

AGRO PRODUCTIVIDAD



Producción de **GANADO BOVINO** de carne con bienestar animal

pág. 41

Año 12 • Volumen 12 • Número 10 • octubre, 2019

- | | |
|--|----|
| Efecto del beneficiado tradicional de <i>Vanilla planifolia</i> en los fitoquímicos de frutos de <i>Vanilla pompona</i> Schiede | 3 |
| Márgenes de comercialización del durazno (<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch) criollo amarillo de hueso pegado de Zacatecas, México | 9 |
| Propagación asexual de <i>Bursera glabrifolia</i> , <i>Bursera copallifera</i> , y <i>Bursera bipinnata</i> bajo tratamientos de enraizadores en condiciones de vivero | 17 |
| Biofábricas y biorreactores de inmersión temporal: Propagación <i>in vitro</i> de <i>Anthurium andreaenum</i> L., y su viabilidad económica | 23 |
| Variación fenotípica en palomas de collar (<i>Streptopelia decaocto</i> Frivaldszky) en Durango, México | 31 |
| Cortes selectos de la canal de corderos cruzados katahdín × pelibuey alimentados con <i>Medicago sativa</i> L. | 37 |

y más artículos de interés...

3	Effect of traditional curing of <i>Vanilla planifolia</i> on the phytochemicals of <i>Vanilla pompona</i> Schiede fruits / Efecto del beneficiado tradicional de <i>Vanilla planifolia</i> en los fitoquímicos de frutos de <i>Vanilla pompona</i> Schiede.
9	Marketing margins of native yellow clingstone peach (<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch) from Zacatecas, Mexico / Márgenes de comercialización del durazno (<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch) criollo amarillo de hueso pegado de Zacatecas, México.
17	Asexual propagation of <i>Bursera glabrifolia</i> , <i>Bursera copallifera</i> , and <i>Bursera bipinnata</i> under rooting treatments in plant nursery conditions / Propagación asexual de <i>Bursera glabrifolia</i> , <i>Bursera copallifera</i> , y <i>Bursera bipinnata</i> bajo tratamientos de enraizadores en condiciones de vivero.
23	Biofactory and temporary immersion bioreactor: <i>In vitro</i> propagation of <i>Anthurium andreanum</i> L., and economic viability / Biofábricas y biorreactores de inmersión temporal: Propagación <i>in vitro</i> de <i>Anthurium andreanum</i> L., y su viabilidad económica.
31	Phenotypic variation in eurasian collared dove (<i>Streptopelia decaocto</i> Frivaldszky) in Durango, Mexico / Variación fenotípica en palomas de collar (<i>Streptopelia decaocto</i> Frivaldszky) en Durango, México.
37	Select cuts of carcass of crossed katahdin × pelibuey lambs fed with <i>Medicago sativa</i> L. / Cortes selectos de la canal de corderos cruzados katahdín × pelibuey alimentados con <i>Medicago sativa</i> L.
41	Beef cattle production with animal welfare / Producción de ganado bovino de carne con bienestar animal.
47	Prospects for productive reconversion in Campeche, México / Perspectivas de la reconversión productiva en Campeche, México
53	Content of sugars in varieties of sorgho (<i>Sorghum bicolor</i> L.) for ethanol in the center of Chiapas, Mexico / Contenido de azúcares en variedades de sorgho (<i>Sorghum bicolor</i> L.) para etanol en el centro de Chiapas, México.
Notas científicas	
61	Supply with rain water to rural communities of the State of Campeche, Mexico / Abastecimiento con agua de lluvia a comunidades rurales del estado de Campeche, México.
63	Rain water capture systems (SCALL) for various uses / Sistemas de captación del agua de lluvia (SCALL) para diversos usos.
65	Microbial control of pests in Southeastern Mexico: Five years of work by the bioinsecticide production unit (UPBIO®) / Control microbiano de plagas en el sureste mexicano: Cinco años de servicio de la unidad de producción de bioinsecticidas (UPBIO®)
67	Rain water collection in the Mixteca Poblana de Mexico / Captación de agua de lluvia en la Mixteca Poblana de México.
69	Morphological and molecular characterization of wild peppers and creole varieties of Campeche, Mexico / Caracterización morfológica y molecular de chiles silvestres y variedades criollas de Campeche, México.

Comité Científico

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

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

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

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

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

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

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

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

Comité Editorial

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

Directrices para Autores/as

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

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

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

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

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

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

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



Año 12, Volumen 12, número 10, octubre 2019, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México-Tezcoco Km. 36.5, Montecillo, Tezcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, M.C. Valeria Abigail Martínez Sias. Fecha de última modificación, 31 de octubre de 2019.

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

Contacto principal

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

Contacto de soporte

8 Soporte
☎ 01(595) 928 4703
✉ agroproductividadesoporte@gmail.com

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Elementos gráficos: Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Las figuras deben numerarse

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ogata N. (2003a).
Ogata N. (2003b).

Artículo de revista:

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

Libro:

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

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

Effect of traditional curing of *Vanilla planifolia* on the phytochemicals of *Vanilla pompona* Schiede fruits

Efecto del beneficiado tradicional de *Vanilla planifolia* en los fitoquímicos de frutos de *Vanilla pompona* Schiede

Viveros-Antonio, Cecilia¹; Delgado-Alvarado, Adriana^{1*}; Herrera-Cabrera, Braulio E.¹; Arévalo-Galarza, Ma. De Lourdes²; Hernández-Ruiz, Jesús³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla 205, Col. Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. C. P. 72760. ²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. México. ³Universidad de Guanajuato. Carretera Irapuato-Silao km 9, Ex Hacienda El Copal, Irapuato, Guanajuato, México. C. P. 36500.

*Autor de Correspondencia: adah@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of two Mexican traditional curing processes of *Vanilla planifolia* in the concentration of total phenolic compounds (TPC), total flavonoids (TFLAV), total saponins (TSAP) and total triterpenes (TTRIT) in fruits of *Vanilla pompona* from three localities in tropical Mexico.

Design/methodology/approach: Fruit maturity of 31 weeks were subjected to two curing processes (C1 and C2). The phytochemicals in green fruits (GF) and cured fruits (CF) were quantified by spectrophotometric methods. The data were analyzed under a completely randomized design, with an analysis of variance and under a mean comparison by Tukey ($\alpha=0.05$).

Results: The concentration of phytochemicals in the fruits of *V. pompona* was reduced by the curing process. The effect was more evident in the TPC and the TSAP, since in the CF of the three localities and of both curing processes, the content decreased significantly. The concentration of TFLAV (1.255 and 1.238 g·100 g⁻¹) and TTRI (9.583 and 8.536 g·100 g⁻¹) showed no variation by the C2 process, since they had a similar concentration in the GF and CF respectively. The CF of C2 conserved a higher concentration of the four phytochemicals evaluated.

Limitations on study/implications: The two traditional curing processes used for fruits of *V. pompona*, negatively affected the concentration of phytochemicals.

Findings/conclusions: The concentration of TPC and TSAP in the cured fruits from Cazuelas (B1), Morelos (B1) and Puntilla Aldama (B2) was markedly reduced in comparison to that of the GF. The C2 process with sun-killed had a minor effect in decreasing phytochemicals in the CF.

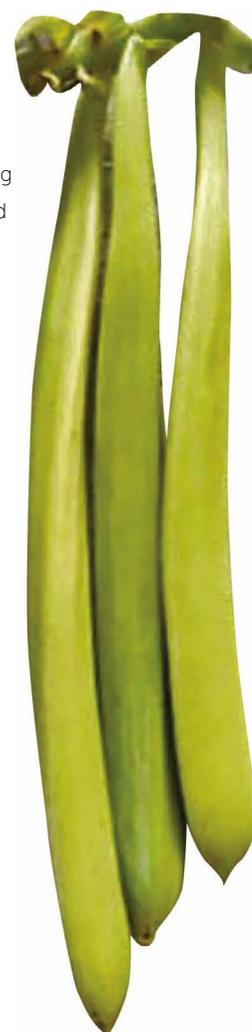
Keywords: vainilla, curing process, phytochemicals, fruits.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de dos procesos de beneficiado tradicional mexicano de *Vanilla planifolia* en la concentración de compuestos fenólicos totales (CFT), flavonoides totales (FLAVT), saponinas totales (SAPT) y triterpenos totales (TRIT) en frutos de *Vanilla pompona* de tres localidades de la zona tropical en México.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 10, octubre, 2019. pp: 3-8.

Recibido: marzo, 2019. **Aceptado:** septiembre, 2019.



Diseño/metodología/aproximación: Frutos de 31 semanas de madurez se sometieron a dos procesos de beneficiado (B1 y B2). Los fitoquímicos en los frutos verdes (FV) y frutos beneficiados (FB) se cuantificaron por métodos espectrofotométricos. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar, con un análisis de varianza y bajo una comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$).

Resultados: La concentración de fitoquímicos en los frutos de *V. pompona* se redujo por el proceso de beneficiado. El efecto fue más notable en los CFT y las SAPT, ya que en los FB de las tres localidades y de ambos beneficiados, el contenido disminuyó significativamente. La concentración de FLAVT (1.255 y 1.238 g·100 g⁻¹) y de TRIT (9.583 y 8.536 g·100 g⁻¹) no mostró variación por el proceso del B2, pues tuvieron una concentración similar en los FV y FB respectivamente. Los FB del B2 conservaron una concentración mayor de los cuatro fitoquímicos evaluados.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Los dos beneficiados tradicionales utilizados en frutos de *V. pompona*, afectaron negativamente la concentración de fitoquímicos.

Hallazgos/conclusiones: La concentración de CFT y SAPT en los frutos curados de Cazuelas (B1), Morelos (B1) y Puntilla Aldama (B2) se redujo marcadamente en comparación con la de los FV. El proceso del B2 con matado al sol tuvo un efecto menor en disminuir los fitoquímicos en los FB.

Palabras clave: vainilla, beneficiado tradicional, fitoquímicos, frutos.

etapas (Brunschiwig *et al.*, 2017). Sin embargo, para *V. pompona* a diferencia de *V. planifolia* es limitada la información sobre el proceso de curado de los frutos, sin detallar las etapas del proceso de beneficiado (Galeas *et al.*, 2015), ni su efecto en la acumulación de fitoquímicos en los frutos (Ramachandra y Ravishankar, 2000). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos procesos de beneficiado tradicional mexicano de *V. planifolia* en la concentración de compuestos fenólicos totales, flavonoides totales, saponinas totales, triterpenos totales de frutos de *V. pompona*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Durante el periodo de floración (mayo a junio 2016) se polinizaron de 20 a 30 flores de *V. pompona*. Los frutos verdes se recolectaron 31 semanas después de la polinización en la localidad de Cazuelas, Veracruz, en una plantación sin manejo agronómico, en donde los tutores son arboles de cedro blanco (*Cedrela odorata* L.). En Puntilla Aldama, Veracruz en un cultivo de traspatio, y en la localidad de Morelos, Oaxaca, en una población silvestre de *V. pompona* dentro de un bosque de árboles de pino (*Pinus patula* Schiede) y encino (*Quercus* sp.).

La cuantificación de fitoquímicos se realizó en frutos verdes y en frutos sometidos a dos variantes del proceso de beneficiado o curado tradicional mexicano. El peso promedio de cada fruto verde fue de 23 a 38 g y de frutos beneficiados estuvo en un rango de 6 a 11 g. Mientras que el tamaño promedio de frutos verdes fue de 12 a 17 cm y en frutos beneficiados de 11 a 15 cm.

INTRODUCCIÓN

La especie *Vanilla pompona* Schiede es una de las tres especies del género *Vanilla* que se producen comercialmente, crece de manera natural en las islas Guadalupe, Martinica y Dominica (Ehlers y Pfister, 1997), en algunas regiones de Guyana y Surinam (DeFilipps *et al.*, 2004), Costa Rica (Azofeifa-Bolaños *et al.*, 2014), Honduras, Panamá (Soto y Dressler, 2009) y México, en donde su cultivo es limitado, aunque se ha documentado una distribución natural importante en Oaxaca, Nayarit, Michoacán, Guerrero, Veracruz y Jalisco (Herrera-Cabrera *et al.*, 2017).

Con el propósito de incrementar aroma y sabor, los frutos de *V. planifolia* se someten a un proceso de beneficio, en el que se activan una serie de reacciones enzimáticas que producen compuestos aromáticos (Odoux, 2011). Dicho proceso tiene como intención propiciar el contacto entre los precursores del sabor y las enzimas que catalizan la hidrólisis de los compuestos precursores a vainillina, el componente principal, así como otros compuestos del sabor, que incluyen cerca de 250 constituyentes identificados (Adedeji *et al.*, 1993). Existen diferentes procesos de beneficiado. En México el beneficiado tradicional dura de tres a cinco meses, mientras que en Madagascar dura de 35 a 45 días (Ramachandra y Ravishankar, 2000). Investigaciones previas señalan que el curado o beneficiado artesanal mexicano de los frutos de *V. planifolia*, consta principalmente de cuatro etapas (Havkin-Frenkel *et al.*, 2004; Xochipa-Morante *et al.*, 2016). En otras especies como *V. tahitensis*, el beneficiado de los frutos lo realizan en tres

Beneficiado de los frutos

El beneficiado de los frutos de *V. planifolia* se realiza en cuatro etapas, generalmente: marchitamiento, sudoración, secado y acondicionamiento (Ramachandra y Ravishankar, 2000), utilizado en la Región del Totonacapan. Los frutos de la localidad de Cazuelas y Morelos se sometieron al sistema de beneficiado tradicional realizado por un beneficiador en la localidad de Primero de Mayo, Papantla, Veracruz (Beneficiado 1: B1) (Figura 1) descrito por Xochipa-Morante et al. (2016).

El proceso consistió, principalmente, en el matado de los frutos verdes con agua caliente (escaldado) a 90 °C por 3 segundos, posteriormente el sudado, en donde los frutos se almacenaron en cajones de madera en la sombra, después se sometieron a aproximadamente 21-25 ciclos de un proceso llamado "asoleado-sudado", luego los frutos nuevamente se colocaron en las cajas de madera, con el objetivo de deshidratar y provocar el desarrollo del aroma y el color del fruto de la vainilla. El beneficiado en *V. pompona* tardó alrededor de 16 semanas.

Los frutos de la localidad de Puntilla Aldama se sometieron a un segundo proceso de beneficiado tradicional (Beneficiado 2: B2) (Figura 1), realizado en la misma localidad de colecta. El proceso consistió también de cuatro etapas; el matado de los frutos se realizó utilizando bolsas de nylon expuestas al sol (40 °C) por cuatro horas durante tres días; para el sudado los frutos se almacenaron en cajones de madera, después se sometieron a aproximadamente 20-25 ciclos de "asoleado-sudado", y nuevamente los frutos se colocaron en las cajas de madera, para deshidratar y provocar el desarrollo del aroma y el color del fruto de la vainilla. El beneficiado tardó 16 semanas en promedio (Xochipa-Morante et al., 2016).

Análisis químicos

Preparación de extractos

Compuestos fenólicos totales (CFT) y flavonoides totales (FLAVT). Se prepararon extractos en metanol a una concentración de 500 mg·mL⁻¹. Las muestras se colocaron en un baño ultrasónico (Ultrasonic Cleaner AS5150B)

durante 30 min a temperatura ambiente. Después los extractos se dejaron en maceración por 12 h. Triterpenos totales (TRIT). A 1 g de muestra fresca se adicionaron 5 mL de etanol al 70 % (v/v) y se dejó en maceración por 10 h. El extracto se centrifugó a 3,354 g por 5 min y el sobrenadante se evaporó en rotaevaporador (Heidolph, Laborota 4000), posteriormente el residuo vegetal se lavó cuatro veces con butanol:agua (1:1), donde la fase acuosa se descartó y la orgánica se evaporó en rotaevaporador. Al residuo se le agregó éter etílico y se mantuvo a 4 °C por 12 h. Saponinas totales (SAPT). Se prepararon extractos en agua a una concentración de 200 mg·mL⁻¹. Las muestras se colocaron en un baño ultrasónico (Ultrasonic Cleaner AS5150B) por un lapso de 30 min a temperatura ambiente. Posteriormente los extractos se dejaron en maceración por 12 h.

Previo a la cuantificación, a los frutos verdes y beneficiados se les determinó el contenido de humedad en termobalanza (Ohaus MB45) para expresar la concentración de los fitoquímicos con base en materia seca (MS). Los CFT se determinaron por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu basado en Herald et al. (2012). La concentración se expresó como equivalentes del ácido gálico en g·100 g⁻¹ de materia seca (MS). Los FLAVT se analizaron con base en el método de Silva-Beltrán et al. (2015). La concentración se expresó en equivalentes de quercetina en g·100 g⁻¹ MS. Para el análisis de TRIT se utilizó el método colorimétrico basado en Chang y Lin



Figura 1. Frutos verdes y frutos beneficiados de *Vanilla pompona* Schiede de dos variantes de beneficiado tradicional mexicano. B1: Beneficiado 1, B2: Beneficiado 2.

(2012) y su concentración se expresó en equivalentes de ácido oleanólico en $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}\text{ MS}$. SAPT se analizaron de acuerdo al método de Ahmed y Wang (2015) y se expresaron en $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}\text{ MS}$.

Análisis estadístico

Para los valores de CFT, FLAVT, SAPT y TRIT se realizaron cuatro repeticiones de frutos verdes y beneficiados para cada localidad de recolecta y beneficiado. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) usando el paquete estadístico SAS versión 9.0 (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación de fitoquímicos de frutos verdes a beneficiados

El análisis de fitoquímicos de frutos de 31 semanas de maduración de *V. pompona* de las tres localidades evidenció una concentración mayor de CFT en frutos verdes, en comparación con los frutos beneficiados independientemente del proceso de beneficiado (Figura 2). Es posible que la disminución en la concentración de estos compuestos en el fruto beneficiado, se atribuya a que durante el proceso de curado, los metabolitos se degradan por la acción de las enzimas (Frenkel *et al.*, 2011) y por los diferentes tratamientos térmicos utiliza-

dos (Oudou, 2011). Particularmente se observó una reducción significativa de CFT en los frutos procedentes del beneficio 1 (B1), tanto de Cazuelas, en los que hubo una disminución de 55 % como en los de Morelos que se redujeron 69 %, no existiendo reportes similares para *V. pompona*. Sin embargo, en los frutos de *V. planifolia*, el contenido de compuestos fenólicos se incrementa durante el beneficiado (Ibarra-Cantún *et al.*, 2018). De manera similar, la concentración de FLAVT en los frutos beneficiados de Cazuelas y de Morelos del B1, tuvieron valores de concentración 43 % y 49 % más bajos que los frutos verdes. Pero los frutos de Puntilla Aldama del B2, no mostraron reducción en comparación con los frutos verdes. Este dato es notable porque estos frutos se mataron en bolsas de nylon expuestas al sol (Figura 2). Liu *et al.* (2016) señalan que algunos tipos de flavonoides son termosensibles, lo que sugiere que los frutos del B1, durante el proceso de matado con agua caliente, pudieron degradarse y por eso mostraron una concentración menor que los frutos verdes.

En los TRIT, también hubo una reducción significativa de la concentración en los frutos beneficiados del B1, que se redujo 73 % en los frutos de la localidad de Cazuelas y 71 % en los de Morelos, pero los frutos del B2 de Puntilla Aldama no presentaron cambios (Figura 2). En la localidad de Puntilla Aldama, la concentración de FLAVT

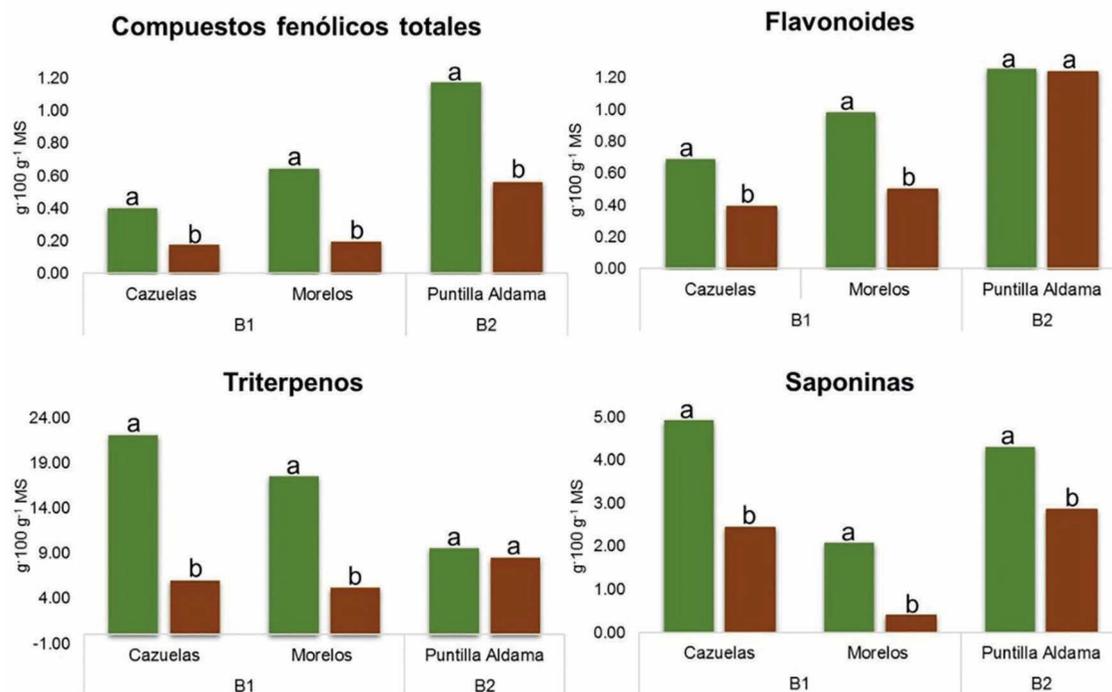


Figura 2. Fitoquímicos de frutos verdes (■) y frutos beneficiados (■) de *Vanilla pompona* Schiede de 31 semanas de maduración de las localidades de Cazuelas, Morelos y Puntilla Aldama. Letras diferentes dentro de columnas por localidad indican diferencia estadística según Tukey ($\alpha=0.05$). B1: Beneficiado 1, B2: Beneficiado 2. (n=4).

y TRIT fue similar, en frutos verdes y beneficiados (B2), aunque se redujo la concentración de CFT y de SAPT en los frutos beneficiados en comparación con la de frutos verdes. La concentración de SAPT disminuyó en los frutos de ambos tipos de beneficiados, aunque la disminución fue mayor en los frutos del B1, que mostraron una reducción de 81 % en los frutos de Morelos y de 50 % en los de Cazuelas (Figura 2).

Variación de fitoquímicos por el proceso de beneficiado

El análisis de fitoquímicos de acuerdo al tipo de matado de frutos, mostró coeficientes de variación mayores en saponinas totales (18.24 %), debido a que la concentración de estos fitoquímicos tuvo una amplia variación en los frutos beneficiados. Los compuestos fenólicos totales, mostraron los coeficientes de variación más bajos (7.80 %), debido a que la concentración fue más homogénea entre los frutos beneficiados de *V. pompona* (Cuadro 1).

El matado es considerado el paso más importante del beneficiado tradicional (Mariezcurrena et al., 2008), ya que esta etapa tiene como propósito detener el desarrollo vegetativo en los frutos frescos y promover la descompartmentación celular mediante la ruptura de las membranas para crear condiciones adecuadas para el contacto entre los sustratos y sus respectivas enzimas (Purseglove et al., 1981). En este trabajo, el matado en el B1 y el B2 de los frutos de *V. pompona*, fue la única etapa que tuvo los cambios mayores en comparación con las demás etapas del proceso. En el B1 el matado de los frutos verdes se realizó con agua caliente a 90 °C por 3 segundos. En el B2 se utilizaron bolsas de nylon expuestas al sol (40 °C) por cuatro horas durante tres días. Además, la variación de matado de frutos, puede ocasionar diferencias en el aroma y sabor de frutos beneficiados, debido a la diferencia en la termosensibilidad de las enzimas (Frenkel et al., 2011). Los frutos de la localidad de Cazuelas y Morelos que se sometieron al B1 tuvieron una concentración similar

Cuadro 1. Medias y coeficientes de variación de las variables evaluadas en frutos beneficiados de *Vanilla pompona* en localidades de recolecta de Veracruz y Oaxaca, México.

Fitoquímicos	Media (g·100 g ⁻¹ MS)	CV (%)	Cuadrados medios	
			Beneficiado	Error
Compuestos fenólicos totales	0.246	7.80	0.182***	0.0004
Flavonoides totales	0.560	8.64	0.832***	0.002
Triterpenos totales	6.585	12.60	9.066**	0.688
Saponinas totales	1.690	18.24	7.367***	0.095

***: P<0.0001, **: P<0.05.

de compuestos fenólicos totales (0.180 y 0.199 g·100 g⁻¹ MS) y triterpenos totales (6.016 y 5.202 g·100 g⁻¹ MS), mientras que los frutos de Puntilla Aldama sometidos al B2 tuvieron mayor concentración de compuestos fenólicos totales (0.566 g·100 g⁻¹ MS), flavonoides totales (1.238 g·100 g⁻¹ MS) y triterpenos totales (8.536 g·100 g⁻¹ MS) (Figura 3).

La variación en el proceso de beneficiado se atribuye a que no hay una estandarización del proceso, y puede haber variaciones en cada etapa de acuerdo al criterio del beneficiador (Odoux, 2011). Esto sugiere que el matado de los frutos utilizado en el B1 y B2 ocasionó variación en la concentración de fitoquímicos en los frutos de *V. pompona*.

CONCLUSIONES

El contenido de fitoquímicos en los frutos beneficiados de *Vanilla pompona* Schiede presentó variación en los dos beneficiados tradicionales evaluados. Los compuestos fenólicos totales y las saponinas fueron los metabolitos que más se afectaron durante el beneficiado. La etapa de matado en el proceso de beneficiado fue

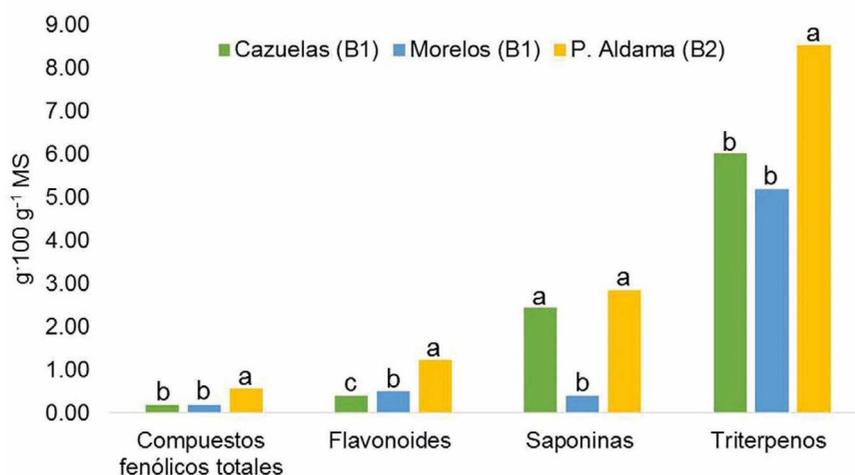


Figura 3. Concentración de fitoquímicos en frutos beneficiados de *Vanilla pompona* Schiede en dos tipos de beneficiado de las localidades de Cazuelas, Morelos y Puntilla Aldama, México. Letras diferentes dentro de columnas indican diferencia estadística según Tukey ($\alpha=0.05$). B1: Beneficiado 1, B2: Beneficiado 2.

la variante que afectó negativamente la concentración de fitoquímicos en los frutos beneficiados. El proceso con matado al sol del B2 conservó un contenido mayor de fitoquímicos en los frutos beneficiados. Lo cual indica diferentes respuestas al proceso de beneficio de *V. pompona* con respecto a *V. planifolia*.

LITERATURA CITADA

- Adedeji, J., Hartman, T.G. & Ho, C-T. (1993). Flavor characterization of different varieties of vanilla beans. *Perfumer & Flavorist*, 18, 25-33.
- Ahmed, H.O.A. & Wang, C. (2015). Determination of tea saponin in Camellia Seed Oil with UV and HPLC analysis. *World Journal of Engineering and Technology*, 3, 30-37. doi: 10.4236/wjet.2015.34C004
- Azofeifa-Bolaños, J.B., Paniagua-Vásquez, A. & García-García, J.A. (2014). Importancia y desafíos de la conservación de *Vanilla* spp. (Orquidaceae) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 25, 189-202.
- Brunschwig, C., Collard, F.X., Lepers-Andrzejewski, S. & Raharivelomanana, P. (2017). Tahitian Vanilla (*Vanilla x tahitensis*): A Vanilla Species with Unique Features. In *Active Ingredients from Aromatic and Medicinal Plants*. In Tech, 29-47.
- Chang, C.L. & Lin, C.S. (2012). Phytochemical composition, antioxidant activity, and neuroprotective effect of *Terminalia chebula* Retzius extracts. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 1-7. doi: 10.1155/2012/125247
- DeFilippis, R.A., Maina, S.L. & Crepin, J. (2004). Medicinal plants of the Guianas (Guyana, Surinam, French Guiana). Washington, DC: Department of Botany, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, pp 1-14.
- Ehlers, D. & Pfister, M. (1997). Compounds of vanillons (*Vanilla pompona* Schiede). *Journal of Essential Oil Research*, 9, 427-431. doi:10.1080/10412905.1997.9700743
- Frenkel, C., Ranadive, A.S., Tochihiuitl, J.V. & Havkin-Frenkel, D. (2011). Curing of Vanilla. In: *Handbook of vanilla science and technology*. Havkin-Frenkel D. & Belanger F.C. (Eds.) Wiley-Blackwell Publishing Ltd., pp 80-106.
- Galeas, M., Lin, J. & Hartman, T. (2015). Chemical Characterization of *Vanilla pompona* Schiede. Part I. *Perfumer and Flavorist*, 40, 16-28.
- Havkin-Frenkel, D., French, J., Graft, N.M., Joel, D.M., Pak, F.E. & Frenkel, C. (2004). Interrelation of curing and botany in vanilla (*Vanilla planifolia*). *Acta Horticulturae*, 629, 93-102. doi: 10.17660/ActaHortic.2004.629.12
- Herald, J.T., Gadgil, P. & Tilley, M. (2012). High-throughput micro plate assays for screening flavonoid content and DPPH-scavenging activity in sorghum bran and flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 2326-2331.
- Herrera-Cabrera, B.E., Hernández, M., Vega, M., & Wegier, A. (2017). *Vanilla pompona*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: T105878897A105878899. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T105878897A105878899>.
- Ibarra-Cantún, D., Delgado-Alvarado, A., Herrera-Cabrera, B.E, Soto-Hernández, R.M, Salazar-Rojas, V.M. & Aguilar, M.I. (2018). Effect of the environmental condition of *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews cultivation on phytochemical concentration. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24, 151-165. doi: 10.5154/r.rchsh.2017.08.031
- Liu, W., Yin, D., Li, N., Hou, X., Wang, D., Li, D. & Liu, J. (2016). Influence of Environmental Factors on the Active Substance Production and Antioxidant Activity in *Potentilla fruticosa* L. and Its Quality Assessment. *Scientific Reports*, 6, 1-17. doi: 10.1038/srep28591
- Mariezcurrena, M.D., Zavaleta, H.A., Waliszewski, K.N. & Sánchez, V. (2008). The effect of killing conditions on the structural changes in vanilla (*Vanilla planifolia*, Andrews) pods during the curing process. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 1452-1457. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01691.x
- Odoux, E. (2011). Vanilla curing. In: Odoux E, Grisoni M (eds). *Vanilla. (Medicinal and aromatic plants-industrial profiles)* CRC Press. Boca Raton, Florida, 173-185.
- Purseglove, J. W., Brown, E. G., Green, C. L. & Robbins, S. R. J. (1981). Spices. In: *Tropical Agriculture* (edited by D. Rhind & G. Wrigley). pp. 664-735. New York, USA: Longman Publishing.
- Ramachandra, R.S. & Ravishankar, G.A. (2000). Vanilla flavour: Production by conventional and biotechnological routes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 189-304. doi: 10.1002/1097-0010(200002)80:3<289:AID-JSFA543>3.0.CO;2-2
- SAS Institute Inc. (2002). SAS/STAT 9.0. User's guide. Cary, NC. SAS Institute Inc. 421 p.
- Silva-Beltrán, N.P., Ruiz-Cruz, S., Cira-Chávez, L.A., Estrada-Alvarado, M.I., Ornelas-Paz, J.D.J., López-Mata, M.A. & Márquez-Ríos, E. (2015). Total phenolic, flavonoid, tomatine and tomatidine contents and antioxidant and antimicrobial activities of extracts of tomato plant. *International Journal of Analytical Chemistry*, 1-10. doi: 10.1155/2015/284071
- Soto, A.M.A. & Dressler, R.L. (2009). A revision of the Mexican and Central American species of *Vanilla Plumier* ex Miller with a characterization of their ITS region of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana International Journal on Orchidology*, 9, 285-354.
- Xochipa-Morante, R.C., Delgado-Alvarado, A., Herrera-Cabrera, B.E., Escobedo-Garrido, J.S. & Arévalo-Galarza, L. (2016). Influencia del proceso de beneficiado tradicional mexicano en los compuestos del aroma de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. *Agroproductividad*, 9, 55-62.

Marketing margins of native yellow clingstone peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) from Zacatecas, Mexico

Márgenes de comercialización del durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) criollo amarillo de hueso pegado de Zacatecas, México

Sánchez-Toledano, Blanca Isabel^{1*}, Zegbe-Domínguez, Jorge Artemio¹; Cuevas-Reyes, Venancio²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Apartado Postal Núm. 18, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. E-98500. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México. Carretera Los Reyes-Texcoco, km 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. CP. 56250

*Autor de correspondencia: sanchez.blanca@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To determine the marketing margins and the direct participation of the clingstone peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) grower cultivated in Zacatecas, Mexico.

Design/methodology/approach: The relevant information was collected from major stakeholders, including farmers and peach dealers through a direct survey.

Results: The results showed that 25% of the interviewed growers made the sale directly to the final consumer. The most common marketing channel was: producer, wholesaler, and final consumer. The gross marketing margin generated reaching 85.7%, where the direct share of the grower was 14.3%.

Limitations on study/implications: It is important to increase the sample size for having a better approach for the real situation.

Findings/conclusions: The margins found here demonstrate the goodness of growing peaches; however, the organization of the peach growers is imperative for enhancing the product quality and for having a greater influence in the marketing chain.

Key words: marketing channel, utility.

RESUMEN

Objetivo: Determinar los márgenes de comercialización y la participación directa del productor de durazno criollo (*Prunus persica* (L.) Batsch) hueso pegado cultivado en Zacatecas, México.

Diseño/metodología/aproximación: La información pertinente se recopiló de las principales partes interesadas incluyendo a productores y comercializadores a través de una encuesta directa.

Resultados: Los resultados mostraron que 25% de los productores entrevistados realizaron la venta directamente al consumidor final. El canal de comercialización más común fue productor, mayorista y consumidor final. El margen bruto de comercialización generado alcanzó 85.7 %, donde la participación directa del productor fue del 14.3%.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Es importante aumentar el tamaño de la muestra para tener un mejor enfoque de la realidad.

Hallazgos/conclusiones: Los márgenes aquí encontrados comprueban la bondad de cultivar durazno; sin embargo, la organización de los productores de durazno es primordial para mejorar la calidad de su producto y tener una mayor influencia en la cadena de la comercialización.

Palabras clave: canal de comercialización, utilidad

INTRODUCCIÓN

En México el volumen de producción de frutas y hortalizas pasó de 19 millones de t anuales en 1994 a 37 millones de t en 2017 (FAOSTAT, 2018). La fruticultura mexicana es una de las actividades agropecuarias más rentable del sector agropecuario, ya que la superficie cosechada con frutales representa 6.4 % de la superficie nacional y el valor de su producción equivale al 20.7 % del total de la producción mexicana, lo cual significó que cada hectárea cultivada con frutales fuese tres veces más rentable que el promedio del resto de los cultivos (Schwentesiús y Sangerman, 2014).

Zacatecas, México, se caracteriza por aportar al consumo de otras entidades más de 772 mil t de productos agrícolas diversos, entre los que destacan el frijol, chile seco, hortalizas diversas, guayaba, tuna, vid y durazno (Sánchez-Toledano y Rumayor, 2010). La producción de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) en Zacatecas es de 11,676.42 t, con un rendimiento de 2.21 t ha⁻¹ bajo condiciones de temporal y con un valor de la producción de \$146,064.5 (SIAP, 2018). El duraznero que se cultiva en el estado es de tipo amarillo criollo de hueso pegado y se propaga sexualmente (Zegbe y Esparsa, 2007). Si bien, se trata de un estado con una fuerte vocación agrícola, lo cierto es que la apertura de mercados ha tenido su impacto en la producción y consumo de frutas y hortalizas. Así, el consumo de durazno se ha visto alterado como resultado de una mayor oferta de frutas. Al mismo tiempo, se advierte que las temporadas de producción coinciden con las de importación de otras frutas, situación que tiene un impacto preferencial por parte de los consumidores, quienes tienen acceso a diversidad de productos durante casi todo el año.

La producción de durazno en Zacatecas se ha constituido como una actividad estratégica en términos socioeconómicos y de competitividad (Sánchez-Toledano *et al.*, 2013), siendo una fuente importante de ingreso para la población de escasos recursos, así como un incentivo para el crecimiento del comercio regional. Los sistemas de producción de durazno en la entidad se caracterizan por poseer bajo volumen de producción y mano de obra familiar (Araque *et al.*, 2010). Además, en la mayoría de los casos, el comercio se realiza directamente entre el productor y un intermediario-transportista, existiendo pocos casos donde el productor venda sus productos directamente a los consumidores o los transporten a los centros de consumo (Sánchez-Toledano *et al.*, 2019). En los sistemas de producción familiar, Espinoza *et al.* (2005) advierte una deficiente organización, pues los agricultores dejan de percibir parte del ingreso de la venta al no encargarse de su comercia-

lización. De ahí que, se generen precios bajos a nivel de productor y precios altos al consumidor (Viteri y Zambrano, 2016). Es por ello, que el desarrollo viable de este sistema de producción requiere de canales de comercialización adecuados y precios competitivos, tanto para los fruticultores como para los consumidores. Una estrategia correcta y gestión de los canales de comercialización pueden significar el éxito de una empresa, cualquiera que sea el mercado en el que se desarrolle. No obstante, en la entidad existe escaso conocimiento de los sistemas de comercialización de durazno, lo que causa incertidumbre con respecto a la rentabilidad que genera esta actividad a cada uno de los agentes que participan en el proceso de comercialización. Por lo tanto, esta investigación planteó como objetivo determinar los márgenes de comercialización y la participación directa del productor de durazno criollo amarillo hueso pegado cultivado en Zacatecas, México, bajo la hipótesis de que los mayores márgenes de comercialización son obtenidos por los intermediarios de las grandes ciudades.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó entre julio y septiembre de 2015 utilizando la técnica de la encuesta directa a los agentes participantes en la comercialización de durazno (productor, mayorista y medio mayorista) con estructuración de tipo cuanti-cualitativo y una dimensión temporal de tipo transversal, es decir los datos se tomaron en un corte de tiempo (Torres *et al.*, 2014).

Para determinar el tamaño de la muestra de los agricultores se utilizó la fórmula de poblaciones finitas con un nivel de significación (α)

al 5 % ($Z=1.96$) y 6.87 % como nivel máximo de error permisible (Sánchez-Toledano *et al.*, 2013). El total de la muestra fue de 204 agricultores de durazno del padrón actual de agricultores registrados en el sistema-producto durazno del estado de Zacatecas. El estudio se realizó en las zonas potenciales de producción de durazno del estado. Las localidades fueron (número de agricultores): Calera (40), Chalchihuites (5), Enrique Estrada (22), Sombrerete (29), Valparaíso (5), Florencia (12), Fresnillo (42), Jerez (41), Miguel Auza (4), Morelos (1), Villa García (2) y Villanueva (1). La intención de las encuestas a productores consistió en recabar información referente al proceso de producción, agentes participantes, costos de producción, volúmenes y precios corrientes, para posteriormente determinar los márgenes de comercialización y la caracterización de la producción.

Para identificar los canales de comercialización se siguió el método directo. Éste consistió en el monitoreo del canal de comercialización de durazno, desde la salida del producto fresco de la finca, hasta el consumidor final. Esta actividad facilitó la determinación del número de agentes participantes, precios y costos a cada nivel de comercialización; lo cual dio certeza y veracidad en relación con la información recabada (González *et al.*, 2014). La población referida a los intermediarios estuvo representada por 371 intermediarios. Los intermediarios provenían de diferentes centrales de abasto del país: Ecatepec, Zacatecas, Guadalajara, Irapuato, Iztapalapa, León, Monterrey, Morelia, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí. El cuestionario validado contenía las siguientes preguntas: número de productores a quien les compra el durazno, frecuencias de visitas al productor, volumen de durazno adquirido, gastos ocasionados, distribución del producto, medios de conservación y otros servicios prestados a los productores. Los datos fueron procesados y analizados utilizando estadísticas descriptivas, mediante el paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS 11.0).

De acuerdo con Caldentey y De Haro (2004) por margen de comercialización se entiende de forma genérica el aumento de precio que experimenta un producto en el proceso de comercialización o en una parte del mismo. Tomek y Kenneth (2014) definieron el margen absoluto de comercialización como la diferencia entre el precio pagado por el consumidor y el obtenido por el productor, o entre niveles intermedios, y el precio de un conjunto de servicios de mercadeo, el cual es el resultado de la interacción de la oferta y la demanda de

tales servicios. Para calcular los márgenes de comercialización absolutos (a) y relativos (r), se utilizaron los precios promedios de compra y de venta y la metodología expuesta por Mendoza (1991), quien señala, que cuando hay varios participantes en el mercadeo, el cálculo se hace por diferencia de precios entre los distintos niveles del mercado, relacionándose en todos los casos con el precio final pagado por el consumidor, que es la base o denominador común. En efecto, los márgenes de comercialización y la participación directa del productor fueron estimados a través de la expresión:

$$MBC(a)=PC-PP \text{ y } MBC(r)=(MBC(a)/PC)\times 100$$

donde MBC es margen bruto de comercialización, PC es precio pagado por el consumidor y PP es el precio al productor. De aquí se derivó

$$PDP(a)=PC-MBC \text{ y } PDP(r)=(PDP(a)/PC)\times 100$$

donde PDP es la participación directa del productor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Costos de producción y oferta estatal de durazno criollo

Los costos de producción, la ganancia del productor y sobre todo la rentabilidad de la inversión se encuentran determinados por los precios de los insumos, tasas de interés, salarios, precios del producto, calidad del producto y productividad, entre otros aspectos. Ashby *et al.* (2009) subrayaron que la reducción de costos y el mejoramiento de la producción y comercialización, entre otros factores, son vitales para mantener la rentabilidad de las unidades de producción. Para cuantificar el costo de producción, se contabilizaron todos los gastos realizados desde la plantación hasta el primer año de cosecha. Los costos se dividieron en dos tipos: a) Costos explícitos, los cuales concentran: mano de obra, siembra, insumos, labores culturales y cosecha; b) Costos implícitos, es decir, renta de la tierra, interés, mano de obra del productor, entre otros. El costo explícito promedio registrado fue de \$42,236.9 ha^{-1} , mientras que los costos implícitos fueron de \$32,331.2 ha^{-1} , dando por tanto un costo total de \$74,568.1 ha^{-1} . El componente más importante de los costos explícitos lo constituye el costo de mano de obra, seguido por la fertilización y el control de plagas y enfermedades.

Por tanto, para que este cultivo mantenga una oferta comercial rentable, sostenible y que establezca el mer-

cado nacional, 5 t ha⁻¹ son requeridas como mínimo a un precio rural de venta no menor a los \$ 7.7 kg de fruta fresca. Sin embargo, el 69 % de los productores de durazno en la entidad vendieron por debajo de ese precio. Lo anterior, coincide con la situación de otras frutas en el mercado, como es el aguacate de Michoacán, donde su permanencia está garantizada sólo a mediano plazo debido a que recibe un precio de venta inferior al precio de equilibrio económico (Sánchez *et al.*, 2018). En consecuencia, es indispensable la implementación de estrategias para disminuir costos de producción y mejorar la productividad.

Agentes y canales de comercialización

El durazno del estado de Zacatecas es caracterizado por poseer pulpa amarilla, firme, hueso pegado, aromático y con alta concentración de azúcares. Estas propiedades organolépticas le otorgan un prestigio privilegiado a nivel nacional (Sánchez-Toledano *et al.*, 2012). Sin embargo, debido a la falta de conocimientos sobre los canales de comercialización, falta de capacitación e información sobre su producto, el productor ha optado por entregar su mercancía al mejor oferente; en este caso la competencia aumenta y los precios se estabilizan, en un acuerdo entre los grandes compradores (Sánchez *et al.*, 2017).

Los intermediarios tienen la responsabilidad de transportar, almacenar, procesar y vender productos (Ellis, 1996). Estos intermediarios brindan importantes servicios de mercadotecnia,

especialmente a los pequeños fruticultores de los países en desarrollo que incurrirían en altos costos de transacción si tuvieran que transportar pequeñas cantidades de sus productos para venderlos en los centros comerciales (Bingen *et al.*, 2003). Principalmente en el caso de productos altamente perecederos, como verduras y frutas, existe un alto riesgo de que estos productos se deterioren mientras se transportan y almacenan en diferentes centros de mercado. De este modo, los intermediarios protegen a los pequeños productores contra posibles pérdidas y los ayudan a obtener un margen mayor de ganancia (Gandhi *et al.*, 2001).

Los principales agentes participantes en el proceso de comercialización del durazno criollo zacatecano se indican en la Figura 1. Los productores venden la mayor proporción de durazno a los mayoristas (60 %) y sólo un pequeño porcentaje del durazno vende directamente a los consumidores (25 %).

Así, el durazno zacatecano abastece las regiones de noreste, centro occidente, norte centro y golfo en el periodo de junio a octubre (Figura 2).

Precio de venta del durazno

Con el fin de entender el proceso de comercialización del durazno se

analizó la heterogeneidad de los intermediarios. Los resultados indican que se han presentado cambios significativos en el precio de durazno, motivados en buena medida por el aumento en la demanda del producto. La central de abasto de Nuevo León registró precios claramente superiores al resto de las centrales de abasto de México (Figura 3). Sin embargo, los precios al productor fluctúan en función a los cambios en la oferta y la demanda.

En relación con los precios del durazno al intermediario mayorista y al consumidor, se advierte que en el caso de los primeros hay un repunte en los meses de octubre a diciembre, los cuales corresponden a los periodos de menor oferta, mientras que para los segundos se mantienen altos, excepto en los meses de mayor oferta de la fruta (julio-septiembre 2018) (Figura 4). No obstante, es importante destacar que el incremento de precios al mayorista registrado entre noviembre y diciembre se debió a las importaciones de esta fruta, generalmente durazno prisco de hueso suelto procedente de Chile. Es en este periodo, que, para satisfacer el desabasto en esta época, el precio llega a alcanzar hasta \$37.00 por kg cuando en otros periodos se encuentra alrededor de \$22.00 por kg, es decir experimenta un aumento de 68.2 % durante el periodo de

nula oferta. En contraste, los precios al consumidor se incrementan durante noviembre alcanzando \$55.00 por kg. Esto último coincide con la escasez de la fruta de procedencia nacional y el aumento de las importaciones. Esta última tendencia

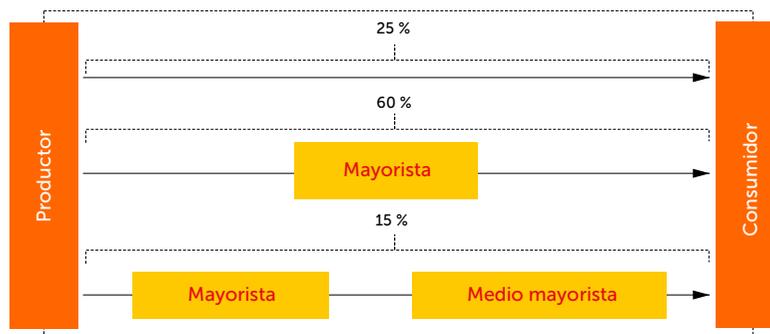


Figura 1. Canales de comercialización del durazno criollo amarillo de hueso pegado de Zacatecas

se mantiene hasta el mes de julio, cuando la oferta nacional se incrementa y los precios al consumidor se reducen hasta 58.2 %, aproximadamente (Figura 4).

En México, el intermedialismo, afecta ciertamente los precios de compra (productor–consumidor) de manera grave. Estos diferenciales en precio, se atribuyen al valor agregado que los intermediarios le proporcionan al consumidor; es decir, el precio se eleva en esa medida por poner la fruta fresca en los anaqueles del supermercado, por empaquetar, plastificar, marcar y distribuir los alimentos en las grandes urbes.

El precio aumenta gradualmente después de la temporada pico de cosecha. Sin embargo, la mayoría de los

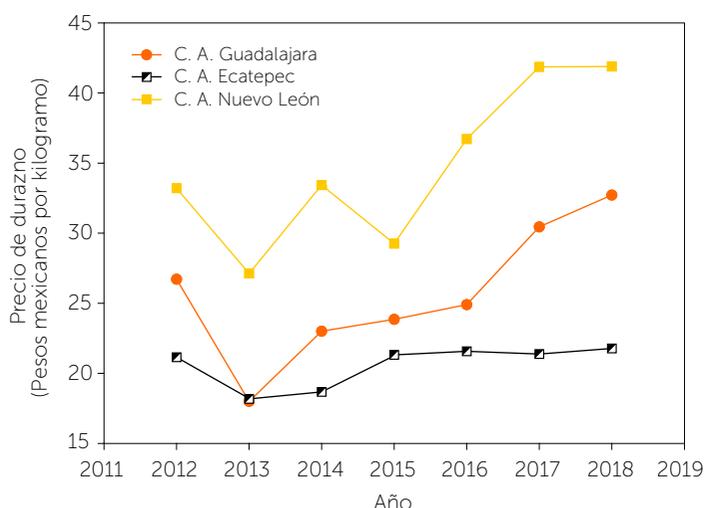


Figura 3. Cambios en el precio por kilogramo de durazno en diferentes centrales de abasto en México

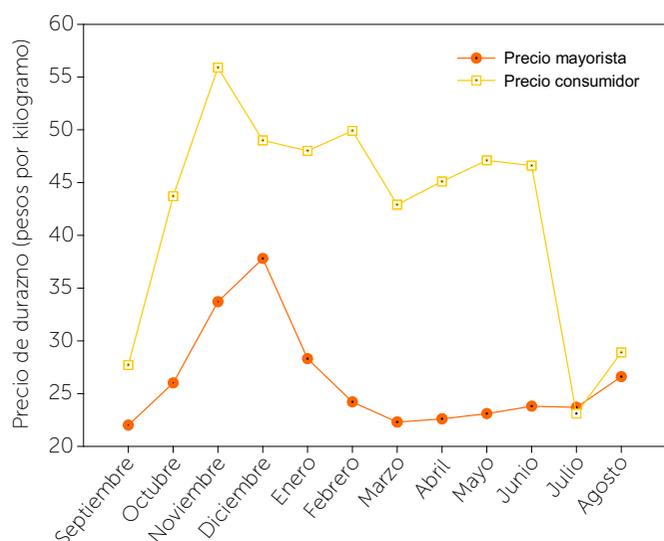


Figura 4. Comportamiento del precio del durazno al mayorista y al consumidor



Figura 2. Flujos de comercialización del durazno zacatecano en México.

productores no pueden aprovechar este precio, ya que no cuentan con infraestructura para almacenar la fruta a bajas temperaturas, y en parte también, debido a la falta de conocimiento en el uso de dichas instalaciones. Al ser conscientes del bajo precio durante la temporada alta, los productores dejan que la fruta permanezca en los árboles el mayor tiempo posible. Los mayoristas tampoco mantienen el durazno en los almacenes frigoríficos, ya que, según los propietarios de las tiendas, las frutas son vulnerables a la descomposición debido al daño físico que se les inflige durante la recolección, empaque y transporte (Pradhan, 1998).

Margen bruto de comercialización

El margen bruto de comercialización se ubicó en 85.7 %, lo que indica que, por cada peso pagado por los consumidores de durazno, 85 centavos correspondieron al proceso de intermediación, y 15 centavos fueron para el productor; es decir que el proceso de intermediación obtiene 85 % del precio final del producto pagado por el consumidor, lo que equivale a \$ 36.3 por kg (Cuadro 1). Este valor es bastante alto con relación al precio pagado al productor, quien asume el mayor riesgo y todos los costos de producción. No obstante, Pandit (2003) menciona que los intermediarios también soportan grades gastos como los salarios de los trabajadores que cargan, descargan y seleccionan la fruta, aunado al alquiler de vehículos para el transporte de la fruta a la capital y/o ciudades regionales.

La participación directa del productor de durazno fue de 14.3 % del precio que paga el consumidor (\$ 42.3 por kg) equivalente a \$6.05 por kg, esto indica que el productor participa con 14.29 % del precio final y la intermediación con el 85.70 % restante. La participación del agricultor de durazno en Zacatecas es menor comparada con la parti-

cipación de fruticultores a nivel nacional (25.5 %) (INEGI, 2017).

Por otra parte, Chauvet (1990) señala que cuando la comercialización es realizada por los propios productores, el precio aumenta, pero el productor tendría que correr con los riesgos de transporte y almacenamiento en el proceso de mercadeo de sus productos. Según Sánchez-Toledano *et al.* (2019) en Zacatecas sólo el 31 % de los agricultores que cultivan durazno en Zacatecas lo hacen de manera empresarial; esto explica la baja competitividad del cultivo ante otros sistemas producto y la poca presencia en la cadena de la comercialización.

Los resultados encontrados en el presente estudio son similares a los reportados en otros estudios desarrollados en México por Maza & Vildoza (2004), Troncoso & Lobos (2004), Orona *et al.* (2017), González *et al.* (2016) y Martínez *et al.* (2015), donde se advierte que la comercialización favorece significativamente a los intermediarios que a los productores.

CONCLUSIONES

El precio de oferta de durazno fresco debe ser de \$ 7.7 por kg y el óptimo económico se alcanza con un rendimiento de 5 t ha⁻¹. Dicha cantidad, permitiría recuperar los costos totales y obtener la máxima ganancia, pero la mayoría de los productores (69 %), no alcanza ese nivel de producción; debido a que el durazno se produce mayormente en condiciones de temporal, poca o nula tecnificación de huertas y al costo de los insumos.

El canal de comercialización empleado para llevar el producto desde la unidad de producción es: productor, mayorista y consumidor final. En relación con los precios, los más altos se registraron en octubre, noviembre y diciembre. Los productores obtuvieron el 14.3 % del precio total pagado por el consumidor.

Los márgenes aquí encontrados evidencian la bondad de esta actividad, pero también la organización de los productores de durazno es crucial para incrementar la calidad del producto y tener mayor presencia en la cadena de la comercialización. Al organizarse en asociaciones, particularmente los pequeños productores, podrían mejorar el poder de negociación estableciendo un sistema de información de mercado en tiempo real, minimizando la manipulación de los precios, por los intermediarios, en los destinos mercados nacionales. Una

Cuadro 1. Márgenes de comercialización (absoluto y relativo) y participación del productor en el precio final del durazno criollo zacatecano.

Concepto	Valor (\$/kg)	
	Absoluto (\$/kg)	Relativo (%)
Precio al productor	6.0	
Precio al mayorista	26.2	
Precio al consumidor	42.3	
Margen bruto de comercialización	36.3	85.7
Participación directa del productor	6.0	14.3

cadena de comercialización balanceada está definida cuando todos los márgenes de rentabilidad son consistentemente positivos en el largo plazo.

LITERATURA CITADA

Araque, C., Delgado, A., Armas, W., Albornoz, A., Espinosa, V., & Quijada, T. (2010). Márgenes de comercialización del queso artesanal de vaca en unidades de producción familiar en Totoremo, Venezuela. *Zootecnia Trop*, 28, 413–420.

Ashby, J., Heinrich, G., Burpee, G., Remington, T., Wilson, K., Quiros, C., & Ferris, S. (2009). What farmers want: collective capacity for sustainable entrepreneurship. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(1): 130–146.

Bingen, J., Serrano, A., & Howard, J. (2003). Linking farmers to markets: different approaches to human capital development. *Food Policy*, 28(4): 405–419.

Caldentey, P., & De Haro, T. (2004). Comercialización de productos agrarios. (E. A. Española, Ed.) (1ra. edici.). España.

Chauvet, S. (1990). ¿La Ganadería Nacional en vías de Extensión? *Comercio Exterior México*, 4(9): 868-875.

Ellis, F. (1996). *Agricultural policies in developing countries*. Cambridge University Press.

Espinoza, A., Álvarez, A., De Valle, M., & Chauvete, M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el estado de México. *Revista Técnica Pecuaria*, 43(1): 39–56.

FAOSTAT. (2018). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). Acceso julio 2018, available at <http://faostat.fao.org>.

Gandhi, V., Kumar, G., & Marsh, R. (2001). Agroindustry for rural and small farmer development: issues and lessons from India. *The International Food and Agribusiness Management Review*, 2(3-4): 331–344.

González, F., Rebollar, S., Hernández, J., & Guzmán, E. (2014). La Comercialización de la miel en el Sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 18(34): 806–815.

González, F., Sangerman, D., Omaña, M., Rebollar, S., Hernández, J., & Ayllón, J. (2016). La comercialización de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el sur del Estado de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(8): 1985–1996.

INEGI. (2017). Encuesta Nacional Agropecuaria: Resultados generales. Acceso enero 2019, available at <http://inegi.org.mx>

Martínez, J., Cotera, J., Merales, A., Lizzeth, O., Forsythe, D., & Kido, M. (2015). Agentes y márgenes de comercialización del ganabo

- bovino para abasto en Loma Bonita, Oaxaca. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 36:1188–1198.
- Maza, M., & Vildoza, D. (2004). La comercialización de la producción lechera en el Valle Alto de Cochabamba (Bolivia). *Revista de Desarrollo Rural Y Cooperativismo Agrario*. 8: 165–180.
- Mendoza, G. (1991). Compendio de mercadeo de productos agropecuarios. (I. I. de C. para la A. (IICA), Ed.) (2da. edici.). San José. Costa Rica.
- Orona, I., Salvador, A., Espinoza, J., & Vázquez, C. (2017). Recolección y comercialización del oregano (*Lippia* spp) en el semi-desierto mexicano, un caso de estudio: reserva ecológica municipal sierra y cañón de Jimulco, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 41: 684–695.
- Pandit, B. H. (2003). Prospects of promoting non-timber forest products in the mountains of Nepal. AIT-PHD Thesis-Asian Institute of Technology, Thailand.
- Pradhan, T. (1998). Nepal agriculture perspective plan implementation status and future action, citrus fruits-production and marketing. IAU/APP-TA, NPC, Kathmandu.
- Sánchez, F., Leos, J., Salas, J., Acosta, M., & García, A. (2018). Análisis de costos y competitividad en la producción de aguacate en Michoacán, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 9(2): 391–403.
- Sánchez, M., Sánchez, I., Chávez, M., González, A., & Vázquez, E. (2017). Identificación del sistema local de comercialización del mango ataulfo en el municipio de Huehutan, Chiapas. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 40: 571–582.
- Sánchez-Toledano, B., & Rumayor, A. (2010). Evaluación del entorno para la innovación tecnológica en Zacatecas: identificación de las cadenas productivas relevantes. *Publicación Especial No. 18. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP*. 20 p.
- Sánchez-Toledano, B., Zegbe, J., Espinoza, J., & Rumayor, A. (2012). Producción y comercialización del durazno criollo de Zacatecas. *Folleto Técnico no. 43. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP*, 43 p.
- Sánchez-Toledano, B., Zegbe, J., & Kallas, Z. (2019). Tipología de productores de durazno en Zacatecas, México por atributos de calidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(3): 745–751.
- Sánchez-Toledano, B., Zegbe, J., & Rumayor, A. (2013). Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(6): 855–868.
- Sánchez-Toledano, B., Zegbe, J., Rumayor, A., & Moctezuma, G. (2013). Estructura económica competitiva del sector agropecuario de Zacatecas: Un análisis por agrocadenas. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 33(2), 552–563.
- Schwentesius, R., & Sangerman, D. M. (2014). Desempeño competitivo de la fruticultura mexicana, 1980-2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(7): 1287–1300.
- SIAP. (2018). Anuario estadístico de la producción agrícola: Zacatecas Anuario estadístico de la producción agrícola. Acceso enero 2019, available at [http:// https://www.gob.mx/siap](http://https://www.gob.mx/siap).
- Tomek, W., & Kenneth, R. (2014). *Agricultural Product Prices*. Cornell University Press.
- Torres, E., Ludeña, M., Villagómez, F., Murillo, G., A., S., & Torres, Y. (2014). Canales y márgenes de comercialización de leche bovina en la parroquia Guasaganda, cantón la Maná, Cotopaxi-Ecuador. *Revista Ciencia Y Tecnología*. 7(2): 1–8.
- Troncoso, C., & Lobos, G. (2004). Márgenes de comercialización y concentración industrial en el mercado de las frutas y hortalizas en Chile. *Agroalimentaria*. 9(8): 75–86.
- Viteri, G. I. V., & Zambrano, C. E. (2016). Comercialización de arroz en Ecuador: Análisis de la evolución de precios en el eslabón productor-consumidor. *Revista Ciencia Y Tecnología*. 9(2): 11–17.
- Zegbe, J., & Esparsa, G. (2007). Poda de ramas mixtas y raleo de frutos: prácticas culturales independientes en durazno "Victoria." *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 13(2): 121–126.



Asexual propagation of *Bursera glabrifolia*, *Bursera copallifera*, and *Bursera bipinnata* under rooting treatments in plant nursery conditions

Propagación asexual de *Bursera glabrifolia*, *Bursera copallifera*, y *Bursera bipinnata* bajo tratamientos de enraizadores en condiciones de vivero

Vásquez-García, Irma^{1*}; Cetina-Alcalá, Víctor M.²; Mohedano-Caballero, Leopoldo³

¹Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande. San Miguel el Grande, Tlaxiaco, Oaxaca, México. C. P. 71140. ²Colegio de Postgraduado Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ³Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: vg.irma@gmail.com

ABSTRACT

Objective: To assess the propagation of cuttings of *Bursera glabrifolia*, *Bursera bipinnata* and *Bursera copallifera* under three rooting treatments, with four replications and eight plants per treatment.

Design/methodology/approach: Treatments consisted of soaking the base of the cuttings in 1.0% and 0.3% indole-3-butyric acid, and 0.12% alpha-naphthyl acetamide with 0.06% indole-3-butyric acid. Control cuttings were not subjected to any treatment.

Results: The species with greater rooting capacity was *Bursera bipinnata* (20%), followed by *Bursera glabrifolia* (6.25%); *Bursera copallifera* (2.34%) exhibited low rooting rates, though with good formation of calluses (17.1%) and aerial shoots. Products that helped rooting were indole-3-butyric acid at 1.0% with 13.6% and indole-3-butyric acid at 0.3% with 14.47%.

Limitations on study/implications: The solution 12% alpha-naphthyl acetamide with 0.06% indole-3-butyric acid promoted low root induction similar to that of the control cuttings that presented 7.5 and 2.5% of roots respectively.

Findings/conclusions: 3% indole-3-butyric acid stimulates the formation of roots and aerial shoots in *Bursera bipinnata*, *Bursera glabrifolia* and *Bursera copallifera*.

Keywords: *Bursera*, asexual propagation, indole butyric acid.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la propagación por estacas de estas tres especies, bajo tres tratamientos de enraizadores con cuatro repeticiones y ocho plantas por tratamiento.

Diseño/metodología/aproximación: Los tratamientos consistieron en aplicar ácido indol-3-butírico al 1.0% y 0.3%, en una solución de alfa-naftilacetamida al 0.12% más ácido indol-3-butírico al 0.06 %, y un testigo (estacas sin ningún tratamiento).

Resultados: La especie con mayor capacidad de enraizamiento fue *Bursera bipinnata* con 20%, seguida por *Bursera glabrifolia* con 6.25% y con bajo enraizamiento *Bursera copallifera* con 2.34%, pero con mejor formación de callos (17.1%) que *Bursera glabrifolia* (16.7%). Los productos que ayudaron al enraizamiento fueron ácido indol-3-butírico al 0.3% con 14.47% de raíces y ácido indol-3-butírico al 1% con 13.6% de raíces.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La solución de alfa-naftilacetamida al 0.12% con ácido indol-3-butírico al 0.06 % presentó baja inducción al enraizamiento, estadísticamente similar al testigo, presentando 7.5 y 2.5% de raíces, respectivamente.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 10, octubre. 2019. pp: 17-22.

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



Hallazgos/conclusiones: El ácido indol-3-butírico al 3% estimula la formación de raíces y brotes aéreos en *Bursera bipinnata* y *Bursera glabrifolia* y *Bursera copallifera*.

Palabras clave: *Bursera*, propagación asexual, ácido indolbutírico.

INTRODUCCION

Bursera es un género que comprende varias especies de árboles leñosos que se encuentran distribuidos desde el sur de Estados Unidos, todo México, y hasta el sur de Brasil. En México se distribuye prácticamente por toda la vertiente del Océano Pacífico y existen más de 80 especies (Rzedowski et al., 2005).

Los árboles de *Bursera* son de tamaño bajo o medio (5 a 15 m), su corteza es gris, amarilla o roja, delgada y frecuentemente exfoliante. La mayoría de las especies son caducifolias en la temporada seca y florecen al final de la misma. Estas especies se encuentran en las selvas bajas caducifolias, y se consideran características de comunidades maduras o sucesionalmente tardías (Rzedowski et al., 2004).

Especies como *Bursera glabrifolia*, *Bursera copallifera* y *Bursera bipinnata* tienen un uso intensivo para la fabricación de artesanías de madera (alebrijes) y producción de incienso para fines ceremoniales en los estados de Oaxaca y Guerrero, por lo que han disminuido considerablemente sus poblaciones (Hernández-Apolinar et al., 2006), por ello su propagación es necesaria para restablecer la composición y estructura de sus comunidades naturales (Bonfil et al., 2007).

A pesar de los esfuerzos, el avance en el conocimiento de los componentes de la ecología de las especies del género *Bursera* ha sido lento y poco satisfactorio (Rzedowski et al., 2004).

Es importante encontrar el método más efectivo para poder propagar estas especies ya sea de manera asexual o sexual. La producción planta en vivero es una forma idónea para producir planta de calidad, la cual puede usarse para diferentes usos (plantaciones ambientales, rehabilitación de suelos y ecosistemas, plantaciones con fines escénicos o recreativos y plantaciones comerciales).

Existe poca información sobre los métodos de producción y propagación del género *Bursera*, tanto a nivel nacional como internacional. Los ensayos previos en campo se han centrado en *B. simaruba*, que ha mostrado valores bajos de supervivencia en plantas originadas de estacas chicas y valores mayores en las provenientes de semilla (Zahawi, 2005).

A causa del poco conocimiento documentado para la producción, propagación de las especies con fines de plantación y restauración ecológica, el presente estudio tuvo como objetivo el evaluar la propagación de estacas de *B. glabrifolia*, *B. copallifera* y *B. bipinnata* en vivero con el uso de enraizadores comerciales y así encontrar una estrategia para propagarla en reforesta-

ciones y plantaciones para que deje de ser considerada como especie amenazada en la norma 059 de la SEMARNAT.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el vivero del Postgrado en Ciencias Forestales del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México, localizado a 19° 17' latitud norte y 98° 54' longitud oeste, a una altitud de 2,240 m.

Para realizar el experimento, se recolectaron estacas de *Bursera copallifera* y *Bursera bipinnata* de 22-25 cm de longitud de diámetros sin hojas en 26 de febrero del 2017 a finales de la época de reposo antes de iniciar la época de crecimiento. Estas estacas tuvieron diámetros de 2 a 4 cm, obtenidas directamente de las ramas terminales de diez árboles adultos de cada especie. Los árboles donantes se seleccionaron de los mejores individuos en sus características fenotípicas además de sanos (libres de ataque de plagas y/o enfermedades), procurando que estuvieran a una distancia mínima de 20 m entre cada árbol seleccionado. Se localizaron ramas considerando los cuatro puntos cardinales en los árboles y de ahí se obtuvieron las estacas. La recolecta se llevó a cabo en San José de Gracia ubicado en la Región de los Valles Centrales, a 89 km al sureste de la ciudad de Oaxaca. La localidad pertenece al Distrito de Tlacolula y se ubica en las coordenadas 16° 40' de latitud norte y 96° 18' de longitud oeste, a una altitud de 940 m. Colinda al norte con los municipios de San Dionisio Ocotepec y San Pedro Quiatoni, Distrito de Tlacolula; al sur con San Carlos Yautepec, Distrito de Yautepec y Santa María Zoquiltán, Tlacolula; al oeste con Yaxe, Distrito

de Ocotlán; al este con Nejapa de Madero, Yautepec. Tiene una extensión aproximada de 418.61 km², lo que representa el 0.43% del total del territorio estatal (INEGI, 2016).

Las estacas de *Bursera glabrifolia* se recolectaron con las mismas características de las estacas de *Bursera copallifera* y *Bursera bipinnata* en febrero de 2017 en una plantación establecida en el vivero forestal del Instituto Tecnológico Agropecuario del Valle de Oaxaca (ITVO), el cual se ubica en la Ex-Hacienda de Nazareno en Santa Cruz Xoxocotlán localizada, en la región de los Valles Centrales, pertenece al Distrito del Centro. Se ubica en las coordenadas 96° 44' longitud oeste, 17° 02' latitud norte y a una altura de 1,530 m (Ruiz et al., 2008).

Las estacas recolectadas de las tres especies fueron envueltas en papel periódico húmedo y guardadas en bolsas de plástico para trasladarlas al vivero del Postgrado en Ciencias Forestales del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México.

El diseño experimental que se utilizó corresponde al modelo en bloques completamente al azar. El experimento se estableció plantando las estacas de *Bursera copallifera*, *Bursera glabrifolia* y *Bursera bipinnata*. El sustrato utilizado como medio de enraizamiento fue una mezcla de 50% de turba, 25% de agrolita y 25% de vermiculita, mezcla con la que se llenaron bolsas de polietileno negro con capacidad de 1 L y se plantaron 6 estacas por bolsa (como unidad experimental), utilizando cuatro tratamientos de remojo en una solución de ácido indol-3-butírico al 1.0% y 0.3%, en una solución de alfa-naftilacetamida al 0.12%, más ácido indol-3-butírico al 0.06 % y un testigo (estacas sin ningún tratamiento) con 4 repeticiones por cada tratamiento. En total fueron 384 estacas, 96 estacas por cada especie.

Las estacas plantadas se regaron manualmente todos los días hasta que el sustrato estuviera a capacidad de campo. Un mes después de establecido el experimento se realizó una primera evaluación de las tres especies bajo estudio, algunas de las

cuales ya habían emitido brotes aéreos. Al 20 % las estacas que tenían brotes aéreos en cada especie bajo estudio sin raíz se les eliminaron esos brotes con la finalidad de fomentar la formación de raíces. Al segundo mes de establecido el experimento se repitió la eliminación de brotes aéreos a otro 20% de estacas diferentes a las del primer muestreo.

Seis meses después de establecido el experimento se realizó la evaluación final y se contabilizó el número de estacas que presentaban raíces, las que solo formaron callo en la base y las que emitieron brotes aéreos.

El análisis estadístico de la información se realizó mediante el paquete estadístico SAS[®] con el procedimiento de modelos lineales generales (PROG GLM) (SAS, 2002). Se realizó también una prueba de comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS

En el análisis de varianza realizado con una confiabilidad del 95 % indica que hay efecto significativo entre las tres especies de *Burseras* con respecto a la emergencia de raíz, formación de callo y brote aéreo. Por otro lado, el análisis indica que los productos (ácido indol-3-butírico al 1.0% y al 0.3%) tuvieron efecto significativo solamente con respecto a la formación de callo. El producto con alfa-naftilacetamida al 0.12% y ácido indol-3-butírico al 0.06 % no presentaron efectos significativos en ninguna de las variables evaluadas. Finalmente, el testigo tampoco afectó significativamente las variables medidas (Cuadro 1).

La prueba de comparación de medias de Tukey muestra que no hubo diferencias significativas entre tratamientos de los tres productos enraizadores. Sin embargo; existen diferencias significativas entre las especies, al comparar el control y los tratamientos para los tres parámetros evaluados (Figura 1).

Al evaluar el efecto del enraizador por cada especie del estudio (Figura 2) se puede observar que entre especies, hubo diferencias estadísticamente significativas, donde la especie *Bursera bipinnata*

Cuadro 1. Resultados del análisis de varianza para analizar el efecto de la especie y el enraizador en la producción de raíces, callos y brotes en estacas de *Bursera glabrifolia*, *B. copallifera* y *B. bipinnata*.

Variables	Fuente de variación	Grados de libertad	Nivel de significancia
Raíz	Producto	3	0.0758
	Especie	2	0.0006
Callo	Producto	3	0.0015
	Especie	2	0.0114
Brote	Producto	3	0.871
	Especie	2	0.0001

tuvo mayor emergencia de raíz (20%), formación de callo (24.37%) y brote aéreo (30%), la segunda especie fue *Bursera glabrifolia* la cual presentó un menor porcentaje de emergencia de raíz (6.25%), formación de callo (16.79%) y brote aéreo (13.67%). En cuanto a *Bursera copallifera* fue la que menos respuesta presentó, con emergencia de raíz (2.34%) y brotes aéreos (12%) (Figura 2).

En general las tres especies presentaron buena formación de callo (Figura 1 y 2) en la base de la estaca y brote aéreo de follaje, lo que indica que las estacas presentaron actividad fisiológica pero no lograron emitir raíces.

Por otra parte, la emergencia de raíces que presentaron las tres especies tuvieron diferencia significativa siendo *Bursera bipinnata* la de mayores estacas enraizadas, en comparación con *Bursera glabrifolia* y *Bursera copallifera*.

DISCUSIÓN

A pesar de que no hubo diferencias significativas entre los productos (enraizadores), se observa que para estimular la formación de raíces o la formación de callo no se requiere de este tipo de productos que contiene auxinas. Sin embargo, estos productos aumentan el número de callos y raíces. Como lo reportan Badilla y Murillo (2005) al probar la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) (usando un producto comercial en estacas de nueve especies forestales del trópico en Costa Rica), todas las especies presentaron diferencia significativa con la aplicación en las estacas del AIB. La formación de raíces sin enraizador fue menor a 5% mientras con enraizador fue del 65%.

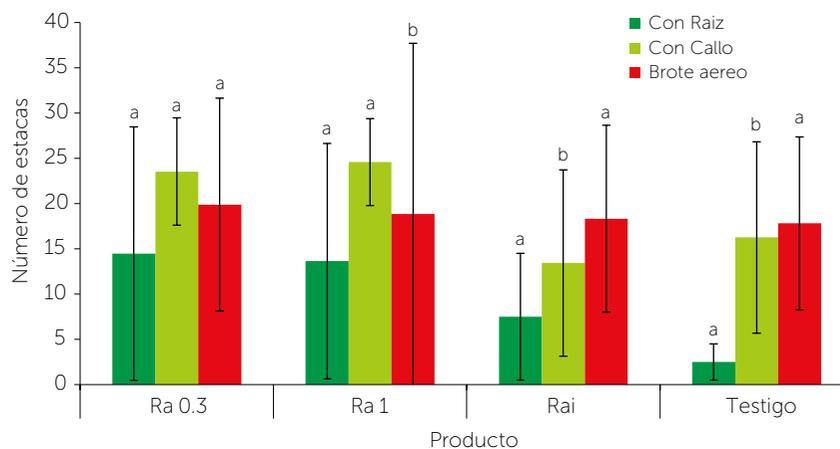


Figura 1. Número estacas que presentaron emergencia de raíces, formación de callo y brote aéreo por tratamiento. Ra 1: ácido indol-3-butírico al 1%; Ra 0.3: ácido indol-3-butírico al 0.3%; Rai: alfa-naftilacetamida al 0.12% con ácido indol-3-butírico al 0.06 %.

En el presente estudio la mejor especie que formó raíz, callo y brote aéreo fue *Bursera bipinnata* seguida por *Bursera glabrifolia* y finalmente la de menor producción fue *Bursera copallifera*, esto fue debido al parecer porque *Bursera bipinnata* tiene mayor capacidad de emitir raíces adventicias de las otras dos especies de *Bursera* estudiadas. Lo anterior se confirma con el estudio realizado por Bonfil *et al.* (2007), quienes reportan que *B. glabrifolia* y *B. bipinnata* tuvieron mejor respuesta en porcentaje de enraizamiento que *Bursera copallifera*, es decir que las especies de *Bursera glabrifolia* y *bipinnata* tienen más facilidad de enraizar con la aplicación de tratamientos para inducir raíces.

Otro estudio de Castellanos y Bonfil (2013), indica que estacas de *Bursera glabrifolia* tienen mejor respuesta de enraizamiento que las especies de *Bursera linaloe* y *B. copallifera*.

Por lo antes mencionado al parecer la respuesta a emitir raíces es diferente entre especies del mismo género independientemente de la concentración de auxinas en los productos empleados.

Finalmente, en este trabajo, *Bursera bipinnata* tuvo mayor brotación de raíz, callo y brote aéreo que *B. glabrifolia* y *B. copallifera*. La especie *Bursera bipinnata* emitió raíz y brote aéreo, al parecer por la emisión de las raíces adventicias que

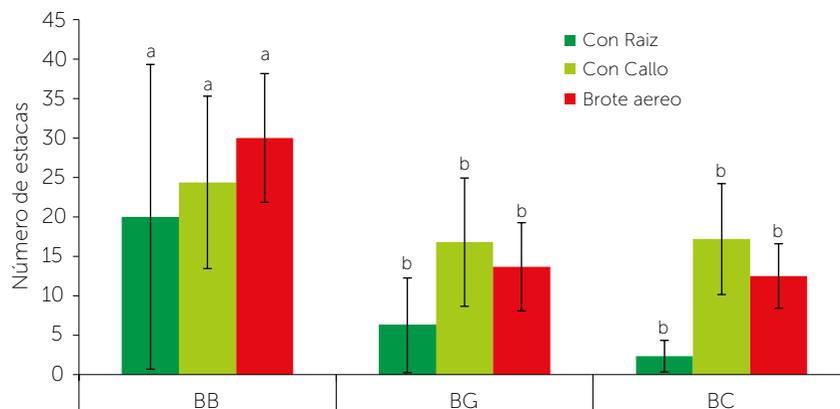


Figura 2. Número de estacas que presentaron emergencia de raíz y emisión de brotes y callo por especie. BB: *Bursera bipinnata*, BG: *Bursera glabrifolia*, BC: *Bursera copallifera*.

emitieron ya que a mayor volumen de raíz se incrementa el número y longitud de brote aéreo según Taiz y Zeiger (2010). Salisbury y Ross (2000) comentan que un mayor volumen radical influye en un mayor crecimiento y desarrollo de la parte aérea de las plantas, ya que el sistema radical es el encargado de asimilar nutrimentos de forma positiva para nutrir la parte vegetal aérea. En la misma especie también lo encontró Loeza-Corte (2013).

El bajo porcentaje de emisión de raíces encontrado en este estudio probablemente se deba a lo reportado por Muñoz (2011), que sugirió que los cambios estacionales modifican las hormonas de las plantas y esto podría ser un factor importante para el enraizamiento de estacas, aunque su estudio fue para *Cotynus coggria* Scop.

En cuanto a la formación de callos todas las especies presentaron callos. Esta respuesta es debida a la multiplicación de las células no diferenciadas, como se observa en la mayoría de las especies que no se reproducen fácilmente en forma asexual (Mateo-Sánchez et al., 1998). Esto también concuerda con Santelices y García (2003), quienes estudiaron la influencia de diferentes concentraciones de ácido indol-3-butírico sobre la capacidad de formación de raíces de *Nothofagus alessandrii*. Latsague et al. (2008) reportan la formación de callo en todos los tratamientos. La formación de callos en la mayoría de las estacas es un indicador de que las condiciones en que estuvieron fueron las adecuadas para el proceso de rizogénesis (Latsague et al., 2008).

Los productos con ácido indol-3-butírico al 1% y al 0.3% tuvieron la mayor emisión de raíz, callo y brote aéreo en las *Burseras* estudiadas. Castellanos y Bonfil (2013), también reportan que a mayor concentración de ácido indol butírico a 9000 ppm aplicado a tres especies de *Burseras* promueve la emergencia de raíz y formación de callo. En otro estudio Soto et al. (2006) encontraron algo similar al presente estudio al probar estos productos en el enraizamiento de *Ficus benjamina* en donde los tratamientos con ácido indol-3-butírico al 1% y al 0.3% tuvieron mejor enraizamiento y brote aéreo con respecto al testigo. Castrillón et al. (2008) también encontraron que con mayor concentración ácido indolbutírico en productos utilizados para enraizamiento se acelera la inducción de raíces ya que en su estudio encontró que aplicando a la base de las estacas 200 mg.L⁻¹ de ácido indol-3-butírico se generó mayor número de raíces que con otros tratamientos con menor concentración de ácido indol-3-butírico.

CONCLUSIONES

En la evaluación de la reproducción asexual de tres especies de *Bursera* se encontró que con la aplicación de enraizador con ácido indol-3-butírico al 3% produjo los mejores resultados para la formación de raíces y brotes aéreos en *Bursera bipinnata*, *Bursera glabrifolia* y *Bursera copallifera* comparado con el de alfa-naftilacetamida al 0.12% con ácido indol-3-butírico al 0.06 % y el testigo. La especie *Bursera bipinnata* es la que presentó mayor porcentaje de enraizamiento con respecto a *Bursera glabrifolia* y *Bursera copallifera*. A pesar de no tener altos porcentajes de enraizamiento en estacas del genero *Burseras* es una buena alternativa para propagar esta especie.

LITERATURA CITADA

- Badilla V.Y. Murillo G. (2005). Enraizamiento de estacas de especies forestales. KURÚ: Revista Forestal, 2(6), 1-6.
- Bonfil-Sanders C., Mendoza-Hernández P., Ulloa-Nieto J. (2007). Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Bursera*. Agrociencia, 41(1), 103-109.
- Castellanos-Castro C., Bonfil C. (2013). Propagation of three *Bursera* species from cuttings. Botanical Sciences, 91 (2), 217-224.
- Castrillón J.C., Carvajal E., Ligarreto G., Magnitskiy S. (2008). El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. Agronomía Colombiana, 26(1), 16-22.
- Hernández-Apolinar M., Valverde T. Purata S. (2006). Demography of *Bursera glabrifolia*, a tropical tree used for folk woodcrafting in southern Mexico: an evaluation of its management plan. Forest Ecology and Management, 223, 139-151.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2016) Localidades Geoestadísticas, Archivos históricos. Consulta. Área geoestadística estatal. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/introduccion.aspx>
- Latsague V.M., Sáez D.P., Hauenstein B.E. (2008). Inducción de enraizamiento en estacas de *Berberidopsis corallina* con ácido indolbutírico. Bosque, 29(3), 227-230.
- Loeza-Corte J.M., Díaz-López E., Campos-Pastelín J.M., Orlando-Guerrero J.I. (2013). Efecto de lignificación de estacas sobre enraizamiento de *Bursera morelensis* Ram. y *Bursera galeottiana* Engl. en la Universidad de la Cañada en Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca, México. Ciencia Ergo Sum, 20(3), 222-226.
- Mateo S.J., Vargas H.J., López P.M., Jasso M.J. (1998). Enraizado de estacas juveniles en cinco especies de coníferas ornamentales: efecto del ácido indolbutírico AIB y de la temperatura. Ciencia Forestal Mexicana, 23, 29-38.
- Muñoz F., Orozco G.H., García M.G., Coria A.J., Salgado G.V., Santiago M.R. (2011). Época de colecta y tratamientos para enraizamiento de estacas de cirimo *Tilia mexicana* Schlecht. (Tilaceae). Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 2(3), 13-24.
- Ruiz L.J., Azcona C.M., Velasco V.V. (2008). Factores de riesgo y niveles de plomo en sangre en estudiantes de licenciatura. Naturaleza y Desarrollo, 6(1), 26-32.

- Rzedowski J., Medina L.R., Calderón R.G. (2005). Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). Acta Botánica Mexicana, 70, 85-111.
- Rzedowski J., Medina L.R., Calderón R.G. (2004) Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la Cuenca superior del Rio Papaloapan, México. Acta Botánica Mexicana, 66, 23-151.
- Salisbury F.C., Ross C.W. (2000). Fisiología vegetal. Grupo editorial Iberoamérica: México, pp.180-204.
- Santelices R., García C. (2003). Efecto del ácido indolbutírico y la ubicación de la estaca en el rebrote de tocón sobre la rizogénesis de *Nothofagus alessandrii* Espinosa. Bosque, 24(2), 53-61.
- Soto L.E., Jasso M.J., Vargas H.J., González R.H., Cetina A.V. (2006). Efecto de diferentes dosis de AIB sobre el enraizamiento de *Ficus benjamina* L. en diferentes épocas del año. Ra Ximhai, 2(3), 795-814.
- Taiz L., Zeiger E. (2010). Mineral Nutrition. In Taiz L, Zeiger E (Eds.) Plant Physiology. Fifth Edition (pp. 74-82). Sinauer: Sunderland, MA, USA.
- Zahawi, R.A. (2005). Establishment and growth of living fence species: An overlooked tool for the restoration of degraded areas in the tropics. Restoration Ecology, 13, 92-102.



Biofactory and temporary immersion bioreactor: *In vitro* propagation of *Anthurium andreaeanum* L., and economic viability

Biofábricas y biorreactores de inmersión temporal: Propagación *in vitro* de *Anthurium andreaeanum* L., y su viabilidad económica

Alamilla-Magaña, Juan C.¹; Caamal-Velázquez, José H.^{1*}; Criollo-Chan, María A.²; Vera-López, Javier E.¹; Reyes-Montero, José A.²

¹Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Carretera Federal Haltúnchen-Edzná km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México. C. P. 24050. ²Investigador Independiente. Calle 20 S/N Frente taller pinkus, Calkini, Campeche. C.P. 24900.

*Autor de correspondencia: hcaamal@colpos.mx.

ABSTRACT

Objective: Evaluate technical and financial feasibility for implementation of a biofactory for *in vitro* propagation of *Anthurium andreaeanum* L.

Design/methodology/approach: The experiment had a completely random distribution. Data were subjected to a one-way analysis of variance (ANOVA), means were compared using Duncan's test ($P \leq 0.05$). In order to calculate the economic viability of the Biofactory, the indicators Equilibrium Point, Benefit/Cost Ratio, Net Present Value (VAV) and Internal Rate of Return (IRR) were determined.

Results: Commercial SIT Automated Temporary Immersion Vessel (RITA[®]) was used in this study. An average multiplication rate of 26.4 shoots per explant was obtained using liquid medium supplemented with 2 mg L⁻¹ of 6-bencylaminopurine. For the establishment of the biofactory 210 RITA[®] were used, with an installed capacity to obtain approximately 400,000 seedlings per year. When performing the financial analysis of this technique, it yielded an Internal Rate of Return of 73.64% and a Cost Benefit Ratio of 1.67 and a Net Present Value of MEX \$2,513,056.14 Mexican pesos (US\$ 131230.08), over a period of 5 years. These results demonstrated the economic and technical feasibility for the implementation of a biofactory producing anthuriums.

Limitations on study/implications: The use of semi-solid culture media in the multiplication stage reduces the production capacity and significantly reduces the profitability of the Biofactory.

Findings/conclusions: The profitability of a biofactory for the production of anthuriums depends on the multiplication rate, achieved in this case through the use of RITA[®], currently has the complete and proven technology to be transferred to any interested entrepreneur.

Keywords: Automated Temporary Immersion Vessel (RITA[®]), Internal Rate of Return (IRR), Net Present Value (NPV).

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la viabilidad técnica y financiera para la implementación de una biofábrica para la propagación *in vitro* de *Anthurium andreaeanum* L.

Diseño/metodología/aproximación: El experimento tuvo una distribución completamente al azar. Los datos se sometieron a un análisis unidireccional de varianza (ANOVA), las medias se compararon mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$). Con el fin de calcular la viabilidad económica de la Biofábrica, se determinaron los indicadores de Punto de Equilibrio, Relación Beneficio/Costo, el Valor Actual Neto (VAV) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Resultados: En este estudio se utilizó el SIT comercial Recipiente de Inmersión Temporal Automatizado (RITA[®]). Se obtuvo una tasa promedio de multiplicación de 26.4 brotes por explante utilizando medio líquido suplementado

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 10, octubre. 2019. pp: 23-29.

Recibido: marzo, 2019. **Aceptado:** septiembre, 2019.



con 2 mg L⁻¹ de 6-bencilaminopurina. Para el establecimiento de la biofábrica se utilizaron 210 RITA[®], con una capacidad instalada para obtener aproximadamente 400,000 plántulas al año. Al realizar el análisis financiero de esta técnica, arrojó una Tasa Interna de Retorno de 73.64% y una Relación Beneficio Costo de 1.67 y un Valor Actual Neto de MEX \$2,513,056.14 pesos mexicanos (US\$ 131230.08), en un periodo de 5 años. Con estos resultados se demostró la viabilidad económica y técnica para la implementación de una biofábrica productora de anturios.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Utilizar medios de cultivo semisólidos en la etapa de multiplicación, disminuye la capacidad de producción y baja de manera significativa la rentabilidad de la Biofábrica.

Hallazgos/conclusiones: La rentabilidad de una biofábrica para la producción de anturios depende de la tasa de multiplicación, alcanzada en este caso a través del uso del RITA[®], actualmente se cuenta con la tecnología completa y comprobada para ser transferida a algún emprendedor interesado.

Palabras claves: Recipiente de Inmersión Temporal Automatizado (RITA[®]), Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN).

Hoy en día la horticultura ambiental ha cobrado un gran interés no solo por la vistosidad y belleza que tiene las plantas ornamentales, sino por la decoración del ambiente (Hernández, 2004). El anturio (*Anthurium andreanum* L.) es de la familia de las Araceae, la cual es una planta herbácea perenne originaria de los bosques lluviosos de las zonas de los Andes (Morales *et al.*, 2014). Esta planta es considerada como flor de interés comercial con rendimientos económicos bastantes favorables, debido a que es altamente apreciada en el trópico mexicano y a nivel mundial, su propagación tradicional es lenta desde la germinación hasta la floración y esto es influenciado por la variación genética y la baja tasa anual de obtención de hijuelos, de tres a cuatro años (Lee *et al.*, 2003).

En la actualidad existen numerosos trabajos en donde se evalúan diferentes concentraciones hormonales y condiciones de crecimiento para la propagación *in vitro* de anturios (Montes *et al.*, 2004; López *et al.*, 2013; Atak y Çelik, 2009; Murillo *et al.*, 2014; Marques Pinheiro *et al.*, 2014; Martínez estrada *et al.*, 2016); el objetivo de este trabajo fue demostrar la eficacia en el escalamiento y la viabilidad económica, en la propagación de anturio (*Anthurium andreanum* L.) utilizando un sistema RITA[®] como una estrategia para la producción comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

La presente investigación se realizó en el laboratorio de cultivo de tejidos del Colegio de Postgraduados Campus Campeche, México. Para iniciar este trabajo se emplearon segmentos nodales de plántulas de seis meses de edad, establecidas *in*

INTRODUCCIÓN

Una biofábrica es un laboratorio de cultivo de tejidos con capacidad para producir una especie vegetal dada, en forma masiva y con un protocolo de propagación establecido. Puede también considerarse como una instalación que propaga una serie de plantas a escala industrial o semi-industrial, en donde no solo se atienden actividades técnicas, como en un laboratorio, sino además cuestiones administrativas relacionadas con la rentabilidad de la empresa. Cuando la micropropagación se requiere llevar a un ámbito comercial, existen dos factores que incrementan considerablemente los costos de producción: 1) La mano de obra que representa entre 40-90% de los costos de producción; y 2) Los agentes gelificantes que representan entre un 70-90% de los costos del medio de cultivo (Prakash *et al.*, 2004; Etienne y Berthouly, 2002; Albany *et al.*, 2015), una de las estrategias para disminuir los costos de producción y aumentar la tasa de multiplicación, es la implementación de Sistemas de Inmersión Temporal (SIT).

Con el avance de la tecnología, se han desarrollado e implementado nuevas técnicas utilizando SIT que fortalecen al método tradicional de propagación, debido a que permite semi-automatizar la producción a gran escala, obteniendo mejores rendimientos de producción, la eliminación de algunos problemas fisiológicos, y la disminución de costos en la multiplicación; actualmente existen comercialmente SIT como son el RITA[®] y MATIS[®] (CIRAD, Francia), el SETIST[™] (Vervit, Bélgica), PLANTIMA (A-Tech), el BIOMINT[®] (CICY, México), MicroRoker (We Vitro, Canadá), entre otros diseños no comerciales (Hernández-Soto *et al.*, 2008; Georgiev *et al.*, 2014; Morales *et al.*, 2014; Welander *et al.*, 2014; Bello Bello *et al.*, 2019; Martínez Estrada *et al.*, 2019).

in vitro, para la inducción y formación de brotes se empleó el medio de cultivo semisólido MS propuesto por Murashige y Skoog (1962) a la mitad de la fuerza suplementado con 3% de sacarosa y modificado a tres concentraciones diferentes de 6-bencilaminopurina (BAP) con 0.5, 1 y 2 mg L⁻¹ de BAP y gelificado con 0.25% de Gellant Gum Powder (Phytotechnology®), el pH se ajustó a 5.7, se esterilizó a 120 °C a 1 kg cm⁻² por 15 min y se vertió 20 mL de medio en frascos de vidrio con volumen de 100 mL. Se utilizaron 3 explantes por cada recipiente, se realizaron 5 repeticiones por concentración y se incubaron por 16 semanas en un cuarto de incubación a 25 ± 2 °C con un fotoperiodo de 16 h luz y 8 h oscuridad.

Medio líquido para RITA®

Para el medio líquido a utilizarse en el SIT se preparó medio MS líquido suplementado con 2 mg L⁻¹ de BAP y 3% de sacarosa. En este tratamiento se utilizaron Recipiente de Inmersión Temporal Automatizado (RITA®), se usaron 20 explantes con 300 mL de medio líquido por RITA®, se realizaron 5 repeticiones. El programa de trabajo de los bioreactores fue de seis inmersiones diarias por 1 min, se incubaron por 16 semanas. Las condiciones de los dos tratamientos de cultivo fueron de 25 ± 2 °C, el fotoperiodo fue de 16 h diarias de luz y 8 h de oscuridad, se realizaron observaciones cada 15 días. A las 12 semanas se evaluó el porcentaje de explantes que formaron brotes.

Diseño experimental y análisis de datos

El experimento tuvo una distribución completamente al azar. Para cada condición se tuvieron cinco réplicas. Para el medio semisólido se utilizaron cinco explantes para cada concentración de BAP y para el medio líquido se utilizaron 20 explantes por RITA® y se realizaron cinco réplicas para cada condición. Los datos se sometieron a un análisis unidireccional de varianza (ANOVA) utilizando el programa InfoStat (Di et al., 2017, versión 2017 para Windows, <http://www.infostat.com.ar>). Las medias se compararon mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Enraizamiento

Los brotes con un tamaño mayor a 5 cm en etapa de multiplicación fueron transferidos a un medio MS a la mitad de la fuerza suplementado con 1 mg L⁻¹ de ácido giberélico (GA3), 0.5 mg L⁻¹ ácido naftalenacético (NAA) y 2% de sacarosa. El pH se ajustó a 5.7 e incubados en un cuarto a 25 ± 2 °C, el fotoperiodo fue de 16 h diarias de luz y 8 h de oscuridad por 15 días.

Aclimatización

Cuando los explantes alcanzaron tamaños de 5 a 10 cm de longitud fueron transferidos a macetas que contenían sustrato comercial (Sushine MIX # 3) esterilizado en autoclave a 120 °C a 1 kg cm⁻² por 30 min, suplementado con tierra de invernadero en proporción 1:1. Las plántulas enraizadas se lavaron dos veces por 2 min con agua destilada, para eliminar el medio de cultivo.

Análisis de viabilidad económica

Con el fin de calcular la viabilidad económica de la Biofábrica, se determinaron los indicadores de Punto de Equilibrio, Relación Beneficio/Costo, el Valor Actual Neto (VAV) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Para el cálculo de estos indicadores se establecieron 210 RITA®, para un periodo de cinco años del proyecto y una tasa del 10%, los resultados se compararon con la producción de anturios bajo la vía de organogénesis directa en medios semisólidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Multiplicación en medio semisólido

Las biofábricas como modelos de negocio de base tecnológica, requieren de procesos eficientes, económicos, con productos de alta calidad y de producción en menor tiempo. La micropropagación de plantas ha sido muy desarrollada principalmente con fines científicos, y cuando se requiere replicar estas metodologías en las biofábricas, se presenta el dilema "Eficiencia vs Rentabilidad" y es necesario tomar la información generada y establecer los procesos para las condiciones de trabajo de la biofábrica. Debido a ello es necesario comparar protocolos reportados, buscando utilizar la menor cantidad de hormonas vegetales sin afectar los índices de multiplicación y la calidad de las plantas.

En este trabajo iniciamos comparando tres concentraciones de 6-bencilaminopurina (BAP): 0.5, 1.0 y 2.0 mg L⁻¹ (Lee et al., 2003; Montes et al., 2004; Gantait et al., 2008; Liendo y Mogollón, 2009). Los parámetros de multiplicación y crecimiento se evaluaron a las 16 semanas. El Cuadro 1 nos muestra que se obtuvo un promedio de 3.8 brotes por explante, utilizando 2 mg L⁻¹ de BAP. Se observa que no existieron diferencias significativas entre 0.5 y 1 mg L⁻¹, lo que indica que el aumento de la concentración de BAP no es directamente proporcional a la tasa de multiplicación. Los datos presentados por Liendo y Mogollón (2009) muestran no tener diferencias significativas entre utilizar 1 o 2 mg L⁻¹ de BAP y tener un promedio de 4.1 brotes por explante. Lee et

al. (2003) utilizaron 0.2 y 0.8 mg L⁻¹ obteniendo 2.3 brotes por explante apoyando la evidencia de que la concentración de hormonas no es directamente proporcional a la tasa de multiplicación, pues a mayor cantidad de hormonas no aumentó la cantidad de brotes por explante. De hecho, a concentraciones mayores de 2 mg L⁻¹ de BAP hay una disminución en la tasa de formación de brotes. Cardoso y Haberman (2014)

utilizaron 1 mg L⁻¹ de BAP y obtuvieron un promedio de 2.8 brotes por explante. Gantait *et al.* (2008) utilizaron una mezcla de auxinas con el fin de aumentar la tasa de multiplicación, obteniendo en promedio 17.33 brotes por explante cuando utilizaron NAA y BAP (1.0 y 0.25 mg L⁻¹, respectivamente). Después de analizar los resultados obtenidos y comparar lo reportado por diversos autores, se recomienda utilizar 2 mg L⁻¹ de BAP, como base para la micropropagación utilizando medios gelificados de anturio.

Multiplicación en medio líquido-RITA[®]

Uno de los pasos cruciales para el establecimiento de las biofábricas, es el incremento en la tasa de multiplicación, en igual o menor tiempo de propagación y que no siempre se logra con los protocolos establecidos en medios gelificados. En la actualidad se utilizan principalmente Sistemas de Inmersión Temporal (SIT) con el fin de aumentar la tasa de multiplicación, disminuir los costos de medios de cultivo, semiautomatizar los procesos y disminuir los costos de producción en general. En este trabajo utilizamos Recipientes de Inmersión Temporal Automatizados (RITA[®]) para el proceso de escalamiento al igual que lo realizan diversos autores en diferentes tipos de plantas (Etienne y Berthouly, 2002; Lara *et al.*, 2004; Morales *et al.*, 2014; Albany de Vilchez *et al.*, 2015;), entre otros. Basados en los resultados para medio semisólido, se utilizó 2 mg L⁻¹ de BAP para realizar el escalamiento a RITA[®]. Con ellos se obtuvo una tasa de multiplicación promedio de 24.2 brotes por explante, siendo 6.3 veces mayor la tasa de multiplicación que la del medio semisólido. En este trabajo demostramos que el utilizar Bioreactores RITA[®] aumenta la tasa de multiplicación. Estudios realizados por Teixeira *et al.* (2005) demuestran que la aereación en la micropropagación tiene un impacto positivo en la tasa de multiplicación y en la supervivencia a la aclimatación de las plantas.

Cuadro 1. Efecto de la concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en la proliferación de brotes de anturio usando medio semisólido.

Concentración (mg L ⁻¹)	Número promedio de brotes*
0.5	2.13b
1.0	2.27b
2.0	3.87a

*Medias seguidas de letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (P≤0.05) de acuerdo a la prueba de Duncan.

Para el escalamiento de la propagación de las plantas se han utilizado diferentes tipos de SIT en distintas especies de plantas. Por ejemplo el Airlift en *Spathiphyllum cannifolium* (Dewir *et al.*, 2006); el SIT de frascos gemelos BIT en *Saintpaulia ionnata*, caña de azúcar y piña (Escalona *et al.*, 1999; Espinosa-Reyes *et al.*, 2007; Caamal y Bello, 2014); y el ORBITABION en *Agave tequilana* (Portillo y Santacruz 2006). Todos estos sistemas se diseñaron para incrementar la tasa de multiplicación en la micropropagación de plantas de interés diverso. Lara *et al.* (2004) obtuvieron un coeficiente de multiplicación de 34 brotes en anturio utilizando 0.0089 mg L⁻¹ de BAP en un BIT modificado por Escalona *et al.* (1999), con una frecuencia de inmersiones de ocho veces al día por 3 min. Rivero-Bautista *et al.* (2004) reportan haber obtenido 25.5 brotes por explante utilizando un sistema BIT (Escalona *et al.*, 1999) con una frecuencia de seis inmersiones diarias. Lee *et al.* (2003) obtuvieron ocho brotes por explante con 0.8 mg L⁻¹ de BAP con agitación de 2/5 revoluciones cada 5 min. Martínez *et al.* (2019) reportaron 33.12 brotes por explante con inmersiones cada 12 h en 45 días utilizando un Bioreactor Ebb and flow biorreactor system. Morales *et al.* (2014) obtuvieron 43 brotes por explante utilizando 3 mg L⁻¹ en un sistema RITA[®] con seis inmersiones diarias.

Si bien existen varios reportes en donde se obtienen diversas tasas de multiplicación utilizando diversos tipos de SIT, el trabajo que presentamos se encuentra dentro de los rangos de multiplicación, al utilizar SIT existen una serie de factores que influyen sobre la tasa de multiplicación como es el tipo de bioreactor utilizado, la frecuencia y tiempo de inmersión, la concentración de hormonas, la variedad de planta, la intensidad lumínica, entre muchos otros factores que pueden potencializar o disminuir la tasa de multiplicación. Martínez *et al.* (2019) probaron 4, 8 y 12 h de inmersión y 25, 37.5 y 50 mL de medio de cultivo, reportaron que para anturio no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. De acuerdo con Estrada *et al.* (2019) se podría utilizar una cantidad baja de medio de cultivo y una frecuencia de inmersión menor a la planteada en este trabajo.

Es importante resaltar un aumento importante en la tasa de multiplicación por SITs comparado con el

sistema de medio semisólido. En la Figura 1A y 1B podemos observar las diferencias mencionadas en este trabajo, evidenciado como una mayor tasa de multiplicación. Otro parámetro a evaluar en el escalamiento en la tasa de multiplicación es la calidad de las plántulas micropropagadas. En la Figura 1C y 1D se observa que las plántulas micropropagadas en medios semisólidos presentan un amarillamiento de las hojas, mientras que en las micropropagadas bajo el sistema RITA® no presenta este amarillamiento. Otro punto a resaltar por la utilización de RITA® es la mayor tasa de enraizamiento y la tasa de sobrevivencia al momento de la aclimatación (Figura 1E, 1F).

Análisis de viabilidad económica para una biofábrica con biorreactores RITA®

En este trabajo se definieron los indicadores financieros con un proyecto de inversión en donde no se contempla apoyo gubernamental. El recurso total se consideró como inversión privada. Para iniciar las operaciones de la biofábrica se requiere una inversión inicial de MX\$ 1,776,063.38, equivalentes a US\$ 92,744.82 (a tasa de cambio de \$19.15 pesos mexicanos por dólar, 17/05/19, BANXICO). Sin considerar la construcción de las instalaciones de la biofábrica, solo el equipamiento, materiales y reactivos requeridos para el establecimiento de la biofábrica, la inversión fija estimada es de MX\$ 1,026,833.25 (US\$ 53,620.54), una inversión diferida de MEX \$50,000.00 pesos mexicanos (US\$ 2,610.97), la cual se atribuye a capacitación especializada sobre la operación de los SIT, en específico el RITA® y un capital de trabajo de MX\$ 699,230.13 (US\$ 36,513.32). Se espera que el primer año se tenga una producción de 100,000 plántulas, y ventas por MX\$ 2,200,000.00 (US\$ 114,882.51), estabilizándose el tercer año con una proyección de ingresos de MX\$ 2,425,500.00 (US\$ 126,657.96), con una producción de 100,000 plántulas. El punto de equilibrio se estabilizó al tercer año con un valor de MX\$ 702,913.66 (US\$ 36,705.67) que equivale al 29% o 100,000 plántulas. En el Cuadro 2

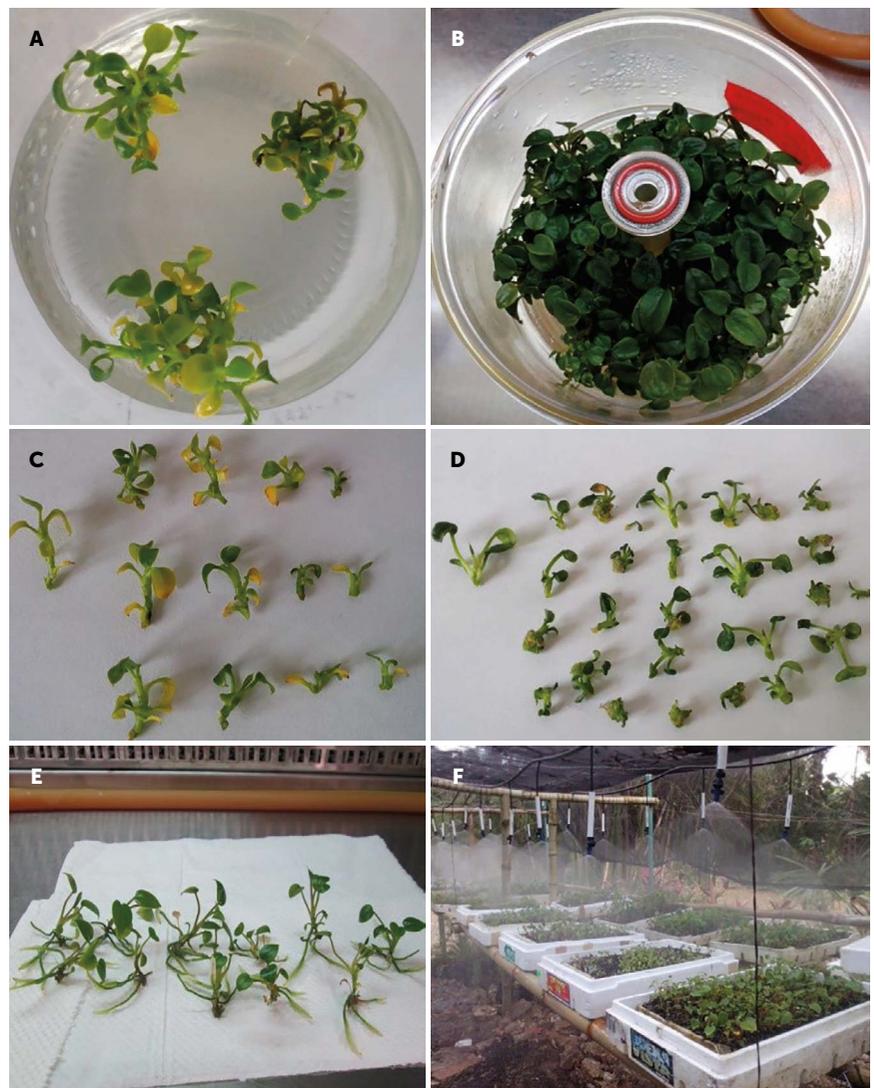


Figura 1. Micropropagación de anturio (*Anthurium andeanum*). A) Brotes multiplicados en medio semisolido. B) Brotes multiplicados en medio líquido (RITA®). C) Brotes multiplicados en medio semisolido de 90 d de incubación. D) Brotes multiplicados en medio líquido de 90 d de incubación. E) Representación de la cantidad de brotes con raíces en el sistema RITA®. F) Explantes provenientes del sistema RITA® en proceso de aclimatación en invernadero a un 30% de sombra.

se presenta la memoria de cálculo utilizada para definir los indicadores financieros presentados en este trabajo.

Con los datos anteriores se calcularon los indicadores financieros, y se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de MX\$ 2,513,056.14 (US\$ 131,230.08) y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 73.64 %, con una Relación Beneficio Costo (RBC) de 1.67, todo calculado a una tasa de interés del 10% y teniendo un periodo de análisis de tres años. Con los datos anteriores podemos mencionar que una biofábrica con 210 RITA® es rentable, considerando con la capacidad instalada a partir del tercer ciclo de producción ya tendríamos las 100,000 plántulas y podríamos aumentar la tasa de multiplicación a aproximadamente

Cuadro 2. Memoria de cálculo para obtener indicadores financieros para el análisis de la rentabilidad de una biofábrica de anturio.

Memorias de cálculo				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Reactivos para propagación	LOTE	1	\$64,000.95	64,000.95
Materiales de laboratorio (pinzas, probetas, etc.)	LOTE	1	\$24,824.00	24,824.00
Consumibles (Filos de bisturí, Gas LP, etc.)	LOTE	1	\$17,500.00	17,500.00
Frascos (250 mL) con tapa de plástico	UNIDADES	5000	\$10.00	50,000.00
TOTAL				156,324.95
OTROS EGRESOS			COSTO	
Mantenimiento de instalaciones			60,000.00	
Gastos de administración y venta			120,000.00	
Mano de obra			412,260.20	
RENDIMIENTO Y PRECIO DE VENTA:			TOTAL	
Tasa de multiplicación (brotes/explante)			100,000.00	
Precio (\$/maceta 30 cm) anturio			22.00	

390,000 plántulas al año, si el mercado así lo demanda, por lo que con este modelo solo se utiliza un 25% de la capacidad instalada.

CONCLUSIÓN

Una biofábrica para la producción de anturios como la que se propone en este trabajo, utilizando 210 RITA® como estrategia para aumentar la rentabilidad y disminuir los costos de producción, promete ser completamente rentable utilizando una proporción de 2 mg L⁻¹ de BAP, para la etapa de multiplicación. Sin embargo, se recomienda utilizar otro tipo de SIT debido a que gran parte de la inversión inicial se debe al costo del SIT, aunado a que se puede aumentar la tasa de multiplicación, como lo demuestra Estrada *et al.* (2019). Como recomendación se propone el SIT de frascos gemelos reportado por Escalona *et al.* (1999), lo cual disminuye los costos de la inversión en más de un 10%. También queda de manifiesto el hecho de que, la biotecnología se hace más rentable cada día y con el uso de energías alternas los costos de producción pueden disminuir aún más. En la actualidad el uso de la iluminación con diodos emisores de luz (LED), aires acondicionados y refrigeradores inverter pueden disminuir los costos sobre el consumo de energía eléctrica.

AGRADECIMIENTOS

A la LGAC "Innovación para el desarrollo del trópico" dentro del programa Bioprospección y sustentabilidad agrícola en el trópico, por el recurso otorgado para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

Albany-Vilchez, N. R., Vilchez-Perozo, J. A., León-Sierralta, S., Nava-Ferreira, A. R., Martínez-Ferrer, L. J., Molina-Pulgar, M. A. (2015) Medios de cultivo líquidos: un avance para la micropropagación de zábila *Aloe barbadensis* Mill. Revista Colombiana de Biotecnología. 17(1): 24-31. DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50669

Atak, Ç. and Çelik, Özge. (2009) Micropropagation of *Anthurium andraeanum* from leaf explants. Pakistán Journal of Botany, 41(3): 1155-1161. Recuperado el 27 mayo de 2019, de [http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/41\(3\)/PJB41\(3\)1155.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/41(3)/PJB41(3)1155.pdf)

Bello-Bello, J. J., Cruz-Cruz, C. A. y Pérez-Guerra, J. C. (2019) A new temporary immersion system for commercial micropropagation of banana (*Musa* AAA cv. Grand Naine). In *Vitro cellular & developmental Biology-plant*. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11627-019-09973-7>.

Caamal-Velázquez J. H., Bello-Bello J. J. (2014) Manual de micropropagación de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Colegio de Postgraduados/Fundación Produce Campeche 24 pp. ISBN: 978-607-715-210-1

Cardoso J. C., Habermann G. (2014) Adventitious shoot induction from Leaf segments in *Anthurium andraeanum* is affected by age of explant, leaf orientation and plant growth regulator. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55 (1): 56-62. DOI <https://doi.org/10.1007/s13580-014-0022-9>

Dewir Y. H., Chakrabarty D., Hahn E. J., Paek K. Y. (2006) A simple method for mass propagation of *Spathiphyllum cannifolium* using an airlift bioreactor. *In Vitro Cell Dev Biol Plant* 42:291–297. DOI <https://doi.org/10.1079/IVP2006764>

Di-Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Escalona M., Lorenzo J. C., González B., Daquinta M., González-Olmedo J., Desjardins Y., Borroto C. G. (1999) Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) micropropagation in temporary

- immersion systems. *Plant Cell Reports*, 18:743-748. DOI <https://doi.org/10.1007/s002990050653>
- Espinosa-Reyes A., Silva-Pupo J., Gonzáles-Paneque O., Fajardo-Rosabal L., Pérez- Pérez J. (2007) Multiplicación *in vitro* de Violeta Africana. *Revista Electrónica Granma Ciencia*. Vol.11, No.2. Departamento de Ciencias Básicas. Facultad de Ingeniería. Universidad de Granma. Cuba
- Etienne H., Berthouly M. (2002) Temporary immersion systems in plant micropropagation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 69(3), 215-231. Disponible en http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol11/2/2007_11_n2.a8.pdf
- Gantait S., Mandal N., Bhattacharyya S., Das P. K. (2008) *In vitro* Mass Multiplication with Pure Genetic Identity in *Anthurium andreaeanum* Lind. *Plant Tissue Culture and Biotechnology* 18(2): 113-122. D.O.I. 10.3329/ptcb.v18i2.3361
- Georgiev-Vasil, Schumann-Anika, Pavlov-Atanas, Bley-Thomas (2014) Temporary immersion systems in plant biotechnology. *Engineering in Life Sciences*, 14: 607-621. <https://doi.org/10.1002/elsc.201300166>
- Hernández L. (2004) El cultivo de anturium. *Cultivos Tropicales*. 25(4): 41-51. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193225911004.pdf>
- Hernández-Soto A., Gatica-Arias A., Alvarenga-Venutolo S. (2008) Vaso fermentador de bajo costo para la micropropagación masiva de jengibre. *Agronomía Mesoamericana*. 19(1): 87-92. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5025/4832>
- Lara A., Mosqueda O. y González-Olmedo. (2004) Determinación de los efectos del Pectimorf y C-751 sobre la multiplicación de brotes de *Anthurium andreaeanum* Propagadas en Bioreactores de Inmersión Temporal. *Ceiba* 45(2) Pp. 121-128. Disponible en <https://revistas.zamorano.edu/index.php/CEIBA/article/view/370>
- Lee-Espinosa H., E., Cruz-Castillo J. G., García-Rosas B. (2003) Multiple shoot Proliferación and Acclimation of 'Midori' y 'Kalapana' anturium (*Anthurium andreaeanum* L.) Cultured *in vitro*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26 (4): 301 – 307. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61026412>
- Liendo M., Mogollón N. (2009) Multiplicación clonal *in vitro* de anturio (*Anthurium andreaeanum* lind. Cv. Nicoya) *Bioagro* 21 (3): 179-182. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85714207005>
- López-Puc G., Ramírez-Mosqueda M. A., y Lee-Espinosa H. E. (2013) El cultivo del anturio moderno. *Ciencia* 64(3):52-59. Disponible en: https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/64_3/PDF/Anturio.pdf
- Marques-Pinheiro M. V., Bolzan-Martins F., Ferreira-Cruz A. C., Portugal-Pinto C., Ana-Cristina, Jardim-Oliveira E., and Campos-Otoni W. 2014. Somatic embryogenesis in anthurium (*Anthurium andraeanum* cv. Eidibel) as affected by different explants. *Acta Scientiarum*, 36 (1): 87-98. Doi: 10.4025/actasciagron.v36i1.16557
- Martínez-Estrada E., Islas-Luna B., Pérez-Sato J. A., Bello-Bello J. J. (2019) Temporary immersion improves *in vitro* multiplication and acclimatization of *Anthurium andreaeanum* Lind. *Scientia Horticulturae* Vol 249. Pp 185-191. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.053>
- Martínez-Estrada E., Caamal-Velázquez J. H., Morales-Ramos V. and Bello-Bello J. J. (2016) Light emitting diodes improve *in vitro* shoot multiplication and growth of *Anthurium andreaeanum* LIND. *Propagation of Ornamental Plants*. Vol. 16, - 1, 3-8. Disponible en: https://www.journal-pop.org/2016_16_1_3-8.html
- Morales-Orellana R. J., Jadan M., Romero P. (2014) Micropropagación de Anturio (*Anthurium andreaeanum* L.) en un sistema de inmersión temporal mediante organogénesis indirecta a partir de secciones de hoja. *Carrera de Ingeniería en Biotecnología*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Sede Sangolquí. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7704/1/AC-B-ESPE-047633.pdf>
- Montes S., Morales C., Bell E. (2004) Regeneración de plantas de *Anthurium andreaeanum* Lind mediante el empleo del cultivo *in vitro*. *Cultivos tropicales*. 25(3): 5-7. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217916001>
- Murashige, y Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiología Plantarum*, 15: 473-497.
- Murillo-Gómez P. A., Naranjo-Esther, Callejas-Ricardo, Atehortúa-Lucia y Urrea Aura. (2014) Micropropagation of the native species *Anthurium antioquiense* Engl. for conservation purposes. *Agronomía colombiana* 32(3): 334-340. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180333786005>
- Portillo L., Santacruz-Ruvalcaba F. (2006) Factibilidad de uso de un nuevo sistema de inmersión temporal (Orbitabion®) para embriogénesis somática de *Agave tequilana* Weber cultivar azul. *Boletín Nakari* 17(2): 43-48 (edición digital). ISSN: 1405-1613. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Liberato_Portillo/publication/280078674_FACTIBILIDAD_DE_USO_DE_UN_NUEVO_SISTEMA_DE_INMERSION_TEMPORAL_ORBITABIONR_PARA_EMBRIOGENESIS_SOMATICA_DE_Agave_tequilana_WEBER_CULTIVAR_AZUL/links/55a6a6af08ae410caa74eb0e/FACTIBILIDAD-DE-USO-DE-UN-NUEVO-SISTEMA-DE-INMERSION-TEMPORAL-ORBITABIONR-PARA-EMBRIOGENESIS-SOMATICA-DE-Agave-tequilana-WEBER-CULTIVAR-AZUL.pdf
- Prakash S., Hoque M., Brinks T. (2004) Culture media and containers, En *Low cost options for tissue culture technology in developing countries*. Proceedings of a Technical Meeting organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture (pp. 29-40). Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1384_web.pdf
- Rivero-Bautista N., Quiala E., Agramante D., Barbón R., Camacho W., Morejón L., Pérez M. (2004) Empleo de sistemas de inmersión temporal para la multiplicación *in vitro* de brotes de *Anthurium andraeanum* Lind. *Var. Lambada*. *Biotecnología Vegetal* 4 (2): 97-100. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/393/html>
- Teixeira-Silva J. A., Nagae S., Tanaka M. (2005) Effect of physical factors on micropropagation of *Anthurium andreaeanum*. *Plant tissue culture* 15 (1): 1-6. Disponible en: http://baptcb.org/article/ptc15_1_01.pdf
- Welander M., Persson J., Asp H., Zhu L.H. (2014). Evaluation of a new vessel system based on temporary immersion system for micropropagation. *Scientia Horticulturae* 179: 227-232. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.09.035>

Phenotypic variation in eurasian collared dove (*Streptopelia decaocto* Frivaldszky) in Durango, Mexico

Variación fenotípica en palomas de collar (*Streptopelia decaocto* Frivaldszky) en Durango, México

Salazar-Borunda, Manuel Armando¹; Martínez-Guerrero, José Hugo^{1*}; Pereda-Solís, Martín Emilio¹;
Delgado-León, Tania¹; Sierra-Franco, Daniel¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Durango, Durango, México. C. P. 34000.

*Autor para correspondencia: che_hugo1@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To estimate the phenotypic variation of six external somatic variables (head length, beak, culmen, tarsal-metatarsal, wing and tail) in Eurasian Collared Dove *Streptopelia decaocto* Frivaldszky.

Design/methodology/approach: Head, beak, culmen, tarsal-metatarsal, wing and tail lengths were measured in Eurasian Collared Dove (n=40). Kruskal-Wallis non-parametric analysis ($z \geq 1.96$) and Guillaumin profiles were used to determine the influence of sex on each variable. The principal component analysis determined the degree of influence of each variable on the phenotypic variation of each variable.

Results: The size of the structures analyzed were different between males and females. The tarsal-metatarsal, head and wing length were structures whose coefficient of variation was lower in both sexes ($P \leq 0.05$). The principal component analysis explained from three components, 72.77% of the morphological variation.

Limitations on study/implications: In the literature review, little information was found describing the morphological variation of birds (*Streptopelia decaocto*) in colonized and non-colonized environments.

Findings/conclusions: The variables that present the greatest variation among individuals have a corneal component.

Keywords: *Streptopelia decaocto*, morphometric, exotic species, principal component analysis.

RESUMEN

Objetivo: Estimar la variación fenotípica de seis variables somáticas externas (longitud de cabeza, pico, culmen, tarso-metatarso, ala y cola) en *Streptopelia decaocto* Frivaldszky.

Diseño/metodología/aproximación: Se midieron las longitudes de cabeza, pico, culmen, tarso-metatarso, ala y cola en aves *Streptopelia decaocto* (n=40). Se utilizó el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis ($z \geq 1.96$) y los perfiles de Guillaumin para determinar la influencia del sexo sobre cada variable. El análisis de componentes principales determinó el grado de influencia de cada variable sobre la variación fenotípica de cada variable.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 10, octubre, 2019. pp: 31-35.

Recibido: abril, 2019. **Aceptado:** septiembre, 2019.



Resultados: Los tamaños de las estructuras analizadas fueron diferentes entre los machos y las hembras. La longitud del tarso-metatarso, de la cabeza y del ala, fueron estructuras cuyo coeficiente de variación fue menor en ambos sexos ($P \leq 0.05$). El análisis de componentes principales explicó a partir de tres componentes, el 72.77% de la variación morfológica.

Limitaciones del estudio/implicaciones: En la revisión de literatura se encontró poca información que describa la variación morfológica de las aves (*Streptopelia decaocto*) en ambientes colonizados y no colonizados.

Hallazgos/conclusiones: Las variables que presentan mayor variación entre individuos tienen un componente córneo.

Palabras clave: *Streptopelia decaocto*, morfometría, especie exótica, análisis de componentes principales.

externas, y estimar si el sexo incide en el tamaño estructural del ave.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 40 palomas de collar turcas (*Streptopelia decaocto* Frivaldszky) en las temporadas otoño-invierno (OI) y primavera-verano (PV) de 2014 en el municipio de Durango, México. La colecta de las aves se realizó bajo el permiso No SGPA/DGVS/12294/13, para especies de aves que no se encuentran bajo ninguna categoría de riesgo (NOM-059-SEMANAT-2010). Se tomaron seis variables somáticas en campo, típicamente utilizadas en aves (Pyle, 1997): longitud de cabeza (Ca), longitud del pico (Pi), longitud de culmen (Cu), longitud de tarso-metatarso (Ta), longitud de ala (Al) y longitud de cola (Co). Para ello, se utilizó un calibrador vernier marca Surtek® de 0.01 mm de resolución modelo 122202 y una regla metálica Avinet® de 15 cm, modelo WING15ECON.

Para determinar la influencia del sexo sobre las variables somáticas externas, aplicamos un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis ($z \geq 1.96$) y graficamos los perfiles de Guillaumin, considerando la diferencia de los promedios de cada grupo (Mg) con el promedio total (Mt), dividido por la desviación estándar (De) total de cada una de las medidas somáticas (Guillaumin, 1972):

$$\frac{Mg - Mt}{De} = \pm \text{Variación}$$

Calculamos el tamaño estructural del ave a partir del análisis multivariado de componentes principales a fin de determinar la contribución de cada variable a las diferencias observadas, los cálculos estadísticos se realizaron en el software NCSS (2018).

INTRODUCCIÓN

El tamaño estructural (TE) es una variable multifactorial compuesta de varias medidas corporales discretas, representativas y estrictamente estructurales (Piersma & Davidson, 1991), puesto que las reservas corporales de nutrientes, varían en relación a la condición reproductiva (Petrie, 1988), migración (Ebbinge & Bernard, 1995), riesgo de depredación (Lilliendahl, 1997), estacionalidad anual (Zicus & Riggs, 1996), hora del día (Koivula *et al.*, 1995) y calidad del hábitat (Jorde *et al.*, 1995). En ese sentido, un ave es más grande que otra cuando la mayor parte de sus componentes son mayores. Todas estas variaciones pueden resultar insignificantes en animales de gran masa, cuyas reservas corporales representan solo una pequeña fracción del TE, aunque pueden resultar de gran relevancia en aves.

Algunos componentes del TE responden a cambios en el ambiente (Luck *et al.*, 2012) y en ocasiones permiten expresar en el ave fenotipos ventajosos frente a las especies nativas (Richards *et al.*, 2006; Davidson *et al.*, 2011) facilitando así, la colonización de las especies exóticas (Williamson & Fitter, 1996). Dicho fenómeno altera la estructura y funcionamiento del ecosistema colonizado (Catford *et al.*, 2008; Ehrenfeld, 2010) al cambiar los patrones de dominancia, estructura trófica, competencia, mutualismo, depredación y parasitismo (Charles & Dukes, 2008).

La paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto* Frivaldszky) es un ave exótica, de origen euroasiático que ha colonizado gran parte del continente americano (Pirela *et al.*, 2009; Contreras y Ruiz-Campos, 2011; Blancas-Calva y Blancas-Hernández, 2016; Tinajero y Rodríguez, 2014).

Su dispersión es rápida (Florent *et al.*, 2011) y se extiende desde los núcleos urbanos hacia las áreas rurales (Rocha e Hidalgo de Turcios, 2002) donde interacciona con especies de los ecosistemas nativos. Por lo tanto, es necesario analizar los rasgos morfológicos representativos del ave exótica en las áreas colonizadas a fin de comprender y enriquecer la biología de esta especie. Para ello, se planteó calcular el tamaño estructural del ave mediante el análisis multivariado de componentes principales de las medidas corporales

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las relaciones de tamaño en las estructuras somáticas de las aves fueron diferentes entre los machos y las hembras (Figura 1). La longitud del culmen y del pico presentó mayor variación de tamaño con respecto al cuerpo. En cambio, la longitud del tarso-metatarso, de la cabeza y del ala, fueron estructuras cuyo coeficiente de variación fue menor en ambos sexos ($P \leq 0.05$) (Cuadro 1). Los perfiles de Guillaumin establecieron dimorfismo sexual en la mayoría de las variables somáticas, aunque las diferencias estadísticas solo fueron observables en la longitud de la cabeza, pico y cola (Figura 1).

El análisis de componentes principales (ACP) de las variables somáticas externas explicó el 72.77% de la variación morfológica total a partir de tres componentes (Cuadro 2).

El coeficiente de variación de las variables somáticas analizadas, puede ser explicado por diferentes fenómenos. Considerando que las variables corporales utilizadas tienen un componente óseo y otro córneo. En general, la cantidad del componente óseo es determinada tanto genéticamente como nutricionalmente; en torno a la disponibilidad de calcio durante las fases de crecimiento del animal (Pascual & Senar, 1996).

Las alas son estructuras resultado de complejas adaptaciones, determinadas por presiones selectivas (Mönkkönen, 1995; Thomas, 1996) y aunque es una variable de relevancia biológica, el componente córneo (plumas) representa hasta un 87% de la longitud total (Pascual & Senar, 1996) y varía en torno a la condición corporal del

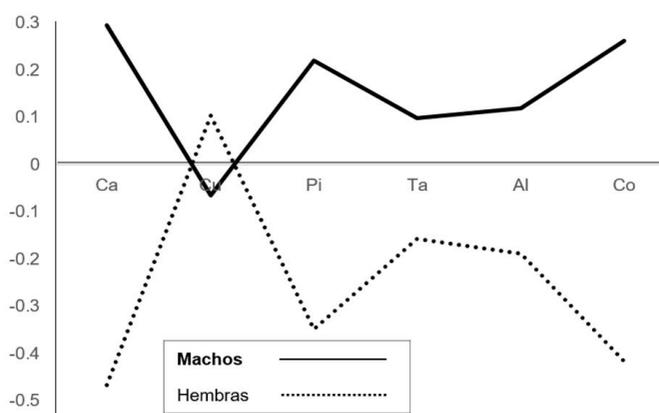


Figura 1. Perfil de caracteres diagnósticos (gráfica de Guillaumin) de palomas de collar (*Streptopelia decaocto*) en Durango, México.

Cuadro 1. Variables somáticas de la paloma de collar (*Streptopelia decaocto*) en Durango, México.

Longitud	Media (mm)		C. V. M. (%)	C. V. H. (%)
	Machos	Hembras		
Cabeza	4.68±0.32 ^a	4.40±0.35 ^b	6.98	8.16
Pico	1.16±1.16 ^a	1.08±0.11 ^b	11.47	10.71
Culmen	1.70±1.70 ^a	1.74±0.23 ^a	10.51	13.47
Tarso-metatarso	2.77±0.28 ^a	2.70±0.24 ^a	2.50	3.10
Ala	17.19±1.18 ^a	16.82±1.23 ^a	6.90	7.34
Cola	13.38±1.30 ^a	12.63±1.09 ^b	7.69	8.69

Coefficiente de variación en machos (C.V.M.); coeficiente de variación en hembras (C.V.H.); Valores con distinta literal entre sexos son estadísticamente diferentes, Kruskal-Wallis ($z \geq 1.96$).

animal durante la muda (Pehrsson, 1987; Grubb, 2010), el desgaste (Leverton, 1989), la fotooxidación (Blanco et al., 2005), la edad (Alatalo et al., 1984; Nielsen, 1993) e incluso por parásitos (Loye & Zuk, 1991; Burt & Ichida, 1999). Por lo tanto, la longitud del ala está sometida a una marcada variación temporal. Así mismo, el componente córneo de la cola también puede estar influenciado por los fenómenos antes descritos.

Aunque el desgaste del componente córneo del pico puede estar determinado por la dieta y procesos adaptativos (Møller, 1988), el dimorfismo sexual asociado a los machos de esta especie puede estar influenciado por efecto del comportamiento como: acicalamiento, cortejo o construcción del nido (Proctor & Lynch, 1998).

En cambio, la longitud del tarso-metatarso tuvo un coeficiente de variación menor en ambos sexos, lo cual puede estar asociado a que el componente óseo de

Cuadro 2. Análisis de componentes principales en el análisis morfométrico de las variables somáticas externas para palomas de collar (*Streptopelia decaocto*) en Durango, México.

Componente principal	Variable somática	Eigenvalor	Proporción (%)	Proporción acumulada (%)
1	Ca Cu Pi	1.90	31.67	31.67
2	Ta Al	1.28	21.48	53.15
3	Al Co	1.17	19.61	72.77

Variables: longitud de cabeza (Ca), longitud de culmen (Cu), longitud de pico (Pi), longitud de tarso-metatarso (Ta), longitud de ala (Al), longitud de cola (Co).



esta variable representa hasta un 69% de la longitud total (Pascual & Senar, 1996), por lo tanto, presenta muy poca variación temporal en animales cuyo crecimiento ha finalizado. No obstante, las variaciones entre individuos pueden ser en respuesta a presiones selectivas (Senar et al., 2006) que conduzcan a una divergencia morfológica (Garant et al., 2005). Esta diversidad fenotípica a su vez, puede ser producto de adaptaciones ambientales (Jarvis et al., 2014) y puede ser efecto de la adaptación continua a los ambientes colonizados.

CONCLUSIONES

Aunque existe dimorfismo sexual en las palomas de collar turcas, la variación estructural entre individuos se puede explicar a partir de tres componentes cuya base estructural es córnea.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo. A los revisores que, con sus comentarios, enriquecieron este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Alatalo, R., Gustafsson, L. & Lundbäck, A. (1984). Why do young passerine birds have shorter wings than older birds?. *Ibis*, 126(3), 410-415. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1984.tb00264.x>.
- Blancas-Calva, E. & Blancas-Hernández, J. (2016). Presencia de la paloma turca (*Streptopelia decaocto*) en la ciudad de Lima, Perú. *Huitzil*, 17(1), 111-114. doi: 10.28947/hrmo.2016.17.1.221.
- Blanco, G., Frías, O. G.-F. J. & Hornero-Méndez, D. (2005). Environmental-induced acquisition of nuptial plumage expression: a role of denaturation of feather carotenoproteins? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1575), 1898-1900. doi: 10.1098/rspb.2005.3157.
- Burt, E. & Ichida, J. (1999). Occurrence of Feather-Degrading Bacilli in the Plumage of Birds. *The Auk*, 116(2), 364-372. doi: <https://doi.org/10.2307/4089371>.
- Catford, J., Jansson, R. & Nilsson, C. (2008). Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. *Diversity and Distributions*, 15(1), 22-40. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00521.x>.
- Charles, H. & Dukes, J. (2008). Impacts of Invasive Species on Ecosystem Services. In: Nentwig W. (eds.) *Biological Invasions. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, vol 193. Springer, Berlin, Heidelberg. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-36920-2_13.
- Contreras, A. & Ruiz-Campos, G. (2011). Primer informe de leucismo en la paloma de collar *Streptopelia decaocto*. *Cuadernos de Investigación UNED*, 3(1), 85-87. doi: 10.22458/urj.v3i1.210.
- Davidson, A. M., Jennions, M. & Nicotra, A. (2011). Do invasive species show higher phenotypic plasticity than native species and, if so, is it adaptive? A meta-analysis. *Ecology Letters*, 14(4), 419-431. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01596.x>.
- Ebbinge, B. & Bernard, S. (1995). The Importance of Body Reserves Accumulated in Spring Staging Areas in the Temperate Zone for Breeding in Dark-Bellied Brent Geese *Branta b. bernicla* in the High Arctic. *Avian Biology*, 26(2), 105-113. doi: 10.2307/3677058.
- Ehrenfeld, J. (2010). Ecosystem Consequences of Biological Invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41(1), 59-80. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144650>.
- Florent, B., Royle, A. & Cam, E. (2011). Hierarchical modeling of an invasive spread: the Eurasian Collared-Dove *Streptopelia decaocto* in the United States. *Ecological Applications*, 21(1), 290-302. doi: 10.1890/09-1877.1.
- Garant, D., Kruuk, L.E., Wilkin, T.A., McCleery, R.H. & Sheldon, B.C. (2005). Evolution driven by differential dispersal within a wild bird population. *Nature*, 433(1), 60-65. doi: 10.1038/nature03051.
- Grubb, T. (2010). Ptilochronology: A Review and Prospectus. In: Jhonson R. (eds). Springer, Ohio, USA.
- Guillaumin, M. (1972). Etude biometrique des populations naturelles de *P. Carlivae* Rbr et *P. Ciasii* Rbr (Lep. Hesperidae). I Estimation du taux de chevauchement des distributions statistiques de deux populations en relation avec la notion de distance taxonomique. *Archives de Zoologie Expérimentale et Eénérale*, 4(1), 505-545.
- Jarvis, M., Mirarab, S., Aberer, A.J., Li, B., Houde, P., Li, C. et al., (2014). Whole-genome analyses resolve early branches in the tree of life of modern birds. *Science*, 347(6215), 1320-1331. doi: 10.1126/science.1253451.
- Jorde, D., Haramis, M., Bunck, C. & Pendleton, G. (1995). Effects of Diet on Rate of Body Mass Gain by Wintering Canvasbacks. *The Journal of Wildlife Management*, 59(1), 31-39. doi: 10.2307/3809112.
- Koivula, K., Orell, M., Rytönen, S. & Lathi, K. (1995). Fatness, Sex and Dominance; Seasonal and Daily Body Mass Changes in Willow Tits. *Journal of Avian Biology*, 26(3), 209-216. doi: 10.2307/3677321.
- Leverton, R. (1989). Wing length changes in individually-marked Blackbirds *Turdus merula* following moult. *Ringing & Migration*, 10(1), 17-25. doi: <https://doi.org/10.1080/03078698.1989.9676002>.
- Lilliendahl, K. (1997). The effect of predator presence on body mass in captive greenfinches. *Animal Behaviour*, 53(1), 75-81. doi: <https://doi.org/10.1006/anbe.1996.0279>.
- Loye, J. & Zuk, M. (1991). *Bird-Parasite Interactions: ecology, evolution, and behaviour*. EUA: Oxford Ornithology Series.
- Luck, G., Lavorel, S., McIntyre, S. & Lumb, K. (2012). Improving the application of vertebrate trait-based frameworks to the study of ecosystem services. *Journal of Animal Ecology*, 85(5), 1065-1076. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.01974.x>.
- Møller, A. (1988). Badge size in the house sparrow *Passer domesticus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 22(5), 373-378. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00295107>.
- Mönkkönen, M. (1995). Do migrant birds have more pointed wings?: A comparative study. *Evolutionary Ecology*, 9(5), 520-528. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01237833>.
- NCSS (2018). *Statistical Software*. Kaysville, Utah, E.U.A.

- Nielsen, B. (1993). Age dependent variation in wing length of Bearded Tits *Panurus biarmicus*. *Ornis Svecica*, 3(1), 117-124.
- NOM-059-SEMANAT-2010 (2010). Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Pascual, J. and Senar, J. (1996). What are different biometric measures of avian body size measuring?. *Butlletí del Grup Català d'Anellament*, 13(1), 1-8.
- Pehrsson, O. (1987). Effects of body condition on molting in Mallards. *The Condor*, 89(2), 329-339.
- Petrie, M. (1988). Intraspecific variation in structures that display competitive ability: large animals invest relatively more. *Animal Behaviour*, 36(4), 1174-1179. doi: [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(88\)80076-9](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(88)80076-9).
- Piersma, T. & Davidson, N. (1991). Confusions of mass and size. *The Auk*, 108, 441-444.
- Pirela, D., Urdaneta, A., Chacín, M., Casler, C. & Rincón, J. (2009). Composición de las comunidades de aves en la cuenca baja del río Catatumbo, Estado Zulia Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 43(3), 377-396.
- Proctor, N. & Lynch, P. (1998). *Manual of Ornithology: Avian Structure and Function*. Yale University Press, EUA.
- Pyle, P. (1997). *Identification Guide to North America Birds. Part I: Columbidae to Ploceidae*. State Creek Press, USA.
- Richards, C., Muth, N., Bossdorf, O. & Gurevitch, J. (2006). Jack of all trades, master of some? On the role of phenotypic plasticity in plant invasions. *Ecology Letters*, 9(8), 981-983. doi: [10.1111/j.1461-0248.2006.00950.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00950.x).
- Rocha, G. & Hidalgo de Turcios, S. (2002). The spread of the Collared Dove *Streptopelia decaocto* in Europe: colonization patterns in the west of the Iberian Peninsula. *Bird Study*, 49(1), 11-16. doi: [10.1080/00063650209461239](https://doi.org/10.1080/00063650209461239).
- Senar, J., Borrás, A., Cabrera, J. & Cabrera, T. B. M. (2006). Local differentiation in the presence of gene flow in the citril finch *Serinus citrinella*. *Biology Letters*, 22(2), 85-87. doi: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2005.0412>.
- Thomas, A. (1996). Why do Birds have Tails? The Tail as a Drag Reducing Flap, and Trim Control. *Journal of Theoretical Biology*, 183(3), 247-253. doi: <https://doi.org/10.1006/jtbi.1996.0218>.
- Tinajero, R. & Rodríguez, R. (2014). Incremento en la distribución y primer registro de anidación de la paloma de collar (*Streptopelia decaocto*) en la península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(3), 898-909. doi: <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.38518>.
- Williamson, M. & Fitter, A. (1996). The Varying Success of Invaders. *Ecology*, 77(6), 1661-1666. doi: [10.2307/2265769](https://doi.org/10.2307/2265769).
- Zicus, M. & Riggs, M. (1996). Change in body mass of female common goldeneyes during nesting and brood rearing. *The Wilson Journal of Ornithology*, 108(1), 61-71.



Select cuts of carcass of crossed katahdin × pelibuey lambs fed with *Medicago sativa* L.

Cortes selectos de la canal de corderos cruzados katahdín × pelibuey alimentados con *Medicago sativa* L.

Cantón-Castillo, José J.^{1*}; Alcaraz-Romero, Rosendo A.¹; Domínguez-Rebolledo, Álvaro E.¹; Quintal-Franco, Jorge A.¹; Piña-Cárdenas, Benjamín A.²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Mocochoá. Antigua Carretera Mérida-Motul km 25, Mérida, Yucatán, México. C. P. 97454.

²Campo Experimental La Posta. Carretera Federal Veracruz-Córdoba km 22.5. Paso del Toro. Medellín, Veracruz, México. C. P. 94277.

*Autor para correspondencia: gcanton.javier@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of alfalfa (*Medicago sativa* L.) forage (AF) in diet and sex on yield of select cuts of crossed (F1) Katahdin × Pelibuey lambs (Kt × Pb).

Design/methodology/approach: Thirty-four male and twenty-one female lambs were distributed in a completely randomized design with 2 × 2 factorial arrangement: two diets (with and without AF) and two sexes (male and female).

Results: No significant effect of diet on select cuts of carcass was detected ($P > 0.05$). Male lambs had a greatest live weight (LW) at slaughter, hot carcass weight and yield of select cuts, though the female lambs had a higher weight of Rack ($P \leq 0.01$; $P \leq 0.05$). The effect of the diet was independent of the type of sex of the lambs in all the variables evaluated ($P > 0.05$).

Limitations on study/implications: In Mexico there are more farms and companies that are interested in the market of lamb cuts, because they have a great potential for developing. However, it is necessary to establish its characteristics and differentiate the quality standers that market demands.

Findings/conclusions: Lambs fed with alfalfa forage have a yield of selected cuts of carcass similar to those that received concentrated feed, so it is possible to obtain meat cuts of excellent characteristics, using diets with good quality forage, like alfalfa.

Keywords: Lambs, alfalfa, yield, select cuts.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto del forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (FA) en la dieta y el sexo sobre el rendimiento de cortes selectos de corderos cruzados (F1) Katahdín × Pelibuey (Kt × Pb).

Diseño/metodología/aproximación: Treinta y cuatro corderos machos y veintiuna hembras fueron distribuidos mediante un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 × 2: dos dietas (con y sin FA) y dos sexos (Machos y Hembras).

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 10, octubre, 2019, pp. 37-40.

Recibido: abril, 2019. **Aceptado:** septiembre, 2019.

Resultados: No se encontró un efecto significativo de la dieta sobre los cortes selectos de la canal de corderos ($P > 0.05$). Los corderos machos tuvieron un mayor peso vivo (PV), peso de la canal caliente (CC) y un rendimiento superior en la mayoría de los cortes selectos, a excepción del corte Rack (Costillar), en el cual las hembras registraron un mayor peso ($P \leq 0.01$; $P \leq 0.05$). El efecto de la dieta se mostró independiente del tipo de sexo de los corderos en todas las variables evaluadas ($P > 0.05$).

Limitaciones del estudio/implicaciones: En México son cada vez más las explotaciones y empresas que se interesan en el mercado de cortes de cordero, debido a que tienen un gran potencial para desarrollarse. Sin embargo, es necesario establecer sus características y diferenciar sus estándares de calidad que el mercado demanda.

Hallazgos/conclusiones: Los corderos alimentados con dietas a base de forraje de Alfalfa tienen un rendimiento de cortes selectos de la canal similar a los que recibieron alimento concentrado, por lo que es posible obtener cortes finos de excelentes características, utilizando dietas con forrajes de buena calidad, como la alfalfa.

Palabras clave: Corderos, alfalfa, rendimiento, cortes selectos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en México no existe una clasificación oficial de la percepción de los productos cárnicos consumidos. Sin embargo; son cada vez más las explotaciones y empresas que se interesan en el mercado de cortes selectos de cordero ya que éste tiene un gran potencial para desarrollarse, por lo que es necesario que los productores, transformadores y comercializadores, tengan una idea clara de cuáles son los cortes que el mercado demanda, con el objeto de identificar y diferenciar aquellos que tengan demanda en nichos muy específicos, diferentes al de la barbacoa.

México ha sido deficitario en carne de ovino, recurriendo a las importaciones para complementar el abasto, las cuales para el año 2000 ascendieron a 44,666 toneladas. Sin embargo, con el incremento de la producción

nacional en los últimos años, la entrada de carne se ha estado reduciendo paulatinamente, de tal manera que para el año 2011 se introdujeron solamente 10,613 toneladas (FAO STAT, 2015).

Los sistemas empresariales de ovinos en el país consideran la utilización de razas Pelibuey y Blackbelly principalmente como razas maternas y animales de lana o importadas como razas paternas. Se ha señalado que la principal desventaja de los ovinos de pelo en su fase de crecimiento y finalización, es que presentan un moderado potencial productivo (Velázquez *et al.*, 1993). En los últimos años han hecho su aparición nuevas razas, tales como la Dorper y Katahdín, por lo que se encuentran difundidas como genotipos puros y/o cruzados en los rebaños nacionales (Macías *et al.*, 2010; Vázquez *et al.*, 2011). Los resultados obtenidos con estas dos razas han mostrado avances importantes. No obstante, de acuerdo a los reportes obtenidos recientemente por Cantón *et al.* (2014) y Piña *et al.* (2014), todavía se mantiene un déficit en cuanto a las características y calidad de la canal para satisfacer las necesidades de consumo interno y competir con la de productos importados. El presente trabajo evaluó el rendimiento de cortes selectos de la canal de corderos cruzados (F1) Katahdín × Pelibuey alimentados con dietas a base de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 34 corderos machos enteros y 21 hembras Katahdín × Pelibuey, con un peso vivo (PV) inicial promedio \pm desviación estándar (DE) de 14.9 ± 2.9 y 13.4 ± 3.2 kg, respectivamente. Los animales se distribuyeron con base a su PV y sexo, utilizando un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 2×2 (Montgomery, 2004). Los factores a evaluar fueron: dos dietas, con y sin forraje de alfalfa (Cuadro 1); dos sexos, machos y hembras. Cada repetición consistió en un animal instalado en una corraleta, provista de área de sombra, bebedero y comedero. Los animales se alimentaron a libertad, recibieron una mezcla de minerales traza a libre consumo, y tuvieron un período de adaptación a las dietas y corraletas de 14 días y, se pesaron previo ayuno de 16 h cada 14 días hasta el final del período de mediciones, el cual tuvo una duración de 90 días. Al finalizar la prueba todos los corderos se sacrificaron, previo ayuno de 16 h, de acuerdo a la norma oficial Mexicana establecida para el sacrificio de animales domésticos y silvestres (NOM-033-SAG/ZOO-2014). Se cortó la cabeza a la altura de la articulación

occisito-atloidea y, la piel, las patas, partes de la cavidad torácica y contenido de la cavidad abdominal y pélvica fueron removidos para dejar libre a la canal. Se registró el peso de la CC y se mantuvo en refrigeración a 4 °C durante 24 h, posteriormente, se dividió en tres secciones (tercio delantero, medio y trasero) para obtener los siguientes cortes selectos: Espaldilla, Chamorro (antebrazo), Chamorro Francés (antebrazo libre de tejido a la altura de la unión de la rodilla), Rack (Parte alta del costillar), Rack Francés (Costillar libre de tejido), Costilla tipo Denver (parte baja del costillar), Lomo sin hueso y Pierna sin hueso. Los resultados se analizaron usando un modelo lineal (GLM) de efectos fijos, que incluyeron el efecto de la dieta y sexo, a través de los procedimientos del SAS (SAS Inst. Inc., 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 presenta los resultados del efecto del tipo de dieta sobre los cortes selectos de la canal de los corderos, en donde no se observan diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas ($P > 0.05$). Los animales de ambos tratamientos registraron en promedio un PV al sacrificio de 39.0 ± 0.3 kg y peso de la CC de 19.6 ± 0.2 kg. Se ha reportado que el nivel de alimentación afecta la mayoría de las características de la canal, debido a que una alta concentración de energía en la dieta se refleja en una mayor deposición de tejido muscular y adiposo, así como de crecimiento de los diferentes órganos (McLeod y Baldwin, 2000; Cantón et al., 2009). Es importante mencionar que en este experimento las dietas tuvieron cantidades similares de energía, lo cual explica las pocas variaciones encontradas en los cortes de la canal.

Cuadro 2. Efecto del forraje de alfalfa en la dieta sobre el rendimiento de cortes selectos de la canal de corderos.

	Dieta		Valor P	EEM
	Con alfalfa	Sin alfalfa		
Peso vivo al sacrificio (kg)	39.67	38.80	0.808	0.342
Peso canal caliente (kg)	19.73	19.42	0.871	0.206
Espaldilla (kg)	2.118	2.071	0.494	0.040
Chamorro (kg)	0.664	0.789	0.166	0.048
Chamorro francés (kg)	0.480	0.494	0.507	0.011
Rack (kg)	0.929	0.924	0.889	0.016
Rack francés (kg)	0.564	0.554	0.733	0.014
Denver (kg)	0.601	0.573	0.614	0.029
Lomo sin hueso (kg)	0.317	0.327	0.544	0.009
Pierna sin hueso (kg)	1.457	1.464	0.885	0.024

E.E.M. = error estándar de la media.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales (% BS).

Ingredientes	Con alfalfa	Sin alfalfa
Heno de alfalfa ^a	23.00	---
Sorgo molido (<i>Sorghum</i> sp.)	46.62	48.24
Canola (<i>Brassica napus</i> L.)	10.12	11.00
Salvado de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	5.00	12.00
Cascarilla de soya (<i>Glycine max</i> L.)	5.00	14.00
Melaza de caña (<i>Saccharum</i> spp.)	5.00	5.00
Pasta de soya (<i>Glycine max</i> L.)	---	3.85
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	1.93	2.80
Aditivos nutricionales	0.84	0.84
Sal común (NaCl)	0.80	0.80
Urea (CH ₄ N ₂ O)	0.80	0.80
Bicarbonato de sodio (NaHCO ₃)	0.40	0.40
Sulfato de amonio ((NH ₄) ₂ SO ₄)	0.15	0.15
Minerales traza	0.28	0.43
Vitaminas ADE	0.06	0.06
	100.00	100.00
Composición química		
Materia Seca (%)	88.40	89.84
Proteína Cruda (%)	15.70	16.40
EM (Mcal/kg M ^S) ^b	2.71	2.68

^a Contenido de Proteína cruda del heno de alfalfa = 18.7%

^b Estimado con base al NRC (1985).

Se observó un efecto significativo atribuible al tipo de sexo sobre los cortes selectos de la canal (Cuadro 3). Los machos registraron un mayor PV y peso de la CC, así como también tuvieron un mayor peso de los cortes Espaldilla, Chamorro, Chamorro francés, Denver, Lomo sin hueso y Pierna sin hueso, a excepción del corte Rack, en el cual las hembras obtuvieron un mayor rendimiento ($P \leq 0.01$; $P \leq 0.05$). Estos resultados concuerdan con los reportados por Macías et al. (2010) y Jaborek et al. (2018), quienes observaron un mayor peso de la canal en corderos machos. Sin embargo, Macías et al. (2010) no encontraron diferencias en el rendimiento de cortes primarios y cantidad grasa dorsal de corderos Kt x Pb de ambos sexos. El mayor peso del corte Rack en las hembras, puede ser debido a que depositan una mayor cantidad de grasa en esta región (Santos et al., 200; Cantón et al., 2014). No se encontraron diferencias significativas atribuible

al sexo sobre el peso del Rack francés y Pierna sin hueso ($P > 0.05$). Es probable que las pocas diferencias encontradas en el peso de la pierna, se deba a que las hembras tienden a fijar una mayor cantidad de grasa muscular (Bradford, 2002). El efecto de la dieta se mostró independiente del tipo de sexo de los corderos en todas las variables evaluadas ($P > 0.05$).

CONCLUSIONES

Los corderos alimentados con dietas a base de forraje de alfalfa mostraron un rendimiento de cortes selectos de la canal similar a los que recibieron alimento concentrado, por lo que es posible obtener cortes finos de excelentes características, utilizando dietas con forrajes como la alfalfa. Los corderos machos presentaron un rendimiento superior de cortes selectos y las hembras registraron un mayor peso del corte Rack.

LITERATURA CITADA

Bradford, G.E. (2002). Relationships among traits: growth rate, mature size, carcass composition and reproduction. *Sheep and Goat Research Journal*, 17, 38-41.

Canton, C.J., Bores Q.R., Baeza, R.J., Qunital F.J., Santos R.R., & Sandoval C.C. (2009). Growth and Feed Efficiency of Pure and F1 Pelibuey Lambs Crossbred with Specialized Breeds for Production of Meat. *Jornal of Animal and Veterinary Advance*, 8(1), 26-32.

Cantón, J.G., Alcaráz R.A., Domínguez A.E., Quintal J.A., Rojas O., & Piña B.A. (2014). AMPA y VII Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles. pp: 245-249.

FAOSTAT. 2015. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Cultivos y productos de ganadería. Comercio de Exportaciones e Importaciones. Clasificación por País. <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/E>. (consulta 17 de febrero del 2019).

Jaborek, J.R., Zerby, H.N., Moeller, S.J., & Fluharty, F.L. (2018). Effect of energy source and level, and sex on growth, performance and carcass characteristics of long-fed lambs. *Small Ruminant Research*, 167, 61-69.

Macías, C.U., Álvarez, V.F., Rodríguez G.J., Correa, C.A., Torrentera, O.N., Molina, R.L., & Avendaño R.L. (2010). Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Archivos de Medicina Veterinaria* 42, 147-154.

Cuadro 3. Efecto del sexo sobre el rendimiento de cortes selectos de la canal de corderos.

	Sexo		Valor P	EEM
	Machos	Hembras		
Peso vivo al sacrificio (kg)	40.25a	37.76b	0.002	0.304
Peso canal caliente (kg)	20.05a	18.88b	0.004	0.206
Espaldilla (kg)	2.230a	1.908b	0.0001	0.040
Chamorro (kg)	0.846a	0.584b	0.004	0.048
Chamorro francés (kg)	0.516a	0.458b	0.006	0.011
Rack (kg)	0.899a	0.963b	0.048	0.016
Rack francés (kg)	0.551	0.568	0.556	0.014
Denver (kg)	0.648a	0.502b	0.013	0.029
Lomo sin hueso (kg)	0.346a	0.289b	0.001	0.009
Pierna sin hueso (kg)	1.487	1.434	0.252	0.024

Literales distintas en el mismo renglón indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$; $P \leq 0.01$). E.E.M. = error estándar de la media.

McLeod, K., & Baldwin, R. (2000). Effects of diet forage: Concentrate ratio and metabolizable energy intake on isolated rumen epithelial cell metabolism *in vitro*. *Journal of Animal Science*, 78, 771-783.

Montgomery D.C. (2004). Diseños y Análisis de Experimentos. 2ª ed. Edit. Limusa, México. 686 p.

Norma oficial mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014. (2014). Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015.

NRC. (1985). Nutrient Requirement of Sheep, NRC, 1985.

Piña, C.B., Vinay, V., Cantón J.G., Cruz, L.C., Martínez, L.J., Hernández, S.A., & Hernández, B.J., (2014). Clasificación de la canal de corderos Dorper Blanco/Pelibuey engordados en un sistema intensivo en el trópico húmedo. XVIII Congreso Internacional de Ovinocultura. Puebla, México. pp: 111-115.

Santos, V., Silva, S., & Azevedo, J. (2008). Carcass composition and meat quality of equally mature kids and lambs. *Journal of Animal Science*, 86(8), 1943-1950.

S.A.S. Institute Inc. (2003). SAS/STAT user's Guide. Version 6. Fourth Edition. Vol. 1. Cary, NC.

Vázquez, S.M., Partida D.A., Rubio L.M., & Medina M.D. (2011). Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas Productive performance and carcass characteristics in lambs from crosses between Katahdin ewes and rams from four specialized meat breeds. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(3), 247-258.

Velázquez M.A., Quintal F.J., Heredia A.M. (1993). Evaluación de las razas ovinas Pelibuey y Blackbelly. II. Fertilidad y productividad de las hembras. (Resumen). *Memorias de la reunión anual de investigación pecuaria en México*. Guadalajara, Jalisco. 78.

Beef cattle production with animal welfare

Producción de ganado bovino de carne con bienestar animal

Rosas-Valencia, Uriel¹, Ortega-Cerrilla, María Esther^{1*}, Pérez Rodríguez, Paulino¹, Ayala Rodríguez, Julio M.¹, Aranda Osorio, Gilberto², Sánchez Torres-Esqueda, María Teresa¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ²Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. Carretera México- Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: meoc@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To review several factors related to animal welfare which affect beef cattle productivity and meat quality.

Approach: The human population increase has risen the demand for animal products. Therefore it has been necessary to produce them in an intensive way, without considering animal welfare. Nowadays beef cattle producers are aware of the different factors that affect animal welfare, such as nutrition, environmental conditions, housing, handling, diseases, transportation, and slaughter; because national and international markets demand animal products in which animal welfare has been taken into account, are innocuous and have high quality for the final consumer.

Keywords: Animal welfare, meat quality, beef cattle, production.

RESUMEN

Objetivo: Revisar diferentes factores relacionados con bienestar animal que afectan la producción y calidad de carne en bovinos.

Aproximación: El aumento de la población mundial ha incrementado la demanda de productos de origen animal, siendo necesario producirlos en forma intensiva, sin tomar en cuenta el bienestar animal. Actualmente los productores de ganado para carne están cada vez más conscientes de los diferentes factores que afectan el bienestar como son la nutrición, condiciones ambientales, instalaciones, manejo, enfermedades, transporte y sacrificio, ya que los mercados nacionales e internacionales demandan productos obtenidos bajo normas de bienestar animal, garantizando productos cárnicos inocuos y de alta calidad para los consumidores finales.

Palabras clave: Bienestar animal, calidad de carne, ganado bovino, producción.



INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional demanda cada día mayor cantidad de productos cárnicos. En 2017 la producción mundial de carne de bovino fue de 61.3 millones de toneladas (FIRA, 2017). Sin embargo, en ocasiones estos productos no cumplen normas de buenas prácticas de manejo animal en la cadena de producción, y en consecuencia el consumidor ejerce más presión, exigiendo conocer aspectos relativos a la trazabilidad de productos con "calidad ética" (Gallo, 2009), y obtenidos bajo un programa de bienestar animal. La ganadería de carne incluye una variada gama de sistemas de producción, que se deben estandarizar incluyendo el bienestar animal. El bienestar animal tiene sus bases en las cinco libertades propuestas por el comité Brambell (1965), el cual establece garantizar las necesidades básicas de las especies con algún fin zootécnico incluyendo el trato en la última etapa de su vida (Broom, 2011), mejorando el estado sanitario que permita reducir enfermedades como brucelosis y parasitosis, entre otras (Torres *et al.*, 2014). Las pérdidas económicas que se presentan por un manejo deficiente son cuantiosas. Por ejemplo, para el productor la pérdida económica por cortes oscuros presentes en la carne de bovino puede llegar a ser de 88.58 dólares (Leyva *et al.*, 2012). Decara *et al.* (2007) reportan en Brasil pérdidas totales por 144 millones de dólares anuales. Las lesiones y contusiones que presenta la canal son objeto de penalizaciones y decomisos. La frecuencia de defectos físicos por regiones anatómicas y su impacto económico en toros provenientes de Brasil, Colombia y Venezuela, representan pérdidas por \$1,038.35, \$834.47 y \$755.09 de dólares respectivamente (Pargas *et al.*, 2014). Debido a esto se deben mejorar los planes de trabajo en las unidades de producción que involucren el manejo y también las condiciones laborales con el objetivo de ser más eficientes y competitivos en los mercados nacionales e internacionales que demandan productos de origen animal bajo un manejo de bienestar. El objetivo de esta revisión es conocer los alcances y beneficios de implementar el bienestar animal en la producción de ganado bovino de carne ante la demanda de los mercados nacionales e internacionales que exigen carne de calidad para el consumidor.

El bienestar animal en ganado bovino

En la actualidad la globalización nos permite estandarizar procesos productivos, de transporte y sacrificio con la finalidad de reducir mermas debido a un manejo inadecuado en cualquiera de estas etapas. La gran deman-

da de productos cárnicos a la que se encuentra sometida la industria de la carne obliga a los productores a ser más eficientes y aplicar medidas o protocolos que permitan un mejor desarrollo de la especie basado en un bienestar adecuado; estas prácticas reducen las pérdidas económicas (Parra *et al.*, 2017). Por otra parte, los consumidores cada vez se involucran más en el tema del bienestar animal, buscando productos inocuos y de calidad. El dar un trato digno a los animales en las unidades de producción se ha convertido en una meta constante. Por ejemplo, el reporte del Profesor Brambell (1965) menciona algunas recomendaciones que comprenden las bases del bienestar animal en ganado bovino, como son espacio disponible, facilidad de movimiento, tipo de cama, alimentación adecuada, y suministro de agua. Con la finalidad de asegurar y evaluar el bienestar animal se desarrolló el protocolo Welfare Quality[®], (2009) para ganado bovino, el cual tiene como objetivo promover el bienestar y garantizar su eficaz aplicación mediante medidas basadas en el animal y en el ambiente (Manteca *et al.*, 2012), por lo cual, la integración entre la sociedad y comunidad científica promueve y fortalece las mejoras en la normatividad y reglamentos que permiten garantizar el bienestar en confinamiento. La definición más actualizada de bienestar animal según Manteca y Salas (2015), es la que propone la Organización Mundial de la Salud Animal (OIE, 2018): "un animal se encuentra en un estado satisfactorio de bienestar cuando está sano, confortable, bien alimentado, puede expresar su comportamiento innato, no sufre dolor, miedo o distres". Sin embargo, diversos factores afectan el bienestar animal durante las diferentes etapas de producción, como son instalaciones, nutrición, manejo, transporte y sacrificio.

Instalaciones

La engorda en corral (feedlot) surgió en la década de 1950 en Estados Unidos ante la necesidad de aumentar la producción (Odeón y Romera, 2017). El confinamiento reduce la expresión de la conducta normal, por lo que el sistema de confinamiento debería ser adaptado a las necesidades de la especie para evitar la presencia de estímulos negativos que afecten las respuestas fisiológicas y conductuales, lo que provoca problemas de salud. El diseño de las instalaciones debe tener por objetivo proporcionar las condiciones adecuadas para desarrollar una conducta normal y por consecuencia disminuir la incidencia de accidentes y enfermedades mejorando los parámetros productivos. Dentro de los corrales se debe considerar el confort para el animal tomando en cuenta la facilidad para su limpieza. Las recomendaciones para

colocación de bebederos, el flujo de agua, ya que garantiza la disponibilidad del líquido y su consumo. Otro punto importante está relacionado con las dimensiones que se recomiendan para un comedero tipo canoa; para animales jóvenes se destinan 45 cm y para animales de talla grande se requiere 75 cm lineales por animal (INI-FAP, 2014). El tipo de piso provoca lesiones en patas e incluso fracturas de extremidades, debido a los resbalones cuando los animales huyen para evitar una confrontación o monta. La OIE (2018) recomienda que animales de un grupo deben disponer de espacio suficiente para echarse al mismo tiempo, tomando en cuenta las pendientes de los corrales que deberán permitir evacuar el agua y evitar su acumulación. El medio ambiente juega un papel importante en el confort de los animales como parte de su bienestar. La humedad relativa, la radiación solar, la pluviosidad y orientación son de suma importancia debido a que pueden afectar la producción y el desempeño productivo del ganado bovino de carne.

Manejo

Tradicionalmente los bovinos han sido manejados como objetos inanimados, lo que ha hecho creer que los animales no tienen emociones y carecen de la capacidad de reconocer o recordar experiencias. Sin embargo, poseen estructuras nerviosas, conexiones y receptores necesarios para reaccionar a un estímulo agradable o agresivo y tienen memoria (Fernández et al., 2017). Actualmente estudios científicos demuestran que los animales tienen un estado emocional, el cual supone la ausencia o presencia de emociones tanto negativas como positivas (Manteca y Salas, 2015), beneficiando o perjudicando la producción debido a la capacidad de recordar experiencias y reconocer al personal que los maneja (Weary y Braithwaite, 2017). Afortunadamente el manejo animal está cambiando por una conducción en silencio usando la distancia de fuga, evitando el uso de arreadores eléctricos, palos y tubos. Las prácticas de manejo como es el castrado, descornado o la aplicación de medicamentos puede provocar estrés, infecciones o abscesos, por tal motivo se recomienda realizarlas en terneros menores a dos meses de edad (Mainau et al., 2012), y empleando medicamentos e instrumental adecuado y en condiciones de higiene. El bienestar animal por sí solo no puede ser llevado a cabo si no se involu-



cra al personal que participa en la cadena productiva; teniendo en cuenta que los cambios se consiguen con capacitación permanente mejorando la empatía del personal. Este adiestramiento debe atender el bienestar del personal y considerar elementos de recompensa, como incentivos financieros y reconocimiento al desempeño (Sikula, 1982), mejorando así la productividad de la empresa.

Alimentación

La alimentación debe cubrir los requerimientos nutricionales para cada etapa productiva, para permitir la máxima expresión de la genética animal. Se deben tomar en cuenta las características nutricionales para el bovino de tal forma que se asegure un adecuado balance nutricional, debido que los requerimientos nutricionales para el ganado están influenciados por factores propios del animal y de las exigencias del sistema de producción (Ramírez, 2013). Una relación equilibrada permite llevar a cabo el mantenimiento, desarrollo y finalización de los animales (Soto y Reynoso, 2012; Allende et al., 2000). El manejo nutricional permite tener raciones económicas, lo que favorece la rentabilidad empresarial, o con insumos que ayuden a maximizar la respuesta animal. Por lo tanto, se buscan alternativas alimenticias que favorezcan el rendimiento óptimo del ganado y garanticen la inocuidad de la carne (Herrera et al., 2016), sin afectar la palatabilidad de la dieta.

Transporte

El desplazamiento de animales se da por diferentes motivos, incluyendo transporte a los mataderos y pueden ser transportados a pie, en camión, tren, por barco o avión. Con la urbanización el transporte por carretera y por ferrocarril es el más utilizado (FAO, 2001). El acopio y transporte de ganado puede llegar a ser un evento traumático, que puede provocar fracturas o incluso la muerte, que dependerán en su magnitud de los tiempos y distancias recorridas, condiciones climáticas y condiciones de los caminos (Román et al., 2012). El transporte afecta la calidad de la carne y la salud animal, generando pérdidas económicas comprometiendo la producción.

Cuando se inician los preparativos para llevar a cabo el acopio de animales, éstos se enfrentan a un manejo agresivo, comenzando por el arreo desde los potreros hacia los corrales (Gallo, 2016), además de intensificar el uso de dispositivos eléctricos (chicharras), gritos, silbidos y golpes, provocando estrés en los animales. Por otra parte, el mal manejo durante el transporte puede ocasionar pérdidas económicas relacionadas con decomisos por contusiones de diferente grado, mortalidad y alteración de las variables organolépticas de la carne (Romero *et al.*, 2012b). Una consecuencia secundaria es el daño causado en pie, la cual puede tener un costo de recuperación para el productor y para la industria del calzado y del vestido, entre otras. En un informe publicado en Argentina por IPCVA (2006), se estima que las pérdidas económicas por magulladuras y cortes oscuros son de cerca de 25 dólares por animal. La carga de los animales se debe llevar a cabo por personal capacitado y con los elementos de arreo adecuados como son banderolas que se vuelven una extensión del trabajador y facilitan el manejo. Durante el traslado de los bovinos se deben tomar en cuenta las condiciones climáticas, geográficas, densidad de carga, tipo de transporte y contar con un operador que haya recibido capacitación para el traslado y manejo de animales. De acuerdo con Romero *et al.* (2011), sólo el 4.1 % de 194 transportistas había recibido capacitación específica sobre el manejo y transporte de animales, y sólo el 20.6 % de los vehículos eran utilizados exclusivamente para dicha actividad. Las características que debe cumplir un vehículo para realizar un transporte adecuado son contar con pisos anti-derrapantes, la puerta del vehículo debe funcionar como rampa y contar con protecciones laterales, permitir una ventilación correcta, por último se debe manejar a una velocidad recomendada de entre 70 y 80 km h⁻¹ si las condiciones del camino así lo permiten (Sánchez y Flores, 2006). Otra alternativa que se ha implementado para reducir el número de bovinos lastimados durante el transporte es mediante el sistema de recompensas y castigos económicos para el operador tomando en cuenta que la mayor pérdida de peso vivo. El mayor número de contusiones y caídas se da a las 24 h de transporte (Gallo y Tadich, 2005). Como consecuencia del manejo previo se presentan alteraciones en la calidad de la carne, que modifican sus características, con lo cual se presenta el fenómeno que se conoce como cortes oscuros. El estrés previo a la matanza provoca consumo excesivo de glucógeno muscular, reduciendo la formación de ácido láctico en el músculo postmortem e impidiendo con ello el descenso del pH en este período, que en lugar de al-

canzar un pH de 5.4-5.7, permanece sobre 5.8 (Gallo y Tadich, 2008).

Sacrificio

La etapa final de la engorda se da al alcanzar el peso necesario para el sacrificio. Durante el manejo previo al sacrificio, los bovinos son expuestos a malas prácticas de conducción, además de condiciones ambientales como lluvia, calor o frío, vientos, etc. (Romero *et al.*, 2014). Al iniciar esta etapa los animales se enfrentan a un ambiente nuevo con olores diferentes, ruidos extraños y personas distintas. Durante el tiempo de traslado los bovinos no son alimentados ni hidratados, al llegar a la planta de sacrificio son concentrados en corrales de recepción para una inspección física (Norma Oficial Mexicana NOM-099-Z00-1994). El ambiente interno de los corrales de recepción debe contar con libre acceso al agua, disponibilidad de alimento y medidas sanitarias adecuadas (Córdova y Villa, 2013), con la finalidad de que los animales se hidraten y descansen. El objetivo del sacrificio se resume a la pérdida de la conciencia total sin presentar signos de retorno a ésta. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM -033-Z00-1995, todos los animales de abasto llevados al cajón de sacrificio deben ser sacrificados humanitariamente; cuando los animales son insensibilizados correctamente, pasan por dos fases llamadas tónica y clónica (Méndez *et al.*, 2013). Se recomienda que después del disparo para provocar el aturdimiento se debe dar el sangrado en los siguientes 60 segundos como lo menciona HSA (2006), con la finalidad de no recuperar la conciencia. La efectividad en la aplicación del disparo y la mejora de los indicadores de bienestar animal se pueden optimizar mediante un programa de mantenimiento preventivo del equipo y una capacitación del personal (Pérez *et al.*, 2015). Para tener un sacrificio aceptable se deben cumplir parámetros establecidos por el comité ético del bienestar animal (Grandin, 2010), donde se exigen <3% para vocalizaciones y <25% para la aplicación de picana eléctrica en el cajón de aturdimiento, para mantener la eficiencia de disparo se debe contemplar un rol de personal noqueador (Gallo, 2017). El estrés durante esta etapa da como resultado problemas de pH en la canal, y esta alteración afecta las características de la carne como sabor, olor, color y textura (Arias y Hernández, 2016) y ocasiona cortes oscuros debido a que se agotan las reservas de glucógeno muscular en el animal vivo presentando un pH mayor a 6.4 reduciendo la vida de anaquel de la carne y siendo un riesgo sanitario para el consumidor (Romero *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

El bienestar animal es un concepto que ha sido establecido con la finalidad de dar las condiciones adecuadas a los animales, minimizar el sufrimiento que se genera en confinamiento y lograr una producción óptima que permita ser competitivos en los mercado actual de productos cárnicos. La implementación del bienestar animal en las unidades de producción animal debe considerar la capacitación del personal, lo que permitirá conocer la conducta de los bovinos, reducir el índice de accidentes, además de identificar puntos críticos que reducen el bienestar generando pérdidas económicas durante las diferentes etapas de producción obteniendo productos de calidad ética para el consumidor final bajo normas de bienestar animal.

LITERATURA CITADA

- Allende, R., Aguilar, C. & García, F. (2000). Modelo de simulación para estimar la ganancia de peso en novillos en praderas naturales de la IX región de Chile. Proceedings de la XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal. III Congreso Uruguayo de Producción Animal.
- Arias, S. & Hernández, P. (2016). Importancia de implementar el bienestar animal durante embarque y desembarque de bovinos. *Revista de investigación, Agraria y Ambiental*. 7(2):1-4. DOI: 10.22490/21456453.1625
- Brambell, R. (1965). Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals Kept under Intensive Livestock Husbandry Systems. Parliament by the Secretary of State for Scotland and the Minister of Agriculture, Fisheries and Food by Command of her Majesty, 1-84.
- Broom, D. (2011). Bienestar animal: conceptos, métodos de estudio e indicadores. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 24 (3): 306-321.
- Córdova, A. & Villa, A. (2013). Importancia del bienestar animal en las unidades de producción. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/303967330>
- Decara, L., Sandoval, G. & Funes, C. (2007). Calidad de la carne bovina y bienestar animal en el sur de la provincia de Córdoba. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 8(12B): 1-17.
- FAO (Organización de las naciones unidad para la Alimentación). (2001). Directrices para el manejo, transporte y sacrificio humanitario del ganado. Recuperado de <http://www.fao.org/3/x6909s/x6909s00.htm#Contents>
- FIRA (Fidecomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). (2017). Panorama Agroalimentario. Carne de bovino 2017. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200639/Panorama_AgroalimentarioCarne_de_bovino_2017__1_.pdf
- Fernández, C., Blas, F., Cervera, F., Fernández, M., Jóver, C. & Pascual, A. (2017). Datos sobre conducta y bienestar de los animales en granja. España: Universitat Politècnica de Valencia.
- Gallo, C. & Tadich, N. (2005). Transporte terrestre de bovinos: Efectos sobre el bienestar animal y la calidad de carne. *Agro-Ciencia*. 21 (2): 37-49.
- Gallo, C. & Tadich, B. (2008). Bienestar animal y calidad de carne durante los manejos previos al faenamiento en bovinos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, IX (10B). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617111001>
- Gallo, C. (2009). Bienestar animal y buenas prácticas de manejo animal relacionadas con la calidad de la carne. En: *Introducción a la ciencia de la carne*, capítulo 13. Editado por Gianni Bianchi y Oscar Feed, 1ª ed. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay, pp 455-494.
- Gallo, Carmen. (2016). Transporte y reposo previos al sacrificio en bovinos y su relación con la calidad de la carne. En *Bienestar Animal* (213-229). España: Elsevier.
- Gallo, C. (2017). Bienestar animal para el manejo de bovino en predios, ferias, medios de transporte y plantas faenadoras. Guía técnica de buenas prácticas. 5-47. Recuperado de <http://www.faanacar.cl/wp-content/uploads/2017/11/Guia-de-Buenas-Pr%C3%A1cticas.pdf>
- Grandin, T. (2010). Recommended animal handling guidelines audit guide: A systematic approach to animal welfare. Recuperado <http://www.animalhandling.org/ht/a/GetDocumentAction/i/58425>.
- Herrera, C., Ortiz, M., Torres, H., Carreón, C., Estrada, E. & Calderón, L. (2016). Rendimiento productivo y calidad de la canal de becerros alimentados con un precursor glucogénico. *Abanico Veterinario*. 6(1): 13-21.
- HSA (Humane Slaughter Association). (2006). Insensibilización de Ganado con pistola neumática de perno cautivo. *Wheathampstead, UK*. pp 3-13.
- Huertas, C. & Gil, R. (2008). Caracterización del transporte terrestre de bovinos hacia plantas de faena en Uruguay. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 9 (10): 1-14.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) (2014). Actualización de paquetes tecnológicos agrícolas y pecuarios en el estado de Chihuahua. Folleto técnico. 56: 1-44.
- Leyva, G., Figueroa, S., Sánchez, L., Pérez, L. & Barreras, S. (2012). Impacto económico de la presencia de carne DFD en una planta de sacrificio Tipo Inspección Federal (TIF). *Archivos de Medicina Veterinaria*. 44 (1): 39-42. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2012000100006>
- IPCVA (2006). Bienestar animal y calidad de la carne. Instituto de promoción de la carne vacuna Argentina. Cuadernillo técnico 1. 1ra edición: 1-18.
- Mainau, E., Temple, D. & Manteca, X. (2012). Efecto del descornado y desmochado en el bienestar del ganado vacuno. *Farm Animal Welfare Education Centre (FAWEC)*. Universidad Autónoma de Barcelona, España. Ficha técnica sobre bienestar de animales de granja. Número 2. Recuperado de <https://www.fawec.org/es/fichas-tecnicas/21-ganado-vacuno/20-efecto-del-descornado-y-del-desmochado-en-el-bienestar-del-ganado-vacuno>
- Manteca, X., Mainau, E. & Temple, D. (2012). ¿Qué es el bienestar animal?. *Farm Animal Welfare Education Centre*. 1: 1-2. Recuperado de www.zawec.org
- Manteca, X. & Salas, M. (2015) Concepto de Bienestar Animal. *Zoo Animal Welfare Education Center*. Recuperado de www.zawec.org
- Méndez, R., De Aluja, A., Rubio, M. & Braña, D. (2013). Proceso de matanza, métodos de aturdimiento y desangrado. En *Bienestar*

- animal para operarios en rastreo de bovinos. (5-53). México, Distrito Federal: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Norma Oficial Mexicana (1994) Proceso sanitario de la carne NOM-099-ZOO-1994.
- Norma Oficial Mexicana (1995) Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres NOM-033-ZOO-1995.
- Odeón, M. & Romera, S. (2017). Estrés en ganado: causas y consecuencias. *Revista Veterinaria*. 28(1): 69-77. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/vet.2811556>
- OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). (2018). Bienestar animal y sistemas de producción de ganado vacuno de leche. Capítulo 7.11. Código sanitario para los animales terrestres. Recuperado de www.oie.int/index.php?id=169&L=2&htmfile=chapitre_aw_dairy_cattle.htm
- Pargas, L., Huerta, L., Fuentes, M., Mármol, J., Villegas, Y., Méndez, E., Rangel, J. & Comenarez, D. (2014). Factores que inciden sobre la frecuencia de defectos físicos causantes de decomisos parciales en canales bovinas de distinto origen y clase sexual y sus implicaciones económicas. *Ciencia y Tecnología de la Carne*. 8(2):65-83.
- Parra, H., Del Campo, R., Estrada, E. & González, T. (2017). Biomarcadores conductuales de bovinos del sistema doble propósito. *Revista MVZ Córdoba*. 22(1):5761-5776. DOI: 10.21897/rmvz.936
- Pérez, L., Figueroa, S., Estrada, A., Sánchez, L., Barreras, S., Bolado, S. & Ríos, R. (2015). Indicadores de bienestar animal durante el aturdimiento de bovinos sacrificados en establecimiento tipo inspección federal del noreste de México. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 47: 375-380. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2015000300015>.
- Ramírez, C. (2013). Formulación de raciones para carne y leche. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *Revistas de las Sedes Regionales*. 14(29): 128-153.
- Romero, H., Sánchez, A & Gutiérrez, C. (2011). Evaluación de prácticas de bienestar animal durante el transporte de bovinos para sacrificio. *Revista Salud Pública*. 13 (4): 684-690. <https://doi.org/10.1590/S0124-00642011000400013>
- Román, P., Aguilera, S. & Patraca, F. (2012). Producción y comercialización de ganado y carne de bovino en el estado de Veracruz. Comité Nacional del Sistema. Recuperado de http://www.nutropic.com/publicaciones/produccion_y_comercializacion_de_la_carneveracruz_vf.pdf
- Romero, M. & Sánchez, J. (2012a). Animal welfare during transport and its relationship with meat quality. *Revista MVZ Córdoba* 17 (1): 2936-2944.
- Romero, H., Gutiérrez, C. & Sánchez, J. (2012b). Evaluation of bruises as an animal welfare indicator during pre-slaughter of beef cattle. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 25; 267-275.
- Romero, P., Uribe, V. & Sánchez, V. (2014). Efecto del manejo presacrificio sobre las características de las contusiones en las canales bovinas en dos plantas de sacrificio colombianas. *Veterinaria y Zootecnia*, 8(1): 1-16. DOI: 10.17151/vetzo.2014.8.1.1
- Sánchez, G. & Flores, T. (2006). Especificaciones para el transporte de ganado. Virbac México. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/71040562/transporte-bovinos>
- Sikula, F. (1982). *Administración de Recursos Humanos en Empresas*. Editorial Limusa. México. p. 513.
- Soto, C. & Reynoso, V. (2012). Modelo de formulación de raciones al mínimo costo para ganado de carne basado en el sistema NRC 2000. *Archivos de Zootecnia*. 61(234): 255-266. <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922012000200010>
- Torres, Y., Rivas, J., De Pablos, C., Perea, J., Toro-Mujica, P., Angón, E., & García, A. (2014). Identificación e implementación de paquetes tecnológicos en ganadería vacuna de doble propósito. Caso Manabí-Ecuador. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 5(4): 393-407. DOI: 10.22319/rmcp.v5i4.4007
- Welfare Quality® (2009). Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.
- Weary, D. & Braithwaite, V. (2017). Behavioral Evidence of Felt Emotions: Approaches, Inferences, and Refinements. *Advances in the Study of Behavior*. 49: 27-48. <https://doi.org/10.1016/bs.asb.2017.02.002>



Prospects for productive reconversion in Campeche, México

Perspectivas de la reconversión productiva en Campeche, México

Zarazúa, José-Alberto¹; Noguera-Savelli, Eliana J.^{2*}

¹Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura-Banco de México. Morelia, Michoacán, México. C. P. 58342. ²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Champotón, Campeche, México. C. P. 24450.

*Autor para correspondencia: noguera.eliana@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To determine the current situation and prospects of the productive reconversion in Campeche, Mexico.

Design/methodology/approximation: The natural resources and productive vocation of Campeche were characterized through literature review and statistical data analysis. This provided elements of analysis for the formulation and integration of the ERIC matrix as a competitive intelligence exercise.

Results: Two routes were identified within the framework of the productive reconversion process in Campeche: (i) based on attributes of the production system and/or geographical denomination for those dominant crops in the process of consolidation, such as Chihua squash, orange, soya and/or palay rice established in the municipalities of Calakmul, Campeche, Hopelchén, Champotón, Escárcega, Candelaria, Carmen, Calkiní, Hecelchakán and Tenabo; and (ii) the potential for agro-industrial processing for crops established on areas of less than 100 hectares: green chili, sapote, grapefruit, lemon, watermelon and/or cashew.

Limitations on study/implications: We found some constraints related to the literature review.

Findings/conclusions: The process of productive reconversion, regardless of the above-mentioned scenarios, requires the articulation of the producers and agrobussines to integrate the innovation ecosystem, taking as a base the strengthening of social capital to gradually develop the supply of supplies scheme with sustainable production models beyond the current reconversion efforts focused on the generation of biofuels.

Keywords: Competitive intelligence, ERIC matrix, added value.

RESUMEN

Objetivo: Determinar la situación actual y las perspectivas de la reconversión productiva en Campeche, México.

Diseño/metodología/aproximación: Los recursos naturales y la vocación productiva de Campeche fueron caracterizados mediante revisión de literatura y análisis de datos estadísticos. Lo anterior proporcionó elementos de análisis para la formulación e integración de la matriz ERIC como ejercicio de inteligencia competitiva.

Resultados: En el marco del proceso de reconversión productiva de Campeche se identificaron dos escenarios: (i) basado en atributos del sistema de producción y/o denominación geográfica para aquellos cultivos dominantes en proceso de consolidación, tales como calabaza chihua, naranja, soya y/o arroz palay establecidos en los municipios de Calakmul, Campeche, Hopelchén, Champotón, Escárcega, Candelaria, Carmen, Calkiní, Hecelchakán y Tenabo; y (ii) el potencial de procesamiento agroindustrial para cultivos establecidos en áreas de menos de 100 hectáreas: chile verde, sapote, pomelo, limón, sandía y/o marañón.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Encontramos escaso acceso a fuentes secundarias para integrar la revisión de literatura.

Hallazgos/conclusiones: El proceso de reconversión productiva, independientemente de los escenarios mencionados, requiere la articulación de los productores y agroempresarios para integrar el ecosistema de innovación, tomando como base el fortalecimiento del capital social para desarrollar paulatinamente el esquema de oferta de insumos con modelos productivos sostenibles más allá de los actuales esfuerzos de reconversión enfocados a la generación de biocombustibles.

Palabras clave: Inteligencia competitiva, matriz ERIC, valor agregado.

regional mediante la generación de valor agregado a partir de los bienes y servicios ambientales ligados a la vocación productiva y la ascendencia histórica del territorio, como resultado de un análisis de inteligencia competitiva, definida como el conjunto de conceptos, métodos y herramientas que reúnen acciones coordinadas de búsqueda, obtención, tratamiento, almacenamiento y difusión de la información que sea relevante para la creación de valor agregado en el marco de la reconversión productiva, que al mismo tiempo, analiza y propone información como respuesta a la dinámica global hegemónica que impera en el mercado agroalimentario (Méndez, 2002) como pudiera ser la producción de biocombustibles impulsada en años recientes en Campeche.

Bajo la premisa anterior, el presente documento contribuye a describir la situación actual y vislumbrar las perspectivas de la reconversión productiva en Campeche, México, máxime cuando la minería, que incluye extracción de petróleo y gas, y minería de minerales metálicos y no metálicos en Campeche presentó en términos reales una caída de -3.27% durante el periodo 2003-2015 (INEGI, 2016). En dicho contexto, tanto INADEM (2019) como CONACYT (2015) coinciden en que el ámbito agroalimentario es una industria clave para contribuir al desarrollo económico de la entidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El punto de partida fue la revisión de fuentes secundarias, incluidos artículos, planes de desarrollo, agendas de innovación estatales y regionales, bases de datos y repositorios institucionales relacionados con el proceso de reconversión

INTRODUCCIÓN

Desde la promulgación de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 7 de diciembre de 2001 y modificada el 12 de abril de 2019, se considera a la reconversión productiva como un instrumento para incidir en la asimetría del desarrollo regional en México, en términos de la estructura productiva y la incorporación de cambios tecnológicos, y de procesos que contribuyan a la productividad y competitividad del sector agropecuario, a la seguridad y soberanía alimentarias y al óptimo uso de las tierras mediante apoyos e inversiones complementarias (DOF, 2019); lo anterior, en el marco del proceso de horticulturización; es decir, de la consideración del impacto económico y de generación de empleo rural ligado a la producción de hortalizas, frutas, flores y cultivos industriales, incluidos aquellos para la producción de biocombustibles (Schwentenius y Gómez, 2000). Sin duda, todo un reto lo planteado en la Ley ante la inversión que requieren dichas nuevas alternativas, así como el impacto ambiental que los nuevos cultivos incluidos aquellos para la producción de biocombustibles pudieran ocasionar.

En consecuencia, resulta conveniente redimensionar los alcances de la reconversión productiva y definirla como un proceso de transformación inherente a los sistemas productivos establecidos en espacios rurales como política permanente del Estado en los tres niveles de gobierno, sobre la base de los recursos naturales y los recursos productivos que constituyen la vocación productiva con el fin de contribuir a la generación de valor agregado y favorecer la eventual incorporación de los esquemas de agricultura familiar al mercado desde una óptica amigable con el medio ambiente (Zarazúa y Gómez-Carreto, 2014; FAOLEX, 2014). Lo anterior implica incidir en el desarrollo

productiva con miras a identificar elementos de análisis rumbo a la construcción de la matriz ERIC, como herramienta de inteligencia competitiva. Esta herramienta conlleva dos momentos: el primero, el actual, que involucra un proceso de descripción y análisis en torno a las particularidades de los sistemas productivos de interés económico del estado de Campeche; y el segundo, consta propiamente de la construcción de la matriz (Kim y Mauborgne, 2015).

La matriz se integra por cuatro elementos que sirven de referencia para la creación de valor agregado: a) **Eliminar** aquellos sistemas productivos que se encuentran inmersos en un océano rojo, es decir, con tasas medias de crecimiento anual negativas en volumen de producción, superficie, rendimiento, precio medio rural, b) **Reducir** la incertidumbre en torno a la participación y disposición de los productores agrícolas a proporcionar información y, eventualmente, adoptar modelos de prácticas sustentables con base en el perfil del sistema productivo, c) **Incrementar** las oportunidades de creación de valor agregado desde la perspectiva de los sistemas agroalimentarios localizados (SIAL), y d) **Crear** espacios y oportunidades que contribuyan a la gobernanza rural como base de la acción colectiva (de ahí las siglas ERIC).

Cada elemento de la matriz fue analizado con miras a contribuir a la creación de valor agregado en el contexto de las llamadas ventajas comparativas, y valorado

con el método factorial con una escala de 1 a 5, siendo 1 el escenario no deseable y con perspectivas de mejora, y 5 el escenario deseable. Bajo dicha lógica, fue posible la integración de un total de 30 variables que permitieron construir dos escenarios posibles de acción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el objetivo de discriminar entre los cultivos establecidos en la entidad de estudio, se procedió a considerar los siguientes criterios: uso del cultivo ligado al consumo humano, impacto ambiental, estimación del nivel de inversión por unidad de superficie requerido para inducir cambios al interior de las unidades de producción, seguridad pública de la región donde se ubica el sistema productivo, así como la identificación de nuevas regiones/municipios con vocación productiva, y por supuesto, la dinámica de la superficie sembrada/cosechada, rendimiento, volumen de producción. Así, los escenarios identificados son los que a continuación se mencionan.

Escenario 1: Fortalecer capacidades en sistemas productivos que se encuentran en proceso de consolidación, y que considera los productos agrícolas siguientes, siendo el criterio fundamental de abordaje la superficie sembrada/cosechada, pudiendo abocarse al estudio de los cultivos dominantes en los diversos distritos de desarrollo rural (DDR) y su respectiva área de influencia.

Cuadro 1. Escenario 1. Posible ruta de acción/estudio en torno a los principales cultivos del estado de Campeche por Distrito de Desarrollo Rural (DDR): Campeche y Champotón, 2015. Fuente SIAP (2017).

DDR	Municipio	Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Precio medio rural (\$ t ⁻¹)	Valor Producción (\$)
Campeche	Calakmul	Calabaza chihua	2,450.00	1,050.00	630	0.6	40,000.00	25,200.00
	Calakmul	Maíz grano de color	1,672.00	1,672.00	1,809.00	1.08	4,000.00	7,236.00
	Campeche	Maíz grano blanco	16,658.21	16,658.21	60,067.50	3.61	3,244.45	194,885.81
	Campeche	Naranja valencia	1,128.00	1,107.00	12,269.12	11.08	2,518.70	30,902.22
	Campeche	Calabaza chihua	935	467.5	280.5	0.6	40,200.00	11,276.10
	Hopelchén	Soya	14,709.00	14,709.00	26,476.22	1.8	5,972.33	158,124.65
	Hopelchén	Maíz grano blanco	48,607.34	48,607.34	162,884.28	3.35	3,081.24	501,885.26
Champotón	Calakmul	Maíz grano blanco	4,665.00	4,665.00	2,956.25	0.63	4,449.97	13,155.21
	Champotón	Maíz grano blanco	14,647.00	14,647.00	16,586.67	1.13	3,988.70	66,159.22
	Champotón	Soya	2,700.00	2,700.00	5,520.00	2.04	5,770.11	31,851.00
	Champotón	Calabaza chihua	2,217.00	2,217.00	309.3	0.14	45,000.00	13,918.50
	Escárcega	Maíz grano	5,765.00	5,765.00	3,818.45	0.66	4,360.35	16,649.78
	Escárcega	Arroz palay	1,800.00	1,800.00	11,016.00	6.12	3,050.00	33,598.80

Cuadro 2. Escenario 1. Posible ruta de acción/estudio en torno a los principales cultivos del estado de Campeche por Distrito de Desarrollo Rural (DDR): Escárcega y Hecelchakán, 2015. Fuente: SIAP (2017).

DDR	Municipio	Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Precio medio rural (\$ t ⁻¹)	Valor Producción (\$)
Escárcega	Candelaria	Calabaza chihua	5,327.00	4,655.00	1,972.4	0.42	35,145.6	69,323.04
	Candelaria	Maíz grano blanco	13,670.00	13,250.00	9,348.0	0.71	3,490.7	32,631.52
	Carmen	Maíz grano	8,967.00	8,725.50	5,464.8	0.63	3,493.8	19,093.48
		Arroz palay	2,100.00	2,099.00	8,088.4	3.85	3,571.9	28,891.34
	Escárcega	Maíz grano blanco	11,809.00	11,467.00	6,169.7	0.54	3,484.8	21,500.49
	Escárcega	Calabaza chihua	1,955.00	1,465.00	636.28	0.43	37,000	23,542.36
	Palizada	Arroz palay	3,934.00	3,932.50	17,979.7	4.57	3,556.2	63,941.07
Hecelchakán	Calkiní	Maíz grano blanco	6,966.95	6,966.95	17,819.6	2.56	3,008.9	53,618.32
	Hecelchakán	Maíz grano blanco	14,530.00	14,530.00	56,319.3	3.88	3,010.1	169,530.26
	Hecelchakán	Soya	1,000.00	1,000.00	608.6	0.61	5,900.0	3,590.74
	Tenabo	Maíz grano blanco	5,783.00	5,783.00	22,422.0	3.88	3,019.3	67,700.98

Cuadro 3. Escenario 2. Posible ruta de acción/estudio en torno a los principales cultivos del estado de Campeche por Distrito de Desarrollo Rural (DDR): Campeche y Champotón, 2015. Fuente: SIAP (2017).

DDR	Municipio	Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	PMR (\$ t ⁻¹)	Valor Producción (\$)
Campeche	Calakmul	Chile verde jalapeño	976	876	7,008.00	8	6,550.00	45,902.40
	Calakmul	Frijol negro jamapa	167	167	100.2	0.6	16,000.00	1,603.20
	Campeche	Zapote	643	616	6,713.70	10.9	3,604.76	24,201.31
	Campeche	Toronja (marsh)	640	620	18,940.00	30.55	3,675.00	69,604.50
	Campeche	Limón persa	454	429.5	3,480.40	8.1	2,878.33	10,017.73
	Hopelchén	Sandia cambray	1,016.50	1,016.50	31,631.50	31.12	3,500.00	110,710.25
Champotón	Champotón	Marañón	500	500	1,835.15	3.67	4,316.88	7,922.12
	Champotón	Frijol negro jamapa	378	378	292.4	0.77	14,886.59	4,352.84

Escenario 2: Desarrollo de capacidades en sistemas productivos que se encuentran en desarrollo, es decir, de aquellos que no son cultivos de reciente incorporación en la entidad, y que se encuentran caracterizados por superficie menor a 100 hectáreas, y obviamente, no se encuentran establecidos de manera dominante en DDRs y municipios de la entidad. A fin de no duplicar los mis-

mos cultivos en los mismos DDRs y municipios, se presenta la selección de posibles alternativas.

El proceso de reconversión productiva, independientemente de los escenarios mencionados, requiere la articulación de los productores y agroempresarios para integrar el ecosistema de innovación, tomando como base

Cuadro 4. Escenario 2. Posible ruta de acción/estudio en torno a los principales cultivos del estado de Campeche por Distrito de Desarrollo Rural (DDR): Escárcega y Hecelchakán, 2015. Fuente: SIAP (2017).

DDR	Municipio	Cultivo	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	PMR (\$ t ⁻¹)	Valor Producción (\$)
Escárcega	Candelaria	Frijol negro jamapa	412	410	262.4	0.64	14,500.00	3,804.80
	Carmen	Calabaza chihua	420	338	161.28	0.48	34,300.60	5,532.00
	Carmen	Frijol negro jamapa	318	314.5	188.7	0.6	14,500.00	2,736.15
	Escárcega	Frijol negro jamapa	449	446	258.78	0.58	14,907.08	3,857.65
	Escárcega	Naranja valencia	377	358	2,813.96	7.86	3,910.58	11,004.20
	Palizada	Maíz grano blanco	870	856.5	527.31	0.62	3,485.42	1,837.90
	Palizada	Arroz palay	500	500	2,125.00	4.25	3,508.91	7,456.43
Hecelchakán	Calkiní	Limón persa	230	230	1,806.00	7.85	4,391.52	7,931.09

el fortalecimiento del capital social para desarrollar paulatinamente el esquema de oferta de insumos con modelos productivos sostenibles más allá de los actuales esfuerzos de reconversión enfocados a la generación de biocombustibles. En el marco de los escenarios 1 y 2, y con base en los crite-

**Figura 1.** Áreas de cultivo municipio Champotón, Campeche.

rios: uso del cultivo ligado al consumo humano, impacto ambiental, estimación del nivel de inversión por unidad de superficie requerido para inducir cambios al interior de las unidades de producción, seguridad pública de la región donde se ubica el sistema productivo, así como la identificación de nuevas regiones/municipios de estudio, y demás, se determinó que los DDRs: Campeche y Champotón son de viabilidad importante para fortalecer el proceso de reconversión productiva en la entidad, con miras a contribuir al desarrollo sustentable y la seguridad alimentaria, mediante la identificación de estrategias de agregación de valor ligadas al proceso de comercialización y mercadeo en las que se incorpore algún sello de diferenciación resaltando el atributo del sistema de producción (orgánico, ecológico, amigable con el medio

ambiente), identidad territorial (denominación de origen e indicaciones geográficas), comercio justo, entre otras, y/o bien incorporando alguna actividad agroindustrial del tipo siguiente (Austin, 1992): a) limpieza, clasificación, b) pelado, molienda, corte, mezcla, c) cocción, pasteurización, enla-

tado, deshidratación, congelación, tejeduría, extracción, montaje y d) alteración química, texturización, según sea el caso.

NOTA

La opinión aquí expresada es del autor y no necesariamente coincide con el punto de vista oficial de FIRA.

CONCLUSIONES

El proceso de reconversión productiva, independientemente de los escenarios mencionados, requiere la articulación entre productores y empresarios para inducir e integrar el ecosistema de innovación local, tomando como base el fortalecimiento del capital social para desarrollar paulatinamente el

esquema de oferta de insumos con modelos productivos sostenibles, más allá de los actuales esfuerzos de reconversión enfocados a la generación de biocombustibles.

LITERATURA CITADA

- Austin, J. (1992). *Agroindustrial project analysis: critical design factors*. 2da. ed. [ebook] Washington, D.C.: The Johns Hopkins University Press & World Bank, 258 p. Recuperado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/127471468739337439/pdf/multi-page.pdf>. Fecha de consulta: 04-07-2017.
- CONACYT. (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). (2015). *Agenda de innovación de Campeche*. Distrito Federal: CONACYT, 103 p. Recuperado de <http://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/07/Agenda-Campeche1.pdf>. Fecha de consulta: 07-06-2017.
- DOF. (Diario Oficial de la Federación). (2019). *Ley de Desarrollo Rural Sustentable*. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235_120419.pdf. Fecha de consulta: 07-06-2017.
- FAOLEX. (Legal Office FAOLEX). (2014). *Reglamento de la ley N° 29736. Ley de Reconversión Productiva Agropecuaria de la República del Perú*. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per142951.pdf>. Fecha de consulta: 05-05-2017.
- INADEM. (Instituto Nacional del Emprendedor). (2019). *Sectores prioritarios*. Recuperado de <https://www.inadem.gob.mx/sectores-estrategicos/>. Fecha de consulta: 04-04-2017.
- INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2016). *Estructura económica de Campeche en síntesis*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825087180>. Fecha de consulta: 05-04-2017.
- Kim, W. C., & Mauborgne, R. (2015). *Blue ocean strategy: how to create uncontested market space and make the competition irrelevant*. Expanded edition. Boston, Massachusetts: Harvard Business Review Press.
- Menéndez, A. (Coord.) (2002). *Inteligencia económica y tecnológica. Guía para principiantes y profesionales*. Madrid: Consorcio CETISME, 127 p. Recuperado de https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/15_InteligenciaEconomicaTecnologica.pdf. Fecha de consulta: 07-02-2019.
- Schwentenius, R. & Gómez, M.A. (2000). *Tendencias de desarrollo del sector hortofrutícola de México*. En: R. Schwentenius & M.A. Gómez (Coords.) *Internacionalización de la horticultura* (pp. 31-75). México D.F.: Universidad Autónoma Chapingo y Ediciones Mundi-Prensa.
- SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. Recuperado de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: 10-07-2017.
- Zarazúa, J. A. & Gómez-Carreto, T. (2014). *Experiencias de aprendizaje tecnológico en la región Centro-Occidente de México*. En: R. Molina, R. Contreras & A. López (Coords.), *Emprendimiento y MIPYMES: Nuevo balance y perspectivas*, 1a. ed. Distrito Federal: Pearson Educación de México, S.A. de C.V., pp. 138-151.



Content of sugars in varieties of sorgo (*Sorghum bicolor* L.) for ethanol in the center of Chiapas, Mexico

Contenido de azúcares en variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) para etanol en el centro de Chiapas, México

Espinosa-Paz, Néstor¹; Montes-García, Noe²; Martínez-Sánchez, Jesús¹; Ariza-Flores, Rafael³; Cadena-Iñiguez, Pedro^{1*}

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ¹Campo Experimental Centro de Chiapas. ²Campo Experimental Rio Bravo. ³Campo Experimental Iguala.

*Autor para correspondencia: cadena.pedro@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate varieties of sweet sorgo (*Sorghum bicolor* L.) for their sugar content and stability in different environments.

Design/methodology/approximation: The experiments were established in the localities of Ocozocoautla and Suchiapa of the Center of Chiapas during the years 2015, 2016 and 2017. The varieties RB-Cañaverl, RB-Tehua, RB-Cañero, RB-Norteño, RB-Paloma and Fortuna were evaluated, under the experimental design of randomized complet blocks with four repetitions. The sugar conten (°Brix) in the phenological stages of flowering and physiological maturity of the grain was quantified. A combined analysis of variance was modeled using the site regression method (SREG).

Results: The analysis of variance showed highly significant differences ($P < 0.01$) between environments, varieties and for genotype \times environment interaction. In the flowering stage, the varieties RB Cañaverl and Fortuna stood out with 15.92 and 14.28 °Brix; while in physiological maturity of the grain the varieties RB-Cañaverl, Fortuna, RB-Paloma and RB-Tehua stood out with values of 17.9, 15.86, 14.82 and 14.69 °Brix, respectively.

Limitatons of the study/implications: It is desirable to promote these varieties in environments with drought problems in the Center of Chiapas.

Finding/Conclusions: The varieties RB-Cañaverl and Fortuna were the ones that produced the highest sugar content on average of the five environments. The RB-Cañaverl variety showed stability through the environments for the production of sugar.

Keywords: varieties, stability, sugar, sorgo.

RESUMEN

Objetivo: evaluar variedades de sorgo dulce (*Sorghum bicolor* L.) por su contenido de azúcares y estabilidad en ambientes diferentes.

Diseño/metodología/aproximación: Los experimentos se establecieron en las localidades de Ocozocoautla y Suchiapa del Centro de Chiapas durante los años 2015, 2016 y 2017. Se evaluaron las variedades RB-Cañaverl, RB-Tehua, RB-Cañero, RB-Huasteco, RB-Norteño, RB-Paloma y Fortuna, bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se cuantificó el contenido de azúcares (°Brix) en las etapas fenológicas de floración y madurez fisiológica del grano. Se realizó un análisis de varianza combinado. La interacción genotipo ambiente y la estabilidad de la producción de azúcares se modeló con el método de regresión en los sitios (SREG).

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 10, octubre, 2019, pp. 53-58.

Recibido: abril, 2019. **Aceptado:** septiembre, 2019.

Resultados: El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los ambientes, variedades y para la interacción genotipo \times ambiente. En la etapa de floración destacaron las variedades RB-Cañaveral y Fortuna con 15.92 y 14.28 °Brix; mientras que en madurez fisiológica del grano sobresalieron las variedades RB-Cañaveral, Fortuna, RB-Paloma y RB-Tehua con valores de 17.9, 15.86, 14.82 y 14.69 °Brix, respectivamente.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Es deseable la promoción de estas variedades en ambientes con problemas de sequía del Centro de Chiapas.

Conclusiones: Las variedades RB-Cañaveral y Fortuna fueron las que produjeron mayor contenido de azúcares en promedio de los cinco ambientes. La variedad RB-Cañaveral mostró estabilidad a través de los ambientes para la producción de azúcares.

Palabras clave: variedades, estabilidad, azúcares, sorgo.

jugo de sorgo dulce representan 53-85, 9-33 y 6-21% para sacarosa, glucosa y fructosa, respectivamente.

El sorgo dulce es un cultivo que no compete con los granos básicos, se puede sembrar en áreas no aptas para estos cultivos y ofrece en algunos casos grano y forraje, ya que el tallo es el principal órgano aprovechado, el cual presenta un alto contenido de azúcar (Almodares y Hadi, 2009). Con el sorgo dulce se puede hacer azúcar refinada (Rajvanshi et al., 1993), papel y miel (Schaffert, 1992). Dentro de los principales usos ha sido su amplia utilización en la producción de alimentos balanceados (Undersander et al., 1990). También, puede ser transformado biológicamente en alcohol etílico de primera generación, etanol celulósico o producir energía (House et al., 2000; Lemus and Parrish, 2009) o aditivo (Freman et al., 1973). El agregar un 10% de etanol a la gasolina reduce hasta en 30% las emisiones de monóxido de carbono y entre 6 y 10% las de bióxido de carbono (Smith y Buxton, 1993; Gnansounou et al., 2005).

Prasad et al. (2007) así como Almodares and Hadi (2009) reportan un rango de producción de tallo que va de 50 a 120 t ha⁻¹. Este material tiene alrededor de 73% de humedad y se obtiene de 50 a 70% de jugo. De acuerdo a lo observado en el campo mexicano, se podrían llegar a extraer 42.5 t de jugo por hectárea (Chuck-Hernández et al., 2011).

El rendimiento de etanol en las variedades de sorgo es relativamente diferente: El mejor desempeño se da obviamente cuando se usan cada una de las porciones obtenidas de la planta, sobre todo el material lignocelulósico, jugo e incluso el grano

INTRODUCCIÓN

La producción de biocombustibles ha emergido como una alternativa a los combustibles fósiles, en especial para propósitos de transporte. El bioetanol es un tipo de combustible biológico, que puede ser producido por la fermentación de materia orgánica con altos contenidos en almidón (Montes, 2010).

En la región de Centro de Chiapas se tienen requerimientos agroecológicos óptimos para el cultivo de sorgo dulce (*Sorghum bicolor* L.). Este es nativo de África (Chuck-Hernández et al., 2011), uno de los cultivos más antiguos y actualmente uno de los cereales de mayor importancia en el mundo (Serna-Saldivar, 2010). Es eficiente en ambientes cálidos y con intensidad luminosa alta, como los prevalecientes en regiones semiáridas (Rooney y Serna-Saldivar, 2000). De acuerdo a Taylor et al. (2006), es el mejor cereal en términos de resistencia a la sequía. En regiones con clima óptimo, es posible obtener varias cosechas de sorgo por año (Saballos, 2008; Turhollow et al., 2010).

En México se han incursionado trabajos de mejoramiento genético para formar variedades con alto contenido de azúcares en el tallo, para la elaboración de bioetanol como combustible, ya que es una alternativa para contrarrestar los efectos del cambio climático, producto de la contaminación ambiental (Montes et al., 2010).

El sorgo dulce tiene una alta eficiencia en el uso del agua, bajos requerimientos de fertilizante y amplia adaptación (Prasad et al., 2007; Turgut et al., 2005) y presenta ventajas en relación a otros cultivos usados comúnmente para la obtención de biocombustibles (Montes et al., 2010).

El contenido de azúcares totales del jugo de sorgo dulce puede llegar a ser semejante al de la caña de azúcar. Sin embargo, el porcentaje de sacarosa en la caña con relación a glucosa y fructosa es más alto (90 vs. 6%, respectivamente). De acuerdo con Gnansounou et al. (2005), los azúcares simples en el

(Chuck-Hernández et al., 2011). En muchas ocasiones esta última fracción no se puede obtener de forma completa, ya que la cosecha se hace antes de la madurez fisiológica del grano (Montes et al., 2010).

En el noreste de México se alcanza el máximo de °Brix en el tallo para la tercera hasta la quinta semana de floración en las variedades tardías de sorgo (Dávila-Gómez, 2011). Posterior a esto, los cambios en °Brix no fueron significativos, que es muy semejante a lo observado por Nan et al., (1994), quienes reportaron la mayor producción de azúcar para la cuarta semana post anthesis. En estudios realizados en Tamaulipas (riego durante el ciclo Ol y temporal en el ciclo PV, el mayor contenido de azúcar en el tallo se logró alrededor de 20 días después de la floración (Montes et al., 2010).

Si se considera un promedio de 15 °Brix, se producirían 6.4 t ha⁻¹ de azúcares fermentables (Chuck-Hernández et al., 2011), aunque Montes et al. (2010) establecen un rango de 3.6 a 6.2 t ha⁻¹. Este material servirá para obtener 4,132 L de etanol. Kim y Day (2010) reportan la producción de 3,296 L ha⁻¹, mientras que Almodares and Hadi (2009) reportan 3000 L ha⁻¹, cuando se procesa jugo extraído de variedades productoras de 39 a 128 t ha⁻¹ de tallos. Wu et al. (2010), a pesar de no reportar rendimientos de etanol por hectárea, expresan el rendimiento de azúcares fermentables, con las cuales se pueden obtener de 4,750 a 5,220 L ha⁻¹. Esto equivale a la conversión de 12 a 13 t de maíz, cuando la productividad media de este cereal en México y Estados Unidos es de 3.2 y 10.3 t ha⁻¹, respectivamente.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar variedades de sorgo dulce por su contenido de azúcares en el tallo y su estabilidad a través de ambientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se establecieron durante los ciclos agrícolas primavera-verano (PV) 2015 y 2016 en las localidades de Ocozocoautla (800 msnm) y San Luis, Suchiapa (550 msnm) y 2017 en Ocozocoautla, ubicados en la región Central del estado de Chiapas. En ambos sitios, el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano y presencia de sequía intraestival. El suelo es de textura arcillosa, profundo, de mediana fertilidad, plano y sin pedregosidad.

Las variedades evaluadas fueron: RB-Cañaveral, RB-Tehua, RB-Cañero, RB-Huasteco, RB-Norteño, RB-Paloma y Fortuna.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con dos repeticiones. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de cinco metros de longitud y 0.8 de separación (16 m²), mientras que la parcela útil estuvo formada por los dos surcos centrales (8 m²).

Las siembras se realizaron durante la segunda quincena de julio en todos los experimentos. Se aplicaron 80 kg de nitrógeno y 50 kg de fósforo por hectárea en todos los sitios experimentales. Para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano alfiler (*Spodoptera exigua*) se aplicó clorpirifos (Losrban 840 E) en dosis de 1.5 L ha⁻¹. Para el control del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) se aplicó Imidacloprid a 100 mL ha⁻¹. La maleza se controló con atrazina a 0.5 kg i.a. ha⁻¹ en emergencia y paraquat en 0.5 kg i.a ha⁻¹ en pos emergencia. La siembra se realizó con 6 kg ha⁻¹ de semilla para las variedades RB-Cañaveral, RB-Cañero y RB-Tehua de mayor altura, mientras que las variedades RB-Huasteco, RB-Norteño, RB-Paloma y Fortuna fue de 10 kg ha⁻¹.

La variable medida fue el contenido de azúcares (°Brix) en tres entrenudos del tallo en una muestra de diez tallos por repetición, en las etapas fenológicas de floración y madurez fisiológica del grano. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza combinado variedades y ambientes La interacción genotipo ambiente y la estabilidad de la producción de azúcares se modeló con el método de regresión en los sitios (SREG). El análisis de varianza se realizó con el sistema SAS mientras que para el modelo SREG se usó el programa GEA-R (Martínez et al., 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre ambientes, variedades (genotipos) y para la interacción genotipo \times ambiente, para el contenido de azúcares en el tallo en las etapas fenológicas de floración y madurez fisiológica del grano. Estos resultados indican que los ambientes fueron contrastantes por sus condiciones edafoclimáticas, siendo el factor principal la presencia de la sequía intraestival o "canícula" (Espinosa-Paz et al., 2017; Martínez et al., 2017), la cual se presentó con mayor intensidad en el ciclo agrícola PV 2015. Las variedades mostraron diferente respuesta en el contenido de

azúcares, resultados que coinciden con los consignados por Montes *et al.* (2010). La significancia de la interacción genotipo \times ambiente indica una respuesta diferencial de las variedades en los diferentes ambientes de prueba, la cual es una ventaja que permitirá seleccionar la mejor variedad por su mayor producción de azúcares y buena estabilidad a través de los ambientes (Montes *et al.*, (2010).

En la etapa fenológica de floración, el primer componente principal (CP1) explicó el 75.4% de la varianza, mientras que el segundo componente (CP2) explicó el 19.1%, que en conjunto son 94.5% (Cuadro 2). Hubo diferencias significativas para cada componente principal (Cuadro 1), resultados que coinciden con los reportados por Martínez *et al.* (2017).

En madurez fisiológica del grano, el primer componente principal (CP1) explica el 81.1% de la varianza, mientras que el segundo componente (CP2) explica el 9.2%, en conjunto explican 90.3% (Cuadro 3). Hubo diferencia significativa para cada uno de los dos componentes principales.

Los promedios del contenido de azúcares en el tallo de las siete variedades de sorgo fueron de 18.4 y 17.9 °Brix en floración y 20.2 y 20.2 en madurez fisiológica, para los ambientes de Suchiapa 2016 y Ocozocoautla 2016, respectivamente (Cuadro 1). Lo anterior se debió probablemente a que durante el ciclo agrícola PV 2016 en ambas localidades registraron mayor precipitación (1600 mm) versus en el ciclo 2015 (750 mm). Mayor cantidad de agua en el suelo favorece una mayor absorción, lo cual se traduce en una mayor transpiración y, finalmente una mayor tasa fotosintética que acumula más azúcares en los entrenudos del tallo (Espinosa-Paz *et al.*, 2017). En madurez fisiológica del grano, el contenido de azúcares en todas las variedades fue mayor. Lo anterior indica que a mayor madurez del grano hay mayor concentración de azúcares solubles totales, tal como lo señala Montes *et al.* (2010).

En la etapa de floración, sobresalieron las variedades RB-Cañaveral y Fortuna con 15.92 y 14.28 °Brix, respectivamente (Cuadro 2). En madurez fisiológica del grano desta-

caron las variedades RB-Cañaveral, Fortuna, RB-Paloma y RB-Tehua con valores de 17.9, 15.86, 14.82 y 14.69 °Brix, respectivamente (Cuadro 2). Las variedades RB-Cañaveral y Fortuna fueron sobresalientes en el ciclo agrícola 2015 en ambos sitios (Espinosa-Paz *et al.*, 2017). RB-Cañaveral y Fortuna son variedades que producen más biomasa y esto está ligado a una mayor cantidad de material lignocelulósico para la producción de bioetanol. Los °Brix registrados para la variedad RB-Cañaveral son muy similares a los reportados por Montes *et al.* (2010).

De acuerdo al modelo SREG, RB-Cañaveral (1) se considera como el genotipo más estable en relación al contenido de °Brix en el tallo en las etapas de floración y madurez fisiológica del grano (Figuras 1 y 2).

CONCLUSIÓN

Las variedades RB-Cañaveral y Fortuna fueron las que produjeron mayor contenido de azúcares en promedio de los cinco ambientes de evaluación. La variedad RB-Cañaveral mostró estabilidad a través de los ambientes para la producción de azúcares.

Cuadro 1. Contenido de azúcares en la etapa de floración de variedades de sorgo dulce evaluadas en cinco ambientes de la región Centro de Chiapas, México.

Variedad	Ambientes						CP1	CP2
	Ocoz 2015	Ocoz 2016	Ocoz 2017	Such 2015	Such 2016	Promedio		
RB-Cañaveral	9.7	20.4	12.05	16.2	21.25	15.92	-0.82	-0.85
RB-Tehua	5.1	15.9	12.6	5.65	20.2	11.89	-0.08	0.78
RB-Cañero	5.95	18.75	8.75	4.15	17.3	10.98	0.59	0.01
RB-Norteño	2.3	15.3	9.25	3.05	15.65	9.86	0.1	0.53
RB-Huasteco	3.1	17.8	8.8	3.75	15.85	9.1	0.33	0.26
RB-Paloma	9.55	19.75	6.35	5.4	18.9	11.99	0.89	-0.8
Fortuna	7.25	17.15	14.25	13.1	19.65	14.28	-1	0.07
Promedio	6.1	17.9	10.3	7.3	18.4			
CP1	0.53	0.71	-0.32	-1	0.18			
CP2	-0.45	-0.4	0.93	-0.55	0.22			

Ocoz = Ocozocoautla; Such = Suchiapa; CV = 11.0%.

Cuadro 2. Contenido de azúcares en la etapa de madurez fisiológica del grano de variedades de sorgo dulce evaluadas en cinco ambientes de la región Centro de Chiapas.

Variedad	Ambientes					Promedio	CP1	CP2
	Ocoz 2015	Ocoz 2016	Ocoz 2017	Such 2015	Such 2016			
RB-Cañaveral	10.65	22.2	20.6	12.45	23.6	17.9	-0.5	-0.02
RB-Tehua	6.8	19.6	18.65	5.6	22.8	14.69	0.17	1
RB-Cañero	2.8	21.8	17.45	4.6	18.45	13.02	0.91	-0.26
RB-Norteño	2.65	17.1	15.6	5.6	17.2	11.79	0.04	-0.13
RB-Huasteco	2.4	19	16.2	4.45	16.9	11.6	0.5	-0.24
RB-Paloma	8.35	21.75	15.65	7.75	20.6	14.82	-0.28	-0.19
Fortuna	9.25	19.9	17.3	11.25	21.6	15.86	-0.83	-0.16
Promedio	6.1	20.2	17.4	7.4	20.2			
CP1	-0.9	1	0.82	-0.87	-0.03			
CP2	0.21	-0.63	0.26	-0.73	0.89			

Ocoz = Ocozocoautla; Such = Suchiapa; CV = 11.0%.

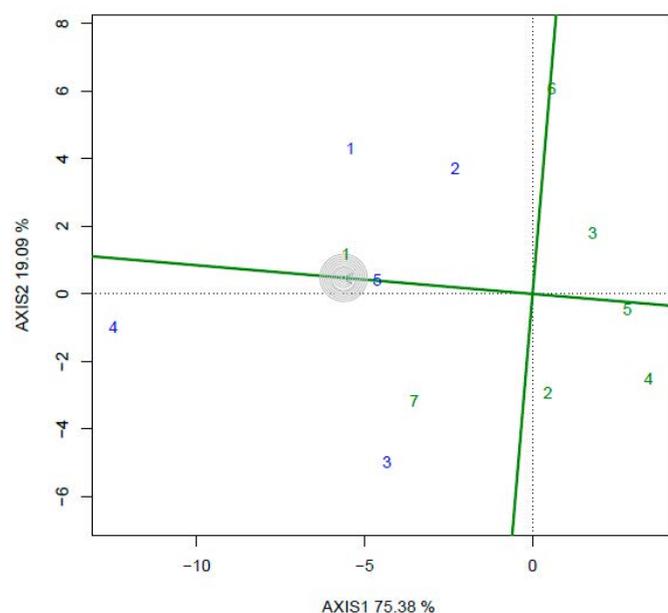


Figura 1. Ranking de genotipos de sorgo dulce con respecto al genotipo "ideal" en la etapa de floración (Ambientes 1 = Ocozocoautla-2015; 2 = Ocozocoautla-2016; 3 = Ocozocoautla-2017; 4 = Suchiapa-2015; 5 = Suchiapa-2016; Genotipos 1 = RB-Cañaveral; 2 = RB-Tehua; 3 = RB-Cañero; 4 = RB-Norteño; 5 = RB-Huasteco; 6 = RB-Paloma; 7 = Fortuna).

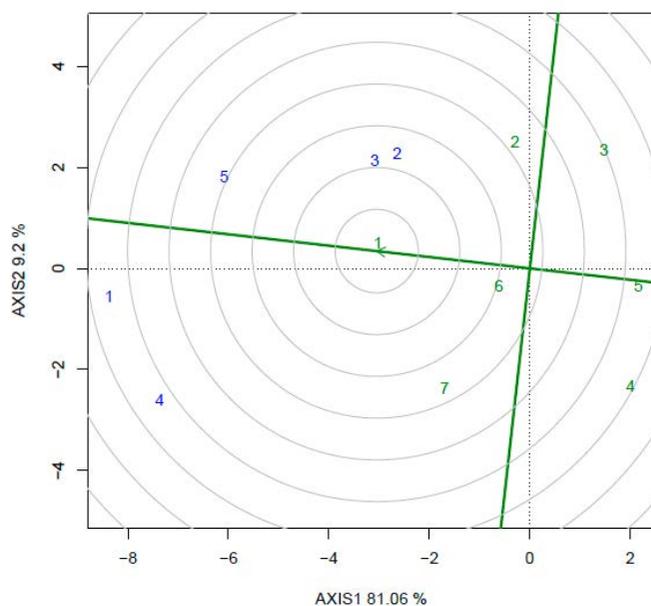


Figura 2. Ranking de genotipos de sorgo dulce con respecto al genotipo "ideal" en la etapa de madurez fisiológica del grano (Ambientes 1 = Ocozocoautla-2015; 2 = Ocozocoautla-2016; 3 = Ocozocoautla-2017; 4 = Suchiapa-2015; Suchiapa-2016; Genotipos 1 = RB-Cañaveral; 2 = RB-Tehua; 3 = RB-Cañero; 4 = RB-Norteño; 5 = RB-Huasteco; 6 = RB-Paloma; 7 = Fortuna).

LITERATURA CITADA

- Almodares, A. & Hadi, M.R. (2009). Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 4(2), 772-780.
- Chuck-Hernández, C., Pérez-Carrillo, E., Rooney, W. L. & Serna-Saldivar, S.O. (2011). Sorgho como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: Tecnologías, avances y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(3), 529-549.
- Dávila-Gomez, F. J. (2011). Evaluation of bioethanol production from five different varieties of sweet and forage sorghums (*Sorghum bicolor* (L) Moench). *Industrial Crops and Products*, 33, 611-616.

- Espinosa, P. N., Martínez, S. J., Ariza, F. R., Cadena, I. P., Hernández, M. M. & Ramírez, C. A. L. (2017). Germinación de semillas de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) bajo déficit hídrico. *Agroproductividad*, 10(9), 41-47.
- Freeman, K.C., Broadhead, D.M. & Zummo, N. (1973). Culture of sweet sorghum for sirup production. *USDA Agric. Handb. 441*, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, pp. 19-20.
- Gnansounou, E., Dauriat, A. & Wyman, C. E. (2005). Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. *Bioresource Technology*, 96, 985-1002.

- House, H.R., Gomez, M., Murty, O.S., Sun, Y. & Verma, B.N. (2000). Development of some agricultural industries in several African and Asian countries. pp 131-190. *In: Sorghum: Origin, history, technology and production.* Smith et al. (ed.). John Wiley & Sons: New York, USA.
- Kim, M. & Day, D. (2010). Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 2010, 1-5.
- Lemus R., & Parrish D.J. (2009). Herbaceous crops with potential for biofuel production in the USA. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 4(57). doi: 10.1079/PAVSNNR20094057
- Martínez S. J., Espinosa, P. N. & Cadena, I. P. (2017). Caracterización morfológica de poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) del Centro de Chiapas. *Agroproductividad*, 10(9), 26-33.
- Montes G. N., Salinas G., J. R., González, A., Loredo P., R. & Díaz P., G. (2010). Guía técnica de producción de sorgo dulce en Tamaulipas. Folleto Técnico No. 49. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Tamaulipas, México.
- Nan, L., Best, G. & De Carvalho-Neto, C. C. (1994). Integrated energy systems in China. The cold Northeastern region experience.
- Prasad, S., Singh, A., Jain, N., & Joshi, H.C. (2007). Ethanol Production from Sweet Sorghum Syrup for Utilization as Automotive Fuel in India. *Energy Fuels*, 21(4), 2415-2420.
- Rajvanshi, A. K., De, T. K., Jorapur, R. M., & Nimbkar, N. (1993). Jaggery and syrup from sweet sorghum. Publication No. NARI-GUR, published by Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI), Phaltan, India.
- Rooney, L. & Serna-Saldívar, S. (2000). Sorghum. *En: Handbook of Cereal Science and Technology*, (Kulp, K., Ponte, J., eds.). Marcel Dekker, New York, USA.
- Saballos, A. (2008). Development and Utilization of Sorghum as a Bioenergy Crop. *En: Genetic Improvement of Bioenergy Crops*, (Vermerris, W., ed.). pp. 211-248. Springer. USA.
- Serna-Saldívar, S. (2010). Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Schaffert, R. E. (1992). Sweet sorghum substrate for industrial alcohol. pp. 131-137. *In: Utilization of sorghum and millets: proceedings of the International workshop on policy, practice, and potential relating to uses of sorghum and millets, 8-12 Feb. 1988*, ICRISAT Center, Bulawayo, Zimbabwe.
- Smith, G. A. & Buxton, D. R. (1993). Temperate zone sweet sorghum ethanol production potential. *Bioresource Technology*, 43(1), 71-75.
- Taylor, J. R. N., Schober, T. J. & Bean S. R. (2006). Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science*, 44, 252-271.
- Turgut, I., Bilgili, U., Duman, A., & Acikgoz, E. (2005). Production of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) increases with increased plant densities and nitrogen fertilizer levels. *Acta Agriculturae Scandinavica B*, 55(3), 236-240.
- Turhollow, A. F., Webb, E.G. & Downing, M.E. (2010). Review of Sorghum Production Practices: Applications for Bioenergy. Oak Ridge National Laboratory. Department of Energy.
- Undersander, D. J., Smith, L. H., Kaminski, A. R., Kelling K. A., & Doll J. D. (1990). Sorghum- Forage. *Alternative Field Crops Manual*. <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/forage.html>
- Wu, X., Staggenborg, S., Propheter, J.L., Rooney, W.L., Yu, J. & Wang, D. (2010). Features of sweet sorghum juice and their performance in ethanol fermentation. *Industrial Crops and Products*, 31, 64-170.



Notas científicas



Supply with rain water to rural communities of the State of Campeche, Mexico

Abastecimiento con agua de lluvia a comunidades rurales del estado de Campeche, México

Aceves-Navarro, E.*; Reyes-Montero, J. A.; Vera-Espinoza, J.

Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México. C. P. 24450.

***Autor responsable:** everardo.aceves@colpos.mx

PROBLEMA

En Campeche, México, existen muchas comunidades rurales que no cuentan con agua suficiente y de buena calidad, ya que las aguas subterráneas están saturadas con carbonatos y sulfatos de calcio, lo cual es causa de serios problemas de salud para la población, tales como los cálculos en riñones y diarreas entre otros, que afectan principalmente a infantes, generan gastos por medicina, y en adultos ocasiona ausencias al trabajo, y hasta pérdida de vidas humanas.

SOLUCIÓN

Se diseñó un sistema de captación de agua de lluvia, para consumo humano, considerando el número de habitantes de la comunidad, la demanda diaria de agua por habitante, y precipitación media mensual del lugar, con lo cual, se calculó una cuenca de captación, un almacenamiento con la capacidad suficiente para que nunca falta agua, recubierta y techada con geomembrana, para que el agua no se pierda por filtración, evaporación, y no se contamine con polvo, evitando la entrada de luz y consecuente desarrollo de algas. El sistema considera un filtrado y tratamiento primario para potabilizar el agua (Figura 1).

Esta solución es posible multiplicarla, debido a que en la región de Campeche, la precipitación pluvial es de 1,250 mm al año, y existe una cultura ancestral en captación de agua de lluvia, sin considerar la parte de diseño técnico para que nunca falte el agua. Esta tecnología fue transferida al gobierno del estado de Campeche y fue aplicada por la Secretaria de Desarrollo Rural (SDR) en diferentes comunidades entre las que destacan las comunidades de Santa Rita y El Chinal en el municipio del Carmen, así como en La Lucha, Centauro del Norte, Nuevo Paraíso, Veintiuno de Mayo y Generalísimo Morelos en el municipio de Calakmul. Estas comunidades tienen entre 300 y 400 habitantes que no contaban con agua de buena calidad. También se construyeron obras de captación de agua de lluvia para uso agropecuario, revistiendo los depósitos con geomembrana para evitar pérdidas por infiltración. Estas obras se construyeron en José María Pino Suárez en el municipio del Carmen, en Xmaben municipio de Hopelchén, en Juan Escutia y Benito Juárez en Escárcega, Héctor Pérez Morales en Candelaria y las localidades Unidad y Trabajo, Tomás Aznar y la Guadalupe en el municipio de Calakmul.

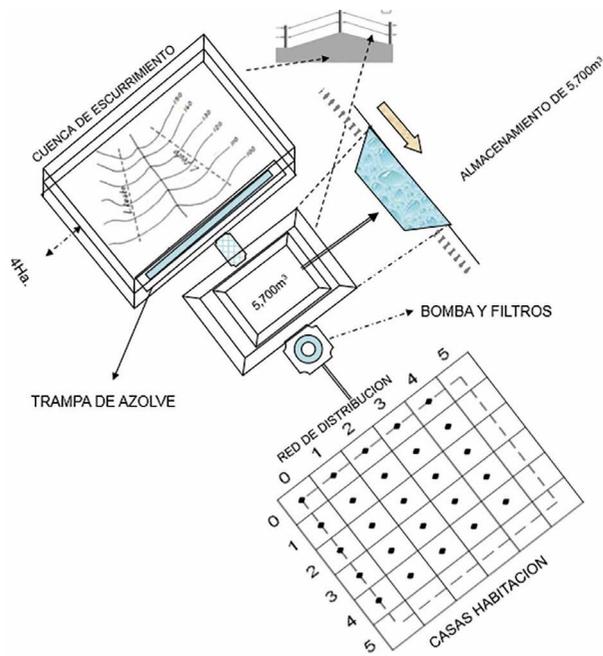


Figura 1. Componentes del sistema para captación y aprovechamiento de agua de lluvia para el estado de Campeche, México.



Figura 2. Cuenca de captación de agua de lluvia (izquierda) y Excavación para el almacenamiento del agua de lluvia (derecha).



Figura 3. Área de captación de agua de lluvia (izquierda) y Olla de almacenamiento recubierta con geomembrana (derecha).



Figura 4. Válvula de paso hacia el depósito (izquierda) y Cerco perimetral de la cuenca de captación (derecha).

IMPACTOS E INDICADORES

INNOVACIÓN	IMPACTO	INDICADOR GENERAL	INDICADOR ESPECÍFICO
Captación de agua de lluvia	Abastecimiento de agua en forma continua	Ciencia y Tecnología	Innovación e investigación
Desarrollo tecnológico	Eficiencia en el uso del agua	Ciencia y tecnología	Innovación e investigación, actividad económica, sector agropecuario
Potabilización y purificación de agua	Reducción en la tasa de incidencia de enfermedades gastrointestinales	Características de salud de la población	Innovación e investigación
Guías, manuales técnicos, Tesis, material audiovisual y libros publicados.	Contribución a la ciencia y tecnología	Ciencia y tecnología	Producción científica y tecnológica
Investigación	Talentos formados a nivel licenciatura, maestría y doctorado	Ciencia y tecnología	Recursos humanos, egresados

Rain water capture systems (SCALL) for various uses

Sistemas de captación del agua de lluvia (SCALL) para diversos usos

Anaya-Garduño, Manuel^{1*}; Pérez-Hernández, Aurora¹; Luque-Delgadillo, Ariana¹

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

*Autor responsable: anayam@colpos.mx

PROBLEMA

En México existen 3.8 millones de viviendas sin acceso al agua entubada, habitadas por cerca de 15 millones de personas, situación que genera desabasto, además de algunas enfermedades gastrointestinales. Lo anterior impacta también a la agricultura, pues se estima que, en zonas de temporal (no riego), la sequía ocasiona pérdidas de 25% en la superficie sembrada, lo que a su vez ocasiona desabasto de alimentos. En la ganadería, la falta de agua disminuye la producción de forraje para alimentación de ganado, y si los periodos de estiaje son prolongados, se puede generar la muerte de los animales, lo que ponen en riesgo este sistema de producción primaria.

SOLUCIÓN PLANTEADA

Los sistemas de captación del agua de lluvia representan una opción real para hacer frente a su escasez, ya que aseguran su abastecimiento, en cantidad, calidad y frecuencia. En México, el Colegio de Postgraduados (COLPOS), se desarrolló el "Programa de Captación del Agua de Lluvia", el cual considera el fortalecimiento de las capacidades individuales e institucionales para el desarrollo social, tecnológico y educativo, en el manejo sustentable del agua de lluvia para usos diversos. Se desarrollaron los proyectos SCALL (Figura 1) basados en la investigación aplicada, la cual se transfirió a nivel nacional e internacional. Esta solución, consideró el trabajo interdisciplinario, resaltando la impartición de 52 eventos académicos entre diplomados, cursos, talleres, congresos, conferencias, y la capacitación de 1008 técnicos de diversas partes del mundo. Con el auspicio de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se conformó la Red de Especialistas en Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para el corredor seco y zonas vulnerables a la sequía en Mesoamérica. Con la puesta en marcha de los distintos proyectos SCALL, incluido el establecimiento de bebederos escolares, se ha beneficiado a una población de 26,900 personas tanto en México como en otros países del mundo.

Figura 1. Representación esquemática de los proyectos y propuestas SCALL.

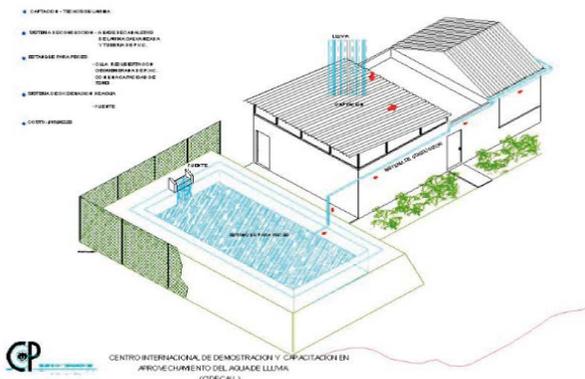


Figura 2. Modelo de abastecimiento con agua potable y purificada COLPOS I, para una familia de cuatro personas y un consumo per capita de 100 L diarios durante todo el año, con un área de captación de 120 m², y precipitación de 1600 mm anuales.

Figura 3. Modelo de abastecimiento COLPOS II, cuenta con sistema de captación, conducción y almacenamiento para el cultivo de peces de ornato y comestibles en sistemas de producción libre y jaulas flotantes.

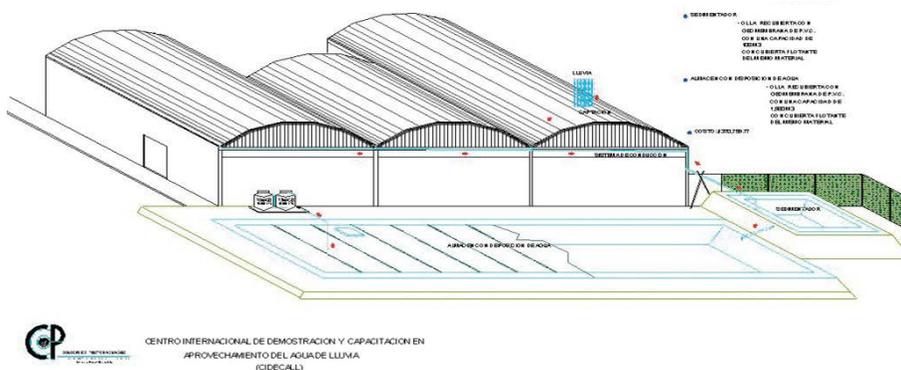
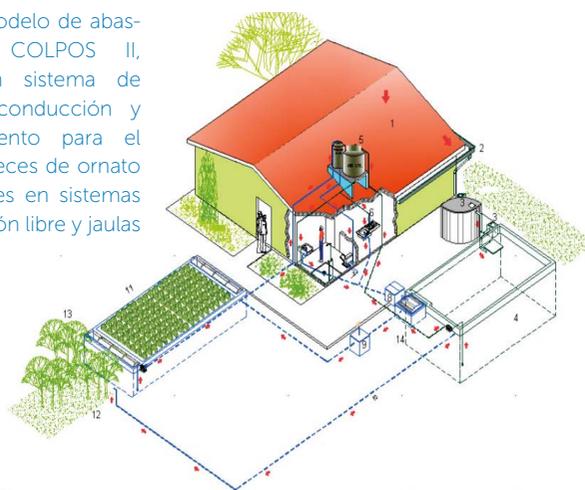


Figura 4. Modelo de abastecimiento COLPOS III, de agua de lluvia purificada a nivel comunitario. Capacidad de 2000 m³, y 2300 personas beneficiadas.

IMPACTOS E INDICADORES

INNOVACIÓN	IMPACTO	INDICADOR GENERAL	INDICADOR ESPECÍFICO
Proyectos SCALL para diversos usos de agua	Abastecimiento de agua en forma continua	Medio físico natural	Población con agua entubada en la vivienda o predio
Desarrollo tecnológico	Eficiencia en el uso del agua	Ciencia y tecnología	Innovación e investigación, actividad económica, sector agropecuario
Potabilización y purificación de agua	Reducción en la tasa de incidencia de enfermedades gastrointestinales	Características de salud de la población	Proporción de la población con enfermedades gastrointestinales
Guías, manuales técnicos, tesis, material audiovisual y libros publicados.	Contribución a la ciencia y tecnología	Ciencia y tecnología	Producción científica y tecnológica
Investigación	Talentos formados a nivel licenciatura, maestría y doctorado	Ciencia y tecnología	Recursos humanos, egresados

Microbial control of pests in Southeastern Mexico: Five years of work by the bioinsecticide production unit (UPBIO®)

Control microbiano de plagas en el sureste mexicano: Cinco años de servicio de la unidad de producción de bioinsecticidas (UPBIO®)

Lara-Reyna, Joel^{1*}; Martínez-Hernández, Aída¹; Pech-Chuc, Christian M.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Champotón, Campeche, MÉXICO. C. P. 24450.

*Autor para correspondencia: jlara@colpos.mx

PROBLEMA

La limitante principal por el uso de insecticidas químicos para el control de plagas insectiles sigue siendo la resistencia generada por su uso continuo y desmesurado de los agroquímicos. México ocupa el décimo lugar entre los países con más casos de resistencia reportados (<http://www.pesticidesresistance.org>). Se tiene registrado el uso de 5,224 plaguicidas que corresponden a un total de 66,285 productos con nombre comercial diferente. Estos datos resaltan la urgente necesidad de buscar alternativas más amigables y menos dañinas con el ambiente.

SOLUCIÓN

Los complejos de plagas presentes en los cultivos establecidos en la región sureste de México, pueden ser controlados mediante el control biológico, resaltando como alternativa viable el uso de bioinsecticidas microbianos basados principalmente en hongos entomopatógenos. A fin de atender la necesidad de productores de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para lograr un control eficiente de la mosca pinta (*Aeneolamia* sp.), en el Campus Campeche se iniciaron estudios para producir un bioinsecticida con base en *Metarhizium anisopliae*. Se construyeron áreas específicas para cada proceso de la cadena de producción y equipo básico, con lo que se tuvo la Unidad de Producción de Bioinsecticidas (UPBIO®) (Figura 1) integrada.

A cinco años de su puesta en marcha, en la actualidad la UPBIO® tiene una capacidad de producción de 1200 dosis por mes, con un costo de producción de \$150.00 (US\$ 7.50.00) por dosis por hectárea, y un tiempo de elaboración de tres semanas (desde inoculación hasta empaque). La unidad ofrece una opción biotecnológica barata y alternativa a la utilización de agroquímicos, amigable con el ambiente, segura, que satisface la demanda regional y ofrece más de una opción para el conjunto de plagas regionales. El proceso de producción de hongos entomopatógenos ha sido estandarizado, y se cuenta con un cepario de 34 aislamientos de hongos entomopatógenos de los géneros *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces* y *Cordyceps* (80% son aislamientos nativos del estado de Campeche). Todos los aislamientos han sido confirmados morfológica y molecularmente en cuanto a su identidad taxonómica, y están siendo caracterizados en cuanto a su espectro de acción y mecanismos bioquímicos y moleculares involucrados en su patogénesis para su eventual mejoramiento. Actualmente se cuenta con tres productos registrados para su venta al público: Ma-005®, producto con base en una cepa específica del hongo *Metarhizium anisopliae* para el control de la mosca pinta (*Aeneolamia* sp.) en caña de azúcar y pastos; MB-Plus®, para varias plagas de hortalizas; y BIOPCH® (que en su pronunciación simula el vocablo maya para garrapata "pech"), una cepa específica para el control de garrapata del ganado (*Rhipicephalus microplus*) (Figura 1).

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 10, octubre. 2019. pp: 65-66.

Recibido: enero, 2019. **Aceptado:** septiembre, 2019.

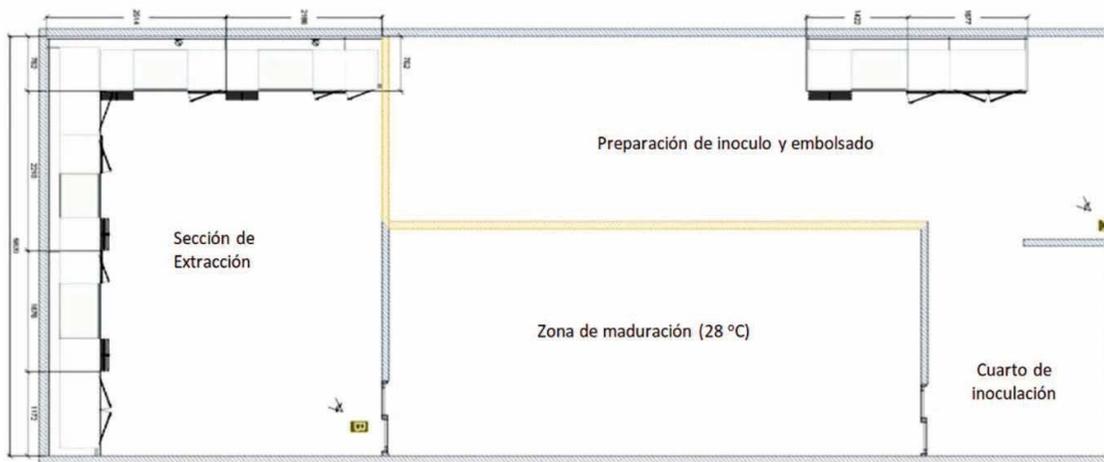


Figura 1. Unidad de Producción de Bioinsecticidas (UPBIO[®]) en el Colegio de Postgraduados Campus Campeche en Champotón, Campeche, México.



Figura 2. Presentación comercial de los biopesticidas a base de hongo *Metarhizium anisopliae* para el control de la mosca pinta (*Aeneolamia* sp.) en caña de azúcar, pastos y hortalizas.

IMPACTOS E INDICADORES

Innovación	Impactos	Indicador general	Indicador específico
Desarrollo de una estrategia para el control biológico de insectos plaga	Desarrollo de una planta de producción de bioinsecticidas	Ciencia y tecnología	Innovación e investigación
Exploración de la biodiversidad en organismos entomopatógenos	Integración de un cepario de organismos regionales	Ciencia y tecnología	Innovación e investigación
Investigación participativa	Talentos humanos formados a nivel licenciatura y postgrado	Ciencia y tecnología	Generación de recursos humanos y difusión del conocimiento

Rain water collection in the Mixteca Poblana de Mexico

Captación de agua de lluvia en la Mixteca Poblana de México

Parra-Inzunza, Filemón^{1*}; Ocampo-Fletes, Ignacio¹; Hernández-Salgado José Hilario¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205. San Pedro Cholula, Puebla, México. C. P. 72760.

*Autor responsable: fparra@colpos.mx

PROBLEMA

En la región Mixteca Poblana de México, se ubica una de las Microrregiones de Atención Prioritaria (MAP), del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (Colpos-México) Campus Puebla, y presenta serias restricciones para la producción agrícola y pecuaria, debido a la falta de agua. A nivel doméstico esta restricción es severa, y obliga a las familias al "acarreo", de fuentes lejanas a sus viviendas; el tiempo invertido en esta actividad va de dos hasta cuatro horas diarias, además de la mala calidad del agua que ocasiona diversos problemas de salud.

SOLUCIÓN

Para abastecer de agua a las comunidades de la región Mixteca Poblana, el Campus Puebla generó desarrollos tecnológicos que transfirió para la "cosecha" de agua de lluvia. Actualmente, el agua recolectada es para consumo doméstico, y producción de alimentos en traspatio (comunes en las viviendas rurales). Como institución incubadora de Agencias de Desarrollo Rural (ADR), en el marco del Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria (PESA), el Colegio de Postgraduados ha tenido un papel estratégico en la aplicación e implantación de tecnologías para el aprovechamiento del agua de lluvia en zonas marginales. A la fecha se han integrado equipos técnicos de profesionales locales, a quienes se les ha capacitado, dado seguimiento y asesorado durante todo el proceso que involucra esta tecnología. Con ello se ha contribuido significativamente a la seguridad alimentaria, la generación de ingresos y mejoría de la vida rural. Acoplado a la captación de agua de lluvia, se han adaptado tecnologías para la fabricación de cisternas de ferrocemento, que permiten almacenar mayores cantidades de agua (Figura 1).

También se han adaptado diferentes tecnologías ecológicas que incluyen producción de compostas, huertos familiares, gallineros, y estufas ahorradoras de leña, entre otras. En resumen, se atendieron directamente a 521 familias con una población beneficiada de 2,750 personas; en los traspacios se construyeron 521 cisternas de 20,000 litros, se establecieron 520 huertos familiares con igual número de sistemas de riego por goteo; 271 estufas ahorradoras de leña, 420 gallineros, 270 composteros y 42 corrales para chivos.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 10, octubre. 2019. pp: 67-68.

Recibido: abril, 2019. **Aceptado:** septiembre, 2019.



Figura 1. Funcionamiento de una cisterna de ferrocemento para almacenar agua de lluvia en la región Mixteca Poblana de México.



Figura 2. Producción de hortalizas en traspatio, con un sistema de riego abastecido por agua de lluvia.

IMPACTOS E INDICADORES

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Proyectos de cosecha de agua de lluvia para diversos usos	Abastecimiento de agua en forma continua	Medio físico natural	Población con agua entubada en la vivienda o predio
Desarrollo tecnológico	Eficiencia en el uso del agua	Ciencia y tecnología	Innovación e investigación, actividad económica, sector agropecuario
Ecotecnologías acopladas a la captación de agua de lluvia	Seguridad alimentaria y desarrollo sustentable	Ciencia y tecnología	Actividad económica, sector agropecuario
Guías, manuales técnicos, tesis, material audiovisual y libros publicados.	Contribución a la ciencia y tecnología	Ciencia y tecnología	Producción científica y tecnológica
Investigación	Talentos formados a nivel licenciatura, maestría y doctorado	Ciencia y tecnología	Recursos humanos, egresados

Morphological and molecular characterization of wild peppers and creole varieties of Campeche, Mexico

Caracterización morfológica y molecular de chiles silvestres y variedades criollas de Campeche, México

Castillo-Aguilar, Crescencio C.^{1*}; López-Castilla, Lucero del Carmen²

¹Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche. C. P. 24450. ²Instituto Tecnológico de Conkal. Antigua carretera Mérida-Motul km 16.3, Conkal, Yucatá. C. P. 97345.

*Autor responsable: ccca@colpos.mx

PROBLEMA

Campeche y la Península de Yucatán cuentan con diversidad de genotipos de chile los cuales forman parte de la cultura de las comunidades mayas: chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq), chile X cat ik, chile dulce, chile verde, chile max, chile bolita (*Capsicum annuum*) y chile pico paloma (*Capsicum frutescens*). Sin embargo, esta diversidad ha sido amenazada por la introducción de variedades mejoradas e híbridos para el caso del chile habanero. El resto de los genotipos de chile son conservados y cultivados en áreas pequeñas y traspatios (X cat ik, verde, dulce). Por lo que respecta a los chiles silvestres (max, bolita y pico paloma) su diversidad ha sido reducida por la apertura de áreas de cultivo, fragmentación de la selva, sequía e incendios forestales. A esta disminución se le suma la falta de estrategias de conservación a corto, mediano y largo plazo.

SOLUCIÓN PLANTEADA

Con la finalidad de contribuir a la conservación de la diversidad de diferentes genotipos de chile, se realizaron colectas en diferentes regiones de la península de Yucatán, los cuales se han reproducido, caracterizado morfológica y molecularmente, conservado, y a su vez están sirviendo de base para el mejoramiento genético de variedades criollas de chile habanero y chile X cat ik (Figura 1, 2, 3).

Las semillas, aunque muy parecidas en términos generales, se diferencian en tamaño, color y rugosidad. Además, cada genotipo presenta características particulares en cuanto a precocidad, tolerancia y resistencia a factores adversos del clima y el suelo, plagas y enfermedades. Se cuenta con colectas de diferentes especies y se dispone de variedades criollas con potencial productivo en chile habanero, chile habanero rosita y chile X cat ik. Estos desarrollos son importantes dado que las variedades criollas de chile habanero, podría impactar una superficie cultivada de 150 ha en el estado de Campeche; 500 ha en el estado de Yucatán y 200 ha en Quintana Roo, con impactos que beneficiarían a 2000 productores y 20 empresas.



Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 10, octubre. 2019. pp: 69-70.

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



Figura 1. De izquierda a derecha: plántulas de X cat ik, chile bolita, chile habanero rosita y chile verde.



Figura 2. De izquierda a derecha: flores de chile habanero rosita, chile X cat ik, chile max y chile bolita.



Figura 3. Frutos de diversos genotipos de chile. De izquierda a derecha: chile habanero, chile X cat ik, chile dulce, chile max, chile pico paloma, chile habanero rosita, chile bolita y chile verde.

IMPACTOS E INDICADORES

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Caracterización de genotipos de chile	Bases para la conservación ex situ	Ciencia y tecnología	Innovación e investigación
Potencial productivo de variedades criollas	Incremento en producción	Tecnología y economía	Innovación Actividad económica
Investigación participativa	Talentos humanos formados a nivel licenciatura y postgrado	Ciencia y tecnología	Generación de recursos humanos y difusión del conocimiento