, sus rendimientos promedio fueron 100.669 t ha⁻¹, 14.8% de sacarosa en caña; 12,784 kg ha⁻¹ de azúcar, 8,230,028 millones de litros de alcohol, y 20,8 MWH de electricidad (CAÑEROS, 2012).

El Ingenio Huixtla está ubicado en la región de la Costa del mismo estado, y durante la zafra 2011/12 cosechó 14,032 ha en condiciones de precipitación natural (temporal), con rendimientos promedio de 84.994 t ha⁻¹, con 12.4% sacarosa en caña, 8,689 kg ha⁻¹ de azúcar; no produce alcohol y generó 24,1 MWH de electricidad.

Ingenio Huixtla: evolución de la calidad de jugos durante el ciclo

Para generar los tratamientos se utilizó un diseño factorial 17x2 (17 semanas de muestreo [11/11/2011 a 02/03/2012] y dos variedades de caña [CP-72-2086 y Q-997]). Para el muestreo en cada parcela se tomaron nueve tallos más un hijuelo (10 repeticiones) (Figura 1). Las 340 muestras resultantes fueron procesadas en el laboratorio de Campo del Ingenio Huixtla con el método del molino de ensaye (Golcher, 1994). El Anova y la prueba de comparación múltiple de Tukey se



Figura 1. A: Ordenamiento de las muestras. B: Rodajas de tallo para determinar humedad en la sección 8-10. C: Picado de tallos para determinar fibra. D: Extracción de jugo del tallo.

realizaron con ayuda del programa SAS 9.3 (Martínez, 1988).

Calidad de jugos por edad del cultivo. Este estudio se realizó simultáneamente en ambos ingenios. En cada caso el ANOVA y las pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey se realizó con ayuda del programa SAS 9.3 (Martínez, 1988). En el **Ingenio Pujiltic**, se hizo mediante el muestreo de tallos en plantaciones de la variedad Mex 69-290 en los ciclos plantilla, resoca 3, resoca 5 y resoca 8; las muestras se tomaron de parcelas programadas para cosecha (corte) por el propio Ingenio. Se tomaron dos tallos en cinco puntos al azar dentro de la parcela, estos 10 tallos conformaron una muestra que fue llevada al laboratorio de campo del Ingenio Pujiltic,

para su análisis químico con el método del molino de ensaye (Golcher, 1994). El análisis estadístico se hizo bajo un diseño completamente al azar cuyos tratamientos fueron 5 ciclos de cultivo, con cuatro repeticiones. En el **Ingenio Huixtla**, los tratamientos se generaron con un diseño factorial 5×2 (cinco ciclos de cultivo [plantilla, resoca 2, resoca 3, resoca 4, y resoca 5] y dos variedades de caña [CP 72-2086 y Méx 69-290]), en los cuales se muestrearon 10 repeticiones al colectar en cada parcela 9 tallos más un hijuelo. Estas muestras, fueron procesadas en el laboratorio de Campo del Ingenio Huixtla siguiendo el método del molino de ensaye (Golcher, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de la calidad de jugos durante el ciclo, Ingenio Huixtla

El análisis de varianza indica diferencias significativas para el rendimiento de caña y diferencias altamente significativas para la calidad de jugos con relación a las fechas de zafra. A pesar de ello, la prueba de medias de Tukey indica que las medias de rendimiento son iguales estadísticamente con una media de 79.5 TCH (Cuadro 1), las variaciones en el rendimiento pueden deberse a las condiciones edafoclimáticas.

Con relación a la sacarosa se observó una tendencia a incrementarse a partir de la primera semana de enero de 2011, atribuido a disminución de la precipitación y consecuente sequía (Figura 2), además del efecto del madurador (inductor de origen químico). En Huixtla, dependiendo de la localidad, en los meses de octubre y noviembre pueden registrarse precipitaciones acumuladas mayores de 150 mm. Estos dos meses, son claves para inducir la madurez del cultivo de caña, por ello, se deben identificar las zonas de menor precipitación para aplicar el madurante y maximizar el contenido de sacarosa en caña. Los azúcares reductores, presentan una relación con el contenido de humedad, menor humedad menores reductores (Cuadro 1). La humedad en la sección 8-10 es elevada, en promedio 72% (Cuadro 1), lo ideal sería tener humedades de 68% a 70%, indicativas de la madurez del tallo de caña.

Con respecto a la variedad, se observó que la CP 72-2086 registró mayor rendimiento de caña, menor humedad y azúcares reductores en compara-

ción con la Co-997 (Cuadro 2). Con respecto al contenido de sacarosa ambas fueron estadísticamente iguales.

Calidad de los jugos por edad del cultivo

Ingenio Pujilic. El Cuadro 3 muestra los resultados de análisis ($t\ ha^{-1}$,

Cuadro 1. Calidad de jugos a través del periodo de la zafra 2011/2012, Ingenio Huixtla.

Semanas	Fechas	t ha ⁻¹	Sacarosa (%)	Humedad (%)	Azúcares reductores (%)
1	11-19-Nov-11	78.24a	11.87bcd	74.10abc	0.39ab
2	20-26-Nov-11	80.52a	11.55d	75.29a	0.44a
3	27 Nov - 03 Dic-11	76.27a	11.58d	74.51ab	0.46a
4	04-10-Dic-11	75.59a	11.66cd	73.57abcd	0.38abc
5	11-17 Dic-11	79.68a	11.55d	72.43bcde	0.28bcd
6	18-24-Dic-11	77.83a	11.80cd	71.84cde	0.26d
7	25-31-Dic-11	83.91a	11.50d	71.53de	0.23cd
8	01-07-Ene-12	78.38a	12.60abc	71.11e	0.21d
9	08-14-ENE-12	85.64a	12.27abcd	71.63de	0.24d
10	15-21-ENE-12	74.44a	12.11abcd	72.81bcde	0.30bcd
11	22-28-ENE-12	81.77a	12.89a	71.50de	0.23d
12	29 ENE-04 FEB-12	85.73a	12.81ab	72.18cde	0.24d
13	05-11-FEB-12	88.01a	12.88a	70.95e	0.20d
14	05-11-FEB-12	80.89a	12.44abcd	72.22bcde	0.24d
15	12-18-FEB-12	76.69a	12.59abc	71.51de	0.20d
16	19-25-FEB-12	76.09a	12.97a	71.22e	0.21d
17	26 FEB-01 MAR-12	79.43a	12.82ab	71.39de	0.24d
	Medias	79.53	12.13	72.6	0.29
	Pr > F de T.	0.022*	0.001**	0.001**	0.001**
	C.V.	11.10	5.06	2.00	25.61
	DMS	13.92	0.97	2.29	0.12

sacarosa, humedad y azúcares reductores). Los grados Brix fueron iguales estadísticamente con una media de 15.57. El contenido de sacarosa presentó diferencias significativas pero no se observó una tendencia directa a disminuir conforme a los años de cultivo, estas diferencias pueden atribuirse a las

condiciones edafo-climáticas (Salgado et al., 2008), que pueden conducir a diferentes grados de madurez y acumulación de sacarosa (Hernández et al., 2008). La media de sacarosa fue de 13.8%, la pureza del jugo fue estadísticamente igual en todos los ciclos de

cultivo, no fue posible establecer una relación directa entre pureza y contenido de sacarosa. Los azúcares reductores fueron iguales estadísticamente en todos los ciclos de cultivo, con una media de 0.24%, lo cual es deseable en cañas maduras (Cuadro 3).

La humedad fue estadísticamente igual en todos los ciclos de cultivo, con media de 69.1%, que indica que la caña estaba en buen estado de madurez. El contenido de fibra presentó diferencias significativas respecto a ci-

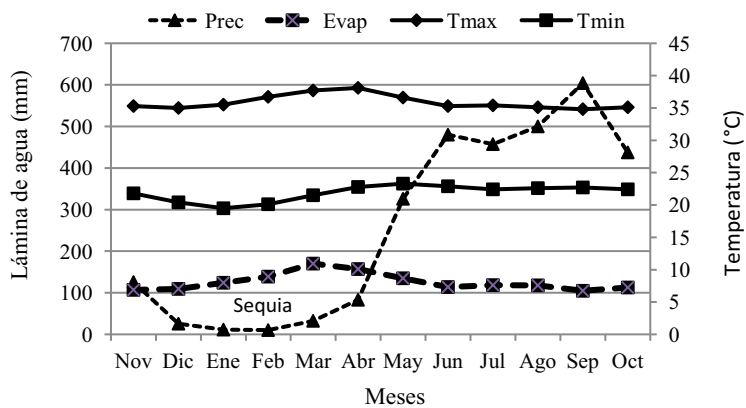


Figura 2. Variación de elementos del clima en el Ingenio de Huixtla, Chiapas. Datos de normales climatológicas 1971-2000 (CONAGUA, 2012).

clos de cultivo, pero no se observó una tendencia a incrementarse conforme a los ciclos de cultivo, las diferencias se pueden atribuir a las condiciones edafo-climáticas que producen diferentes estados de madurez; la media de fibra fue de 12.53%.

Ingenio de Huixtla. El Cuadro 4 indica que el rendimiento de caña a través de los ciclos de cultivo se reduce estadísticamente, lo cual es normal debido a la pérdida de población de cepa en el surco. Una política actual en los ingenios para reducir la vejez del campo cañero es detener el conteo de los ciclos hasta soca 5, sin embargo, los comités de calidad cañera deberán revisar esta política: En Sao Pablo, Brasil, los cañaverales se mantienen por cinco cortes y se renuevan para mantener la productividad promedio en 80 t ha⁻¹, debido la gran superficie

Cuadro 2. Calidad de jugos en dos variedades de caña (*Saccharum* spp.) cultivadas en el Ingenio Huixtla, Chiapas, México, zafra 2011/2012.

Variedad	t ha ⁻¹	Sacarosa (%)	Humedad (%)	Azúcares reductores (%)
CP 72-2086	82.17a	12.10a	72.13b	0.26b
Co-997	71.41b	12.28a	74.25a	0.43a
Pr > F de T.	0.0001**	0.08NS	0.0001**	0.0001**
C. V. (%):	11.10	5.06	2.00	25.61
DMS	3.05	0.21	0.50	0.30

Cuadro 3. Calidad de jugos de la variedad Méx 69-290 (*Saccharum* spp.) en función de la edad de cultivo. Ingenio Pujiltic, Chiapas, México.

Ciclo	°Brix	Sacarosa	Pureza	AR (%)	Humedad	Fibra
Iantilla	15.00a	12.36a	82.30a	0.289 a	69.40a	11.19b
Soca	14.20a	12.67bc	88.50a	0.275 a	68.60a	12.95ab
Resoca 3	17.20a	15.53a	90.30a	0.225 a	67.90a	13.69ab
Resoca 5	17.50a	14.80b	84.60a	0.275 a	70.00 a	13.00ab
Resoca 8	14.30a	12.82bc	88.60 a	0.234 a	69.80a	11.60b
Media	15.87	13.80	87.00	0.240	69.10	12.53
C. V.	9.20	7.40	4.70	29.90	1.80	8.20
Prob. F de T	0.027*	0.022*	0.088 NS	0.826 NS	0.167 NS	0.022*
DMS	3.40	2.30	9.50	0.17	2.90	2.30

Cuadro 4. Comportamiento del ciclo de cultivo, rendimiento y calidad del jugo de caña (*Saccharum* spp.) en el Ingenio Huixtla, Chiapas, México.

Ciclos de cultivo	t ha ⁻¹	Sacarosa (%)	Humedad (%)	AR (%)
Plantilla	97.72a	12.08a	72.20b	0.23c
Resoca 2	83.43b	11.93ab	72.80ab	0.36ab
Resoca 3	84.72b	11.91ab	73.10ab	0.31bc
Resoca 4	82.89b	12.12a	73.10ab	0.29bc
Resoca 5	79.86b	11.33b	74.20a	0.44a
Media	85.70	11.87	73.10	0.32
Pr > F de T.	0.01**	0.03*	0.01**	0.01**
C. V.	13.90	7.00	2.20	41.40
DMS	10.57	0.74	1.46	0.12

cañera que se manejan en las Usinas brasileiras (Ingenios), la pérdida de cepas en el surco, la compactación del suelo, y la carencia de la práctica de resiembra. Por ello, la decisión técnica de volteo cada cinco cortes de caña en Brasil responde a una problemática específica, pero podría no ser el caso de México (Salgado *et al.*, 2012). En cuanto al contenido de sacarosa se observan diferencias significativas entre los ciclos, pero esta reducción no guarda una relación directa entre ciclos de cultivo y contenido de sacarosa en caña; las variaciones observadas se relacionaron con condiciones edafoclimáticas que prevalecen en el Ingenio Huixtla y al contenido de humedad en la sección 8-10. La media de sacarosa fue de 11.87%, similar a la reportada para la zafra 2010/2011 (11.74%). El Ingenio Huixtla ha implementado en los últimos años un programa de maduradores para incrementar la sacarosa en caña, en la zafra 2008/2009 logró 12.39% de sacarosa. Para mejorar este proceso es necesario el drenaje superficial, el agua retenida en los terrenos durante la fase de sazonado alteran el proceso de madurez. La caña necesita perder humedad, pero si el suelo está húmedo se induce crecimiento vegetativo (Méndez *et al.*, 2012). El contenido de humedad es elevado, lo ideal es tener cañas con 69% a 70% de humedad al momento de la cosecha. En este caso la media fue de 73.1%, y los azúcares reductores fueron cercanos a cero.

El Cuadro 5 muestra que la variedad CP 72-2086 superó estadísticamente en el rendimiento de caña a la variedad Mex 69-290. Por el contrario, el contenido de sacarosa fue mayor en ésta última, ya que al momento del muestreo presentó menor humedad en el tallo.

CONCLUSIONES

El rendimiento de caña fue estadísticamente igual en todas las edades de cultivo, las variaciones se atribuyen a condiciones edafoclimáticas del Ingenio Huixtla. El contenido de sacarosa presentó tendencia a incrementarse a partir de la primera semana de enero de 2011, lo cual se relaciona con disminución de la precipitación, posteriormente sequía y efecto del madurante químico. La humedad en la sección 8-10 es elevada (72%). Se observó que a menor humedad en el tallo menos azúcares reductores. La variedad CP 72-2086 presentó mayor rendimiento de caña, menor humedad y azúcares reductores en comparación con Co-997. Respecto al contenido de sacarosa ambas fueron iguales estadísticamente. No se observó tendencia directa de la sacarosa y la fibra a disminuir conforme a los ciclos de cultivo en la variedad Méx 69-290, esto puede atribuirse a las condiciones edafoclimáticas del Ingenio Pujiltic, que pueden conducir a diferentes grados de madurez y acumulación de sacarosa. La humedad, los reductores y la pureza fueron iguales estadísticamente en todas las edades de cultivo. El rendimiento de caña se reduce estadísticamente con más ciclos de cultivo, lo cual es normal debido a la pérdida de población de cepas. El contenido de sacarosa presentó diferencias significativas entre ciclos, pero esta reducción no guarda una relación entre ciclos de cultivo y contenido de sacarosa en caña, las variaciones observadas pueden relacionarse con las condiciones edafoclimáticas que prevalecen en el Ingenio Huixtla, y al contenido de humedad. La variedad

Cuadro 5. Comportamiento de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en relación al rendimiento y calidad del jugo de caña en Huixtla, Chiapas, México.

Variedad	Rendimiento t ha ⁻¹	Sacarosa (%)	Humedad (%)	Azúcares reductores (%)
CP-722086	88.18a	11.67b	73.82a	0.32a
MEX-69-290	83.27b	12.08a	72.46b	0.33a
Pr > F de T.	0.04*	0.02*	0.0001**	0.56NS
C. V. (%)	13.90	7.00	2.20	41.40
DMS	4.77	0.33	0.66	0.05

CP 72-2086 supera estadísticamente en rendimiento a la variedad Mex 69-290. Por el contrario, el contenido de sacarosa fue mayor en la Mex 69-290.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Chiapas, A.C. y a los Comités de Producción y Calidad Cañera de los Ingenios de Huixtla y Pujiltilic. Chiapas, México.

LITERATURA CITADA

CAÑEROS. 2013. Estadísticas por ingenio; Pujiltilic y Huixtla. UNPCA-CNPR. <http://www.caneros.org.mx/>. Consultado 12/02/2015.

CONAGUA. 2012. Normales climatológicas http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=23:normales-climatologicas&catid=16:general&Itemid=120.

Golcher A.A., Hasbach R.F., Infante M.J.J. 1984. Manual para analistas de laboratorio azucarero. Azúcar S.A. de C.V-GEPLACEA-PNUD. México. 180 p.

Hernández M.G.I., Salgado G.S., Palma-López D.J., Lagunes E.L.C., Castelán E.M., Ruiz R.O. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de Nutrientes en caña de azúcar en un Gleysol Mólico de Chiapas, México. *Interciencia* 29 (11): 855-860.

Landell M.G.A., Bressiani J.A. 2008. Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal. In: Dinardo-Miranda, L.L., De Vasconcelos A.C.M., Landell M.G.A (Ed). *Cana-de-açúcar*. Centro de cana. Instituto Agronómico. SP, Brasil 882 p.

Martínez G.A. 1988. Diseños experimentales: Métodos y Elementos de Teoría. Trillas. México. 756 p.

Méndez-Adorno J.M., Lagunes-Espinoza L.C., Salgado-García S., Mendoza-Hernández J.R.H., Castelán-Estrada M. 2012. Respuesta fisiológica de caña de azúcar sometida a suspensión de riego previo a la cosecha en Pujiltilic, Chiapas. *In: Simposio Internacional en producción agroalimentaria tropical y XXIV Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria 2012*. 18 y 19 de octubre. Cárdenas, Tabasco. 570-576

Salgado G.S., Lagunes E.L.C., Aranda I.E.M., Castelán E.M., Ortiz G.C.F., Ortiz L.H., Mendoza H.R.I., Córdova S.S. 2012. Producción sustentable de caña de azúcar: Ingenio de Huixtla. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 116 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., Rincón-Ramírez J.A., Hernández-Nataren E. 2008. Programa sustentable de fertilización para el ingenio Pujiltilic, Chiapas, México. *Terra-Latinoamericana*. 26 (4):361-373.

Salgado G.S., Núñez E.R., Peña C.J.J., Etchevers B.J.D., Palma L.D.J., Soto M.R.H. 2003. Manejo de la fertilización en el rendimiento, calidad del jugo y actividad de invertasas en caña de azúcar. *INTERCIENCIA* 28 (10):476-480.

SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1621 P.



USO DE RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) PARA ELABORAR ABONOS ORGÁNICOS

USE OF THE SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) AGROINDUSTRIES RESIDUES TO ELABORATE ORGANIC FERTILIZERS

Palma-López, D.J.^{1*}; Zavala-Cruz, J., Cámara-Reyna, J.C.²; Ruiz-Maldonado, E.²; Salgado-García, S.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco; área de Ciencia Ambiental-Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS; Apdo. Postal # 24; H. Cárdenas, Tabasco; C.P. 86500. ²Ingeniería Agronómica de la Universidad Popular de la Chontalpa; carretera Cárdenas-Huimanguillo km. 2; Rancho Paso y Playa; H. Cárdenas, Tabasco; C.P. 86500.

*Autor de correspondencia: dapalma@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó la calidad nutrimental de diferentes tipos de vermicompostas elaboradas con base en residuos (cachaza y bagazo) de la agroindustria de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) mezclados con diferentes fuentes de estiércol (gallina, caballo, vaca y borrego), sometidas a vermicompostaje por tres meses con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), registrando un valor de pH y materia orgánica en el rango aceptable de la norma mexicana, mientras que la conductividad eléctrica y la Relación C/N fueron superiores al rango aceptable y el nitrógeno total fue inferior a la norma. La relación % de ácidos húmicos entre % de ácidos fúlvicos (AH/AF) se registró en concentraciones elevadas en todos los tratamientos. Se evidenció que los mejores tratamientos fueron los adicionados con estiércol de borrego y vaca.

Palabras clave: Lombriz de tierra, composta, vermicomposta, cachaza, bagazo.

ABSTRACT

We assessed the nutritional quality of different types of vermicomposts made from sugar cane (*Saccharum* spp.) residues (sludge and pulp) from the agro-industry mixed with different sources of manure (hen, horse, cow and sheep), they were subjected to vermicomposting for three months with Californian red worm (*Eisenia foetida*). pH and organic matter values were found in the acceptable range of the Mexican norm, while the electric conductivity and the C/N Relation were higher than the acceptable range and total nitrogen was lower than the norm. The % relation of humic acids divided by % of fluvic acids (AH/AF) was found in high concentrations in all the treatments, evidencing that the best treatments were the ones supplemented with sheep and cow manure.

Keywords: earth worm, compost, vermicompost, sludge, pulp.

INTRODUCCION

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es un cultivo importante en México, genera divisas y mano de obra; y aun cuando sus rendimientos no son óptimos, tiene ingresos importantes para quienes realizan esta actividad (Valdez *et al.*, 2009). Por ello los suelos cultivados con caña de azúcar, en México y en el estado de Tabasco, han sido sometidos a manejo intensivo para sostener la producción; el uso excesivo de fertilizantes, la quema y mecanización son utilizados para aumentar la productividad de los suelos, lo que por consecuencia incide en la reducción de la materia orgánica del suelo, incremento de la erosión y disminución de la densidad de poblaciones microbianas benéficas para el cultivo (Ruiz, 1999; Domínguez *et al.*, 2010). Actualmente se da gran importancia al uso de alternativas que permitan recuperar los suelos, y dentro de éstas se encuentra el uso de compostas o abonos orgánicos, biofertilizantes, abonos verdes y coberteras (Pérez *et al.*, 2011). La fertilización orgánica mejora la fertilidad y productividad en el suelo, además ayuda a restablecer la biodiversidad y actividad microbiana en suelos degradados (Soto y Muschler, 2001). Los materiales orgánicos residuales, como los de cosecha y los procedentes de la agroindustria, suelen terminar en el entorno saturando las cadenas tróficas, sin embargo, éstos pueden tener un mejor destino si son sometidos a digestión y transformados en compostas (del latín *composite*: mezcla para fertilizar o renovar la tierra) (Castillo *et al.*, 2000; Arreola *et al.*, 2004). Una alternativa es la vermicomposta que implica crianza de lombrices para la producción de humus de lombriz con la finalidad de utilizar este material como abono en plantas (Reines *et al.*, 1998; Contreras *et al.*, 2001), y consiste en la oxidación de los residuos bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación, utilizando lombrices conocidas como composteras. El producto que se obtiene del compostaje se conoce como humus, éste es una excreta en forma de turrículo que se caracteriza por su aspecto similar a tierra negra y fresca, y que no desprende olores desagradables (Sánchez-Hernández, 2006; Anónimo, 2013). En el estado de Tabasco existen gran cantidad de materia orgánica excedente por actividades agrícolas, como la caña de azúcar, y pecuarias ligadas con la producción de ganado bovino, equino, ovino y avícola, los cuales no son utilizadas, esto afecta el entorno ya que son removidos con agua y van directamente a los sistemas de drenaje y cuerpos de agua (Sánchez-Hernández *et al.*, 2006). El presente estudio plantea la

utilización de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar mezclados con diferentes tipos de estiércol para la obtención de sustratos orgánicos por medio del vermicompostaje, en condiciones semicontroladas en el trópico húmedo utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Campo Experimental "km 21" del Colegio de Postgraduados, *Campus* Tabasco, ubicado a 21 km de la ciudad de Cárdenas, y a un costado del Ingenio azucarero Presidente Benito Juárez, en el Poblado C-27 del Plan Chontalpa, Tabasco. El clima de la región es tropical húmedo, con temperatura media anual de 26.2 °C, la media anual de precipitación de 2,240 mm, con 70% del total en verano y otoño. La humedad relativa media mensual es superior a 80% (García, 1988).

Recolecta de residuos orgánicos

En el Ingenio Presidente Benito Juárez se recolectó cachaza y bagazo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), recién salidas de la agroindustria, y hojas de cocoite (*Gliricidia sepium*) que fueron tomadas en forma fresca de los cercos vivos utilizados en los corrales y cercas de las parcelas, además de pasto Egipto (*Brachiaria mutica*). El estiércol de gallina se obtuvo en la granja del grupo "Campi" del municipio de Huimanguillo, Tabasco. La recolección se realizó después de que el material pasó un proceso de fermentación. El estiércol de borrego fue colectado en la Villa Estación Chontalpa de Huimanguillo, Tabasco. El estiércol de vaca fue recolectado del área de producción lechera del Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco y el estiércol de caballo de establos equinos.

Preparación de los sustratos

Los sustratos se secaron a temperatura ambiente por un lapso de 15 días. Posteriormente se realizaron mezclas utilizando como unidad de medida un volumen conocido constituido por una cubeta de 19 litros, la composición de las mezclas se indican en el Cuadro 1. Las mezclas se colocaron en tres contenedores (cajas) por tratamiento a manera de repeticiones. Se dejaron las mezclas en un periodo de pre-composteo sin lombrices por quince días para controlar la temperatura y homogenizarlas.

Al termino de este proceso se comenzó con la siembra de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), con

Cuadro 1. Tratamientos conformados por los diferentes residuos agroindustriales.

Tratamiento	Formulación de mezcla
T1	Estiércol de caballo (1*) + cachaza (1) + bagazo ($\frac{1}{2}$) + hoja de cocoite ($\frac{1}{2}$) y pasto ($\frac{1}{2}$)
T2	Estiércol de borrego (1) + cachaza (1) + bagazo ($\frac{1}{2}$) + hoja de cocoite ($\frac{1}{2}$) y pasto ($\frac{1}{2}$)
T3	Estiércol de gallina (1) + cachaza (1) + bagazo ($\frac{1}{2}$) + hoja de cocoite ($\frac{1}{2}$) y pasto ($\frac{1}{2}$)
T4	Estiércol de vaca (1) + cachaza (1) + bagazo ($\frac{1}{2}$) + hoja de cocoite ($\frac{1}{2}$) y pasto ($\frac{1}{2}$)
T5	Estiércol de gallina (1), caballo (1), vaca (1), borrego (1) + cachaza (1) + bagazo ($\frac{1}{2}$) + hoja de cocoite ($\frac{1}{2}$) y pasto ($\frac{1}{2}$)

*La unidad está referida al volumen de una cubeta de 19 litros con el fin de tener una referencia práctica.

un kilogramo de lombriz adulta en cada contenedor los cuales se mantuvieron al aire libre pero protegidas con techo y mallas para evitar la entrada de depredadores (Sánchez-Hernández *et al.*, 2006). Durante el periodo de vermicomposteo se realizaron actividades de aireación removiendo las mezclas cuidadosamente, la práctica se realizó antes de la siembra de las lombrices y después cada ocho días. Se mantuvo la humedad a 80% de capacidad de campo. Durante el vermicomposteo se determinó la temperatura de las vermicompostas para evitar la fase termofílica. Se realizaron análisis de parámetros químicos al final del vermicompostaje en el Laboratorio de Suelos, Plantas y

Aguas (LASPA) del Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco (Cuadro 2).

La información obtenida de las variables fue capturada en Excel (2007). Después se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) considerando un experimento completamente al azar. Para la prueba de medias se aplicó Tuckey ($p \leq 0.05$). Los análisis se realizaron con el software Infostat Versión 2011. Para la calidad de las vermicompostas elaboradas se procedió a la comparación de medias contra los indicadores establecidos en la norma mexicana para lombricompostas (NMX-FF-109-SCFI-2008) y la norma para fertilidad de suelos (NOM-021-SEMARNAT-2000) (Cuadro 3).

Cuadro 2. Parámetros determinados al finalizar el vermicompostaje.

Determinación (unidad de medida)	Método
Nitrógeno Total (%)	Kjeldahl
Fosforo asimilable (mg kg^{-1})	Olsen
Potasio intercambiable ($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	Bray y Kurtz
pH	Potenciómetro (relación 1:2)
Materia Orgánica (%)	Calcinación
Conductividad Eléctrica (dS m^{-1})	Conductímetro en pasta saturada
Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos (%)	Kononova y Belchycova (Orlov, 1995).
Relación C/N	% de carbono orgánico entre % de nitrógeno total.
Relación AH/AF	% de ácidos húmicos entre % de ácidos fúlvicos.

Cuadro 3. Especificaciones de calidad de las normas mexicanas para lombricompostas (NMX-FF-109-SCFI-2008) y de fertilidad de suelos (NOM-021-SEMARNAT-2000).

Características	Valor aceptable	Norma
Nitrógeno total	De 1 a 4% (base seca)	NMX-FF109
Fosforo	5.5 a 11 mg kg^{-1}	NOM-021
Potasio	0.3 a 0.6 cmol kg^{-1}	NOM-021
Materia orgánica	De 20% a 50% (base seca)	NMX-FF109
Relación C/N	≤ 20	NMX-FF109
pH	De 5.5 a 8.5	NMX-FF109
Conductividad eléctrica	$\leq 4 \text{ dS m}^{-1}$	NMX-FF109

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de las vermicompostas (VC) obtenidas

Potencial de hidrógeno (pH).

Se registraron diferencias altamente significativas (Cuadro 4), en este caso solo el tratamiento T2, con estiércol de borrego, mostró media (6.7) estadísticamente superior al

resto de los tratamientos, los cuales tuvieron medias estadísticamente iguales. Cabe señalar que el tratamiento T2 es el que se acerca más a un pH neutro, lo cual indicaría una mejor calidad de vermicomposta (Barbados, 2004). Los valores del pH en los cinco tratamientos oscilaron entre 6.27 y 6.7, son valores aceptables ya que conforme a la norma NMX-FF-109-SCFI-2008, se encuentran dentro del rango óptimo (Cuadro 3), lo

Cuadro 4. Comparación de medias de los análisis químicos de las vermicompostas elaboradas.

Tratamientos	pH rel. 1:2	CE dS m ⁻¹	MO %	N total %	P asim. mg kg ⁻¹	K int. cmol kg ⁻¹	C/N	Ácidos Húmicos (AH) %	Ácidos Fúlvicos (AF) %	AH/AF
T1	6.27a*	6.39a	46.99b	0.37a	1.56a	3.85a	73.48a	4.08a	0.28a	14.15a
T2	6.70b	6.07a	39.67a	0.33a	1.44a	6.12a	70.57a	4.77b	0.31a	15.34a
T3	6.30a	7.26a	47.00b	0.43a	1.94b	5.31a	63.61a	4.05a	0.29a	13.85a
T4	6.37a	5.32a	43.00ab	0.30a	1.53a	3.81a	83.14a	4.42ab	0.25a	16.97a
T5	6.30a	5.61a	43.33ab	0.37a	1.65a	4.10a	69.77a	4.39ab	0.27a	16.03a
CV (%)	1.34	16.79	4.29	14.34	5.39	29.13	12.86	4.58	12.54	13.32
Prob. F	0.006	0.245	0.0059	0.088	0.0003	0.2169	0.210	0.0076	0.4218	0.3611

*Medias con la misma literal son iguales estadísticamente (Tuckey $p \leq 0.05$).

cual concuerda con lo reportado por Durán y Henríquez (2007), Fernández et al. (1998) y Ferruzzi (1986).

Conductividad eléctrica (CE)

Las medias de los valores de conductividad eléctrica entre tratamientos no mostraron diferencias significativas. Los rangos variaron de entre 5.32 a 7.26 dS m⁻¹, algo similar obtuvo Sánchez-Hernández (2006), quien observó que cuando se agrega estiércol a la mezcla, la CE de las VC llega a 5 y 8 dS m⁻¹, lo cual si se compara con lo establecido en la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), se observa que todos los tratamientos superan ligeramente lo establecido por la misma (Cuadro 3 y 4). Al respecto Berrospe (2010), menciona que al mezclar estiércol con la cachaza provoca un aumento de la CE sin importar el proceso de estabilidad (compostaje o vermicompostaje) que haya sufrido el material.

Materia orgánica (MO) y Nitrógeno total (NT)

Existió diferencia significativa entre el T2 (estiércol de borrego) con respecto a los demás ya que este presentó menor contenido de MO, el rango de las medias fue de 39.67 a 47% (Cuadro 4). Sin embargo la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), establece que el rango óptimo debe ser de 20% a 50% de MO (Cuadro 3), por lo que, los cinco tratamientos se encuentran dentro de lo establecido. Las medias de los contenidos de nitrógeno total entre los tratamientos no mostraron diferencias significativas (Cuadro 4). El rango de las medias osciló de 0.3 a 0.43%, lo cual comparado con lo establecido en la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), donde indica que las VC deben situarse de 1% a 4%, muestra que los contenidos de nitrógeno total de todos los tratamientos son inferiores al rango óptimo.

Los datos de N total determinados no concuerdan con los de MO, ya que los valores de ésta estuvieron dentro del rango óptimo de las VC, mientras que los de N total fueron inferiores a lo deseable en un VC. En este caso es necesario agregar residuos con mayores contenidos de N (mayor cantidad de *G. sepium* por ejemplo) para mejorarlo.

Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

Las medias de la Relación C/N entre tratamientos no evidenciaron diferen-

cias significativas (Cuadro 4). Los valores variaron de 63.6 a 83.1, lo cual comparado con lo establecido en la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), que indica que las VC deben situarse ≤ 20 , determina que la C/N de todos los tratamientos fue muy superior al rango. Salgado et al. (2006), indica que una relación mayor a 25 representa una inmovilización neta por lo que se carecerá de N disponible para el cultivo al agregarse al suelo. Los valores altos de C/N de las vermicompostas muestreadas resaltan la necesidad de incluir residuos con valores mayores de N para mejorar este indicador.

Fosforo asimilable (P asim.)

No se encontraron diferencia significativas entre los tratamientos T1, T2, T4 y T5; solo el T3 (estiércol de gallina) presentó diferencias significativa y tuvo la media más alta, esto difiere a los datos obtenidos por Duran y Henríquez (2007) ya que a partir de vermicomposta con estiércol de bovinos obtuvieron valores medios de 2 mg kg⁻¹, lo cual es ligeramente más alto que los valores encontrados en el experimento (de 1.53 a 1.94 mg kg⁻¹). De acuerdo a la norma NOM-021-SEMAR-NAT-2000 los cinco tratamientos registraron valores inferiores a 5.5 mg kg⁻¹ (Cuadro 3). Considerando

además que este rango está establecido para suelos minerales y en este caso se trata de un sustrato orgánico, el contenido de P asimilable es excesivamente bajo en todos los tratamientos, por lo que no se recomendarían estas vermicompostas en suelos con deficiencias de P o para cultivos altamente consumidores de este nutrimento.

Potasio intercambiable (K inter)

El potasio intercambiable varió en las vermicompostas de 3.81 a 6.12 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$, registrando el valor más alto el tratamiento con estiércol de borrego (T2), sin embargo conforme a los resultados del análisis de varianza no hay diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 4). De acuerdo a la norma NOM-021-SEMARNAT-2000, para suelos (Cuadro 3); los cinco tratamientos tuvieron valores considerados por esta norma como alto.

Ácidos Húmicos (AH)

Los Ácidos Húmicos se registraron en rango de 4% a 4.77%, y conforme a resultados del análisis de varianza (Cuadro 4), existió diferencia significativa entre las vermicompostas, con los valores más altos en el T2 (estiércol de borrego), T4 (estiércol de vaca) y el T5 (mezcla de estiércoles). Fernández *et al.* (1998) presentan una similitud al obtener AH en los rangos de 2.8% a 5.8% en vermicomposta con contenido de cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos y lodos de depuración de aguas residuales. A diferencia de Hernández *et al.* (2002) y Sánchez-Hernández *et al.* (2006), quienes encontraron que a partir de tratamientos con estiércol, los AH presentaron valores bajos (0.2% a 0.409%), por lo tanto los valores de este estudio podrían considerarse como muy altos.

Ácidos Fúlvicos (AF)

Los Ácidos Fúlvicos se registraron en rango de 0.25% a 0.31%, siendo el más alto el tratamiento con estiércol de borrego (T2), sin embargo conforme a los resultados del análisis de varianza no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Los resultados concuerdan con los datos obtenidos por Hernández *et al.* (2002) y Sánchez-Hernández *et al.* (2006), en vermicompostas a partir de desechos de plátano y estiércol, quienes reportaron rangos de 0.26% a 0.53%; y Satisha y Davarajan (2005), en sus trabajos donde emplearon compostas de cachaza reportaron concentraciones de ácidos

fúlvicos desde 0.002% hasta 14.8%, en este trabajo los cinco tratamientos probados se ubican en este rango, sin embargo, ninguno superó el 1%, por lo que los resultados obtenidos en esta investigación podrían considerarse bajos.

Relación Ácidos Húmicos-Ácidos Fúlvicos (AH/AF)

Los relación AH/AF fue de 13.85 a 16.97, siendo el más alto el tratamiento con estiércol de vaca (T4), sin embargo conforme a los resultados del análisis de varianza no hubo diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 4). Estos datos difieren de Sánchez-Hernández *et al.* (2006), ya que sus vermicompostas a partir de estiércol y cachaza más bagazo tuvieron valores menores a 1; igualmente Bollo (1999), obtuvo valores de 1.4 a 2 en vermicompostas. Por lo anterior se puede considerar que las vermicompostas elaboradas presentan valores altos en este indicador.

CONCLUSIONES

La eficacia para producir vermicomposta utilizando la lombriz roja californiana (*E. foetida*) en condiciones de trópico húmedo cumplió con los parámetros de temperatura, población de lombrices que requieren las actividades de vermicomposteo. El pH y MO de los tratamientos se registraron en rango aceptable de la norma mexicana para vermicompostas, mientras que la CE y la Relación C/N de los tratamientos fueron superiores al aceptable. El N total de los tratamientos fue inferior a lo especificado por la norma mexicana, indicándonos que no hay una mineralización completa de las vermicompostas. El K intercambiable de las vermicompostas se encontró muy alto en los tratamientos conforme a la norma para suelos, mientras que el P asimilable estuvo en niveles muy inferiores conforme a la misma norma. El tratamiento que presentó valores más altos en AH y AF, fue el tratamiento con estiércol de borrego. La relación AH/AF se presentó en concentraciones elevadas en todos los tratamientos, indicando tendencia a la acumulación del carbono orgánico en las vermicompostas y por lo tanto baja mineralización de las mismas. Se considera conveniente agregar mayor cantidad de desechos agropecuarios ricos en N a las mezclas para mejorar los indicadores que se encontraron deficientes.

AGRADECIMIENTOS

A la LPII Agroecosistemas sustentables del Colegio de Postgraduados por el financiamiento parcial de este trabajo a través del Grupo MAS-CAÑA.

LITERATURA CITADA

- Arreola-Enríquez J., Palma-López D.J., Salgado-García S. 2004. Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *TERRA Latinoamericana*. 22(3):351-357
- Anónimo. 2013. La Lombricultura: Biotecnología Ecológica al alcance de tus manos. Obtenido de <http://www.actiweb.es/viveloverde/lombricultura.html>. Revisado el 29 de Abril del 2013.
- Barbado J.L. 2004. Cría de Lombrices. 1ª Ed. 1ª Reimp. Albatros, Buenos Aires, Argentina. 128 p.
- Berrospe O.E.A. 2010. Sustratos alternativos a base de cachaza para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 139 p.
- Bollo E. 1999. Lombricultura. Una alternativa de reciclaje. Edición Mundi-Prensa. Barcelona, España. 149 p.
- Castillo A.E., Quarín S.H., Iglesias M.C. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agric. Téc. (Chile)*. 60(1): 74-79.
- Contreras S., Reines M., Loza J. 2001. Lombricultura. Conocer y cuidar las lombrices para obtener abono orgánico. Fundación Produce Jalisco A.C. Universidad de Guadalajara. 74 p.
- Durán L., Henríquez C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostas producidas a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 31(1): 41-51 pp.
- Domínguez J., Aira M., Gómez-Brandón M. 2010. Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes. *En: Insam, H., Franke-Whittle, I., Goberna, M. (Eds). Microbes at work: from wastes to resources*, pp.93-114. Springer-Verlag, Berlin Heilderberg, Germany.
- Félix H., J. A.; Serrato F., R.; Armenta B., A. D; Rodríguez Q., G.; Martínez R. R.; Azpiroz R., H. S; y Olalde P. V. 2010. Propiedades Microbiológicas de Compostas Maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. *Rev. Ra Ximhai*, Vol. 6: 105-113.
- Fernández M.M., Aguilar M.I., Carrique J.R., Tortosa J., García C., López M., Pérez J. M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Ferruzzi C. 1986. Manual de lombricultura. Traducción de C. Buxade. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 138 p.
- Norma Oficial Mexicana. 2000. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreos y análisis. NOM-021-RECNAT-2000. Diario Oficial de la Federación. México, D. F. 85 p.
- Norma Oficial Mexicana. 2008. Humus de lombriz (lombricomposta)- especificaciones y métodos de prueba. NMX-FF-109-SCFI-2008. Diario Oficial de la Federación. México, D. F. 24 p.
- Pérez M.M.A., Sánchez H.R., Palma-López D.J., Salgado G.S. 2011. Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México *Interciencia*, 36 (1), pp. 45-52
- Reines M., Rodríguez C., Sierra A., Vázquez Ma. 1998. Lombrices de tierra con valor comercial: Biología y técnicas de cultivo. Editorial Ducere. Chetumal, Quintana Roo, México. 60 p.
- Rodríguez D.M., Cano R.P., Figueroa M.U., Palomo G.A., Favela C.E., Álvarez R.V. Márquez H.C., Moreno R.A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. México*. Vol. 31 (3). 265-272 pp.
- Ruiz R.O. 1999. Agroecología: un enfoque para la producción sustentable de alimentos agrícolas industriales. *Revista Tecno agro* 5 5-6 pp.
- Salgado G.S., Palma-López D.J., Núñez E.R., Lagunés E.L., Deberdardi D.H., Mendoza H.R. 2006. Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción en el Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 210 p.
- Sánchez-Hernández R. 2006. Evolución estructural de un suelo arcilloso por el aporte de materia orgánica y la inalteración mecánica. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. 136 p.
- Sánchez-Hernández R., Ordaz-Chaparro V.M., Palma-López D.J. y Sánchez B.J. 2006. El vermicompostaje: elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados y Fundación Produce Tabasco A.C. Villahermosa, Tabasco. México. 46p.
- Soto G., Muschler R. 2001. Génesis, fundamentos y situación actual de la agricultura orgánica. *Manejo integrado de plagas*. (62) 101-105.



ESTRUCTURA POBLACIONAL DE ROEDORES PLAGA EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO

POPULATION STRUCTURE OF RODENTS PEST OF SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) IN CHONTALPA, TABASCO, MEXICO

De la Cruz -Ramírez, A.¹; Sánchez-Soto, S.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n, H. Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: sssoto@colpos.mx

RESUMEN

Se realizó un estudio de 13 meses sobre la estructura poblacional de *Sigmodon toltecus* y *Oryzomys couesi*, roedores plaga del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en La Chontalpa, Tabasco, México, utilizando trampas de golpeo en un cultivo de caña y en un pastizal adyacente para la cría de ganado vacuno (18° 05' 25" N, 93° 40' 43" W). El estudio fue desarrollado durante un año (2013-2014) iniciando en septiembre. Se obtuvo información sobre el número de machos con testículos escrotados, machos con testículos abdominales, hembras reproductivas, no reproductivas y cantidad de embriones. Los resultados fueron variables, pero se observó que en general las capturas de individuos y registros de embriones de *S. toltecus* fue mayor que las de *O. couesi*, tanto en el cultivo de caña como en el pastizal contiguo; asimismo, hubo tendencia a capturar y registrar mayor cantidad de individuos y embriones de ambas especies de roedores en el periodo de septiembre de 2013 a marzo de 2014, coincidiendo con una edad avanzada del cultivo de caña de azúcar.

Palabras clave: *Sigmodon toltecus*, *Oryzomys couesi*, estructura poblacional.

ABSTRACT

A study was carried out during 13 months regarding the population structure of *Sigmodon toltecus* and *Oryzomys couesi*, pest rodents in sugar cane (*Saccharum* spp.) cultivation in La Chontalpa, Tabasco, México, using snap traps in a sugar cane plantation and adjacent pasture used for cattle raising (18° 05' 25" N, 93° 40' 43" W). The study was developed for a year (2013-2014) beginning in September. Information was obtained about the number of males with scrotum testes, males with abdominal testes, reproductive and non-reproductive females, and number of embryos. The results were variable, but in general it was observed that the captures of individuals and records of *S. toltecus* embryos was higher than those of *O. couesi*, both in the sugar cane crop and in the adjoining pasture; likewise, there was a tendency to capture and record a higher number of individuals and embryos of both species of rodents during the period of September 2013 to March 2014, coinciding with an advance age of the sugar cane crop.

Keywords: *Sigmodon toltecus*, *Oryzomys couesi*, population structure.



INTRODUCCIÓN

Entre los factores que limitan la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México se encuentra el daño ocasionado por roedores (Flores, 1994). Estos organismos encuentran refugio y alimento en el cultivo de caña por largos períodos de tiempo (Quintero-Romanillo *et al.*, 2009), y cuando atacan la caña disminuyen el rendimiento, ocasionando pérdidas del 10%, pudiendo ser mayores o incluso ocasionar pérdidas totales debido al abandono del cultivo ya que la cosecha no resulta rentable (Flores, 1994). Otra consecuencia es la reducción en cantidad y calidad de los azúcares debido a la fermentación de los tallos dañados y a enfermedades contraídas por medio de las heridas producidas (Richter, 1999). En el estado de Tabasco, las pérdidas ocasionadas por estos organismos son del orden de 25%, constituyéndose en una plaga principal en la zona de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez, en la subregión La Chontalpa. Las principales especies de roedores plaga son *Sigmodon toltecus* y *Oryzomys couesi*; de la familia Cricetidae del orden Rodentia, y se conocen comúnmente en la zona como rata cañera (Sánchez-Navarrete, 1981, López-Medellín y Medellín, 2005, Ramírez *et al.*, 2005, Ceballos *et al.*, 2005). El conocimiento de la estructura poblacional de roedores es fundamental para implementar estrategias de manejo integrado, ya que permite obtener datos acerca de las especies, sexo y condición reproductiva de los individuos presentes en el cultivo de caña y vegetación adyacente. Con base en los registros mensuales se puede determinar el periodo en que los roedores tienen mayor actividad reproductiva y la época de mayor riesgo de daño al cultivo. Por lo anterior, se determinó durante 13 meses el número de machos escrotados, machos abdominales, hembras reproductivas, hembras no reproductivas y número de embriones de *S. toltecus* y *O. couesi* en un cultivo de caña de azúcar y pastizal adyacente, en la zona de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio con cultivo de caña de azúcar de la variedad MEX 69-290, fue una superficie de 52 ha; se

sembró en junio de 2012 y se cosechó en abril de 2014. La plantación se localizó en 18° 05' 25" N y 93° 40' 43" O, a 14 km del IPBJ, en el municipio de Cárdenas, Tabasco (Figura 1). El área mencionada, destinada al cultivo de caña, colinda con un pastizal utilizado para la cría de ganado vacuno. El clima en la zona es cálido húmedo con lluvias en verano; la precipitación anual es de 1935.5 mm, y temperatura promedio de 29 °C.

Los muestreos para determinar la estructura poblacional se realizaron mensualmente, de septiembre de 2013 a septiembre de 2014 (15 meses después de siembra) y se prolongaron hasta los cinco meses después de cosecha, con la nueva plantación de resoca. En cada muestreo se utilizaron 100 trampas de golpeo tratadas previamente con aceite quemado para proteger la madera de la humedad. A cada trampa se le hizo una perforación en una de las esquinas por donde se pasó una cuerda para sujetarla posteriormente en campo. Las trampas se numeraron del 1 al 100, se cebaron con 5 g de pulpa seca de coco e instalaron en un trayecto de 500 metros lineales en la zona de borde del cultivo de caña, de las



Figura 1. Localización del sitio de estudio en La Chontalpa, Tabasco, México.

cuales 50 trampas con números pares quedaron en el interior del cultivo, a 10 m del borde del mismo, y 50 trampas con números impares quedaron en el exterior del mismo, en el pastizal adyacente, a 10 m de su borde. En el cultivo de caña y en el pastizal la distancia entre trampas fue de 10 m, y la distancia entre las dos líneas de trampas fue de 20 m. Las lecturas de captura se realizaron mensualmente durante tres días consecutivos. Los individuos capturados se identificaron por especie y sexo, y se procedió a su disección en campo para determinar su estado reproductivo. Los materiales utilizados para hacer esta actividad consistieron en una mesa de trabajo, tijeras, navaja de afeitar, guantes de látex, marcadores y cartulina blanca para colocar los individuos

capturados. El corte se inició por el abdomen, junto al aparato reproductor, y continuó hacia la parte del tórax del ejemplar. Para el caso de las hembras se determinó si éstas se encontraban gestantes o no. En caso positivo, se procedió al conteo del número de embriones. Al finalizar esta actividad, se procedió a buscar un sitio para enterrar los ejemplares examinados, y a lavar o desechar el material utilizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sigmodon toltecus

Machos escrotados. La captura de machos escrotados en el cultivo de caña y en el pastizal, fue mayor de septiembre de 2013 a marzo de 2014 (Figura 2 y 3). En el cultivo de caña, la mayor y menor cantidad de individuos capturados se registró en septiembre de 2013 y agosto de 2014 respectivamente (Figura 2), mientras que en el pastizal adyacente la mayor cantidad se registró en octubre 2013 y la menor en julio 2014 (Figura 3).

Machos abdominales. La captura de machos abdominales en ambos agroecosistemas vegetales se registró en 10 de los 13 meses considerados (Figura 2 y 3). La mayor cantidad de individuos capturados se registró en febrero y marzo en caña de azúcar (Figura 2), y de enero a marzo, y en julio y agosto en el pastizal adyacente (Figura 3). En el cultivo de caña la cantidad de machos escrotados siempre fue mayor que la cantidad de machos abdominales capturados, excepto en febrero y agosto que ocurrió lo contrario, y en marzo cuya cantidad fue igual en ambos casos (Figura 2).

En el pastizal adyacente sucedió algo similar, con la excepción de que en enero, febrero, julio y agosto la cantidad de machos abdominales superó a los machos escrotados (Figura 3).

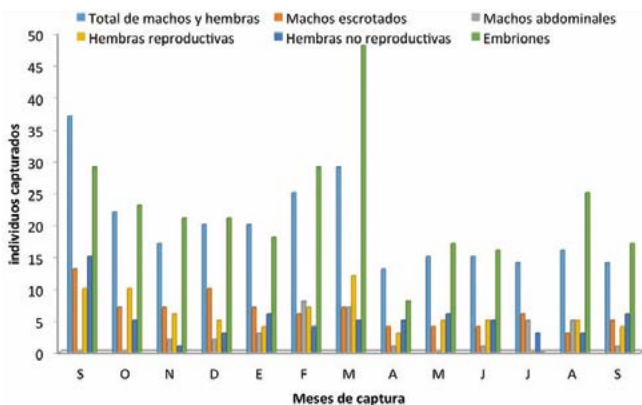


Figura 2. Estructura poblacional de *S. toltecus* en el cultivo de caña (sept 2013-sept. 2014).

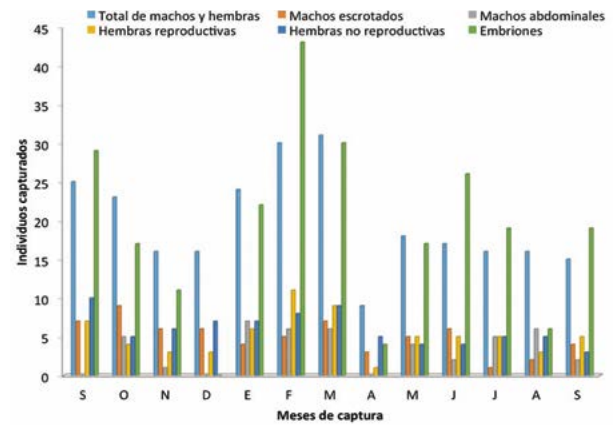


Figura 3. Estructura poblacional de *S. toltecus* en el pastizal (sept 2013-sept 2014).

Hembras reproductivas. En el cultivo de caña la mayor cantidad de hembras reproductivas se capturó en septiembre y octubre de 2013, y marzo de 2014; en julio no se registraron capturas (Figura 2). En el pastizal adyacente, la mayor cantidad se registró en febrero y marzo, y la menor cantidad en abril (Figura 3).

Hembras no reproductivas. Tanto en el cultivo caña como en el pastizal se capturaron hembras no reproductivas en los 13 meses de estudio (Figura 2 y 3). La mayor y menor cantidad de individuos capturados en el cultivo de caña se registró en septiembre y noviembre de 2013, respectivamente (Figura 2). En el pastizal, la mayor cantidad de hembras no reproductivas se capturó en septiembre de 2013, y febrero y marzo de 2014; la menor cantidad se capturó en septiembre de 2014 (Figura 3). En el cultivo de caña, la cantidad de hembras reproductivas y no reproductivas capturadas varió a través del tiempo; en seis meses la captura de hembras reproductivas superó a la de hembras no reproductivas; en otros seis meses sucedió lo contrario, y en un mes (junio) se capturó igual cantidad de hembras reproductivas y no reproductivas (Figura 2). En el pastizal adyacente, solo en cuatro meses (febrero, mayo, junio y septiembre de 2014) se capturó mayor cantidad de hembras reproductivas con relación a las hembras no reproductivas; en el resto de los meses, la captura de éstas últimas fue mayor, excepto en julio donde la cantidad de ambas fue igual (Figura 3).

Total de machos y hembras. En el cultivo de caña, la suma de machos y hembras fue mayor en el período de septiembre de 2013 a marzo de 2014 con respecto al resto del año (Figura 2). En el pastizal adyacente, se registró algo similar a lo obtenido en el cultivo de

caña, con la diferencia de que la cantidad registrada en noviembre y diciembre de 2013 fue semejante a la observada de mayo a septiembre de 2014. La mayor cantidad se registró en marzo y la menor en abril (Figura 3).

Embriones. En el cultivo de caña, la cantidad de embriones por lo general fue mayor de septiembre de 2013 a marzo de 2014 con relación al resto del año; la mayor cantidad se registró en marzo; en julio no se tuvieron datos al respecto, ya que no hubo captura de hembras reproductivas (Figura 2). En el pastizal adyacente, el registro de embriones tuvo marcada variación con relación al registro obtenido en

caña de azúcar, ya que de mayo a julio, y en septiembre, 2014, la cantidad de embriones fue generalmente mayor que la cantidad registrada de octubre a diciembre de 2013. La mayor cantidad se obtuvo en febrero de 2014, mientras que en diciembre del año anterior no se tuvo registro de embriones a pesar de que se capturaron hembras reproductivas en dicho mes (Figura 3). Tanto en caña de azúcar como en el pastizal, la cantidad de embriones registrada en marzo y febrero, respectivamente, superó marcadamente a la cantidad de machos y hembras registrada en cada uno de los 13 meses de estudio (Figura 2 y 3).

Oryzomys couesi

Machos escrotados. En el cultivo de caña, la captura de machos escrotados de esta especie se registró en 10 de los 13 meses considerados; la mayor cantidad de individuos capturados se registró en febrero (Figura 4). En el pastizal contiguo, la captura se presentó en 11 meses, registrando la mayor cantidad en febrero y marzo (Figura 5).

Machos abdominales. En el cultivo de caña los machos abdominales solo se capturaron en tres meses, iniciando en octubre y finalizando en diciembre, en orden ascendente (Figura 4). En el pastizal se capturaron en seis meses, registrando la mayor cantidad de individuos en noviembre y diciembre (Figura 5).

En el cultivo de caña, la cantidad de machos escrotados capturados fue mayor en octubre con relación a los machos no escrotados; en noviembre éstos últimos fueron mayoría, y en diciembre ambos se capturaron en igual cantidad (Figura 4). En el pastizal, la cantidad de machos escrotados capturados fue menor, pero en febrero y marzo fue mucho mayor que la cantidad de machos no escrotados; en mayo ambos se capturaron en cantidades iguales (Figura 5).

Hembras reproductivas. En el cultivo de caña se capturaron hembras reproductivas en todos los meses, excepto octubre, registrándose la mayor cantidad de individuos en enero y marzo (Figura 4). En el pastizal se capturaron en siete meses, con mayor cantidad de individuos en el mes de enero (Figura 5).

Hembras no reproductivas. En el cultivo de caña se capturaron hembras no reproductivas en septiembre, octubre, enero, marzo y abril, registrándose la mayor cantidad de individuos en este último

mes (Figura 4). En el pastizal se registraron hembras no reproductivas en nueve meses, capturándose la mayor cantidad de individuos en enero (Figura 5). En el cultivo de caña, la cantidad de hembras reproductivas capturadas en septiembre de 2013 y abril de 2014 fue mayor que la cantidad de hembras no reproductivas capturadas en estos meses, pero la cantidad de aquellas fue mayor que

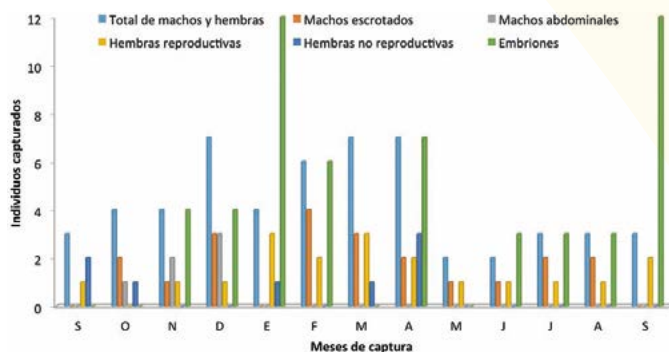


Figura 4. Estructura poblacional de *O. couesi* en cultivo de caña (sept 2013-sept. 2014).

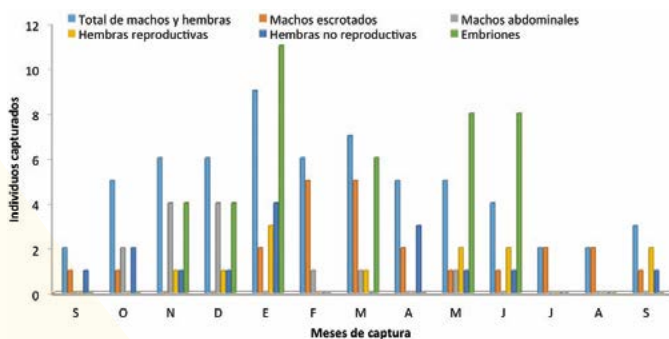


Figura 5. Estructura poblacional de *O. couesi* en el pastizal (sept 2013-sept 2014).

la de éstas en enero y marzo del último año (Figura 4). En el pastizal, se capturó igual cantidad de hembras reproductivas y no reproductivas en noviembre y diciembre; mientras que en enero se capturaron más hembras no reproductivas que reproductivas, y en mayo, junio y septiembre de 2014 la cantidad de éstas supero a las primeras (Figura 5).

Total de machos y hembras. En el cultivo de caña, la suma de machos y hembras capturados fue mayor en diciembre de 2013 y de febrero a abril de 2014 (Figura 4), mientras que el pastizal contiguo los individuos capturados fue mayor en el período de octubre de 2013 a marzo de 2014, con mayor cantidad en enero (Figura 5).

Embriones. En el cultivo de caña, se registraron embriones en nueve meses, a partir de noviembre de 2013, obteniéndose la mayor cantidad en enero y septiembre de 2014 (Figura 4). En el pastizal se registraron en seis meses, a partir de noviembre de 2013, alcanzándose la mayor cantidad en enero de 2014 (Figura 5).

Tanto en el cultivo de caña de azúcar como el pastizal se capturaron generalmente mayor cantidad de individuos de *S. toltecus* que *O. couesi*. Igualmente, se registró mayor número de embriones de aquella especie con relación a esta última (Figuras 2-5), debido a que las poblaciones de *S. toltecus* presentan mayor número de individuos que las poblaciones de *O. couesi*. Según Sánchez-Navarrete (1981) los individuos de *S. toltecus* maduran

sexualmente en 40 días y las camadas consisten de cinco a seis crías, mientras que los de *O. couesi* alcanzan madurez sexual en 50 días y las camadas presentan de tres a cuatro crías. Así mismo, dicho autor menciona que las poblaciones de *O. couesi* no son muy altas y dependen mucho del agua disponible en el medio. Se observó una tendencia general a que la captura de individuos y embriones obtenidos se registraron mayormente en el período de septiembre de 2013 a marzo de 2014, como lo indica la Figura 6, con la suma total de individuos capturados y embriones registrados en el cultivo de caña y el pastizal adyacente. Lo anterior se debió posiblemente a que durante este período la plantación de caña de azúcar se encontraba en edad avanzada (15 a 20 meses), con follaje denso y cerrado, constituyendo a la vez mejores condiciones de refugio y de recurso alimenticio para estos roedores (Quintero-Romanillo *et al.*, 2009). La menor cantidad de individuos y embriones registrados a partir de abril probablemente se debió a que en este mes se realizó la quema del cultivo para su cosecha, y a que posteriormente la nueva plantación o resoca en desarrollo presentó condiciones menos favorables

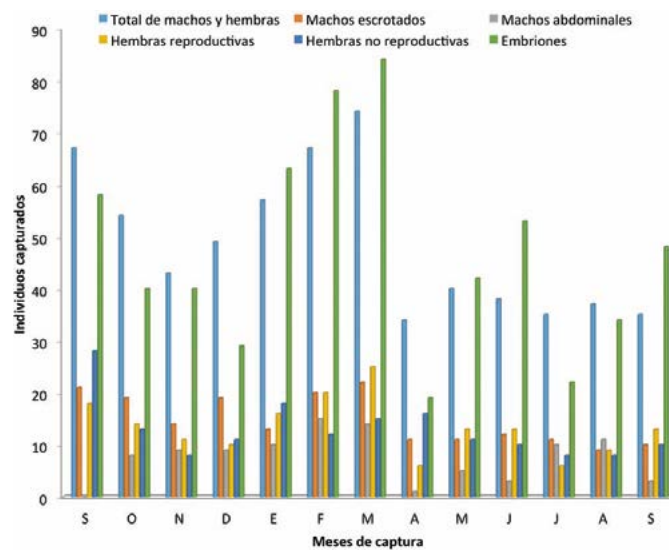


Figura 6. Estructura poblacional de roedores capturados en cultivo de caña de azúcar y pastizal adyacente (sept 2013-sept 2014).

y aumenta conforme el cultivo madura, presentando la mayor densidad de población previa a la cosecha, cuando el refugio y alimento disponible es mayor. Cuando estos organismos tienen suficiente alimento, el daño que ocasionan en el cultivo de caña de azúcar puede ser menor, no obstante, su presencia en altas poblaciones constituyen un riesgo porque ocasionan daños considerables cuando escasea su alimento en los pastizales (Flores, 1994). Por lo anterior, es importante mantener un monitoreo continuo sobre la estructura poblacional y abundancia de estos organismos, con el fin de determinar las épocas adecuadas para su manejo considerando la evaluación de daños en el cultivo de caña de azúcar.

CONCLUSIONES

La cantidad de individuos capturados y embriones registrados de *S. toltecus* y *O. couesi* fue variable, tanto en condición reproductiva de cada sexo y número de embriones. En general se capturó mayor número de individuos y

para ser utilizada por estos organismo como refugio y fuente alimenticia con relación a la plantación original. Esto coincide con los resultados obtenidos por Richter (1999) en Guatemala, quien estudió la fluctuación poblacional de la rata cañera (*Sigmodon hispidus*) determinando que su población es menor al inicio del desarrollo del cultivo de caña

registró mayor cantidad de embriones de *S. toltecus* que *O. couesi*, tanto en el cultivo de caña de azúcar como en el pastizal adyacente. Asimismo, el mayor registro de individuos y embriones de ambas especies en los dos sitios de estudio se registró de septiembre de 2013 a marzo de 2014, coincidiendo con edad avanzada del cultivo de caña, previo a su cosecha.

LITERATURA CITADA

- Ceballos G., Arroyo-Cabrales J., Medellín R.A., Domínguez-Castellanos Y. 2005. Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología 9: 21-71.
- Flores S. 1994. Las plagas de la caña de azúcar en México. Sin editorial. México. 350 p.
- López-Medellín X., Medellín R.A. 2005. *Oryzomys couesi* (Alston, 1877). Pp. 709-710. En: Ceballos G. y Oliva G. (eds.). Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 986 p.
- Ramírez J., Chávez-Tovar J.C., Oliva G. 2005. *Sigmodon hispidus* Say y Ord, 1825. Pp. 799-801. En: Ceballos G. y Oliva G. (eds.). Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 986 p.
- Richter F.H.D. 1999. Fluctuaciones de la densidad poblacional de la rata cañera (*Sigmodon hispidus*) durante un ciclo de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 76 p.
- Quintero-Romanillo A.L., Barreras-Fitch R.C., Orozco-Gerardo J.A., Rangel-Cota G. 2009. Determinación de especies de aves rapaces, en el área de abastecimiento de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la cía. azucarera de los Mochis S. A. de C. V., susceptibles de ser utilizadas como control biológico en el manejo integrado de plagas. Ra Ximhai 5: 239-245.
- Sánchez-Navarrete F. 1981. Roedores y lagomorfos. Colegio de Ingenieros Agrónomos de México, A.C. México, D.F. 247 p.



OBTENCIÓN DE CELULOSA A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum* spp.)

OBTAINING CELLULOSE FROM SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) PULP

López-Martínez, A.¹; Bolio-López, G.I.^{1*}; Veleva, L.²; Solórzano-Valencia, M.³; Acosta-Tejada, G.²; Hernández-Villegas, M.M.¹; Salgado-García, S.⁴; Córdova-Sánchez, S.¹

¹Universidad Popular de la Chontalpa, Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km. 2.0, 86500 Cárdenas, Tabasco, México. Cuerpo Académico Química Verde y Desarrollo Sostenible (CA-QVyDS), ²CIN-VESTAV-Mérida, Física Aplicada, Carretera Antigua a Progreso, Km.6, Cordemex, 97310 Mérida, Yucatán, México. ³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México. ⁴Grupo Mascaña-LPI-2:AEISS-Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina S/N. 56570 Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: gloriaivette.bolio@upch.edu.mx

RESUMEN

Este estudio demostró la posibilidad de obtención de celulosa a partir de bagazo de caña (*Saccharum* spp.), con un tratamiento químico de hidrólisis ácida (sulfúrica) a las fibras de celulosa generando 48% de rendimiento. El análisis de los difractogramas rayos-X reveló que la cristalinidad de la celulosa obtenida es de 55% \pm 2.0, con un tamaño promedio de cristales de 2 nm \pm 0.20 equivalente a 22 Å \pm 2.0, mientras que la cristalinidad de la celulosa parte del bagazo de caña (sin tratamiento) tuvo un valor menor (41%), con tamaño promedio del cristal de 2.2 nm (22 Å), similar al de la celulosa obtenida con tratamiento. La mayor cristalinidad de la celulosa obtenida fue atribuida a la manera eficiente de disolución de las regiones amorfas (lignina y hemicelulosa), confirmada con los espectros de Espectroscopía de infrarrojo (FTIR). Las imágenes de estereoscopia permitieron observar características de las fibras de celulosa, mostrando buena relación de aspecto que le permitirá actuar como refuerzo en materiales compuestos, además de representar una fuente promisoría en la producción de biomateriales y papel.

Palabras clave: Biomateriales, residuos agroindustriales, FTIR, XRD.

ABSTRACT

This study showed the possibility of obtaining cellulose from sugar cane (*Saccharum* spp.) pulp, with a chemical treatment of (sulfuric) acid hydrolysis on cellulose fibers, generating 48 % yield. The analysis of X-ray diffractograms revealed that the crystallinity of the cellulose obtained is 55% \pm 2.0, with an average crystal size of 2 nm \pm 0.20 equivalent to 22 Å \pm 2.0, while the crystallinity of the cellulose part of the sugar cane pulp (without treatment) had a lower value (41 %), with an average crystal size of 2.2 nm (22 Å), similar to that of cellulose obtained with the treatment. The higher crystallinity of the cellulose obtained was attributed to the efficient form of dissolution of the amorphous regions (lignin and hemicellulose), confirmed with the spectrum of the infrared spectroscopy (FTIR). The stereoscopy images allowed observing the characteristics of the cellulose fibers, showing a good relation of aspect that allows them acting as reinforcement to compound materials, in addition to representing a promising source in biomaterial and paper production.

Keywords: Biomaterials, agro-industrial residues, FTIR, XRD.

INTRODUCCIÓN

La humanidad genera grandes volúmenes de residuos y crea uno de los mayores problemas del planeta. A partir de la década de los setentas, surgieron normativas basadas fundamentalmente en el reciclado y reutilización de materiales. Las actividades agropecuarias y agroindustriales generan una variedad de esquilmos y subproductos que pueden emplearse (SAGARPA, 2009). El bagazo del tallo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un residuo fibroso que se obtiene de la extracción del jugo. La producción mundial del bagazo de caña es de 234 millones de toneladas anualmente, de las cuales 50% es usado en los ingenios como combustible para las calderas (Liu *et al.*, 2008), sin embargo, su uso genera contaminación, pues la mayoría de los ingenios para alcanzar el poder calorífico que requiere la combustión incluyen en el proceso quema de combustóleo o llantas, lo que implica liberación de gases contaminantes como el bióxido de carbono. La caña de azúcar es una actividad pilar en la economía de Tabasco, México; anualmente se cultivan 27,041 ha de caña de azúcar, que representa 4% de la producción nacional de azúcar, ocupando el tercer lugar en superficie cultivada (Armida, 2010). De los tres ingenios azucareros en Tabasco, el bagazo obtenido por ingenio es de 53,611 t (Ingenio Azsuremex), 267,172 t (Ingenio Benito Juárez) y 202,474 t (Ingenio Santa Rosalía). Esta cantidad de bagazo podría ser aprovechada al 100%, para generar productos de uso y además empleo, lo que reactivaría al sector azucarero. Las fibras vegetales, obtenidas de diferentes desechos agroindustriales, son consideradas como compuestos de origen natural. Los elementos fibrosos de la pared de la célula vegetal incluyen componentes como la celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa representa alrededor de un tercio de la composición y es biosintetizada en el proceso de la fotosíntesis del vegetal, produciéndose gran cantidad anualmente de celulosa en el mundo (Goodger, 1976). La celulosa es un homopolisacárido natural que consta de unidades de D-glucosa, enlazadas por uniones de 1,4'- β -D-glicosídicos, formando un polímero lineal que presenta un ordenamiento estructural, en el que sus grupos hidroxilos generan fuertes uniones intramoleculares adquiriendo propiedades cristalinas (Maya, 2008; Hepworth, 2000). Las materias primas fibrosas deben reunir determinados requisitos de índole técnica y económica. Entre los requisitos técnicos, los más importantes radican en la composición química del material, su reactividad frente a los agentes de pulpeo y sus propiedades anatómicas y morfológicas. El bagazo, además de satisfacer dichos requerimientos, se encuentra disponible en grandes cantidades concentradas en los ingenios azucareros. Su manipulación, transportación y almacenamiento disminuyen los riesgos de inversión y lo hacen un material atractivo, en comparación con otras fuentes de materia prima lignocelulósicas, constituyendo un desecho importante de la industria azucarera que puede ser aprovechado, ya que por cada tonelada de azúcar refinada se producen dos de bagazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material biológico seco utilizado fue proporcionado por el Ingenio Pdte. Benito Juárez región de la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco. Inicialmente se trató con una solución acuosa de 10% NaOH, con el objetivo de eliminar ceras, pectinas y resinas. El bagazo de caña fue introducido en la solución

de 10% NaOH durante 20 min y después de alcanzar la temperatura de ebullición se procedió con agitación continua. Posteriormente las muestras de bagazo se enfriaron, lavaron con agua corriente y secaron en estufa a 60 °C durante 12 horas.

Obtención de celulosa

Se realizó usando la técnica de pulpeo (Cazaurang *et al.*, 1990), con parámetros modificados para el bagazo de caña que consta de cuatro pasos: (1) hidrólisis ácida suave con H₂SO₄ al 0.4% por una hora y un lavado posterior; (2) cloración con 3.5% NaClO con agitación continua de la solución, en un baño de agua a 30 °C hasta alcanzar pH 9.2, seguido por lavado con agua destilada hasta la neutralidad; (3) extracción alcalina con 20% NaOH en agitación por una hora, seguido por un proceso de lavado; (4) blanqueo con una solución de 0.5% NaClO, agitando continuamente por una hora y lavado final hasta pH neutro. Seguidamente, el material se esparció en una charola de aluminio durante un día, para secado a temperatura ambiente y posteriormente en una estufa durante 24 h a 60 °C. La masa de la celulosa se determinó con una balanza analítica, para determinar el rendimiento del proceso de obtención a partir del bagazo de caña y por último, la celulosa se pulverizó por medios mecánicos.

Métodos de caracterización:

Espectroscopía de infrarrojo (FTIR)

La caracterización química de las muestras de celulosa se llevó a cabo utilizando la técnica de espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), con un Espectrómetro de Infrarrojo "FTIR Nicolet Magna Protegé 460" en el modo de transmisión, con una resolución de 4 cm⁻¹ y 100 barridos. Las

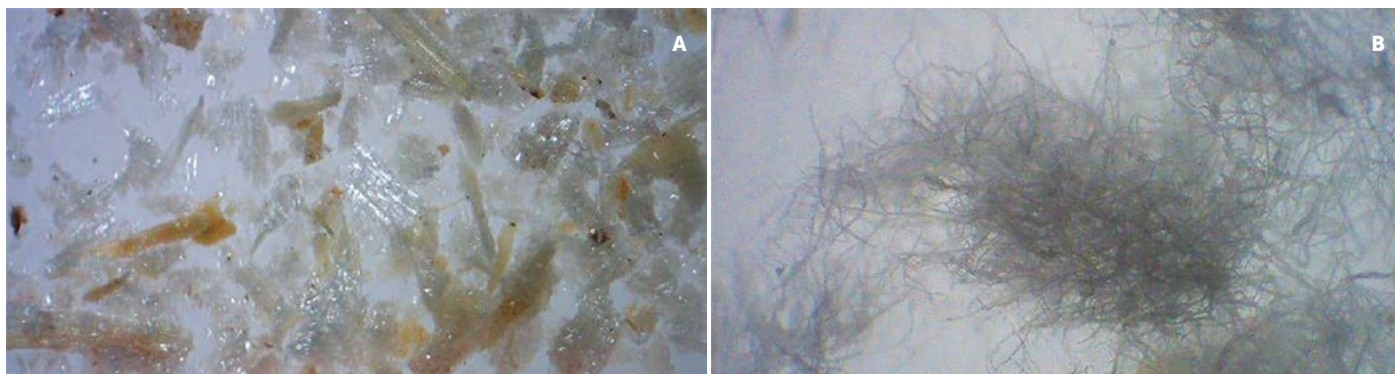


Figura 1. Imágenes de estereoscopia. A: Bagazo de caña. B: Celulosa de caña.

pastillas para manejo con el FTIR se prepararon con 1 mg de muestra de celulosa en 100 mg de KBr.

Difracción de Rayos-X (XRD)

La determinación de la cristalinidad fue basada analizando los espectros de difracción de rayos-X, método de polvos (PXRD), obtenidos con un equipo "Siemens D 5000 Diffractometer", espectro de $\text{CuK}\alpha$ ($\alpha=1.5418 \text{ \AA}$ y de energía 8.047 keV). El porcentaje de cristalinidad ($X_c\%$) de las muestras de celulosa fue calculada con la ecuación (1), por el método desarrollado por Segal et al. (1959):

$$X_c\% = 100 \left[1 - \left(I_1 / I_2 \right) \right] \quad (1)$$

dónde: I_1 es la intensidad del pico mínimo y I_2 es la intensidad máxima del pico cristalino, respectivamente.

El tamaño del cristal (t) fue calculado con la ecuación (2), propuesta por Scherrer (Cullity, 1978):

$$t = 0.9\lambda / B \cos\theta \quad (2)$$

dónde: λ es la longitud de onda de la radiación utilizada (λ_{Cu}), B es el ancho a la altura media del pico de difracción de la muestra, θ es la posición del pico de difracción y 0.9 es el factor de forma del cristal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un rendimiento de celulosa de 48% a partir del bagazo de caña, con el tratamiento químico aplicado. Valores similares de rendimientos han sido reportados en otros estudios para residuos agroindustriales, tales como, 46.6% (VazRossell, 2006), 52.2% (Ferrer et al., 2002) y 53.7% (Domínguez et al., 2012). La Figura 1 muestra imágenes de estereoscopia con los tamaños de fibras de celulosa de bagazo de caña.

Los difractogramas de bagazo de caña y celulosa obtenida se muestran en la Figura 2.

Los picos observados cercano a $2\theta = 20.3^\circ$ y 22° son de celulosa (Wang et al., 2007), así como los picos a $2\theta = 12.6^\circ$ y 34.6° son característicos a la estructura de la celulosa I (Visakh et al., 2010; Isogai et al., 1989). El porcentaje de cristalinidad de las muestras de celulosa de caña y celulosa del bagazo de caña, fue calculado con la ecuación (1), analizando los difractogramas de rayos-X (Figura 2). El pico de intensidad mínima (I_1) del bagazo de caña se observó en $2\theta = 10^\circ$ (Figura 2a), mientras que el de celulosa obtenida a 14° (Figura 2b); los picos de intensidad máxima (I_2) fueron en $2\theta = 19^\circ$ y 24° , respectivamente (Figura 2a y b). De esta manera se obtuvo cristalinidad de la celulosa obtenida del bagazo de caña de $55\% \pm 2$, debido al probable contenido de algunos residuos de hemicelulosa que contribuyen ligeramente a una menor cristalinidad en la celulosa de caña. El tamaño promedio de los cristales (ecuación 2) de la celulosa obtenida de caña, fue de 2 nm (± 0.2) ó 22 \AA (± 2), similar a lo reportado por Arceo et al. (2006) para celulosa extraída de *Vigna unguiculata*, con un tamaño promedio de cristales de 30 \AA , en un rango de entre 18 y 49 \AA .

La cristalinidad calculada del bagazo de caña sin tratamiento tuvo un valor de 41%, analizando el difractograma presentado en la Figura 2a. Valores similares de 56% a 62% han sido reportados por Cain et al. (2007). El tamaño promedio del cristal fue de 2.2 nm (22.0 \AA), conservándose el tamaño de cristales después del tratamiento. Se considera que los cristalitas están conectados uno a otro por zonas amorfas desorientadas (Wang et al., 2007), y su naturaleza cristalina no sólo está influenciada por la conformación de las cadenas, sino por el empaquetamiento de las cadenas adyacentes. Los cristales son

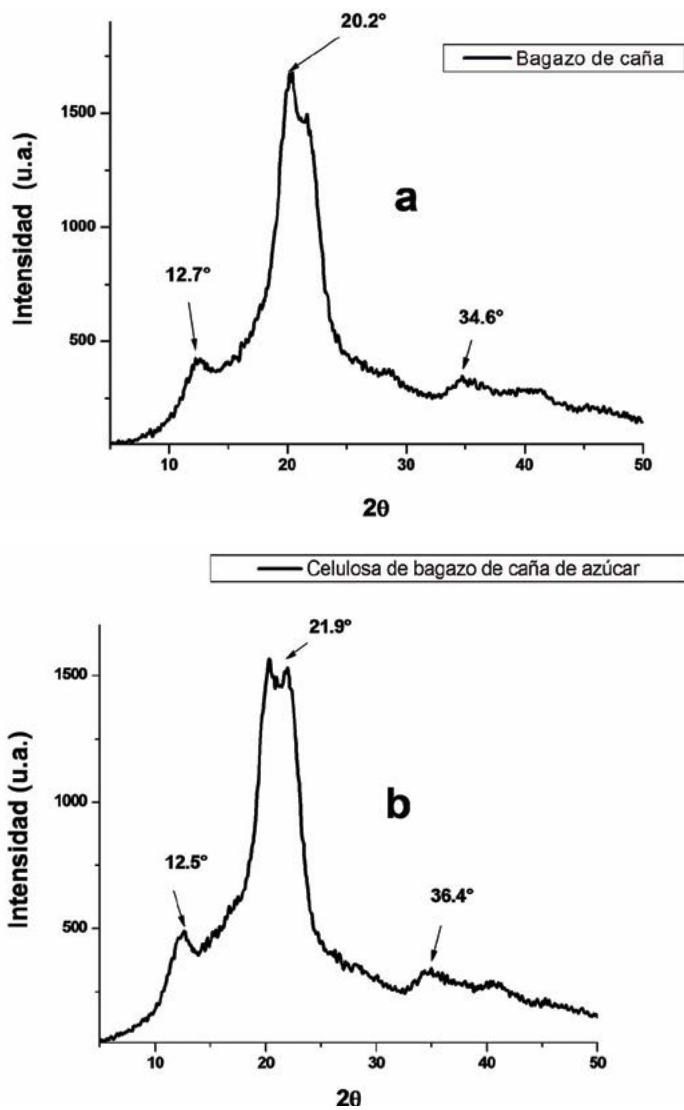


Figura 2. Difractogramas XRD. a: Bagazo de caña. b: Celulosa de caña.

cadenas de celulosa pura con arreglos de las cadenas de glucosa que difieren a los de la celulosa (Lu y Hsieh, 2010). Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que la cristalinidad relativa de la celulosa del bagazo de caña (41%) incrementó después del tratamiento ácido de este residuo agroindustrial, obteniendo un valor de 55%. Sin embargo, el tamaño de los cristales de celulosa puede aumentar o disminuir por el efecto de los factores que afectan la cristalinidad (fuente de origen de la celulosa, método de su extracción y tratamientos posteriores a su extracción (Los cristales de celulosa, de acuerdo a Alexander (1969) y Cullity (1978), poseen forma monoclinica. Las muestras de celulosa del bagazo de caña y la obtenida del este residuo, que fueron objetivo de este estudio, mostraron un patrón correspondiente a celulosa tipo I, comúnmente encontrada en fibras vegetales naturales (Isogai *et al.*, 1989), específicamente celulosa

tipo β estable con cristales monoclinicos. Las Figuras 3a y 3b muestran los interferogramas de FTIR de la celulosa en ambos materiales.

En el interferograma de infrarrojo del bagazo de caña (Figura 3a) se observa un pico a 3490 cm^{-1} , atribuido a las vibraciones de estiramiento, característicos de los grupos O-H presentes en la celulosa (Coates, 2000; Brandrup *et al.*, 1999). La intensidad de la banda a 2900 cm^{-1} es atribuida a vibraciones de estiramiento de los enlaces C-H (Lu y Hsieh, 2010; Asfanás'ev *et al.*, 2007). El pico a 1731 cm^{-1} se relaciona con los enlaces C=O de cetonas no conjugadas presentes en la hemicelulosa (Morán *et al.*, 2008; Asfanasiyev *et al.*, 2007; Pandey, 1999), mientras que los picos en 1631 son asignados a flexión del enlace

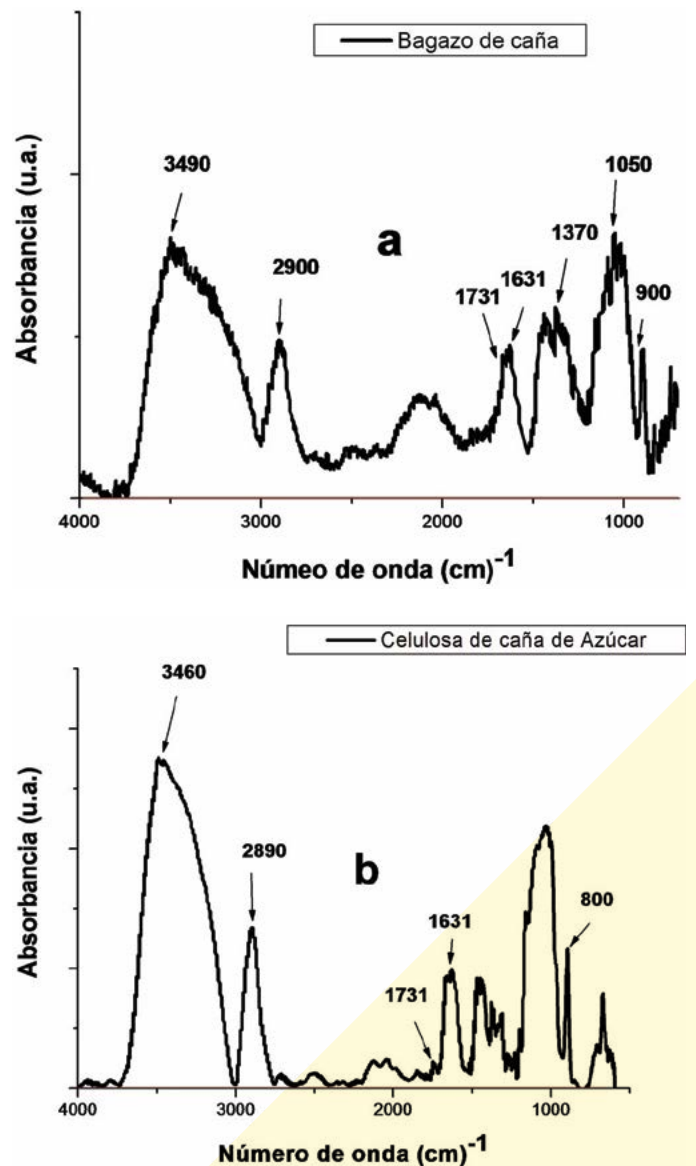


Figura 3. Interferogramas de FTIR: a: Bagazo de caña. b: Celulosa de bagazo de caña.

O-H del agua adsorbida (Dai y Fan, 2010). El pico de 1050 cm^{-1} es atribuido posiblemente al enlace OH de los grupos C-OH, correspondientes a la hemicelulosa y la lignina, y finalmente el pico en 900 cm^{-1} fue asignado al enlace C-H, que corresponde a los hidrógenos aromáticos de la lignina. En el espectro de FTIR correspondiente a la celulosa obtenida del bagazo de caña (Figura 3b) se puede observar el pico 1631 cm^{-1} asignado al agua adsorbida (H_2O). Así mismo, el pico en 1731 cm^{-1} , correspondiente a hemicelulosa disminuye drásticamente en la curva de celulosa, demostrando así que se ha eliminado la mayor parte de la hemicelulosa. Un pico débil en 800 cm^{-1} corresponde tentativamente al estiramiento de los enlaces C-O-S (Chaidedgumjorn, 2002; Petropavlovskii y Vasil'eva, 1967), típico de la obtención de la celulosa por hidrólisis con H_2SO_4 .

CONCLUSIONES

Este estudio demostró la posibilidad de obtener celulosa a partir de desechos agroindustriales de bagazo de caña de azúcar, aplicando un tratamiento químico de hidrólisis ácida (sulfúrica) a las fibras de celulosa. El rendimiento de celulosa fue de 48%. El análisis de los difractogramas rayos-X reveló que la cristalinidad de la celulosa obtenida de 55% (± 2), con un tamaño promedio de los cristales de 2.0 nm (± 0.2) o 22 \AA (± 2). La cristalinidad de la celulosa parte del bagazo de caña (sin tratamiento), tuvo un valor menor de 41%, con un tamaño promedio del cristal de 2.2 nm (22.0 \AA), similar al

de la celulosa obtenida con tratamiento. Las imágenes de estereoscopia permitieron observar las características de las fibras de celulosa obtenida evidenciando su potencial en la producción de biomateriales y papel.

AGRADECIMIENTOS

Los análisis de difracción de rayos-X fueron realizados en el Laboratorio Nacional de Nano y Biomateriales (Financiado por Fomix-Yucatan y Conacyt), CINVESTAV-IPN. Unidad-Merida. Damos las gracias a la PhD. Patricia Quintana por el acceso a LANNBIO y al M.S. Daniel Aguilar Treviño por su soporte técnico en la obtención de los difractogramas. Al M.C. Isaías Peraza del CINVESTAV-Mérida, por la obtención de las fotografías estereoscópicas.

LITERATURA CITADA

- Alexander I.F.E. 1969. X-Ray Diffraction Methods in Polymer Science. Ed. John Wiley&Sons, Inc. New York, E. U. pp. 198-215, 262-268, 508.
- Arceo E. 2006. Extracción y caracterización física de celulosa a partir de vainas de la leguminosa *Vigna unguiculata* L. Walp. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Armida A.L. 2010. Tesis Factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos que influyen en la producción del agroecosistema caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la Chontalpa Tabasco. Colegio de postgraduados.
- Asfanas'ev N.I., Prokshin G.F., Lichutina T.F., Gusakova M.A., Vishnyakova A.P., Surkhov D.A., Derkacheva O. Y. 2007. Macromolecular Chemistry and Polymeric Materials 80 (10), 1695-1698.
- Boisset C., Chanzy H., Henrissat B., Lamed R., Shohams J., Bayer E. 1999. Biochemistry Journal 340, 829-835.
- Brandup J., Immergut J. 1975. Polymer Handbook.4a, Ed. John Wiley & Son, New York, USA. 1: 136-144.
- Cai J., Zhang L., Zhou,J., Qi H., Chen I., Kondo T., Chen X., Chu B. 2007. Advanced Materials. 19, 821-825.
- Cazaurang M., Peraza S., Cruz R.C.A. 1990. Cellulose Chemistry and Technology 24, 629-638.
- Chaidedgumjorn, A., Toyoda, H., Rhan, Woo E.,Bok, Lee K., Shink, Kim Y.,Toida, T. and Imanari,T. 2002. Carbohydrate Research 337, 925-933.
- Chen H.L., Yokochi A. 2000. Journal of Applied Polymer Science 76, 1466-1471.
- Coates J. 2000. Interpretation of infrared spectra, a practical approach. Encyclopedia of Analytical Chemistry. R. A. Meyers (Ed.), Ed. JohnWiley&Sons Ltd, Chichester pp. 10815-10837.
- Cullity B.D. 1978. Elements of X-Ray Diffraction, 2nd edition, Ed. Addison-Wesley, New York.
- Dai D., Fan M. 2010. Materials Sciences and Applications 1, 336-342.
- Domínguez M., Álvarez A., Granados M., Hernández F. 2012. Revista Iberoamericana de Polímeros 13 (4) 200-211.
- Hepworth D. 2000. In: Composites, Part A 31, 283-285.
- Isogai A., Makoto U., Kato T., Uryu T., Atalla R. 1989. Macromolecules 22,3168-3172.
- Liu, W., Wang, Y.; Sun, Z. (2004). Crystallization behavior of starch-filled polypropylene, Journal of Applied Polymer Science, Volume 92, Issue 1, Pp: 484-492.
- Lu P., Hsieh Y.L. 2010. Carbohydrate Polymers 82, 329-336.
- Maya J., Sabu T. 2008. Biofibras and biocomposites. In: Carbohydrate Polymers 71, 343-364.
- Morán J.I., Vera A., Cyras V.P., Vázquez A. 2008. Cellulose 15,149-159.
- Pandey K.K. 1999. Journal of Applied Polymer Science 71, 1969-1975.
- Petropavlovskii, G. and Vasil'eva, Q. A. (1967), Zhurnal Prikladnoi Spektroskopii 7(2), 240-243.
- SAGARPA. 2009. www.sagarpa.gob.mx
- Visakh P.M., Thomas S. 2010. Waste Biomass.1: 121-134.
- Wang B., Sain M., Oskman K. 2007. Applied Composite Materials 14, 89-103.

PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE ALIMENTOS ELABORADOS CON CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) Y POLLINAZA FERMENTADA EN ESTADO SÓLIDO

PRODUCTION AND EVALUATION OF FEED CONCENTRATE MADE FROM SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) AND FERMENTED CHICKEN DROPPINGS IN SOLID STATE

Aranda-Ibáñez, E.M.¹; Ramos-Juárez, J.A.^{1*}; Salgado-García, S.¹; Arias-López, F. T.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina s/n, Cárdenas, Tabasco, México. CP 86500.

*Autor de correspondencia: ramosj@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la inclusión de diferentes niveles de pollinaza (estiércol de pollo) sobre el valor nutritivo de un alimento fermentado en estado sólido a base de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Se evaluaron cuatro niveles de pollinaza (0, 20, 30 y 40%) y cinco tiempos de fermentación en estado sólido (0, 24, 48, 72 y 96 h) con cuatro repeticiones en un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Se determinó el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), proteína verdadera (PV), fibra detergente neutro (FDN), degradación *in situ* de la materia seca (DIMS) y parámetros de fermentativos (pH, temperatura, grados Brix, azúcares reductores, amoníaco, ácido láctico y ácidos grasos volátiles (AGV)). Se incrementó ($P<0.05$) la MS (40% a 49.4%), la PC (14.7% a 22.5%), la PV (7.3% a 12.6%), la DIMS (56.8% a 67.8%) por efecto de la inclusión de la pollinaza en el tratamiento testigo. Los mejores resultados fueron los tratamientos con 20% y 30% de pollinaza. A las 24 h se encontraron los mejores parámetros nutritivos y fermentativos, concluyendo que la adición de pollinaza a la caña de azúcar permite obtener un alimento fermentado con buen valor nutritivo para rumiantes.

Palabras Claves: Bovinos, trópico, suplemento, valor nutritivo.

ABSTRACT

The effect of the inclusion of different levels of chicken droppings (chicken manure) on the nutritional value of a fermented feed concentrate in solid stage made of sugar cane (*Saccharum* spp.) was evaluated. Four levels of chicken droppings (0, 20, 30 and 40%) were evaluated, and five fermentation times in the solid stage (0, 24, 48, 72 and 96 h) with four repetitions in a completely random design with factorial arrangement. The content of dry matter (DM), raw protein (RP), actual protein (AP), neutral detergent fiber (NDF), *in situ* degradation of dry matter (DIMS), and fermentative parameters (pH, temperature, Brix degrees, reducing sugars, ammonia, lactic acid), and volatile fatty acids (VFAs) were determined. The DM (40% to 49.4%), the RP (14.7% to 22.5%), the AP (7.3% to 12.6%), the DIMS (56.8% to 67.8%) increased ($P<0.05$) from the effect of inclusion of the chicken droppings on the control treatment. The best results were the treatments with 20% and 30% of chicken droppings. At 24 h the best nutritional and fermentative parameters were found, concluding that the addition of chicken droppings to sugar cane allows obtaining a fermented food with good nutritional value for ruminants.

Keywords: bovines, Tropics, supplement, nutritional value.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio, 2016. pp. 46-50.

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

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es un recurso potencial para la alimentación bovina en las regiones tropicales, puede complementar la escasez de pastos durante el período de sequía y contingencias ambientales debido a su gran producción de biomasa por unidad de superficie. Rodríguez *et al.* (2014) Indicaron que la caña de azúcar tiene bajo contenido de proteína, minerales y limitada degradación de la fibra, sin embargo, el proceso de fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar (Ramos *et al.*, 2006), mejora su valor nutritivo y metabolitos finales de la actividad microbiana como vitaminas, aminoácidos, ácidos grasos volátiles, enzimas y otras sustancias enriquecen el producto. La pollinaza es un coproducto de la industria avícola utilizado en la alimentación de rumiantes como fuente de nitrógeno no proteínico (NNP) y minerales por su bajo costo en el mercado, sin embargo, es catalogada como un contaminante ambiental por la presencia de residuos químicos, alta carga de microorganismos patógenos (*Echerichia coli*, *Salmonella* y *Coccideas*) procedentes del tracto gastrointestinal de las aves (Ghaly y MacDonald, 2012). Los tratamientos biológicos como las fermentaciones en estado sólido (FES) pueden eliminar estos problemas (Cifuentes *et al.*, 2016; Ramos *et al.*, 2013). El objetivo del trabajo fue evaluar diferentes niveles de inclusión de pollinaza a la caña de azúcar para obtener un alimento de buen valor nutritivo para la ganadería bovina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, ubicado en el kilómetro 3.5 Periférico Cárdenas-Huimanguillo en el municipio de H. Cárdenas, Tabasco (18° 00' N y 93° 30' O), a 9 m de altura. El clima es tipo Am (f) w'' (i') (Koppen, modificado por García, 1988). La precipitación promedio anual es de 2163 mm y la temperatura media anual de 25.9 °C. La humedad relativa promedio es de 80% con máxima de 90% y mínima de 65%. El trabajo se estableció usando un diseño completamente al azar con arreglo factorial, donde el primer factor fueron niveles de pollinaza (0, 20, 30, 40%) y el segundo factor fueron tiempos de fermentación (0, 24, 48, 72, 96 h) con cuatro repeticiones por tratamiento.

Los tallos maduros, limpios (sin hojas y sin cogollo) de caña de azúcar del cultivar Mex 69-290 fueron molidos y mezclados con 0, 20, 30, y 40% de pollinaza (según tratamiento), 0.2% de urea, 0.3% de sulfato de amonio, 0.5% de minerales de la marca Minelap phos 12[®], Laboratorios LAPISA (composición química en porcentaje: P 12, Ca 13, Cl 15.6, Na 10.4, Mg 0.6, S 0.3, Zn 0.12, Mn 0.12, Cu 0.03, Co 50 ppm, I 30 mg kg⁻¹ y Se 3.0 mg kg⁻¹) y 10% de un aditivo microbiano (ADM) de lactobacilos y levaduras obtenido por fermentación en estado líquido. El ADM se preparó mezclando 15% de melaza, 4% de pasta de soya, 4% de pulido de arroz, 0.5% de sales minerales de la marca Minelap phos 12[®], 0.32% de sulfato de magnesio, 0.48% de urea, 5% de yogur natural Yoplait[®] y 70.7% de agua, se agitó cada dos horas y fermentó durante 72 horas. Al testigo sin pollinaza se le agregó 1.5% de urea. A todos los tratamientos con pollinaza se les adicionó una cantidad de agua para mantener una proporción de 60% de humedad.

La unidad experimental fue de 10 kg. Una vez mezclados los ingredientes, se extendieron en piso en espesor de 10 cm para lograr una fermentación aeróbica. Al terminar el tiempo de fermentación según tratamiento, se tomó una muestra por el método de cuarteo según la norma mexicana NMX-AA-15-1985 hasta obtener 600 g. Las variables medidas de composición química fueron: MS, PB según AOAC (2012), PV de acuerdo con (Bernstein, 1983), FDN según Van Soest *et al.* (1991). La eficiencia de síntesis de proteína se calculó con la fórmula razón (PV/PB) 100. También se midió la DIMS a 48 h de incubación en el rumen con la metodología de Orskov *et al.* (1980). Las variables fermentativas medidas fueron: temperatura con un termómetro de 80 °C, pH con potenciómetro portátil digital CONDUCTRONIC. El análisis de los datos se realizó con el Programa Estadístico SAS System 2012, y comparación de medias por la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró interacción entre los niveles de pollinaza y los tiempos de FES en las variables MS, PB, DIMS, temperatura y pH. La MS se incrementó en todos los tiempos de FES por la inclusión de la pollinaza a la caña de azúcar en un 10% aproximadamente, sin diferencias estadística entre los niveles de pollinaza (Figura 1).

La PB se incrementó significativamente por la adición de pollinaza, sin embargo, a las 24 h de FES, en el tratamiento con mayor inclusión de pollinaza, la PB disminuyó. A partir de la 48 h de FES, el contenido de PB fue mayor ($p < 0.05$) con respecto al tratamiento testigo (Figura 2).

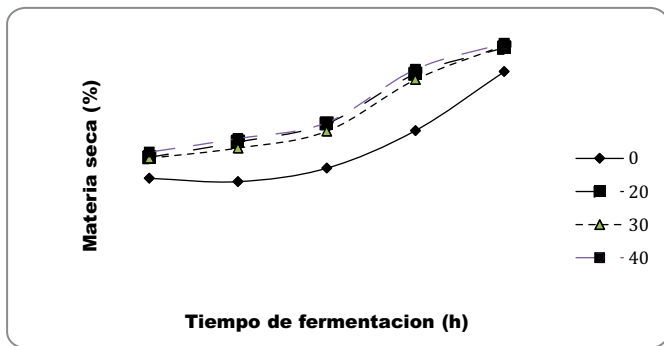


Figura 1. Efecto de los niveles pollinaza y tiempos de fermentación en el contenido de materia seca del alimento a base de caña de azúcar.

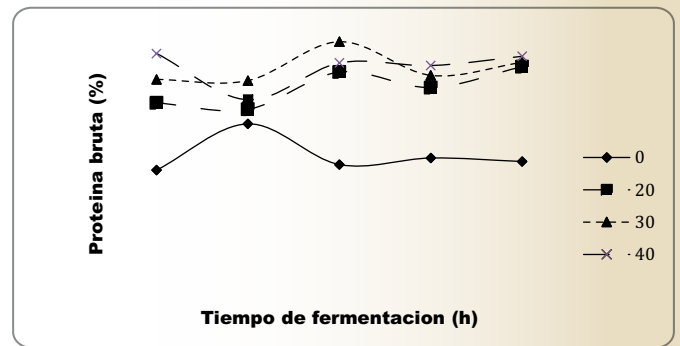


Figura 2. Efecto de los niveles pollinaza y los tiempos de fermentación en la proteína bruta del alimento a base de caña de azúcar.

La DIMS fue mayor a las 0 h de FES en el tratamiento testigo con respecto a los tratamientos que se les incluyó 30% y 40% de pollinaza, sin embargo a las 24 h de fermentación, no se encontró diferencias entre tratamientos estudiados. A partir de las 48 h de FES, los tratamientos a los cuales se les incluyó pollinaza, tuvieron mayor porcentaje de DIMS con respecto al tratamiento testigo (Figura 3).

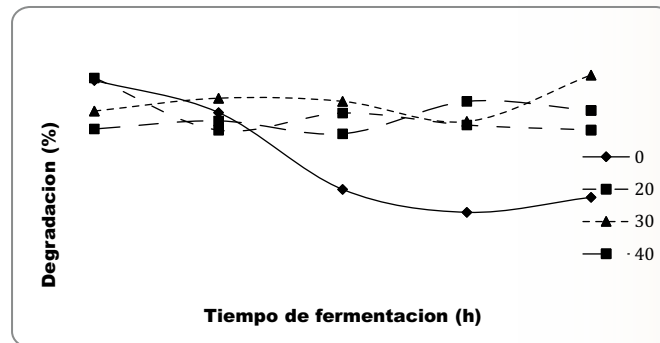


Figura 3. Efecto de los niveles pollinaza y los tiempos de fermentación en la degradación *in situ* de la materia seca del alimento a base de caña de azúcar.

La temperatura se incrementó de 28.7 a 42.9 °C a las 24 h de FES, posteriormente disminuyó ($p < 0.05$) con los tiempos de FES hasta 32 °C. Los niveles de pollinaza estudiados, no tuvieron efecto significativo en la temperatura (Figura 4).

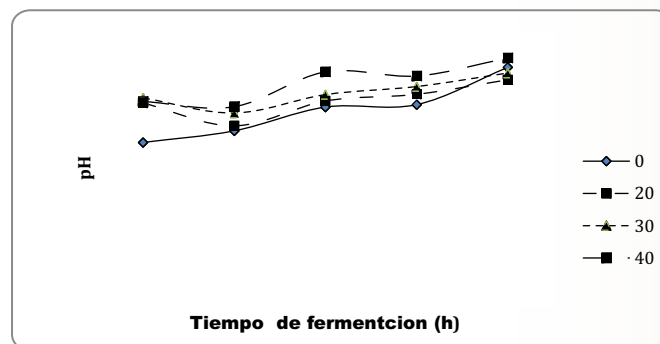


Figura 4. Efecto de los niveles pollinaza y los tiempos de fermentación en la temperatura del alimento a base de caña de azúcar.

A las 0 h de FES, el pH fue mayor en los tratamientos que se les incluyó pollinaza con respecto al tratamiento testigo, sin embargo, al transcurrir los tiempo

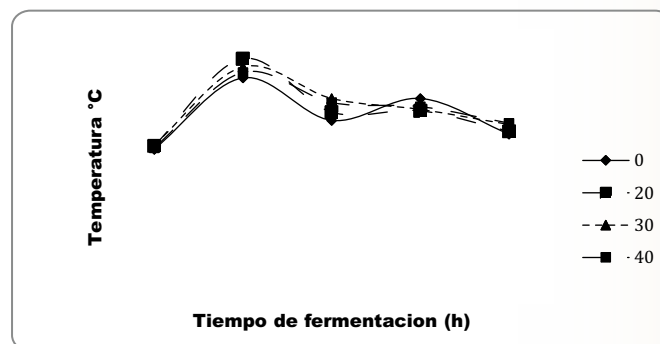


Figura 5. Efecto de los niveles pollinaza y tiempos de fermentación en el pH del alimento a base de caña de azúcar.

de FES, el pH se incrementó en todos los tratamientos. El tratamiento con mayor inclusión de pollinaza tuvo los mayores valores de pH en todos los tiempos de FES ($p < 0.05$) (Figura 5).

Con respecto a la composición química de los alimentos a base de caña de azúcar, la PV y la eficiencia de síntesis de proteína, se incrementó ($p < 0.05$) en los tratamientos que se les adicionó pollinaza, sin diferencias estadística entre ellos. Con respecto a los tiempo de FES, hubo un incremento significativo a las 24 h y posteriormente disminuyó a valores similares al tiempo 0 (Cuadro 1). La FDN disminuyó ($p < 0.05$) en los tratamientos que se les adicionó pollinaza. El valor más bajo de FDN se registró en el tratamiento que se incluyó 40% de pollinaza con respecto al que se le adicionó 20%, sin diferencia con el tratamiento con 30%.

Cuadro 1. Efecto de los niveles de pollinaza y tiempo de fermentación en la composición química de los alimentos a base de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Efectos principales	Proteína verdadera (%)	Eficiencia de síntesis (%)	Fibra detergente neutra (%)
Nivel de pollinaza			
0	7.1 ^b	48.5	79.0 ^a
20	12.6 ^a	60.7	63.9 ^b
30	12.9 ^a	57.5	60.6 ^{bc}
40	14.2 ^a	60.5	57.9 ^c
EE±	0.24		0.66
Tiempo de fermentación, h			
0	11.5 ^b	59.5	55.8 ^c
24	13.6 ^a	63.0	61.82 ^b
48	11.1 ^b	53.6	67.7 ^a
72	10.8 ^b	55.0	71.3 ^a
96	11.4 ^b	56.3	70.2 ^a
EE±	0.24		0.66

^{abc} Medias con diferentes literal en la misma columna difieren $p \leq 0.05$.

Con respecto a los tiempos de FES, la FDN se incrementó, alcanzando el mayor valor a las 48 h (Cuadro 1).

El incremento de la MS en aproximadamente 10% en el producto fermentado, se debió a la adición de pollinaza, ya que ésta contiene mayor valor de MS (90%) respecto a la caña de azúcar (25%). El mayor contenido de MS en los alimentos es deseable ya que los nutrientes se encuentran en la MS. La MS (38%) que se registró en el producto fermentado a las 24 h cuando se le adicionó pollinaza, estuvo dentro de los rangos óptimos para favorecer el proceso de FES con síntesis de proteína microbiana. Según Mitchell *et al.* (2002) las levaduras requieren de 60% a 70% de humedad en el sustrato sólido para favorecer su crecimiento. Después de las 24 h de fermentación en este estudio, la MS se incrementó por arriba de lo recomendado (mayor de 40%) para favorecer el crecimiento microbiano y efectivamente, cuando se midió la PV, los mayores valores se obtuvieron a las 24 h de FES y después de las 24 h ésta disminuyó; al respecto, Pandey *et al.* (2001) indicó que la PV puede ser una vía indirecta de medir el crecimiento microbiano en la FES.

El incremento de PV a las 24 h de FES, puede deberse a que los microorganismos que se desarrollan en este proceso, están utilizando como fuente de energía los azúcares procedentes de la caña de azúcar y como fuente de nitrógeno no proteinico (NNP) el ácido úrico de la pollinaza. Los valores de PV (13.95%) obtenidos a las 24 h de fermentación nos indica que se obtuvo un buen alimento para la ganadería bovina. Rodríguez *et al.* (2006), reportó valores similares de PV en mezclas de caña de azúcar y boniato fermentada durante 96 h, así mismo, Elías *et al.* (2001) al adicionar vitafert en mezclas de caña de azúcar con soya, maíz y soya combinado con maíz también reportó valores similares. La disminución de la FDN en el alimento después del proceso de fermentación al incluir la pollinaza, se debe a un efecto de disgregación de la FDN de la caña de azúcar ya que el contenido de FDN de

la pollinaza es menor a la caña de azúcar. Por otra parte, el incremento de la FDN en función del tiempo de fermentación fue debido quizás a la rápida utilización de los carbohidratos fácilmente fermentables (sacarosa, glucosa y fructosa), presente en la caña de azúcar y que son utilizados por los microorganismos que se desarrollan en durante el proceso de FES. Rodríguez *et al.* (2006) en mezclas de caña de azúcar y boniato procesado por FES, obtuvo resultados similares.

Con respecto a la DIMS, en el tratamiento testigo (sin pollinaza) la degradación fue mayor en las primeras horas, pero a medida que los azúcares presentes en la caña desaparecen por el efecto de los microorganismos que se desarrollan durante el proceso de la FES. La degradación disminuye porque la FDN se concentra (incrementa) como se mencionó anteriormente. En los tratamientos donde se incluye la pollinaza la DIMS del producto fermentado es mayor y tiende a incrementarse durante el proceso de FES. Los valores de pH encontrados en este trabajo, pudieran deberse a la acumulación de las sales de amonio provenientes de la pollinaza. A las 24 de fermentación, los pH favorecieron la síntesis de proteína microbiana, pero después de las 24 h de FES, el pH alcanzó valores superiores a 7, lo cual pudo afectar la síntesis de proteína microbiana ya que la PV disminuyó. Al respecto, Rodríguez *et al.* (2006) en mezclas de caña de azúcar y boniato fermentado, reportó síntesis de proteína microbiana a pH cercano 7.

El incremento en la temperatura a las 24 h de FES pudiera deberse a la acumulación del calor metabólico derivado de la actividad micro-

biana, posteriormente durante el proceso de FES disminuye hasta estabilizarse la temperatura a un promedio de 35 °C. Si las temperaturas son altas, no favorece el proceso de FES por el riesgo de disminuir la flora microbiana de bacterias y levaduras, aunque podrían persistir los microorganismos termófilos. Elías (1992) citado por Rodríguez *et al.* (2006) indicó que en las fermentaciones con caña de azúcar (Saccharina) la temperatura óptima para los microorganismos que se desarrollan durante el proceso de FES es de 30 °C a 33 °C. Se ha mencionado en algunos trabajos que una de las limitantes del uso de la pollinaza en la alimentación bovina, son la presencia de microorganismos patógenos y olores desagradables para las personas que las manejan. A pesar de que en este trabajo no se midió la presencia o ausencia de los microorganismos patógenos como la *Echerichia coli*, *Salmonella* y *Coccideas*, trabajos realizados por Cifuentes *et al.* (2016) y Ramos *et al.* (2013) demostraron que el proceso de FES los elimina.

CONCLUSIONES

Se puede adicionar de 20% a 30% de pollinaza a la caña de azúcar y fermentarla durante 24 horas para obtener un alimento con buen valor nutritivo para la ganadería bovina.

AGRADECIMIENTOS

A las líneas de investigación del Colegio de Postgraduados. LPI-5 Biotecnología microbiana vegetal animal y LPI-2 Agroecosistemas sustentables Subtema MASCAÑA Y MASGANADO por el apoyo de recursos para la obtención de reactivos y mantenimiento de equipo de laboratorio.

LITERATURA CITADA

AOAC. 2012. Official Methods of Analysis. 19th Ed. Off.Agric.Chem; Washington, D.C., U.S.A.

Bernstein J. 1983. Análisis de alimento. Eds. A.L. Wintra y K.B. Winto. Tomo I. Ed. Pueblo y Educación. 84 pp.

Cifuentes L.H.C., Juárez J.A.R., Hernández R.S., Galindo A.B., Arce M.M.O., Haro J. G.H., Zebadua M.Á.O. 2016. Análisis sensorial de leche de vacas suplementadas con un alimento fermentado

a base de pollinaza. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 3(8), 181-191.

- Elías A., Orquídea L., Herrera F.R. 2001. Algunos indicadores bromatológicos y productos finales de la fermentación para la obtención de cuatro tipos de Saccharina inoculados con Vitafert. Rev. Cubana de Cien. Agríc. Tomo 35, No. 2, 2001. 153-158
- García E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F.
- Mitchell D.A., Berovic M., Krieger N. 2002. Overview of solid state bioprocessing. Biotechnology annual Review. Elsevier Science. Animal Feed Science and technology. 8:183-200.
- Ørskov E.R., Hovell DeB F.D., Mould F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Trop. Anim. Prod. 5(3):195-213.
- Pandey A., Soccol C.R., Rodríguez-León, J.A., Nigam P. 2001. Solid-state fermentation in biotechnology. Fundamentals and applications. Asiatech Publishers, Inc. New Delhi. 221 p.
- Ramos J.A., Elías A., Herrera F. 2006. Procesos para la producción de un alimento energético – proteico para animales. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. Rev. Cubana Cien. Agríc. 40(1):1-8.
- Ramos J.A., López A.R., Elías A., Bautista C. del C., Aranda E.M., Martínez D.C. 2013. Fermentación en estado sólido de la mezcla de pollinaza, melaza y Vitafert. In: Memorias de la XXIII Reunión de la ALPA y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. Díaz S.M.F., Herrera G.R. y Ruiz V.T. (Eds). Palacio de convenciones de La Habana, Cuba. pp. 1697-1701.
- Rodríguez Z., Boucourt R., Elías A., Herrera F.R., Nuñez O. 2006. Efecto del grosor de la capa en la dinámica de fermentación de mezclas de caña (*Saccharum officinarum*) y boniato (*Ipomea batata* Lam). Rev. Cubana de Cien. Agríc. 40(2), 173-182.
- Rodríguez D., Tuero O., Hernández J.L., Sarduy L. 2014. Sistemas de alimentación con dietas integrales y semiintegrales, elaboradas con forraje de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*): su efecto en la morfometría de vísceras y órganos internos de toros mestizos Holstein. Rev. Cubana de Cien. Agríc. 48(4): 343-346.
- SAS. 2012. Statistical Análisis System. S. A. S. User's Guide: statistics. Versión 9a ed. 9.1 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Steel G.D.R., Torrie H.J. 1980. Principles and Procedures of Statistics. McGraw Hill Book Company, Inc. USA
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. J. Dairy Sci. 74:3583



DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL DE HUEVECILLOS DE MOSCA PINTA (*Aeneolamia* spp.) EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN LA REGION CENTRAL DE VERACRUZ

HORIZONTAL AND VERTICAL DISTRIBUTION OF SPITTLEBUG (*Aeneolamia* spp.) EGGS ON SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) IN THE CENTRAL REGION OF VERACRUZ

Pantaleón-Paulino, G.1; Gómez-Juárez, I.2

¹Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar-Jefe Departamento Técnico de Campo, Central Motzorongo. ² Manejo Sustentable de la Caña de Azúcar-Superintendente General de Campo, Central Motzorongo.

Autor responsable: igj1956@yahoo.com.mx

RESUMEN

Dado que la mosca pinta (*Aeneolamia* spp.), se ha convertido en los últimos años una plaga endémica y dañina al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la región Centro de Veracruz, México, donde las pérdidas son muy significativas y se han empleado diversas estrategias de control. Una medida preventiva, ha sido el control de huevecillos hibernantes durante la época seca, mediante el uso de labores mecanizadas a base de rastras fitosanitarias, cuya incorporación se justifica en áreas con alta incidencia de huevecillos, o donde se registra el umbral económico de daño. Se estudiaron tres zonas agroclimáticas del área de influencia del ingenio azucarero Central Motzorongo, y en cada zona se seleccionó un sitio, ciclo, y variedad que registrara alta infestación de huevos, para evaluar tres distancias de paso de rastra, a partir del centro de la cepa hacia el entresurco (0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm) y cinco profundidades (1,2,3,4,5 cm), y mediante la técnica de muestreo de suelo con marco metálico de 15×15×5 se realizó la extracción de huevecillos previamente. Se determinó que no hubo diferencia estadística significativa en cuanto a porcentajes de concentración de huevecillos entre las distancias evaluadas, sin embargo, entre profundidades en todas zonas de muestreo, se registró que la mayor concentración promedio se ubica en los primeros 3 cm de profundidad (90.39%) como control preventivo de la plaga.

Palabras clave: Rastra fitosanitaria, mosca, suelo.

ABSTRACT

The spittlebug (*Aeneolamia* spp.) has become an endemic plague in recent years, damaging sugar cane (*Saccharum* spp.) fields in the central region of Veracruz, México, where the losses are quite significant and various control strategies have been used. A preventive measure has been the control of hibernating eggs during the dry season, through the use of mechanized tasks based on phytosanitary rakes, whose incorporation is justified in areas of high incidence of eggs, or where the economic threshold of the damage is found. Three agro-climate zones in the area of influence of the Central Motzorongo sugar plant were studied, and in each zone one site, cycle and variety were selected, which showed a high egg infestation, to evaluate three raking distances, from the center of the stump to the mid-furrow (0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm) and five depths (1,2,3,4,5 cm), and the egg extraction was done previously through the soil sampling technique with a metallic frame of 15×15×5. It was determined that there was no significant difference in terms of percentages of concentration of eggs between the distances evaluated; however, between depths, in all sampling zones, it was found that the highest average concentration is located in the first 3 cm of depth (90.39 %) as preventive control of the plague.

Keywords: phytosanitary sample, fly, soil.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio, 2016. pp: 51-55.

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

INTRODUCCION

La mosca pinta (*Aeneolamia* spp.) es reconocida como plaga principal de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), debido a su distribución y daños en las áreas cañeras de la región del Golfo de México, siendo capaz de eliminar cultivos cuando no se toman medidas de control oportunas. La mosca pinta es una plaga estacional, ataca a la caña durante la época lluviosa, los huevecillos que pone al final de la época lluviosa permanecen diapáusicos hasta el siguiente año. Al iniciar las lluvias, eclosionan paulatinamente dando origen a la primera generación del siguiente ciclo. Para fines de control, es necesario conocer los niveles poblacionales que puede alcanzar, y el muestreo de huevecillos permite predecir el comportamiento que la plaga tendrá durante el ciclo de incidencia. La predicción de la primera población obliga tomar medidas de control de forma preventiva antes de que se registren daños considerables, al mismo tiempo se contribuye a la reducción de las siguientes generaciones, logrando así disminuir los costos de control (Anleu, 1998). Es un insecto de la familia Cercopidae, orden Hemiptera; presenta una metamorfosis incompleta (hemimetábolo), pasando por los estados de huevecillo, ninfa y adulto (Figura 1).

La ninfa pasa por cuatro o cinco estadios. Las hembras pueden ovopositar entre 200 y 300 huevecillos, que pueden ser de tipo diapáusicos y no diapáusicos; los primeros son depositados la mayor parte en los primeros 2 cm a 3 cm de profundidad en el suelo, entre septiembre a octubre, permaneciendo en este estado durante todo el periodo seco, para emerger las primeras ninfas al inicio de lluvias (finales de mayo y principios de junio) (COMIPCA, 2007). Los huevecillos son alargados y color amarillento, se depositan en el suelo de

forma individual, no se ven a simple vista y su tamaño varía de 0.75 mm a 0.9 mm de largo, por 0.25 mm de ancho (Figura 2). Durante el periodo seco los huevecillos pasan por un periodo de diapausa en el suelo. En condiciones de alta humedad los huevecillos eclosionan en dos a tres semanas y emergen las ninfas sin alas y de color blanquecino.

Cuando los adultos hembra y macho entran en copulación (Figura 2 B), las hembras entierran los huevecillos, ovipositandolos con el polo anterior hacia arriba para facilitar la salida de la ninfa. Las hembras pueden penetrar en las grietas del suelo y ovipositar a mayor profundidad. En estudios

realizados con *Aeneolamia reducta* y *A. lepidior* se registró que aproximadamente 90.4% de los huevecillos fueron ovipositados en el suelo, 8.2% en hojarasca y 1.4% sobre lámina foliar (Peck et al., 2002). En campos de Guatemala, se observó que la mayor proporción de huevecillos se encontraron de 0-15 cm del centro de la cepa hacia el entresurco, y a 3 cm de profundidad (Anleu, 1998), esto debido a que la hembra tiene un ovipositor muy corto y no puede enterrar mucho sus huevos, o muchas veces son puestos en grietas del suelo para poder enterrarlas a mayor profundidad. Los huevecillos son encontrados, en su mayoría a nivel de suelo o entre restos de hojas secas, mientras que (Fewkes, 1969) dice que la mayoría están en las dos primeras pulgadas



Figura 1. Estados biológicos de la mosca pinta o salvazo (*Aeneolamia* spp.).



Figura 2. A: Huevecillos diapáusicos de mosca pinta (*Aeneolamia* spp.). B: Adultos copulando.

(5.08 cm) del suelo y son pocos los que se encuentran más allá de esa profundidad (Jiménez, 1978). Entre 0-2.5 cm de profundidad del suelo, se encuentra el 60%-70%; entre a 2.5 cm a 5 cm el 18% a 26%, mientras que entre 5 cm y 7.5-cm del 9% a 16% (Pickles, 1942). Estudios realizados en Bahía, Brasil adulto (Thomson y León, 2005), citan las preferencias de oviposición de especies como *A. varia*, cuando se les da a escoger, ovipositan en suelos arcillosos y ácidos, pero también, al estar muy húmedos, lo realizan en suelos francos, mientras que los suelos arenosos no son buscados para la oviposición. Se cree que las hembras buscan las grietas del suelo y con su corto ovipositor (2 mm) depositan los huevecillos en estas, alrededor de la cepa y cerca de las raicillas (Thomson y León, 2005). El cultivo de caña de azúcar en el ciclo plantilla es menos atacado que en el ciclo soca, en parte porque grandes poblaciones de huevecillos son destruidos por el volteo del suelo, además las cepas bien establecidas son preferidas respecto a las cepas nuevas, posiblemente porque ofrecen un microclima más apropiado (Fewkes, 1969). La duración de la diapausa es muy variable y depende de factores climáticos y genéticos. Una hembra puede ovipositar huevecillos diapáusicos y no diapáusicos en un mismo momento. Los huevos de algunas especies son muy resistentes a la desecación, inundación y temperaturas altas. Los daños por mosca pinta han sido muy severos en la región cañera del centro de Veracruz, México, donde las pérdidas agroindustriales han sido muy significativas, debido principalmente a que no se realizan labores de control preventivo, la mayoría se enfoca a controlar el estado adulto con poca efectividad y altos costos.

Además de que esta plaga ya se le considera como endémica en las regiones cañeras del golfo de México y de América Latina. Con base en lo anterior, se estudiaron tres zonas agroclimáticas seleccionando un sitio, ciclo, y variedad que registrara alta infestación de huevos, para evaluar tres distancias de paso de rastra, a partir del centro de la cepa hacia el entresurco y cinco profundidades para evaluar el control de la mosca pinta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron tres sitios en diferentes zonas agroclimáticas del área de influencia del Ingenio Central Motzorongo con las siguientes características: plantaciones de ciclo resoca tres de la variedad CP 72-2086, por ser el ciclo más viejo y propenso a tener mayor incidencia de la plaga, y porque la variedad es susceptible al ataque de la misma; cada una de las plantaciones se ubicó en las zonas agroclimáticas: 1 zona húmeda, 2 zona intermedia o de transición y 3 zona seca. Los muestreos se realizaron durante el mes de mayo del 2014, época ideal para este propósito. Para las toma de muestras de suelo se utilizó el marco metálico de 15×15×5, ya que de acuerdo con estudios por (Canela *et al.*, 2014), es el más eficiente. Se evaluaron tres distancias a partir del centro de la cepa hacia el entresurco (0-15, 15-30 y 30-45 cm) y cinco profundidades en cada distancia (1, 2, 3, 4 y 5 cm).

Extracción de huevecillos

Se realizó de acuerdo a la metodología diseñada en el Proyecto Nacional "Diseño de un Programa Contemporáneo de Manejo Integrado de Mosca Pinta en Caña de Azúcar" (Villanueva *et al.*, 2012), donde cada muestra de suelo se pesó y homo-

geneizó para obtener una muestra representativa de 250 g de suelo. La muestra se colocó en un recipiente y mezcló con solución salina al 70%, se dejó en reposo por 30 min, posteriormente se pasó a un juego de tamices de 30, 40 y 60 mallas y lavó con agua corriente a presión. El contenido del tamiz de 60 mallas se vació en un embudo de separación de 500 ml, al cual se le agregó solución salina (NaCl) al 30% y se dejó en reposo durante 10 min. Las partículas más grandes se precipitaron al fondo del embudo por diferencia de densidades y desecharon. Los huevecillos flotaron y se pegaron a las paredes del embudo, los cuales se lavaron con piseta de 500 ml, los huevecillos obtenidos en la muestra se retuvieron en un cuadro de tela de organza de 7×10 cm. La tela de organza con los huevecillos de cada muestra, se colocaron sobre círculos de papel filtro en cajas de Petri y mediante la ayuda del microscopio estereoscópico se determinó la cantidad de huevecillos en las distancias y profundidades estudiadas en las tres zonas. Se utilizó un diseño factorial en bloques al azar con cinco repeticiones, para evaluar el comportamiento de la distribución de los huevecillos hibernantes de mosca pinta en caña de azúcar en tres zonas diferentes, tres distancias y cinco profundidades (Cuadro 1). Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS con análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Distribución horizontal

La distribución horizontal de huevecillos hibernantes de mosca pinta del centro de la cepa hacia entresurco expresado en porcentaje, no se encontró diferencia estadística



Zonas Agroclimáticas	Distancia del centro de la cepa al entre surco (cm)	Profundidad (cm)
1 Zona húmeda	0-15	1, 2, 3, 4 y 5
2 Zona intermedia o de transición	15-30	1, 2, 3, 4 y 5
3 Zona Seca	30-45	1, 2, 3, 4 y 5

significativa en las tres distancias estudiadas, ni en las tres zonas estudiadas, ya que tuvieron un comportamiento muy similar en las cantidades encontradas (Cuadro 2).

Distribución Vertical

Respecto a la distribución vertical de huevecillos hibernantes, se registraron diferencias estadísticas significativas en cada profundidad considerada, así como entre las zonas estudiadas, lo que significa que en éstas existe un mismo patrón de comportamiento en la concentración de los huevecillos de mosca pinta sobre la superficie del suelo. En la zona húmeda donde se registran precipitaciones de 2000-2500 mm anuales en promedio, se registró que 83.4% de huevecillos se encuentra en los primeros 3 cm de profundidad (Cuadro 3).

En la zona intermedia donde se registra precipitaciones de 1500-1900 mm anuales en promedio, se encontró que el 96.16% de los huevecillos se encuentra en los primeros 3 cm de profundidad (Cuadro 3). En la zona seca donde se registra precipitaciones de 1100-1400 mm anuales en promedio, se localizó que el 92.59% de los huevecillos se encuentra en los primeros 3 cm de profundidad (Cuadro 3).

De manera general, se encontró que en las tres zonas y distancias evaluadas, existió diferencia estadística significativa en la distribución vertical de huevecillos hibernantes registrando que en los primeros 3 cm se ubica el 90.39 % de los huevecillos del mosca pinta (Figura 4) y el resto en el cuarto centímetro, ya que en el estrato de 5 cm no se localizaron para todos los casos, cuyos valores y prueba de medias fueron 39.51a, 30.56b, 20.32c, y 9.61d para las profundidades 1,2,3,4 respectivamente.

Distancias (cm)	Medias (%)
0-15	33.47 a
15-30	34.73 a
30-45	31.80 a

En las zonas (1=húmeda y 2=intermedia) se encontró la mayor concentración de huevecillos hibernantes de mosca pinta a 1 cm de profundidad, mientras que en la zona seca (3) fue menor que la encontrada a 2 y 3 cm (Figura 5), lo que significa que en zonas con mayor

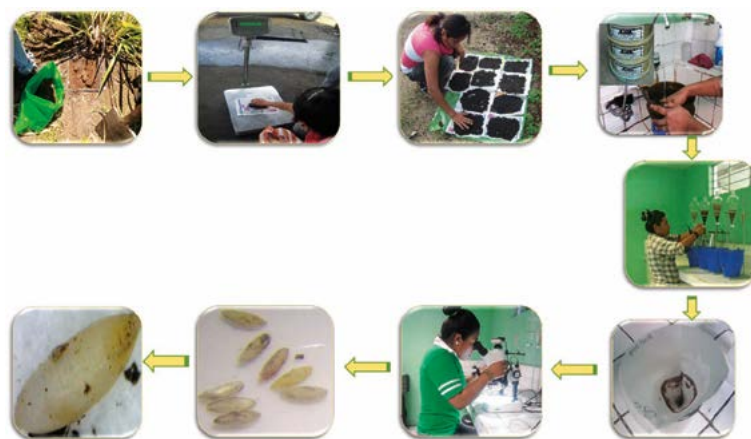


Figura 3. Procedimiento para determinar la distribución horizontal y vertical de huevecillos hibernantes de *Aeneolamia* spp. en Caña de Azúcar.

humedad en el suelo, los huevecillos están más concentrados en la capa superior del suelo, mientras que en las zonas secas, están ubicados a mayor profundidad. Estos resultados coincide con lo que se ha reportado por diversos autores en países como Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala con estudios similares, donde mencionan que más de 85% de huevecillos hibernantes de mosca pinta se concentran en los primeros 3 cm en una banda de 90 cm de ancho, es decir 45 cm de cada lado de la cepa, distancias también consideradas en este trabajo.

Profundidad (cm)	Huevecillos (%)		
	Zona húmeda	Zona intermedia	Zona seca
1	36.11a	59.10a	23.33b
2	28.70a	24.00b	38.97a
3	17.60b	13.06c	30.29b
4	17.59b	3.84d	7.41c

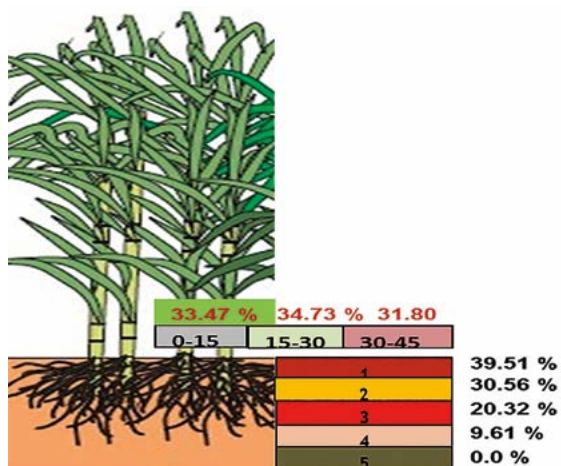


Figura 4. Representación esquemática de la distribución horizontal y vertical de huevecillos hibernantes de *Aeneolamia* spp. en la región Centro de Veracruz, México.

CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias estadística significativa en la distribución horizontal de los huevecillos en las distancias consideradas en las tres zonas agroclimáticas, mientras que en la distribución vertical, si hubo diferencias estadística significativa a las diferentes profundidades evaluadas, distancias y zonas. El 90% de los huevecillos hibernantes de la mosca pinta se localizaron entre 1 cm y 3 cm de profundidad, en una distancia de 45 cm del centro de la cepa hacia el entresurco, lo que permite reducir esfuerzos y costo al momento de realizar estudios similares y acciones de control. Complementariamente se encontró en este estudio, que en las zonas húmedas la concentración de hueve-

cillos se ubica superficialmente (1 cm a 2 cm), mientras que en la zona seca fue más profunda (2 cm a 4 cm).

LITERATURA CITADA

Anleu F.B. 1998. Efecto del daño ocasionado por la chinche salivosa, *Aeneolamia* sp. en las áreas de caña de azúcar cosechadas en la zafra 1996/1997. EPSA-Diagnostico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 36p.

Canela-Cantellano J.J., Villanueva-Jiménez J.A., Cabrera-Mireles H., López Collado J., Salgado-García S. 2014. Sampling Unit Efficacy on the Detection of *Aeneolamia albofasciata* (Lallemand) Eggs in Sugar Cane. Neotrop. Entomol. "Pest Management".

COMIPCA. 2007. Comité Regional para el Manejo Integrado de La Mosca Pinta en la Caña de Azúcar. Veracruz Centro.

Fewkes D.W. 1969. The biology of sugar cane froghoppers, p. 283-307. In: Williams, J.R.; Metcalfe, J.R.; Montgomery R.W.; Mathes, R. (Eds.). Pests of sugar cane. Elsevier, Amsterdam. pp. 309-324.

Peck D.C., Pérez A.M., Medina J.W. 2002. Biología y hábitos de *Aeneolamia reducta* y *A. lepidior* en la Costa Caribe de Colombia. Pasturas Tropicales (24) 1: 16-26.

Pickles A. 1942. A discussion of researches on the sugar-cane froghopper (Homóptera: Cercopidae). Tropical Agriculture 19:116-123.

Thompson V., León G.R., 2005. La identificación y distribución de los salivazos de la caña de azúcar y los pastos (Homóptera: Cercopidae) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica), 75:43-51.

Villanueva J.A., Cabrera H., Canela J.J., Utrera Y., Pantaleón G., López J.. 2012. Sistema de Muestreo de Mosca Pinta. "Diseño de un Programa Contemporáneo de Manejo Integrado de Mosca Pinta en Caña de Azúcar" Colegio de Postgraduados-Fundación Produce de Veracruz, A.C. Veracruz, México. 16 p.

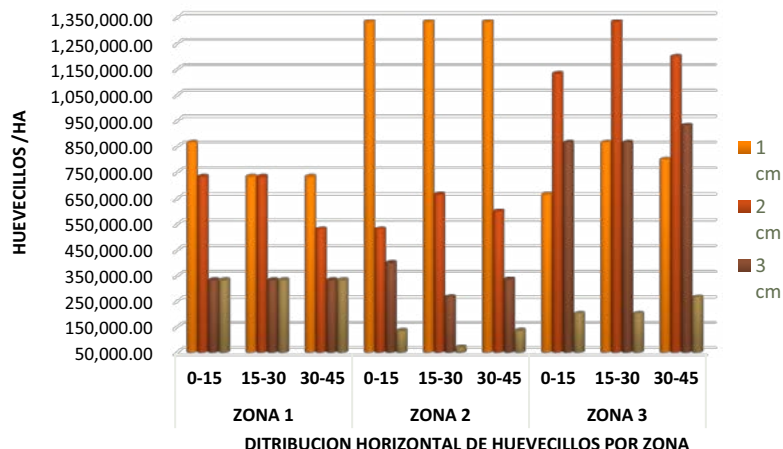


Figura 5. Concentración vertical y horizontal de huevecillos hibernantes de *Aeneolamia* spp. en zona húmeda, intermedia y seca.

ALIMENTO FERMENTADO A BASE DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN EL CAMBIO DE PESO DE BOVINOS EN PASTOREO

EFFECT OF FERMENTED FEED BASED ON SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) ON WEIGHT CHANGE OF GRAZING CATTLE

Ramos-Juárez, J.A.¹; Aranda-Ibáñez, E.M.^{1*}; Morales-Jimenez, E.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina s/n, Cárdenas, Tabasco, México. CP 86500.

*Autor de correspondencia: earanda@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó el efecto del Sacchapulido (alimento fermentado en estado sólido a base de caña de azúcar y pulido de arroz) con diferentes niveles de sebo de res en el cambio de peso de toretes en finalización procedentes de pastoreo. Se utilizaron 27 toretes con pesos vivo promedio inicial de 357.3 ± 25.1 kg, distribuidos al azar en tres tratamientos con nueve repeticiones. Los tratamientos (T) fueron: T1: Pasto+Sacchapulido, T2: T1+100 g de sebo de res y T3: T1+200 g de sebo de res. El suplemento se ofreció diariamente a razón de 7 g MS kg^{-1} de peso vivo en corrales individuales, posteriormente, todos los animales salían a pastorear en la misma pradera. Los animales sin ayunar se pesaron durante tres días consecutivos al inicio del experimento y posteriormente, cada 30 días. Se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo. Se usó el peso inicial como covariable, y no se registraron diferencias en el consumo de suplemento (2.13, 2.10 y 2.05 kg de MS animal día^{-1} para T1, T2 y T3, respectivamente), ni en la ganancia diaria de peso (GDP) (1.03, 1.04 y 1.02 kg animal día^{-1} para T1, T2 y T3, respectivamente). Las GDP están dentro de los valores más altos reportados por otros estudios usando diferentes suplementos, resaltando que la fuente de alimento a base de Sacchapulido se puede usar para suplementar la nutrición de bovinos en pastoreo sin la adición de sebo de res.

Palabras clave: Torettes, suplementación, fermentación en estado sólido.

ABSTRACT

The effect of Saccha-polishing (fermented feed in the solid stage based on sugar cane and rice polishing), with different levels of beef fat on the weight change of young grazing beef bulls in finalization, was evaluated. Twenty-seven young beef bulls were used with initial live weights of 357.3 ± 25.1 kg, distributed randomly in three treatments with nine repetitions. The treatments (T) were: T1: Grass+Saccha-polishing, T2: T1+100 g of beef fat and T3: T1+200 g of beef fat. The supplement was offered daily in the amount of 7 g MS kg^{-1} of live weight in individual pens, then, all animals came out to graze on the same pasture. The animals without fasting were weighed for three consecutive days at the beginning of the experiment and later, every 30 days. A completely random design was used with repeated measures in time. The initial weight was used as covariable, and no differences were found in the consumption of the supplement (2.13, 2.10 and 2.05 kg of MS animal day^{-1} for T1, T2 and T3, respectively), or in the daily weight gain (DWG) (1.03, 1.04 and 1.02 kg animal day^{-1} for T1, T2 and T3, respectively). The DWGs are within the highest values reported by other studies using different supplements, highlighting that the source of food based on Saccha-polishing can be used to supplement cattle nutrition with grazing, without the addition of beef fat.

Keywords: young beef bulls, supplementation, solid state fermentation.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio, 2016. pp: 56-61.

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

INTRODUCCIÓN

La agroindustria del azúcar (*Saccharum* spp.) es una actividad de alto impacto social, constituye una fuente importante de empleo, al igual que el proceso de producción primaria, sin embargo, este sector atraviesa una crisis competitiva crucial desde los ciclos productivos 2008/2009 (Hernández-Cázares, 2014) que agudizan notablemente la actividad productiva, por lo que es necesario diversificar su uso. En las regiones tropicales de México, la ganadería bovina es una actividad importante (García-Martínez, 2015), no obstante, presenta índices productivos bajos debido a que los pastos y forrajes, principal fuente de alimento (Aguirre-Medina *et al.*, 2013), presentan variaciones temporales de producción de biomasa y calidad (Homen *et al.*, 2010 y Cruz-Hernández *et al.*, 2011), por lo cual es necesario usar suplementos para complementar el déficit de biomasa y nutrientes del pasto. Los concentrados comerciales no siempre están al alcance de los pequeños productores debido a su costo, lo cual hace necesario buscar alternativas con menos dependencia de recursos externos, costo y calidad del producto. La caña de azúcar se ha considerado como un recurso forrajero con potencial debido a su producción de biomasa por unidad de superficie (Alexander, 1988), fundamentalmente durante la época de escasez de pasto. Sin embargo, presenta deficiencias nutricionales (bajo contenido de proteína, desbalance de minerales y baja digestibilidad de la fibra) que pueden afectar el consumo y la ganancia de peso en los animales que se alimentan con forraje de caña de azúcar (Martín, 2005). Se han creado diferentes alternativas que posibilitan optimizar el consumo de la caña, así como mejorar sus deficiencias nutricionales. En este sentido, Elías *et al.* (1990), desarrollaron una tecnología de enriquecimiento proteínico del tallo de la caña de azúcar (Saccharina, 98% de tallo, 1.5% de urea y 0.5% de minerales) mediante un proceso aeróbico de fermentación en estado sólido (FES). Durante el proceso de FES, los carbohidratos solubles de la caña de azúcar son utilizados por los microorganismos epifíticos de la caña como fuente de energía para la conversión del nitrógeno no proteico (NNP) de la urea en proteína microbiana. Debido al alto contenido en polisacáridos estructurales de la Saccharina, su densidad energética era afectada, por lo cual, Ramos *et al.* (2006) le incluyeron pulido de arroz como agentes diluyentes de la fibra y obtuvieron el Sacchapulido (alimento donde el pulido de arroz es el ingrediente de mayor presencia después de la caña de azúcar). Las grasas son utilizadas en la alimentación animal como fuente concentrada de energía, pero

esto puede inhibir en cierto grado la acción microbiana y la digestión de la fibra en dependencia de la naturaleza química de la grasa y la cantidad adicionada. Con el fin de incrementar el consumo de energía en la dieta de toretes en pastoreo se evaluó el efecto del Sacchapulido con diferentes niveles de sebo de res en el comportamiento productivo de toretes en finalización en pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los meses de marzo a junio (época de secas) en zonas bajas de Tenosique de Pino Suárez, Estado de Tabasco, México. El municipio de Tenosique, se encuentra ubicado en la región de los Ríos (17° 15' y 17° 28' N; 90° 59' y 91° 25' O), a 20 m de altitud (García, 1988). La temperatura ambiente media anual es de 26.5 °C, siendo la máxima media mensual de 30.5 °C en mayo y la mínima media mensual de 22 °C en diciembre y enero; la máxima y mínima absoluta alcanzan 44 °C y 12 °C, respectivamente. La humedad relativa promedio anual fue de 81%, con máximo de 85% en los meses de enero y febrero y mínima de 74% en mayo y junio. La precipitación media anual es de 2095.1 mm, con un promedio máximo mensual de 361.6 mm en septiembre y un mínimo mensual de 69.2 mm en marzo. Se utilizaron 27 toretes cruzados (*Bos taurus* × *Bos indicus*) con un peso vivo (PV) promedio inicial de 357.3 ± 25.1 kg durante 109 días (15 días de adaptación al manejo y al suplemento, y 94 días de medición), distribuidos al azar en tres tratamientos (suplementos) con nueve repeticiones. Los tratamientos (T) evaluados fueron: T1: Pasto + Sacchapulido, T2: T1 + 100 g de sebo de res y T3: T1 + 200 g de sebo de res. Al inicio del experimento, a todos los animales se les aplicó un implante anabólico no hormonal (maxigro, lapisa S.A), vitaminas ADE (prometabol, lapisa S.A), desparasitante interno (dectiver Premium, lapisa S.A) y externo (Tactic, Hoechst Roussel Vet), el Tactic se aplicó con intervalos de aproximadamente 15 días según incidencias de garrapatas. Todos los animales tuvieron agua a libre acceso en el potrero y sales minerales (Foscamag Plus[®], P elemental 18 g; Ca 18 g; Na 5 g; Mg 4.5 g; S 0.3 g; levadura 1 g; metionina de zinc 2000 mg kg⁻¹; Zn 3000 mg kg⁻¹; Cu 900 mg kg⁻¹; Mn 900 mg kg⁻¹; Fe 200 mg kg⁻¹; I 40 mg kg⁻¹; Co 30 mg kg⁻¹, Se 20 mg kg⁻¹ y 1000 mg kg⁻¹ de monensina sódica, según el fabricante).

Para elaborar el Sacchapulido, el tallo de caña de azúcar limpio (sin hojas, sin pajas y sin cogollo) se cortó (Figura 1 A) y dejó reposar a la sombra durante 24 h, posteriormente, se molió en una picadora de forraje estacionaria

(Figura 1 B) y se mezcló con los ingredientes indicados en el Cuadro 1, en una mezcladora estacionaria impulsada por un tractor (Figura 1 C, D). El producto mezclado se extendió en una superficie de concreto, libre de los rayos solares, con espesor de aproximadamente 10 cm y se dejó fermentar aeróbicamente durante 24 h. Antes de recoger el alimento fermentado, se tomaron 10 muestras del alimento siguiendo el método de las diagonales y se hizo una muestra compuesta la cual fue secada y molida para los análisis bromatológicos; posteriormente, el Sacchapulido se recogió y se mezcló con el sebo de res en forma líquida de acuerdo a los tratamientos estudiados (el porcentaje de inclusión del sebo en la mezcla se calculó tomando en cuenta la cantidad de alimento a consumir por el animal y los gramos de sebo a consumir por día). El Sacchapulido se almacenó anaeróbicamente en bolsas negras de nylon calibre 8 (0.6×1.20 m).

El suplemento se ofreció diariamente (8:00 am) a razón de 7 g kg⁻¹ de peso vivo base seca en corraletas individuales, las cuales se construyeron en un punto central a todos los potreros para facilitar el manejo de los animales



Figura 1. A-B: Corte y picado de tallos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). C-D: Mezclado de ingredientes y fermentado. E-F: Grupo de bovinos en evaluación y en pastoreo después de tratamientos.

Cuadro 1. Ingredientes (base fresca) usados para elaborar el Sacchapulido.

Ingredientes	% de inclusión
Tallo de caña de azúcar	73.7
Pulido de arroz ¹	20.0
Pasta de soya	4.0
Urea	1.5
Sulfato de magnesio	0.3
Minerales	0.5

¹ Ingrediente de mayor presencia después del tallo de caña de azúcar, por lo cual el alimento se llama Sacchapulido.

y evitar gasto de energía por locomoción, posteriormente, todos los animales salían a pastoreaban en la misma pradera (Figura 1 E, F). El consumo del suplemento se obtuvo por diferencia de lo ofrecido menos lo rechazado. Se utilizaron 15 potreros manejados con cerca eléctrica en una superficie total de 13.5 ha, la cual tenía una carga animal de 2 animales ha⁻¹, que equivale a 1.59 unidades animales ha⁻¹ al inicio y de 2 unidades animal ha⁻¹ al final del experimento, (se considera que una unidad animal equivale 450 kg de PV). Predominaba el pasto Egipcio (*Brachiaria mutica*) y el pasto Estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus*) y en menor proporción, el pasto Alemán (*Echinochloa polystachia*) y la grama *Paspalum virgatum*. El tiempo de ocupación fue de 2 a 3 días de acuerdo con la disponibilidad de pasto. La disponibilidad del pasto se midió un día antes de iniciar el pastoreo usando un marco de 0.25 m² y se calculó mediante el corte total de la planta a partir de 10 cm del suelo, en diez puntos al azar, los que fueron pesados y promediados. Las muestras de pastos se secaron en una estufa de aire forzado a 62 °C durante cuatro días y molieron en molino Willey con malla de 2 mm. A las muestras compuestas del Sacchapulido y pasto se les determinó materia seca (MS), proteína cruda

(PC) y cenizas según AOAC (2012); fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de acuerdo con Van Soest *et al.* (1991). Al Sacchapulido se le determinó también proteína verdadera según Berstein (1983).

El consumo de pasto se estimó con la técnica de dos marcadores, usando el óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcador externo y las cenizas insolubles en ácido (CIA) como marcador interno (Geerken *et al.*, 1987). Al final del experimento, a todos los animales se les suministró durante la suplementación 3 g de Cr_2O_3 durante 15 días consecutivos cubierto con papel y mezclado con melaza, para asegurar que fuera ingerido totalmente. Los últimos cinco días se colectó muestras de heces directamente del recto del animal y se secaron a temperatura ambiente, hasta que se obtuvo el último muestreo. Posteriormente, se hizo una muestra compuesta por animal de los cinco días de muestreo, las cuales se terminaron de secar en estufa de aire forzado a 100 °C durante cuatro días, las muestras se molieron en un molino Willey, con malla 2 mm. A cada muestra se le determinó la concentración de cromo en un espectrofotómetro de absorción atómica (Spectra 10, Varian), la preparación de las muestras se realizó según Williams *et al.* (1962). Al Sacchapulido, pastos y heces se les determinó CIA de acuerdo a Keulen y Young (1977). Para conocer los cambios de PV, los animales sin ayunar se pesaron con una balanza electrónica portátil Marca TRU-TEST® XR 3000, a las 8:00 am durante tres días consecutivos al inicio del experimento y al final de cada mes. Se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo. Se usó el peso inicial como covariable. El procesamiento de los datos se realizó con el paquete estadístico (SAS, 2011) mediante el procedimiento procmixed.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La covarianza no fue significativo para la GDP y los pesos finales. No se encontró diferencias en la GDP entre

los tratamientos estudiados (Cuadro 2), sin embargo, la GDP de los animales en este estudio ($1 \text{ kg animal d}^{-1}$), está dentro de los rangos superiores informados por otros investigadores en el trópico usando otros tipos de suplemente. Al respecto, Ramos *et al.* (1998), reportaron GDP de 0.97 a $1.2 \text{ kg animal d}^{-1}$ en toretes cruzados en pastoreo y suplementados con diferentes fuentes de proteína de sobrepaso. Cano *et al.* (2003) reportaron GDP de 0.580, 0.559, 0.584 y de $0.566 \text{ kg animal d}^{-1}$, en toretes cruzados en pastoreo y suplementados con Saccharina, caña integral con urea, caña integral con urea y enzima fibrolítica y solo pastoreo, respectivamente, además, todos los animales recibieron $1 \text{ kg animal d}^{-1}$ de un concentrado comercial. Rodríguez *et al.* (2009), reportaron GDP de $1 \text{ kg animal d}^{-1}$ en toros mestizos Hostein x cebu estabulados en finalización consumiendo una dieta a base de 73% de forraje de caña, 10% de melaza con urea al 2% y 17 % de un concentrado.

La GDP obtenida en este estudio, posiblemente se deba a la composición química de Sacchapulido (Cuadro 3) y al efecto positivo que tiene este alimento en el incremento de la degradación del pasto cuando se usa como suplemento, al respecto, Fernández (2009), encontró que el Sacchapulido incrementó la degradación *in situ* de la materia seca (DIMS), degradación *in situ* de la materia orgánica (DIMO) y la de la fibra detergente neutro (DIFDN) del forraje *Penisetum purpureum* Schumacher. A las 12 h la DIMS, DIMO y DIFDN del *Penisetum purpureum* se incrementó en 5.6, 5.3 y 6.7 unidades porcentuales y a las 24 h se incrementó en 13.3%, 11.9% y 9.4%, respectivamente. Durante el proceso de FES del Sacchapulido, se producen metabolitos como aminoácidos, vitaminas, péptidos, AGV de cadenas corta y de cadenas ramificadas que pueden estimular a las bacterias celulolíticas del rumen cuando el animal lo consume (Ramos *et al.*, 2006).

Otro factor que pudo influir en la GDP obtenida, fue la disponibilidad del pasto en los potreros (9.2 a $11.7 \text{ kg de MS } 100^{-1} \text{ kg del PV}$, Figura 2), esta cantidad no limitó el consumo voluntario de los animales, y efectivamente, el índice de consumo expresado como porcentaje del PV en base seca fue de 2.9% de PV (Cuadro 4) el cual es mayor al encontrado por

Cuadro 2. Cambio de peso y consumo de suplemento de los toretes en pastoreo.

Indicadores	Sacchapulido	Sacchapulido + 100 g de sebo	Sacchapulido + 100 g de sebo	EE±
Peso inicial, kg	350.22	359.39	362.29	8.60
Peso final, kg	446.28	453.78	457.32	4.53
Ganancia diaria de peso (kg animal d^{-1})	1.05	1.06	0.98	0.05
Consumo del suplemento (kg MS animal d^{-1})	2.30	2.20	2.12	0.08

ab Medias con diferentes superíndices en la misma fila difieren a $p < 0.05$.

Cuadro 3. Composición química de los pastos predominantes en potreros y del Sacchapulido.

Indicadores %	<i>Brachiaria Mutica</i>	<i>Cynodon plectostachyus</i>	Suplemento (Sacchapulido)
Materia seca	24.6±0.8	26.5±1.6	43.1±3.2
Proteína Bruta	9.9±0.9	9.6±0.8	20.0±1.5
Proteína verdadera	-----	-----	13.1±1.5
Cenizas	9.1±1.2	6.9±0.1	4.5±0.9
Fibra Detergente Neutro	72.1±4.2	73.9±5.2	37.1±2.5
Fibra Detergente Acida	46.6±4.1	45.0±9.1	19.0±2.8

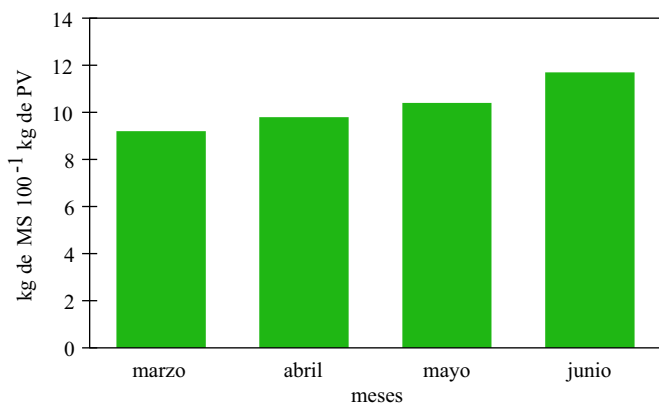


Figura 2. Presión de pastoreo cuando los animales entraban al potrero.

Rodríguez *et al.* (2009), quienes reportaron valores de 2.62% a 2.71% de PV. García-Trujillo (1980), señaló que la necesidad mínima para obtener GDP entre 600 y 700 g animal d⁻¹ es de 6 a 8 kg de MS⁻¹ 100 kg de PV, además, es conocido que a mayor disponibilidad de pasto en la pradera, hay mayor grado de selección de pasto con mejor valor nutritivo.

Cruz-Hernández *et al.* (2010) y Homen *et al.* (2010), señalan que la producción de los pastos en las regiones tropicales es estacionaal y que la distribución de la precipitación en el año influye en la producción de forraje en

cada época, esto se debe a que existe una alta correlación entre la cantidad de lluvia y la producción de forraje; la mayor producción se obtiene en la época de lluvias, intermedia en "nortes" (invierno) y la menor en época de seca. Lo anterior ocurre en la las partes altas, pero en las zonas bajas, donde se realizó el ensayo de crecimiento, la mayor producción de pasto

ocurre en la época de seca, porque hay humedad residual en el suelo.

El contenido de PC de este trabajo (Cuadro 3), fueron superiores al valor crítico (6% a 8% PC) indicado por Minson (1992) para llenar los requerimientos de los animales, este mismo autor indica que valores de PC en los pastos por encima de 7%, estimula el consumo voluntario. Reyes-Purata *et al.* (2009) estudiaron diferentes genotipos del pasto *Brachiaria humidicola* y encontraron una relación positiva entre la proteína y la degradación del pasto, es decir, al incrementar la concentración de la PC, se incrementa la degradación ruminal; también encontraron una relación inversa entre la proteína y la FDN. El hecho de que no se haya encontrado respuesta en GDP con la adición de cebo de res, pudiera deberse a que fue muy poco el aporte de energía metabolizable (EM) a la dieta de los animales ya que con el máximo nivel estudiado (200 g) el aporte de EM es de 1.2 Mcal. Plascencia-Jorquera *et al.* (2006) en una revisión hecha sobre el efecto de las grasas en los bovinos de engorda menciona que el nivel de grasas no debe de exceder del 5% de la dieta porque afecta el consumo y la eficiencia alimenticia, también encontraron casos negativos en el comportamiento

productivo con 3% o menos. Estos mismos autores mencionan que para no afectar la digestibilidad intestinal de los ácidos grasos, el consumo de grasa debe ser menor a 0.96 g de grasa kg⁻¹ de peso vivo, sin embargo, esta recomendación es para corrales de engorda donde la degradación de los forrajes tiene poca importancia.

Cuadro 4. Consumo de pasto e índice de consumo de los toretes en pastoreo suplementados con Sacchapulido y cebo de res.

Indicadores	Sacchapulido	Sacchapulido + 100 g de cebo	Sacchapulido + 200 g de cebo	Error estándar ±
Peso vivo, kg	446.28	453.78	457.31	4.53
Consumo de pasto (kg MS animal d ⁻¹)	10.9	11.2	10.8	0.08
Consumo de suplemento (kg MS animal d ⁻¹)	2.13	2.10	2.05	0.08
Consumo total (kg MS animal d ⁻¹)	13.03	13.30	12.85	0.04
Índice de consumo (% del peso vivo base seca)	2.92	2.93	2.81	0.06

Medias con diferentes superíndices en la misma fila difieren a (P<0.05).

CONCLUSIONES

No se encontró efecto en la ganancia diaria de peso para los niveles de cebo estudiado, y estuvo dentro de los rangos superiores informados por otros investigadores en el trópico. Se recomienda usar el Sacchapulido como suplemento en bovinos en pastoreo.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina J. F., Martínez-Tinajero J.J., Ley De Coss A., Velazco-Zebadua M.E. 2013. Producción de carne con *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit en banco de proteína y asociación *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth - *Cynodon plectostachyus* (K) Schum. Pilger. *AGROproductividad*, 6(6): 16-22.
- Alexander A.G. 1988. Sugarcane as a source of biomass. *In: Sugarcane as feed*. FAO animal production and health paper. Rome. 46-60 pp.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis. 19th Ed. Off. Agric.Chem; Washington, D.C., U.S.A.
- Bernstein J. 1983. Análisis de alimento. Eds. Wintra, A.L. y Winto, K.B. Tomo I. Ed. Pueblo y Educación. 84 p.
- Cano A.L, Aranda I. E., Mendoza M.G, Pérez P.P, Ramos J.J. 2003. Comportamiento de toretes en pastos tropicales suplementados con caña de azúcar y enzimas fibrolíticas. *Tec. Pec. Méx.* 41 (2): 153-164.
- Cruz H.A., Hernández G.A., Enríquez Q.J.F., Gómez V.A., Ortega J.E., Maldonado G.N.M. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria híbrido* 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo *Rev Mex Cienc Pecu.* 2(4):429-443.
- Elías A., Lezcano O., Lezcano P., Cordero J., Quintana L. 1990. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido (Saccharina). *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 24:1.
- Fernández C.R., 2009. Efecto de los niveles de urea en el Sacchapulido sobre los patrones de fermentación ruminal. Tesis de Master en ciencias. Colegio de Posgraduados Campus Tabasco, México.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 246 p.
- García-Martínez A., Albarrán-Portillo B., Avilés-Nova F. 2015. Dinámicas y tendencias de la ganadería doble propósito en el sur del Estado de México. *Agrociencia* 49: 125-139.
- García-Trujillo R. 1980. Utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. *Pastos y Forrajes.* 3:503.
- Geerken C.M., Calzadilla D., González R. 1987. Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. *Pastos y Forrajes.* 10:266-273.
- Hernández-Cázares A.S. 2014. La agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en México. *AGROproductividad.* 7(2): 35-41.
- Homen M., Entrena I., Arriojas L. 2010. Biomasa y valor nutritivo de tres gramíneas forrajeras en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda *Zootecnia Trop.*, 28(1): 115-127.
- Keulen J.V., Young B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44:282-287.
- Plascencia-Jorquera A., Mendoza-Martínez G., Vásquez-Peláez C., Avery-Zinn R. 2006. Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en las dietas para bovinos de engorda en confinamiento: revisión. *Sitio Argentino de Producción Animal.* 1- 13 pp.
- Martin P.C. 2005. El uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Número Especial.* 39: 427-437.
- Minson J.D. 1992. Composición Química y Valor Nutritivo de las Gramíneas Tropicales. *In: Gramíneas Tropicales* (Eds. Skerman y F. Riveras). F.A.O. 181 – 189.
- Reyes-Purata A., Bolaños-Aguilar E.D., Hernández-Sánchez D. Aranda-Ibáñez E.M., Izquierdo-Reyes F. 2009. Producción de materia seca y concentración de proteína en 21 genotipos del pasto humidícola *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Universidad y ciencia* vol. 25 no. 3 Villahermosa.
- Ramos J.A., Elías A., Herrera F. 2006. Procesos para la producción de un alimento energético-proteico para animales. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 40 (1) 1-8.
- Ramos J.A., Mendoza M.G., Aranda I.E., García-Bojalil C., Bárcena G.R., Alanís R.J. 1998. Escape protein supplementation of growing steers grazing stargrass. *Anim. Feed Sci. Technol.* 70:249-256.
- Rodríguez D., Martín P.C., Alfonso E. V.F., Sarduy L. 2009. Forraje de caña de azúcar como dieta completa o semicompleta en el comportamiento productivo de toros mestizos Holstein x Cebú. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 43(3): 231-234.
- SAS. 2012. Statistical Analysis System. S. A. S. User's Guide:statistics. Version 8^o ed. SAS Institute Inc.
- Van Soest P.J., Robertson J.P., Lewis B.A. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Williams C.H., David D.J., Iismaa O. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci. Camb.* 59:381.



EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE INOCULACIÓN DE *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson, EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

EVALUATION OF THREE INOCULATION METHODS WITH *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson, IN SUGAR CANE (*Saccharum* spp.)

López-Vázquez, J.J.¹; Valdez-Balero, A.^{1*}; Silva-Rojas, H.V.²; Flores-Revilla, C.³; Rangel-Ortega, C.A.³

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. ²Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillos.

³Centro de Investigación y Desarrollo de Caña de Azúcar (CIDCA, A.C.).

*Autor de correspondencia: apoloniouv@colpos.mx

RESUMEN

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es afectado por enfermedades que causan efectos negativos en su producción, sobresaliendo la escaldadura de la hoja causada por la bacteria *Xanthomonas albilineans*. Se han empleado múltiples estrategias para disminuir los daños causados por esta enfermedad, y el uso de variedades resistentes ha sido el método más efectivo de control, sin embargo, no existe un método confiable de inoculación para evaluar las variedades a dicha enfermedad. Se evaluaron los métodos de inoculación, mecánica, inyección y decapitado, en cinco variedades con respuesta conocida de la enfermedad, se aisló y realizó la identificación molecular del agente causal. Los resultados mostraron al agente causal con 99% de identidad y que el método de inoculación por decapitado registró la incidencia de 6.87% y severidad de 4.53%, con diferencias significativas respecto a los dos métodos restantes.

Palabras clave: Bacteria en caña, escaldadura, método de inoculación.

ABSTRACT

Sugar cane (*Saccharum* spp.) cultivation is affected by diseases that cause negative effects in its production, among which leaf scalding caused by the bacteria *Xanthomonas albilineans* stands out. Multiple strategies have been used to decrease the damages caused by this disease, and the use of resistant varieties has been the most effective method for control; however, there is no reliable method for inoculation to evaluate the varieties in the disease. The inoculation methods, mechanical, injection and decapitation, were evaluated in five varieties with a known response to the disease, the causal agent was isolated and its molecular identification was performed. The results showed the causal agent with 99 % of identity and that the inoculation method by decapitation showed an incidence of 6.87 % and severity of 4.53 %, with significant differences compared to the two other methods.

Keywords: sugar cane bacteria, scalding, inoculation method.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio, 2016. pp: 62-67.

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

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es de los principales cultivos de importancia económica en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Barnabas *et al.*, 2015). Se cultiva en más de 130 países, Brasil el mayor productor con un aporte del 28% del total de la producción, seguido por la India, China, Tailandia, México y Pakistán. México ocupa el quinto lugar a nivel mundial con 735,520 hectáreas cosechadas y una producción de 53'599,827 t, con rendimiento promedio nacional de 68.409 t ha⁻¹ (ATAM, 2016). El cultivo es afectado por inadecuada fertilidad del suelo, mal drenaje, toxicidad por productos químicos, sequía, así como, por hongos, bacterias, virus, fitoplasmas y nemátodos; los cuales pueden afectar considerablemente la productividad, si no se realiza un manejo preventivo adecuado (Juárez y Valdez, 2000). La escaldadura de la hoja causada por la bacteria *Xanthomonas albilineans* es una enfermedad de importancia por sus efectos negativos en el rendimiento agrícola y calidad del jugo, y se estiman pérdidas de 90% a 100% (Ricaud y Ryan, 1989; Hoy y Grisham, 1994) sobre todo en variedades altamente susceptibles. En variedades moderadamente susceptibles ocasionan pérdidas de campo de hasta 15%, afectando el Brix y degradando la sacarosa (Flores-Cáceres, 1997; Rott *et al.*, 1997; Lopes *et al.*, 2001; Iglesia *et al.*, 2003; Huerta-Lara, 2004). La escaldadura de la hoja es una enfermedad que presenta diversos tipos de síntomas por lo cual en ocasiones se dificulta su diagnóstico, sin embargo existen cuatro síntomas básicos (Flores-Cáceres, 2000 y Huerta-Lara, 2004): **Fase eclipse:** El síntoma es visible en las hojas jóvenes, se caracteriza por que aparecen rayas blancas foliares, no se observa ningún síntoma y en una misma planta puede registrarse como enferma o sana, dependiendo del momento en que se realiza la evaluación de la enfermedad. **Fase latente:** La parte interna de los tallos maduros pueden mostrar una coloración rojiza de los haces fibrovasculares, especialmente en los nudos de los canutos, parecida al síntoma del raquitismo de las socas. Durante esta fase no se presenta ningún tipo de síntoma externo y su exacto diagnóstico, requiere del aislamiento del organismo y de pruebas serológicas. Esta fase ocurre en la mayoría de los casos en variedades resistentes o moderadamente resistentes. **Fase crónica:** El síntoma clásico de la enfermedad se caracteriza por presentar rayas blanquecinas, finas y bien definidas, se puede presentar una o varias de ellas y se distribuyen en forma paralela a la nervadura de la hoja, en algunos casos pueden extenderse hacia la vaina de la hoja. Una sola cepa presenta con frecuencia tallos enfermos y sanos; los primeros detienen su crecimiento y pueden producir brotes laterales o "lalas", las cuales son generalmente cloróticas y no sobreviven al sembrarse. **Fase aguda:** Se caracteriza por la muerte súbita de la planta sin mostrar síntomas crónicos, ésta generalmente se presenta en condiciones de estrés hídrico, lo cual es favorable para el patógeno.

treos realizados por Valdez-Balero (2010), en los ingenios Santa Rosalía y Benito Juárez en el estado de Tabasco, México, ubicaron a la enfermedad en las variedades Mex 68-P-23, Mex 79-431 y CP 72-2086. Numerosas estrategias han sido planteadas para intentar disminuir los daños económicos ocasionados por esta bacteria en diferentes regiones del mundo, sin embargo, no existe un método confiable para evaluar la respuesta de las variedades de caña de azúcar a la enfermedad de la escaldadura de la hoja. No obstante, el uso de variedades resistentes constituye el mejor método de control de la enfermedad (Rott *et al.*, 1995). Debido a lo anterior, se evaluó cual es el método confiable para inocular y evaluar la respuesta de las variedades de caña de azúcar a la escaldadura de la hoja.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Campo Experimental del Colegio de Posgraduados-Campus Tabasco, ubicado en el Km 21 de la carretera Cárdenas-Coatzacoalcos. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), ubicado a 17° 59' 10.20" N y 93° 35' 36.69" y 10 m de altitud. Como material vegetativo se utilizaron cinco variedades comerciales de caña de azúcar, con diferentes niveles de resistencia la enfermedad. Cuatro variedades susceptibles (positivas) y una resistente (negativa) (Cuadro 1). Se sembraron a cordón doble, bajo un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue un surco de 10 m de largo. La distancia entre variedades fue de 1.4 m entre surcos. Para cada método de inoculación se consideraron 100 plantas.

La enfermedad está presente en áreas cañeras de los países productores (Rott *et al.*, 1995). En México fue detectada en la variedad Mex 64-1487 en 1992, en las zonas de abastecimiento de los ingenios La Gloria y El Modelo, en Cardel, Veracruz, México. Posteriormente fue observada en la variedad SP 70-1284 en Tres Valles, Veracruz (Irvine *et al.*, 1993). Los últimos mues-

Selección de muestras y aislamiento de la bacteria

X. albilineans

En los campos cañeros del ingenio Benito Juárez, S. A. (Cárdenas, Tabasco). Se recolectaron hojas, tallos, yemas y brotes de las variedades CP 72-2086, MEX 69-290, MEX 79-431 y MEX 68-P-23 que mostraron síntomas visibles de la enfermedad. De un total de 27 muestras se aisló la bacteria y se usó medios NBY (caldo nutriente-agar extracto de levadura) y B de King (Shaad, 2001).

Identificación molecular mediante la técnica de PCR

La identificación molecular se realizó utilizando los primers universales 8F (5´-AGTTGATCCT-GGCTCAG-3´) y 1492R (5´-ACCTT-GTTACGACTT-3´) para amplificar un fragmento de 1500 pares de bases (bp) de la subunidad pequeña del DNA ribosomal 16S rDNA (Saccchi *et al.*, 2002). La extracción del DNA se llevó a cabo en el Laboratorio de Semillas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Se utilizó el método de Bromuro de Hexadecyltrimetilamonio (CTAB al 2%). La PCR se preparó para un volumen de 25 μL^{-1} , utilizando, 5 μL^{-1} de buffer 5x, 2.0 μL^{-1} dNTP's (2.5 μL^{-1}), 2.0 μL^{-1} primer 8F (10 pM), 2.0 μL^{-1} primer P1492R (10 pM), 0.4 μL^{-1} Taq polimerasa (5u), 3 μL^{-1} DNA (100 ng) y 10.6 μL^{-1} de agua deionizada estéril. La PCR se llevó a cabo en un termociclador (Biorad, USA) utilizando el siguiente programa: una desnaturalización inicial de 95 °C, por 2 minutos, seguida de 35 ciclos: 95 °C por 2 min, 59 °C por un minuto, 72 °C por 1.5 minuto y extensión final a 72 °C, por 5 min. El producto obtenido fue analizado por electroforesis en gel de agarosa al 2%, los productos amplificados se observaron en

Cuadro 1. Variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y su respuesta a la escaldadura de la hoja causado por *Xanthomonas albilineans*.

Variiedad	Respuesta a la enfermedad
MEX 69-290	Moderadamente susceptible
CP 72-2086	Moderadamente susceptible
Mex 68-P-23	Moderadamente resistente
MEX 79-431	Moderadamente resistente
CO 997	Resistente

Fuente: Flores *et al.* (2000).

Terminator 3.1 y la resolución de fragmentos amplificados se llevó a cabo en un DNA analyzer de cuatro capilares (applied Biosystem, USA).

El inóculo se preparó agregando 10 mL^{-1} de agua destilada estéril a cada una de las cajas Petri, de seis días de crecida la bacteria pura. La suspensión se estandarizo a 0.2 de densidad óptica a una concentración de 10^{-7} Unidades Formadoras de Colonias (CFU) mL^{-1} . Para evaluar los métodos de inoculación, se emplearon los métodos de transmisión mecánica (machete), inyección y decapitado. La Transmisión mecánica (machete) consistió en cortar la planta de la caña a nivel de suelo, utilizando un machete que fue sumergido en el inóculo a una concentración de 9×10^{-7} CFU mL^{-1} en una cubeta plástica con una capacidad de 20 litros (Figura 1a). Posteriormente, se procedió a cortar los tallos en la base (Figura 1b).

Inyección: Consistió en aplicar un mL^{-1} del inóculo mediante el uso de una suspensión bacteriana de *X. albilineans* a una concentración de 9×10^{-7} CFU mL^{-1} . Se aplicó la suspensión a las plantas, con jeringa después del último collar visible cercano al meristemo (Figura 2).

Decapitado: Este método se efectuó realizando un corte transversal con tijeras de podar cercano al cogollo sin llegar al punto de crecimiento del tallo, entre la tercera y cuarta lígula visible. Después del corte del tallo, se procedió a colocar una porción de algodón humedecido con la suspensión bacteriana a una concentración de 9×10^{-7} UFC mL^{-1} (Figura 3).



Figura 1. A: machete sumergido en el inóculo. B: Corte de tallos con machete.



Figura 2. Aplicación del inóculo por el método de inyección, mediante el uso de una jeringa hipodérmica en la base del tallo.



Figura 3. Aplicación del inóculo mediante decapitado.

Variables respuesta

Se midió la incidencia y severidad en las cinco variedades comerciales de caña de azúcar con mediciones mensuales haciendo un total de siete muestreos. La incidencia se expresó en porcentaje, de acuerdo a la relación de tallos enfermos (síntomas visibles) con el total de la población (tallos enfermos+tallos sanos) mediante la siguiente fórmula:

$$P.I. = 100 \times (\sum TA / \sum TT)$$

Dónde: **P.I.**=Porcentaje de incidencia de la enfermedad (%); $\sum TA$ =Tallos enfermos (afectados) y $\sum TT$ =Total de tallos (tallos enfermos+tallos sanos).

La severidad se determinó mediante la escala propuesta por Chavarría (2006), y las evaluaciones se realizaron mediante observaciones mensuales (Cuadro 2). El análisis estadístico se hizo mediante varianza simple, y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las 27 muestras obtenidas mediante la técnica de PCR con los iniciadores 8F y 1492R permitieron amplificar 1500 bp del gen 16S rDNA ribosomal, se utilizaron dos marcadores (Figura 4). Los resultados de la secuenciación identificó la bacteria *X. albilineans* con un porcentaje de identidad del 99% con las secuencias depositadas en la base de datos de GenBank.

Incidencia

El método de inoculación que presentó alto porcentaje de incidencia a la enfermedad de acuerdo a los resultados obtenidos, fue el de inoculación por decapitado (A) con un promedio de 6.87%, con diferencia significativa en comparación con los métodos restantes (Figura 5). Mientras que, para el método por inyección (B), y transmisión mecánica (C), los valores medios fueron 3.6% y 2.33% respectivamente.

Severidad

La severidad se evaluó, debido a que la enfermedad de la escaldadura puede estar presente en la fase eclipse y posteriormente desaparecen los síntomas visibles de la enfermedad y por tanto bajan los rendimientos del cultivo. La

Cuadro 2. Escala de evaluación para determinar la reacción a la enfermedad de la escaldadura.

Grado	Reacción	Descripción
1	Resistente (R)	Sin síntomas visibles
2	Moderadamente resistente (MR)	Rayas blanquecinas o amarillentas en la lamina foliar 1% hasta un 5%
3	Moderadamente susceptible (MS)	Rayas blanquecinas o amarillentas y /o quemadas 6% hasta un 15% de tejido foliar
4	Susceptible (S)	Entre un 16% a 30% del area foliar quemada
5	Altamente susceptible (AS)	Más de un 31% del area foliar quemada y con emisión de brotes laterales.

Fuente: Chavarría (2006).

severidad de la enfermedad de la escaldadura de la hoja en las cinco variedades mostró que el método de inoculación por decapitado (A), registró mayor severidad con 4.53% con diferencia significativa, seguido por el método de inyección (B) con 2.13% y la transmisión mecánica (C) con 1.07% (Figura 6).

CONCLUSIONES

El medio B de King permitió el aislamiento y crecimiento de la bacteria de *X. albilineans*. Los iniciadores 8F y 1492R permitieron la amplificación del gen 16S del rDNA y la secuenciación confirmó la identidad de la bacteria *X. albilineans* con 99% de máxima identidad. El método de inoculación por decapitado fue el de mayor porcentaje e infección.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar, A.C. (CIDCA, A.C.) por su apoyo técnico y financiero para la realización del presente trabajo de investigación.

LITERATURA CITADA

Asociación de Técnicos Azucareros de México A.C. (ATAM). 2016. Manual Azucarero Mexicano. Ed. 59. Compañía Editora del Manual Azucarero S. A. de C.V. 495 pp.

Barnabas L., Ramadass A., Amalraj R. S., Palaniyandi M., Rasappa V. 2015. Sugarcane proteomics: An update on current status, challenges, and future prospects. *Proteomics* 15: 1658-70.

Chavarría S.E. 2006. Escalas Descriptivas para la Evaluación de Enfermedades de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, 33 pp.

Chávez M.R. 2000. Resistencia Varietal a la enfermedad de escaldadura de la caña de azúcar (*Xanthomonas albilineans*), Programa Nacional de Variedades del FOCYTCAÑA, México, D.F., 49-66 pp.

Flores-Cáceres S., Ojeda-Ruiz A., Flores-Revilla C., Juárez-López F., Valdez-Balero A., Ayala-González F., Marín-Sánchez R., Chávez-Morales R. 2000. Proyecto para determinar la resistencia al mosaico, la roya, el carbón la escaldadura de la caña de azúcar. Programa Nacional de variedades del FOCYTCAÑA. 85 pp.

Hoy J.W., Grisham M.P. 1994. Sugarcane leaf scald distribution, symptomatology, and effect on yield in Louisiana, *Plant Disease*, 78: 1083-1087.

Huerta-Lara M., Ortega-Arenas L.D., Landeros-Sánchez C., Fucikovsky-Zak L., Marín-García M. 2003. Respuesta de 10 variedades de caña de azúcar a la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* (Ashby Dowson) En la región central costera de Veracruz. *Agrociencia* 37: 511-519.

Iglesia A., Díaz M., Álvarez E., Peralta E.L., Pazos V. 2003. Optimización del diagnóstico múltiple de la escaldadura foliar y el raquitismo de los retoños de la caña de azúcar. *Revista Protección Vegetal*. 18: 15-18.

Irvine J.E., Amador J.M., Gallo M.I.R., Riess C., Comstock J.C. 1993. First report of leaf scald, caused by *Xanthomonas albilineans*, of sugarcane in Mexico. *Plant Disease* 77: 846

Juárez-López F., Valdez-Balero A. 2000. Resistencia varietal a la enfermedad de la roya de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala*). Programa nacional de variedades del FOCYTCAÑA. 84 p.

Lopes S.A., Damann K.E., Hoy J.W., Grisham M.P. 2001. Infectivity titration for assessing resistance to leaf scald among sugarcane cultivars. *Plant Disease* 85: 592-596.

Ricaud C., Ryan C.C. 1989. Leaf scald: *In: Diseases of sugarcane. Major diseases.* Editions: C Ricaud, BT Egan, AG Gillaspie Jr & C.G Hughes. Amsterdam. The Netherlands: Elsevier Science Publishers: 39-58.

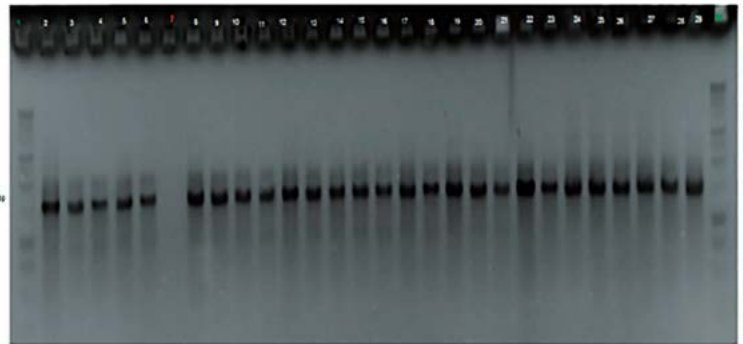


Figura 4. Amplificación de la banda correspondiente al gen 16S rRNA de ~1,500 bp de bacterias aisladas de caña de azúcar.

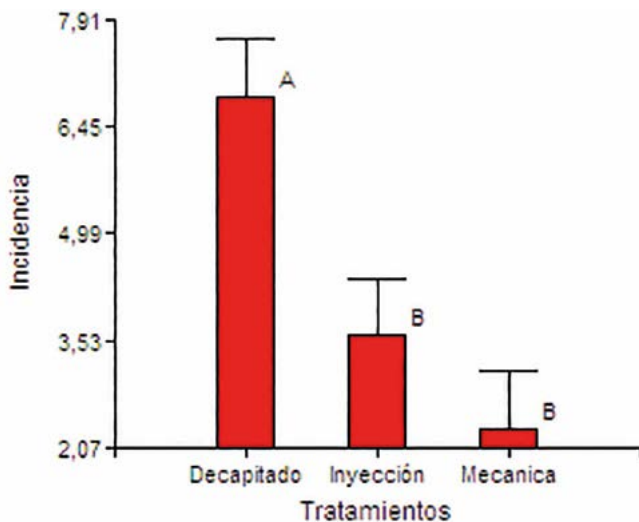


Figura 5. Respuesta de los métodos de inoculación considerando la incidencia de la bacteria *Xanthomonas albilineans*.

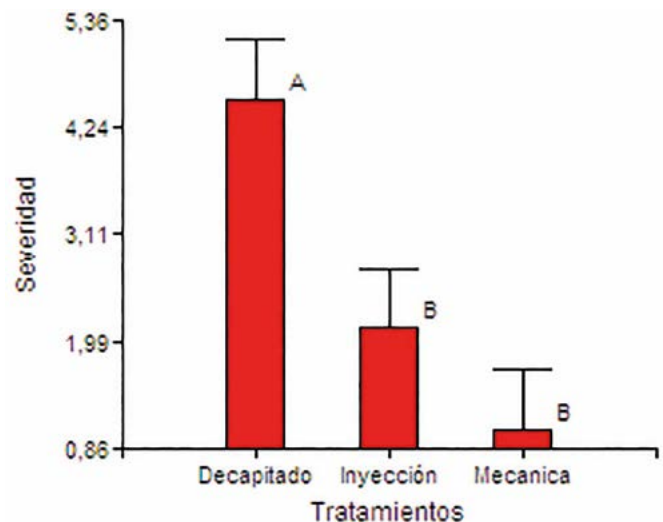


Figura 6. Respuesta de los métodos de inoculación considerando la severidad a la infección con la bacteria *Xanthomonas albilineans*.

- Rott P., Soupa D., Brunet Y., Feldmann P., Letourmy P. 1995. Leaf scald (*Xanthomonas albilineans*) incidence and its effect on yield in seven sugarcane cultivar in Guadalupe. *Plant Pathology* 44: 1075-1084.
- Rott P., Mohaemd I.S., Klett P., Soupa D., De Saint-Albin A., Feldman P., Letourmy P. 1997. Resistance to leaf scald disease is associated with limited colonization of sugarcane and wild relatives by *Xanthomonas albilineans* *Phytopathology* 87:1202-1213.
- Sacchi C.T., Whitney A.M., Mayer L.W., Morey R., Steigerwalt A., Boras A., Weyant R.S., Popovic T. 2002. Sequencing of 16S rRNA gene: a rapid tool for identification of *Bacillus anthracis*. *Emerging Infectious Diseases* 8: 1117-1123.
- Schaad N.W., Freederick R.D., Shaw J., Schneider W.L., Hickson R., Petrillo M.D., Luster D.G. 2003. Advances in molecular-based diagnostics in meeting crop biosecurity and phytosanitary issues. *Annual Review. Phytopathology*. 41: 305-324.
- Shaad N.W., Jones J.B., Lacy G.H. 2001. Gram negative bacteria. En: *Laboratory Guide for Identification Of. Plant Pathogenic Bacteria*. Editado por Shaad, N.W., Jones, J.B. y Chun. 3a Edición. The American Phytopathological Society, APS. St. Paul, Minnesota. USA.
- Valdez-Balero A. 2010. Reporte técnico de la enfermedad de la escaldadura (*Xanthomonas albilineas*) y gomosis (*Xanthomonas vascularum*). Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco.



ENERGÍA DISPONIBLE A PARTIR DE BIOMASA DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

AVAILABLE ENERGY FROM SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) BIOMASS RESIDUES

Debernardi-De La Vequía, H.^{1*}; Ortiz-Laurel, H¹; Rosas-Calleja, D¹.

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

*Autor de correspondencia: Debernardi@colpos.mx

RESUMEN

La biomasa generada por el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México es un factor importante en términos de energía renovable: En la cosecha 2013-2014 se molieron 52,246508 t de caña en 52 ingenios azucareros, y la biomasa aprovechable energéticamente de la caña, es el bagazo y puntas de tallo. El bagazo representa 30% de los tallos cosechables y es el residuo fibroso que resulta del proceso para extraer el azúcar; se obtiene con 50% de humedad promedio; equivalente a 19.5 t ha⁻¹ de bagazo y 3.9 t ha⁻¹ de combustible. Las puntas son el residuo vegetal que queda en campo después de la cosecha y contienen 80% de humedad, representando en promedio 25% del rendimiento, equivalente a 16.8 t ha⁻¹, equivalentes a 2.5 t ha⁻¹ de combustible. Estos valores se determinaron con bomba calorimétrica y para el cálculo se consideró el poder calorífico inferior de la biomasa, para lo cual se calculó el calor latente de vaporización para obtener el rendimiento energético, en términos de energía neta. La equivalencia en energía aprovechable fue de 57 277 234.6 TJ, considerando las puntas y el bagazo. El proceso para la obtención del azúcar se puede realizar sin utilizar combustibles fósiles o energía adicional a la que produce el bagazo, cuando el consumo de energía mecánica es de entre 25-30 kWh t⁻¹ de caña y un consumo de vapor para el proceso entre 450-550 kg t⁻¹ de caña. Así, el valor energético equivalente obtenible de una tonelada de caña de azúcar oscila entre 1.15 y 1.31 barriles de petróleo, por lo tanto, el valor de la energía disponible total en la cosecha de referencia sería de 9 870 441.88 barriles de petróleo.

Palabras clave: Biomasa, poder calorífico, bioenergía, residuos.

ABSTRACT

The biomass generated from sugar cane (*Saccharum* spp.) cultivation in México is an important factor in terms of renewable energy. In the 2013-2014 harvest, 52,246508 t of sugar cane were milled in 52 sugar plants, and the energetically usable sugar cane biomass is sugar pulp and tips of the stalks. The sugar pulp represents 30 % of the harvestable stalks and it is the fibrous residue that results from the process used to extract sugar; it is obtained with an average of 50 % moisture, equivalent to 19.5 t ha⁻¹ of sugar pulp and 3.9 t ha⁻¹ of fuel. The tips are the plant residue that is left on the field after the harvest and they contain 80 % moisture, representing in average 25 % of the yield, equivalent to 16.8 t ha⁻¹, that are equivalent to 2.5 t ha⁻¹ of fuel. These values are determined with a calorimetric pump and for the calculation, the lower calorific power of the biomass was considered; for this purpose, the latent vaporization heat was calculated to obtain the energetic yield, in terms of net energy. The equivalence in usable energy was 57 277 234.6 TJ, considering the tips and the sugar pulp. The process used to obtain sugar can be carried out without using fossil fuels or additional energy to what is produced by the sugar pulp, since the mechanical energy consumption is 25–30 kWh t⁻¹ of sugar cane and vapor consumption for the process is 450-550 kg t⁻¹ of the sugar cane. Thus, the equivalent energetic value obtained from one ton of sugar cane ranges from 1.15 to 1.31 barrels of oil; therefore, the total available energy value in the harvest of reference would be 9 870 441.88 barrels of petroleum.

Keywords: Biomass, calorific power, bioenergy, residues.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio, 2016. pp: 68-73.

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

INTRODUCCIÓN

La industria azucarera Mexicana es de gran importancia en la economía para el medio rural; genera aproximadamente más de dos millones de empleos, tanto en forma directa como indirecta; se desarrolla en 15 entidades federativas y 227 municipios, que aportan un valor a la producción primaria cercano a los 30 mil millones de pesos (CONADESU-CA, 2014). La Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, señala a éstos como a los combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades agrícola, pecuaria, silvícola, acuícola, residuos domésticos, comerciales, industriales, de microorganismos, enzimas, así como sus derivados, producidos por procesos tecnológicos sostenibles que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente en los términos de esta Ley, atendiendo a lo dispuesto en el artículo 1 fracción I de este ordenamiento (DOF, 2008). La generación de energía a partir de la biomasa de caña de azúcar tiene potencial, sin embargo, en México hasta la fecha, no se ha aprovechado a plenitud. Primeramente, existe la necesidad de desarrollar la tecnología necesaria para implementar acciones de recuperación de ésta biomasa, así como para su uso como combustible complementario al bagazo de la caña de azúcar en las regiones cañeras de México a un costo atractivo, y sin obstaculizar las operaciones de campo durante la zafra. Lo anterior se puede lograr, diseñando un programa de cosecha en verde o por lo menos implementando la no requema de residuos de cosecha. Los cuales además de traer beneficios ambientales, aumentarían la factibilidad de cogenerar energía

eléctrica. La biomasa aprovechable energéticamente a partir de la caña de azúcar, es el bagazo y la punta de caña o cogollos (RAC). El bagazo representa aproximadamente 30% de los tallos zafrables y es el residuo fibroso de este proceso, el cual se obtiene con el 48% a 55 % de humedad. En términos de energía, 1 kg de bagazo es igual a 37.5 MJ, lo que significa que en México se pueden obtener por zafra 19.5 t ha⁻¹ de bagazo, equivalentes a 3.9 t ha⁻¹ de combustible, lo anterior considerando que un barril de petróleo equivale en términos de energía a 13.86×10⁵ kcal t⁻¹. Bajo las condiciones operativas del campo cañero en México, la energía aprovechable en términos de barriles de petróleo oscila desde 1.15 a 1.31 barriles de petróleo por tonelada de caña, valor que incluye también a los azúcares presentes en la caña, cuyo porcentaje varía de entre 15.5% a 16.5% con un valor energético promedio de 6.10×10⁵ kcal t⁻¹ de caña, para el bagazo su valor energético promedio fue de 5.98×10⁵ kcal t⁻¹, mientras que para la paja o "tlazole" el valor promedio fue 5.10 x 10⁵ kcal t⁻¹, por lo que una tonelada de caña en términos de energía equivale a 17.18×10⁵ kcal t⁻¹.

Lo anterior indica la importancia que tiene la producción de biomasa generada por el cultivo de la caña de azúcar; que en la zafra 2012-2013 en México, produjo aproximadamente el equivalente en energía a 8 362 813 barriles de petróleo, este valor corresponde a los cálculos realizados en base a caña molida durante esta zafra. La cantidad de bagazo obtenida fue de 12 671 622 t, mientras que la de paja o tlazole fue de 7 859 308 t (Debernardi, 2013). Con base en lo anterior, se determinó la disponibilidad de energía en las regiones cañeras de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestrearon 15 sitios sembrados con caña de azúcar en las diferentes regiones cañeras de México. En la selección de los sitios se consideraron las variedades de caña de azúcar MEX69-290 y CP70-2086; la primera de ciclo de madurez medio y la segunda de maduración temprana, durante sus ciclos planta, soca y resoca. Esto debido a que dichas variedades se encuentran ampliamente distribuidas en el campo cañero Mexicano en sus diferentes regiones cañeras (Figura 1). Se determinó el poder calorífico inferior (PCI), con una bomba calorimétrica Marca Leco AC-350. Para la determinación del PCI se utilizó de la siguiente ecuación:

$$H = \frac{M_S C_{vS} \Delta T - e_1 - e_2}{M_C}$$

$$e_2 = m \cdot h$$

Donde M_S es la masa de la bomba calorimétrica (masa del sistema); C_{vS} es el calor específico promedio de la bomba calorimétrica (calor específico del sistema); ΔT es el cambio de temperatura registrado durante las pruebas; H es el poder calorífico del combustible; e_1 es la corrección por el calor que libera la formación de ácidos de nitrógeno y azufre; e_2 es la corrección por el calor generado por la combustión del filamento de ignición; m es la masa o longitud del filamento de ignición; h es el poder calorífico del filamento por unidad de masa o longitud; M_C es la masa de combustible.

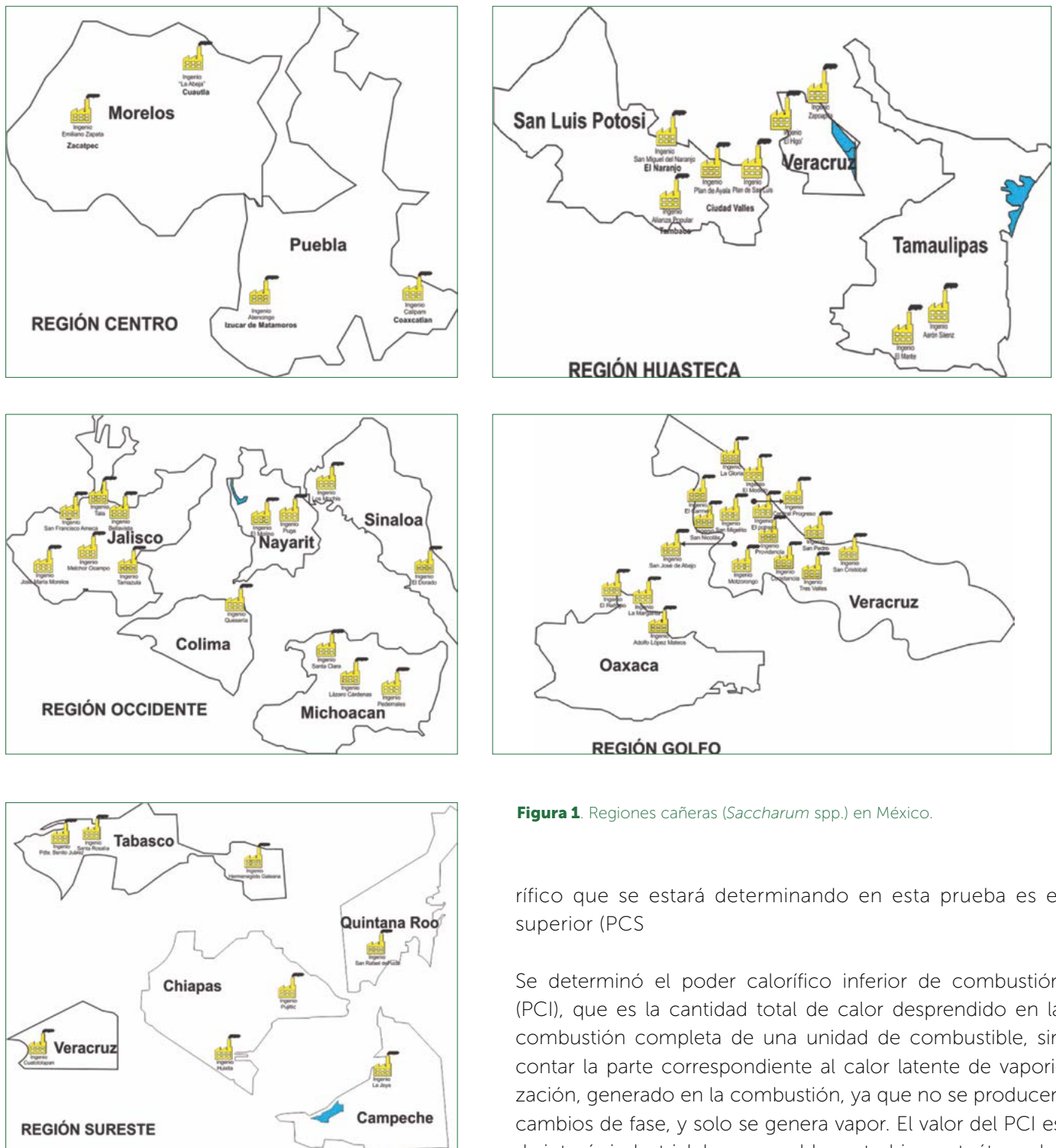


Figura 1. Regiones cañeras (*Saccharum* spp.) en México.

rífico que se estará determinando en esta prueba es el superior (PCS)

Se determinó el poder calorífico inferior de combustión (PCI), que es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de una unidad de combustible, sin contar la parte correspondiente al calor latente de vaporización, generado en la combustión, ya que no se producen cambios de fase, y solo se genera vapor. El valor del PCI es de interés industrial: hornos, calderas, turbinas, etcétera, debido a que los gases de escape producto de la combustión

tienen normalmente temperaturas elevadas, y por lo tanto el agua en fase vapor no se condensa. Al PCI se le conoce también como Poder Calórico Neto (PCN), que se puede obtener restándole al Poder Calórico Superior (PCS) el calor latente de vaporización. Para medir el poder calorífico inferior (PCI), las muestras fueron secadas a 70 °C, hasta alcanzar un peso constante en una estufa a corriente de aire durante 72 horas. Los datos obtenidos fueron confirmados utilizando las siguientes ecuaciones utilizadas en la industria azucarera.

Debido a que los gases producidos durante la combustión al final se encuentran a temperaturas bastante bajas, y a que las determinaciones se llevan a cabo a alta presión, la mayor parte del agua presente en los productos se condensa, por lo cual el poder calo-

Ecuaciones para determinar calor de combustión superior e inferior del bagazo:

$$PCS=19255-31.39 \cdot S-192.55 \cdot W, (\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}).$$

$$PCI=17790-31.39 \cdot S-203 \cdot W, (\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}).$$

Dónde: *S*: contenido de azúcar (%) en bagazo, *W*: humedad (%) en bagazo (Sarría, 1999).

Fórmula simplificada para calcular el Poder calorífico inferior (PCI) del bagazo (Hugot, 1982).

$$PCI=17\,799.3-20\,305.98 \cdot W, (\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1})$$

$$PCI (\text{bagazo})=7,646.31 (\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1})$$

Dónde: *W*: humedad (%) en bagazo.

Formulas propuestas por Upadhiay (1991), para el PCS y PCI:

$$PCS=19\,268 \cdot [1-(W+A)/100], (\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}).$$

$$PCI=17\,802 \cdot [1-(W+A)/100], (\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}).$$

Dónde: *W*: humedad (%) en bagazo, *A*: cenizas (%).

Las ecuaciones anteriores se utilizaron solamente para corroborar los datos que de forma directa se obtuvieron después de haber obtenido la curva de calibración de la bomba calorimétrica. Se realizó un análisis estadístico para determinar diferencias entre la capacidad de generar biomasa para la variedades utilizadas en este estudio, así como de los rendimientos en términos de biomasa y energía analizando los valores medios de estas variables mediante la Prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la zafra 2013-2014 se molieron 52 246 508 t, en 52 ingenios azucareros, por lo tanto, el PCI promedio obtenido por tonelada de caña molida represen-

tó un total de energía disponible de 57 277 234.6TJ, equivalentes a 9, 870 441.8 barriles de petróleo, de los cuales 3 172 109.7 son barriles quemados en campo correspondientes a cogollos y hojas (tlazole) y 6 698 332.1 son barriles utilizados como fuente de energía en las calderas de los ingenios del país, valores similares a estos fueron reportados por Braunbeck et al. (2005). El Cuadro 1, muestra la disponibilidad y eficiencia energética en las diferentes regiones cañeras para la zafra 2013-2014 en México.

Los datos del Cuadro 1, muestran que las regiones Golfo, Occidente y Huastecas representan 78.2% con 5 237 858.1 barriles de petróleo equivalentes a bagazo de caña, lo cual refleja la importancia que tienen estas tres regiones cañeras. El 21.8% restantes; regiones Sureste y Centro contribuyen con 1 460 474 barriles de petróleo. Las puntas, cogollos y hojas (tlazole) siguen una tendencia similar a la anterior. Con la diferencia de que, esta energía no tiene utilidad actualmente en México, por el contrario causa polución y contaminación ambiental al ser quemada en el mejor de los casos, donde se simula que existe una cultura conservacionista, aunque no se efectúa la operación de campo conocida como "requema", con lo que parte de estos residuos de cosecha son incorporados al suelo y se aprovechan como fuente de materia orgánica. Por lo anterior, a nivel nacional la eficiencia energética promedio es de 0.92 barriles de petróleo por tonelada de azúcar producida (Cuadro 1). La región Golfo es donde se encuentran los ingenios que contribuyen con mayor eficiencia (0.88 barriles de petróleo por tonelada de azúcar producida), mientras que los ingenios con la menor eficiencia (1.09 barriles por tonelada de azúcar producida) corresponden a los ubicados en la región Centro. Lo anterior, permite inferir que además de la falta de estrategias que permitan aprovechar la energía que se quema en campo, es necesario diversificar y modernizar la industria azucarera Mexicana, para aprovechar

Cuadro 1. Energía disponible y eficiencia energética por regiones en el campo cañero Mexicano.

Regiones Cañeras	Energía-bagazo Barriles de petróleo	Energía-tlazole Barriles de petróleo	Eficiencia energética Azúcar-Barriles de petróleo
Centro	467,293.5	232,739.7	1.09
Huastecas	1,273,533.0	569,253.3	0.91
Occidente	1,576,616.6	762,634.0	0.95
Sureste	993,180.7	458,247.4	0.89
Golfo	2,387,708.5	1,149,235.3	0.88
Total	6,698,332.1	3,172,109.7	0.92

de manera eficiente la energía disponible y generar coproductos de mayor valor agregado en los ingenios azucareros. El contenido de biomasa en las variedades estudiadas Mex69-290 y CP70-2086 en condiciones de campo se muestra en el Cuadro 2, de manera general no hubo diferencias significativas ($p < 0.001$) entre las regiones y las variedades. Aunque, en los datos del Cuadro 2, se aprecia una tendencia proporcional al contenido de la biomasa en campo (tlazole) que es similar para las variedades de este estudio, la cual es quemada para facilitar la cosecha manual y representa en promedio 24.8% de la energía total proveniente de la biomasa del campo cañero en México, equivalentes a 3 172 109.7 barriles de petróleo.

Los resultados obtenidos con la bomba calorimétrica para las variedades de caña estudiadas por regiones no mostraron diferencias significativas ($p < 0.001$), no así para las muestras húmedas, por lo que, para este trabajo solo se considera el poder calorífico inferior (PCI). Lo anterior con la finalidad de conocer la equivalencia respecto del petróleo de la biomasa producida en condiciones de campo. La Figura 2, muestra los valores promedio para las variedades Mex69-290 y CP70-

2086. El aprovechamiento de esta biomasa depende de una serie de factores que deberán ser estudiados y desarrollados, dentro de los parámetros más importantes a evaluar son la recolección, transporte, almacenamiento y procesos tecnológicos para transformarla. Oliveiro (2003), reporta resultados similares a los de este trabajo, aunque este autor no menciona la variedad de caña de azúcar con la que se realizó dicho estudio.

CONCLUSIONES

La energía disponible en el campo cañero Mexicano en la zafra 2013-2014 fue de 9 870 441.8 barriles de petróleo, de los cuales 6, 698,332.1 corresponden al bagazo aprovechado por los ingenios y 3 172109.7 barriles de petróleo a las puntas y residuos de cosecha que se queman innecesariamente en campo. Así, la eficiencia energética promedio en los ingenios azucareros fue de 0.92 barriles de petróleo por tonelada de azúcar producida. El cultivo de caña de azúcar constituye el productor de biomasa y biocombustibles de mayor importancia en términos de energía renovable, por lo que, resulta impostergable implementar un esquema de aprovechamiento de esta biomasa.

LITERATURA CITADA

Braunbeck O., Macedo I., Cortez L.A.B. 2005. Modernizing cane production to enhance the biomass base in Brazil. In: Silveira S (ed) Bioenergy—realizing the potential (Coord.). Elsevier, Amsterdam, pp 75–94.

CONADESUCA. 2014. Informe Estadístico del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar. Zafra 2014-2015. SAGARPA, México, D.F. 548 p.

Debernardi D.H. 2013. Utilización del bagazo como fuente de energía en la industria azucarera. Secretaría de Energía (SENER), análisis energético de la zafra 2012-2013. Simposio Internacional de Energía Renovable, México, D.F. 32 p.

Cuadro 2. Contenido de la biomasa de las variedades Mex69-290 y CP70-2086.

Biomasa	Composición (%)	
	Mex69-290	CP70-2086
hojas verdes y cogollos (tlazole)	18.3 a	18.1 a
hojas secas y residuos (tlazole)	6.8 b	6.4 b
tallos cosechables	74.9 c	75.5 c

Cantidades con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($p < 0.001$).

1 tonelada de caña de azúcar = 1.3 barriles de petróleo

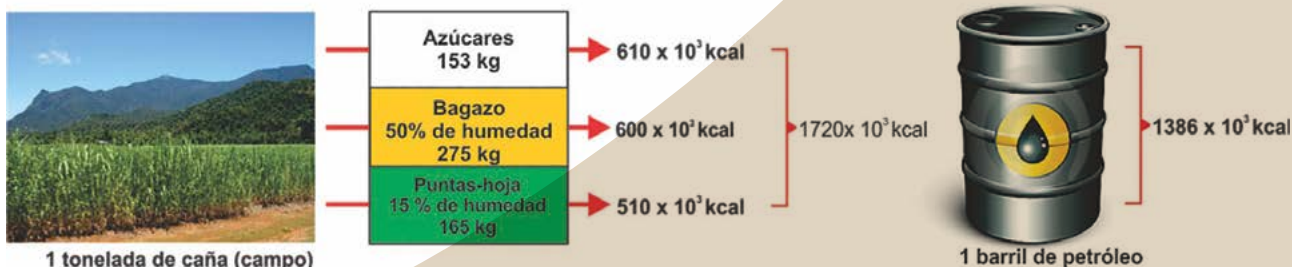


Figura 2. Valores promedio de PCI de disponibilidad de energía para las variedades Mex69-290 y CP70-2086.

- DOF. 2008. Nueva Ley DOF 01-02-2008. Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión Secretaría General Secretaría de Servicios Parlamentarios Centro de Documentación, Información y Análisis.
- Hugot E. 1982. Manual para Ingenieros Azucareros, sexta reimpresión. Editorial CECSA, México. 803 p.
- Oliveiro J.L. 2003. Fabricação nacional de equipamentos para a produção de álcool e co-geração de Industrias.Seminário – Álcool: Potencial gerador de divisas e empregos, Rio de Janeiro.R1-BNDES, Industrias Dedini, 60 p.
- SAGARPA. 2014. Importancia de la agroindustria de la caña de azúcar. SIAP. Cultivos Agroindustriales, Benjamín Franklin 146, Colonia Escandón Miguel Hidalgo, México D.F., 9 p.
- Sarría L.B. 1999. Aerodinámica de la zona de flujo inverso que se crea en una cámara de combustión que combina un estabilizador rotatorio y un turbulizador estático tangencial. Cuba, Premium Publicity, S. A.,. 78p.
- Upadhiaya U.C. 1991. Bagasse as a fuel. International Sugar Journal, 93, (1111):132-138.







Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas;
Campus San Luis Potosí, Calle Iturbide No. 73, C.P. 78600 Salinas de Hidalgo, S.L.P., México.

Responsables: Jorge **Cadena-Iñiguez**, Ma. de Lourdes **Arévalo-Galarza**,
Marcos R. **Soto-Hernández**, Lucero del Mar **Ruiz-Posadas** (jocadena@colpos.mx)

Reorientación del sistema de producción y comercialización de chayote

Problema y solución planteada

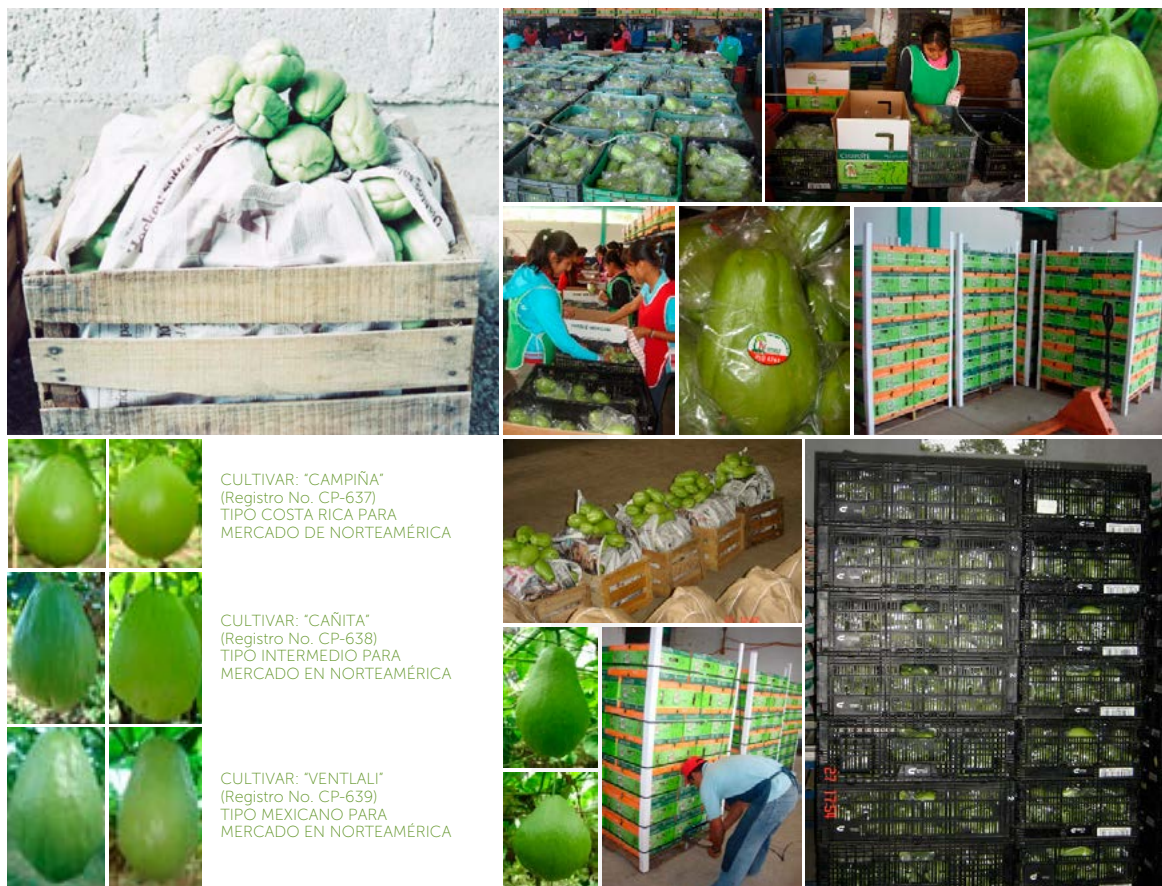
La comercialización del chayote en México, se hace vía los intermediarios; la producción es muy baja ($54 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), la asociación es prácticamente nula, no existe control sanitario, cultura empresarial, equipamiento, infraestructura y los beneficios del mercado no llegan a las familias que lo producen. Por su origen como planta de traspatio, no existe un tipo definido de chayote, lo cual genera heterogeneidad en los frutos y rechazo en los mercados, cuya exigencia en cuanto a calidad, y bioseguridad han ido en aumento, de tal forma que se requiere certificación de buenas prácticas de campo y empaque. Por tal motivo, se estableció un modelo de asistencia técnica permanente y desarrollo de capacidades para la producción y diversificación económica regional; se transfirió tecnología, material genético mejorado, guía técnica para certificación asegurando un producto con calidad para el mercado exterior de USA y Canadá de acuerdo a la norma oficial mexicana (NOM) y Codex-Stan internacional, en áreas de Huatusco, Coscomatepec, Ixtaczoquitlán, Amatlán de los Reyes en el estado de Veracruz, y Santa María del Río en Cañada de Yáñez en San Luis Potosí.

Resultados

Actualmente, la región centro de Veracruz produce el 81% de la producción nacional y aporta cerca del 78% del volumen exportable nacional, cumpliendo con estándares de calidad internacional, posicionando al "Chayote Tipo Mexicano" que es una denominación respaldada por el Colegio de Postgraduados y el Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, que lo diferencia en los mercados externos. Por cada módulo asociativo de 35 hectáreas, se produce anualmente hasta 4,760 toneladas ($136 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), las cuales se cosechan en el periodo junio-diciembre, dando empleo a 89 personas (24 mujeres) de lunes a sábado todo el año, generando hasta 27,768 jornales al año, con derrama económica local por salarios de \$60,320.00 semanales. El nivel de exportación es de 5-7 contenedores de 48 ft^3 refrigerados por semana (1050 cajas de 40 lb), con precios muy superiores a los nacionales. Si se compara la misma superficie de chayote sembrada con maíz en las mismas condiciones de ladera, se obtendría como máximo 76 t ha^{-1} , y no más de 500 jornales al año. A través de las mejoras tecnológicas, se ha sistematizado la certificación internacional con calificaciones de 94.24 y 96.12 para campo y empaque respectivamente, otorgado por PRIMUS GFS-LAB. Lo anterior ha beneficiado también el mercado nacional por introducción de chayotes de calidad sin riesgos para el consumo humano.

Innovaciones, Impactos e indicadores

Innovación	Impacto	Indicador General	Indicador Específico
Desarrollo Tecnológico	Reducción de costos, riesgos ambientales, eliminación de agroquímicos, mejores prácticas de cultivo	<ul style="list-style-type: none"> Ciencia y Tecnología Económico Ambiental 	Innovación e Investigación, Recursos financieros, Actividad económica, Suelo, sector Agropecuario
Variedades mejorada VENTLALI [®] ; CAMPIÑA [®] ; CAÑITAS [®]	Incremento final en la producción de hasta 136 t ha^{-1} ; Uniformidad y calidad de producto de acuerdo a Normas,	<ul style="list-style-type: none"> Ciencia y Tecnología 	Registros y Patentes solicitadas y concedidas,
Guía Técnica de campo y empaque	Certificación internacional anual	<ul style="list-style-type: none"> Ciencia y Tecnología 	Establecimientos certificados. Competitividad; Bioseguridad
Producción sostenida de chayote	Empleo local rural anual ($793 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), superior a cultivos de subsistencia como maíz.	<ul style="list-style-type: none"> Ocupación y Empleo Sociedad y gobierno 	Población ocupada en sector primario; Tasa de trabajo asalariado. Ingresos y gastos de los hogares
Nuevos mercados: Presentación de producto final	USA, Canadá, Norte de México	<ul style="list-style-type: none"> Económico 	Comercio exterior, Exportación, Agricultura
Manuales Técnicos y libros para chayote, Artículos	Contribución a la ciencia y tecnología	<ul style="list-style-type: none"> Ciencia y Tecnología 	Producción científica y tecnológica
Investigación participativa	Talentos formados: Licenciatura, Maestría y Doctorado	<ul style="list-style-type: none"> Ciencia y Tecnología 	Recursos humanos, Egresados



CULTIVAR: "CAMPIÑA"
(Registro No. CP-637)
TIPO COSTA RICA PARA
MERCADO DE NORTEAMÉRICA

CULTIVAR: "CAÑITA"
(Registro No. CP-638)
TIPO INTERMEDIO PARA
MERCADO EN NORTEAMÉRICA

CULTIVAR: "VENTLALI"
(Registro No. CP-639)
TIPO MEXICANO PARA
MERCADO EN NORTEAMÉRICA

Figura 1. A: Presentación tradicional de chayote para mercado nacional. B: Sistematización del trabajo para acopio, selección y empaque. C: Variedades para exportación. D: Presentación de producto para exportación

FECHA	UNIDADES EN CAJAS DE 33 Kg. C/U		TOTAL
	PRIMERA CALIDAD	PRECIO PROM.	
MAYO			
JUNIO	839	\$45.00	\$37,755.00
JULIO	3,171	\$55.00	\$174,405.00
AGOSTO	3,713	\$29.00	\$107,677.00
SEPTIEMBRE	4,434	\$12.00	\$53,208.00
OCTUBRE	3,367	\$19.00	\$63,973.00
NOVIEMBRE	3,372	\$24.00	\$80,928.00
DICIEMBRE	1,231	\$39.00	\$48,009.00
TOTAL ANUAL	20,127	PRECIO PROM. \$31.86	\$565,955.00

FECHA	UNIDADES EN CAJAS DE 33 Kg. C/U		TOTAL
	PRIMERA CALIDAD	PRECIO PROM.	
MAYO	298	\$81.00	\$24,138.00
JUNIO	3,875	\$43.00	\$166,625.00
JULIO	8,403	\$28.00	\$235,284.00
AGOSTO	11,240	\$37.00	\$415,880.00
SEPTIEMBRE	13,000	\$29.00	\$377,000.00
OCTUBRE	11,828	\$18.00	\$212,904.00
NOVIEMBRE	12,599	\$30.00	\$377,970.00
DICIEMBRE	6,721	\$25.00	\$168,025.00
ENERO	1,977	\$48.00	\$94,896.00
TOTAL ANUAL	69,941	PRECIO PROM. \$37.67	\$2,072,722.00



PAÍS	2006	2007	2008
MÉXICO	4.40	5.86	8.76
COSTA RICA	6.46	7.62	7.60
NICARAGUA	0.00	0.00	0.04

Figura 3. México es primer productor y exportador mundial de chayote, y atiende cerca del 53 % del mercado norteamericano.

Figura 2. A-B: Comparativo de producción e ingresos por comercio de chayote en un periodo de estabilización de cinco años cuyos valores iniciales, aumentaron 3.5 veces.



MAESTRÍA en CIENCIAS INNOVACIÓN en MANEJO de RECURSOS NATURALES

OBJETIVO

Preparar profesionales a nivel postgrado, dentro del ámbito del desarrollo e innovación en el manejo sustentable de recursos naturales para la transformación rural, que se integren dentro de los sectores público y privado y sean coadyuvantes en el desarrollo rural y en el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

Innovando con ciencia y visión sustentable



Programa con reconocimiento del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACYT

Duración: 2 años

Becas CONACYT al 100% para los estudiantes aceptados a cursar el programa de Maestría en Ciencias en Innovación en Manejo de Recursos Naturales

Fechas límite para recepción de documentos:

- Último día de Septiembre de cada año para ingreso en enero del siguiente año
- Último día de Mayo de cada año para ingreso en Agosto del mismo año

Los requisitos de ingreso y formato de admisión pueden descargarse en www.colposlp.mx

Informes

Subdirección de Educación. Campus San Luis Potosí.
Colegio de Postgraduados
Tel. 01 (496) 963 0240 y 0448 ext. 4020 y 4008
admisiones.cslp@colpos.mx
Iturbide #73, Salinas de Hidalgo, S.L.P. C.P. 78600

CURSO INTERNACIONAL

AUTOMATIZACIÓN Y USO DE BIORREACTORES PARA LA MICROPROPAGACIÓN COMERCIAL DE PLANTAS

Del laboratorio al campo

DEL 12 AL 15 DE SEPTIEMBRE DE 2016

DURACIÓN: 30 horas • TIPO: Teórico-Práctico

SEDE:

Colegio de Postgraduados | Campus Córdoba

Costo por participante | **Estudiantes**
\$ 7,000.00 M.N. | **\$3,500.00 M.N.**



INTERNATIONAL
BIONANOTECHNOLOGY
NETWORK



CONACYT



CICY



INFORMES:

Dr. Fernando C. Gómez Merino • Dr. Jericó J. Bello Bello

Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba.
Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348 Municipio Amatlán de los Reyes, Veracruz. C.P.
94946, México

Correo: cursobiorreactores@gmail.com

Tel: (+52) 01 271 71 6 60 55 y 00
Móvil: 271 105 85 06



Laboratorio de Cultivo
de Tejidos Vegetales