

AGRO PRODUCTIVIDAD

AP

Respuesta superovulatoria y
calidad embrionaria
de vacas Brahman lactando
sincronizadas con dosis bajas de FSH en
condiciones del sur de México

pág. 9

Año 12 • Volumen 12 • Número 11 • noviembre, 2019

- | | |
|--|----|
| Evaluación de trampas para <i>Rhynchophorus palmarum</i> L. (Coleoptera: Curculionidae) en la costa de Oaxaca, México | 3 |
| Variabilidad morfológica de maíz nativo (<i>Zea mays</i> L.) en la Península de Yucatán, México | 15 |
| Acondicionamiento de garbanzo (<i>Cicer arietinum</i> L.) por el proceso de nixtamalización para la obtención de harina utilizada en la elaboración de pan de caja | 21 |
| Bioaccesibilidad de antioxidantes de origen vegetal micro y nanoencapsulados: perspectivas para su determinación <i>in vitro</i> | 29 |
| Sustentabilidad socio territorial del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en una comunidad rural | 39 |
| Análisis y Caracterización de las fases del proceso de producción de ganado bovino para carne. Estudio de caso de la Asociación Ganadera local general de Tepetlaoxtoc, Estado de México | 47 |

y más artículos de interés...

3	Evaluation of traps for <i>Rhynchophorus palmarum</i> L. (Coleoptera: Curculionidae) in the Oaxaca's coast, Mexico / Evaluación de trampas para <i>Rhynchophorus palmarum</i> L. (Coleoptera: Curculionidae) en la costa de Oaxaca, México
9	Superovulatory response and embryonic quality of Brahman suckling cows synchronized with low doses of FSH under conditions in southern Mexico / Respuesta superovulatoria y calidad embrionaria de vacas Brahman lactando sincronizadas con dosis bajas de FSH en condiciones del sur de México
15	Morphological variability of native corn (<i>Zea mays</i> L.) in the Yucatan Peninsula, Mexico / Variabilidad morfológica de maíz nativo (<i>Zea mays</i> L.) en la Península de Yucatán, México
21	Conditioning of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) by the nixtamalization process to obtain flour used in the elaboration of loaf bread / Acondicionamiento de garbanzo (<i>Cicer arietinum</i> L.) por el proceso de nixtamalización para la obtención de harina utilizada en la elaboración de pan de caja
29	Bioaccessibility of micro and nanoencapsulated vegetable antioxidants: <i>In vitro</i> assessment perspectives / Bioaccesibilidad de antioxidantes de origen vegetal micro y nanoencapsulados: perspectivas para su determinación <i>in vitro</i>
39	Socio-territorial sustainability of creole maize crop (<i>Zea mays</i> L.) in a rural community / Sustentabilidad socio territorial del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en una comunidad rural
47	Analysis and characterization of the phases of the production process of beef cattle. Case study of the General Local Livestock Association of Tepetlaoxtoc, State of Mexico / Análisis y Caracterización de las fases del proceso de producción de ganado bovino para carne. Estudio de caso de la Asociación Ganadera local general de Tepetlaoxtoc, Estado de México
55	<i>Edwardsiella tarda</i> Ewing y McWhorter 1965: food and fish / <i>Edwardsiella tarda</i> Ewing y McWhorter 1965: alimentos y pescado
61	Sensory evaluation of ate made with orange peel pectin / Evaluación sensorial de ate hecho con pectina de cáscara de naranja
67	Characteristics of rabbit meat and its shelf life valued with the profile of biogenic amines / Características de la carne de conejo y su vida de anaquel evaluada con el perfil de aminas biogénicas
75	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) of Wit and <i>Moringa oleifera</i> Lam: Species with high protein value for the release of bioactive peptides / <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit and <i>Moringa oleifera</i> Lam: Especies con alto valor proteico para la liberación de péptidos bioactivos
83	Biopolymers of cellulose in food packaging: Challenges and applications / Biopolímeros de celulosa en empaques alimenticios: Retos y aplicaciones
89	Presence of heavy metals in Mexican Duck (<i>Anas diazi</i> Ridgway) / Presencia de metales pesados en Pato Mexicano (<i>Anas diazi</i> Ridgway)
93	Aquaponic system with subsurface wetland for carp production (<i>Cyprinus carpio</i> L.), strawberry (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> (Duchesne ex Weston) and canola (<i>Brassica napus</i> L.) / Sistema acuapónico con humedal subsuperficial para producción de carpa (<i>Cyprinus carpio</i> L.), fresa (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> (Duchesne ex Weston) y canola (<i>Brassica napus</i> L.)
99	Economic sustainability of corn culture (<i>Zea mays</i> L.) in Acambay, Mexico / Sustentabilidad económica del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en Acambay, México
Notas científicas	
105	Bio-CNPR: Biological Control Formulation for the cultivation of sugarcane (<i>Saccharum</i> spp.) / Bio-CNPR: Formulado de Control biológico para el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.)
107	Sexual pheromone of the palomilla (<i>Cactoblastis cactorum</i> L.) of the cactus (<i>Opuntia ficus indica</i> (L.) Mill) / Feromona sexual de la palomilla (<i>Cactoblastis cactorum</i> L.) del nopal (<i>Opuntia ficus indica</i> (L.) Mill)
109	Mechanical equipment for harvesting prickly pears / Equipo mecánico para la cosecha de tunas
111	Amaranth seed (<i>Amaranthus</i> sp.) exploder equipment / Reventadora de semilla de amaranto (<i>Amaranthus</i> sp.)

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 — *Editor en Jefe*
Dr. Fernando Carlos Gómez Merino — *Editor de sección*
Dr. Ángel Bravo Vinaja — *Curador de metadatos*
M.A. Ana Luisa Mejía Sandoval — *Asistente*
M.C. María Isabel Iñiguez Luna — *Asistente*
M.C. Valeria Abigail Martínez Sias — *Diagramador*
Lic. Hannah Infante Lagarda — *Filólogo*
Biól. Valeria J. Gama Ríos — *Traductor*
Téc. Mario Alejandro Rojas Sánchez — *Diseñador*

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 11, noviembre 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, 30 de noviembre de 2019.

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

Contacto principal

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

Contacto de soporte

📞 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.

Evaluation of traps for *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in the Oaxaca's coast, Mexico

Evaluación de trampas para *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) en la costa de Oaxaca, México

Ovando-Cruz, M. Enrique¹; Serrano-Altamirano, Víctor¹; Gálvez-Marroquín, L. Antonio^{1*}; Ariza-Flores, Rafael², Martínez-Bolaños, Misael³; Ovando-Barroso, Emanuel⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, Etna, Oaxaca. C.P. 68200. ²INIFAP-Campo Experimental Iguala. Carretera Iguala-Tuxpán Km. 2.5, Tuxpán, Iguala de Independencia, Guerrero. C.P. 40000. ³INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa. Km 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas. C.P. 30870. ⁴Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México. C.P. 56264.

*Autor de correspondencia. galvez.luis@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effectiveness of the modified CSAT and PET traps in the capture of coconut palm black weevil *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in Río Grande, Tututepec, Oaxaca, Mexico.

Design/methodology/approximation: To capture *R. palmarum* in an Enano Malayo Amarillo cv. Acapulco coconut grove, during 2016-2018, were installed modified CSAT and PET traps, both with Rincoforol as pheromone and Tabasco banana as food bait. With the capture log every seven days, the monthly was built. A paired plot treatment design with six repetitions was used and the results were compared with the Student t test for paired samples.

Results: In the three years of the study, the monthly average of captured specimens was 3.1 in the modified CSAT trap and 1.5 in the PET ($p < 0.01$); during the rainy season (June to October) the catch increased. As the time elapsed the attraction of Rincoforol decreased, becoming nullified after 120 days.

Limitations on study/Implications: No limitations/implications were found in this study.

Findings/Conclusions: The modified CSAT trap was more efficient in capturing coconut palm black weevil. The PET trap is a safe and cheaper option to reduce populations of the pest.

Keywords: coconut palm black weevil, CSAT trap, PET trap.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la efectividad de las trampas CSAT modificada y PET en la captura del picudo negro del cocotero *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) en Río Grande, Tututepec, Oaxaca, México.

Diseño/metodología/aproximación: Para capturar *R. palmarum* en una huerta de cocotero Enano Malayo Amarillo cv. Acapulco, durante 2016-2018 se instalaron trampas CSAT modificada y PET, ambas con Rincoforol como feromona y plátano Tabasco como cebo alimenticio. Con el registro de captura de cada siete días, se obtuvo el total mensual. Se utilizó un diseño de tratamientos de parcelas apareadas con seis repeticiones y los resultados se compararon con la prueba de t de Student para muestras apareadas.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp: 3-8.

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



Resultados: En los tres años del estudio, el promedio mensual de ejemplares capturados fue de 3.1 en la trampa CSAT modificada y de 1.5 en la PET ($p < 0.01$); durante la época de lluvias (junio a octubre) se incrementó la captura. A medida que transcurrió el tiempo disminuyó el poder de atracción del Rincoforol, nulificándose después de 120 días.

Limitaciones del estudio/implicaciones: No se tuvo ninguna en este estudio.

Hallazgos/conclusiones: La trampa CSAT modificada fue más eficiente para capturar picudos negros del cocotero. La trampa PET es una opción inocua y más económica para disminuir las poblaciones de la plaga.

Palabras clave: Picudo negro del cocotero, Trampa CSAT, trampa PET.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el periodo de 2016 a 2018 en una parcela (10 ha) de cocotero Malayo Enano Amarillo variedad Acapulco de 16 años y se estableció en el Sitio Experimental Costa Oaxaqueña del INIFAP, en Río Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca (clima Aw1, 1300 mm precipitación anual, 27.2 °C media anual y altitud de 15 m).

Se utilizó un diseño de tratamientos de parcelas apareadas con seis repeticiones, los tratamientos evaluados fueron dos tipos de trampas amarillas: CSAT modificada y PET (Figura 1A y 1B, respectivamente). En cada trampa se colocó un sobre con la feromona de agregación rincoforol, que se cambió cada tres meses y como cebo alimenticio se utilizó plátano Tabasco (*Musa paradisiaca*); en la trampa CSAT modificada se colocaron cinco frutos con insecticida a base de metomilo y en la PET dos frutos sin insecticida.

Las trampas se revisaron cada siete días para cambiar el cebo alimenticio y se registró el número de

INTRODUCCIÓN

El cocotero (*Cocos nucifera* L.) es uno de los cultivos perennes más importantes en la Costa de Oaxaca, México; en 2018 se cultivaron 8,227.75 ha en los municipios de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Santiago Pinotepa Nacional, Santa María Huazolotitlán, Santiago Jamiltepec, Santo Domingo Armenta, Santiago Tapextla, San Andrés Huaxpaltepec y San Juan Bautista Lo de Soto, las cuales rindieron en promedio 1.12 t ha⁻¹ de copra (SIAP, 2018). Las principales limitantes fitosanitarias en la producción del cocotero son la roña del fruto (*Eriophyes (Aceria) guerreronis* Keifer) y el picudo o broca del cocotero (*Rhynchophorus palmarum* L.); éste último, causa la muerte de palmas de manera directa (daño por larvas) o como vector del nematodo (*Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb) Baujard), agente causal del anillo rojo (Chinchilla *et al.*, 1996; Bulgarelli *et al.*, 1998). En México *R. palmarum*, está presente en todas las plantaciones de cocotero y ha sido la principal causa de muerte de las palmeras (Ovando *et al.*, 2010). *R. palmarum* es una especie gregaria cuyo macho adulto produce feromonas de agregación al hallar una fuente alimenticia; esta feromona, el 2-metil-5(E)-hepten-4 ol (rincoforol o rhynchophorol), fue identificada (Rochat *et al.*, 1991) y posteriormente sintetizada y evaluada en campo como base para el desarrollo de un sistema de manejo integrado del anillo rojo (Chinchilla y Oehlschlager *et al.*, 1992; Oehlschlager *et al.*, 1993). La forma más eficiente de manejo del anillo rojo, es mediante el uso de trampas con atrayentes naturales y feromona hacia el insecto vector. La trampa tipo CSAT modificada (Camino *et al.*, 2000) y tipo PET (Ferreira *et al.*, 2001), fueron señaladas como eficientes para la captura de adultos de *R. palmarum* en Guerrero, México, y en Brasil. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar la efectividad de las trampas CSAT modificada y PET, en la captura de *R. palmarum* en plantaciones de cocotero en Tututepec, Oaxaca, México.



Figura 1. Trampas para picudo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* L. a) Trampa tipo CSAT modificada y b) Trampa tipo PET.

insectos capturados. El análisis de la información se realizó con los datos de captura semanal, mensual y anual; se utilizó la prueba de t de Student del procedimiento "TTEST" para muestras pareadas del paquete SAS versión 9.0 (Slaughter y Delwiche, 2010; Valls y Badiella, 2009). Asimismo, se realizó un análisis de regresión lineal simple para estimar el comportamiento de la efectividad de la feromona de agregación para atraer picudos en ambas trampas en función del tiempo; esto con el procedimiento "REG".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mayores poblaciones de picudos se observaron durante los meses de julio y agosto de 2016; y septiem-

bre de 2017 periodo correspondiente a época de lluvias; mientras que las menores capturas se registraron en noviembre, diciembre y mayo (Figura 2 y 3). Resultados similares fueron reportados en Tabasco, México, en la variedad Alto Pacífico, con picos máximos de captura en los meses de julio-agosto y febrero, y los más bajos en noviembre y marzo (Sumano et al., 2012).

Durante el periodo de estudio (2016-2018), la mayor captura de picudos se obtuvo con la trampa CSAT modificada (Figura 2, 3 y 4). Para el 2016, aunque estadísticamente (prueba de t para medias apareadas) solo se tuvieron diferencias significativas en los meses de julio y diciembre, así como en el total anual (Cuadro 1); mien-

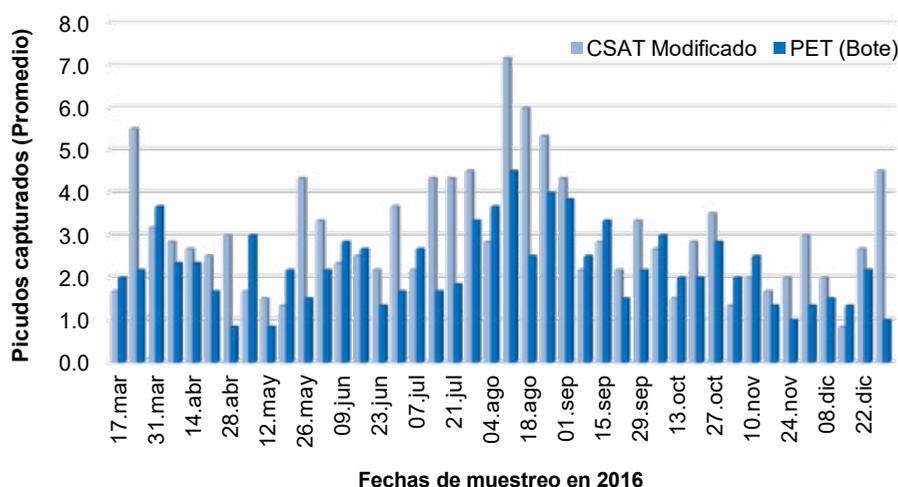


Figura 2. Fluctuación de la captura semanal de picudos de cocotero (*Rhynchophorus palmarum* L.) en dos tipos de trampas con feromona durante 2016.

Cuadro 1. Comparación mensual de trampas para el control de picudo del cocotero (*Rhynchophorus palmarum* L.) durante 2016 en Río Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca, México.

Mes	Picudos/trampa cada siete días (medias)		Diferencias pareadas CSAT-PET			t calculada (n-1, $\alpha=0.05$)	Prob. de rechazo $\mu_1=\mu_2$
	CSAT	PET	Media	n	Desv. Est.		
Marzo	3.44	2.61	0.83	18	4.63	0.76	NS
Abril	2.75	1.79	0.96	24	4.66	1.01	NS
Mayo	2.21	1.84	0.33	24	3.45	0.47	NS
Junio	2.80	2.13	0.67	30	2.50	1.46	NS
Julio	3.83	2.38	1.46	24	3.18	2.25	NS
Agosto	5.33	3.67	1.67	24	5.65	1.44	NS
Septiembre	2.96	2.58	0.30	36	3.14	0.64	NS
Octubre	2.63	2.46	0.17	24	1.93	0.42	NS
Noviembre	1.70	1.71	0.04	24	2.01	0.10	NS
Diciembre	2.58	1.29	1.13	24	2.76	2.29	<0.05
Anual	3.00	2.25	0.77	252	3.49	3.41	<0.01

NS=No significativo con una confiabilidad del 95 %, <0.05=significativo estadísticamente con una confiabilidad del 95 %, <0.01=significativo estadísticamente con una confiabilidad del 99 %.

tras que para el 2017 la mayor eficiencia se observó en los meses de febrero, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre y el total anual (Cuadro 2). En 2018 los promedios de captura mensual fueron de 0.25 a 5.63 y de 0.0 a 2.5 para la trampa CSAT y PET, respectivamente; únicamente en junio no se observaron diferencias estadísticas a favor de la trampa CSAT (Cuadro 3).

Ferreira *et al.*, (2001) determinaron que la trampa PET captura menor cantidad de insectos, y debido a su menor volumen la hace más eficiente respecto a la trampa

CSAT, además de tener menor costo de manufactura y no requiere uso de insecticida por lo que es una trampa inocua.

Al relacionar el efecto del tiempo sobre la efectividad de la feromona de agregación para atraer picudos se observó una tendencia similar en ambos tipos de trampas; después de 120 d, las capturas fueron prácticamente nulas (Figura 5). Las ecuaciones de regresión ajustadas fueron las siguientes: para trampas CSAT modificada $Picudos=4.875-0.022*días$, con $R^2=0.211$

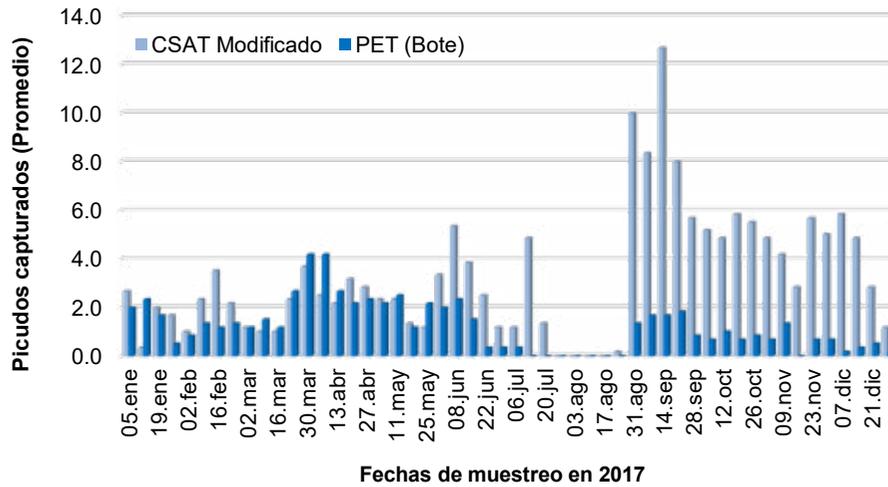


Figura 3. Fluctuación de la captura semanal de picudos de cocotero (*Rhynchophorus palmarum* L.) en dos tipos de trampas con feromona durante 2017.

Cuadro 2. Comparación mensual de trampas para el control de picudo del cocotero (*Rhynchophorus palmarum* L.) durante 2017 en Río Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca, México.

Mes	Picudos/trampa cada siete días (medias)		Diferencias pareadas CSAT-PET			t calculada (n-1, α=0.05)	Prob. de rechazo μ1=μ2
	CSAT	PET	Media	n	Desv. Est.		
Enero	1.67	1.63	0.04	24	2.71	0.08	NS
Febrero	2.25	1.67	1.08	24	2.54	2.09	NS
Marzo	1.83	2.13	-0.30	30	2.81	-0.59	NS
Abril	2.67	2.83	-0.17	24	3.34	-0.24	NS
Mayo	1.79	2.00	-0.21	24	2.70	-0.38	NS
Junio	3.23	1.30	1.93	30	3.14	3.32	<0.01
Julio	1.80	0.08	1.75	24	6.10	1.41	NS
Agosto	2.03	0.27	1.77	30	4.44	2.18	<0.05
Septiembre	8.67	1.50	7.17	24	5.78	6.07	<0.01
Octubre	5.33	0.79	4.54	24	3.78	5.89	<0.01
Noviembre	4.50	0.67	3.83	30	3.80	5.53	<0.01
Diciembre	3.67	0.29	3.83	24	4.50	3.67	<0.01
Anual	3.26	1.21	2.05	311	4.43	8.16	<0.01

NS=No significativo con una confiabilidad del 95 %, <0.05=significativo estadísticamente con una confiabilidad del 95 %, <0.01=significativo estadísticamente con una confiabilidad del 99 %.

y $\alpha^* = < 0.01$; mientras que para las trampas PET fue $Picudos = 2.491 - 0.014 * \text{días}$, con $R^2 = 0.294$ y $\alpha^* = < 0.01$. Lo anterior indica que, por cada día, como se demostró en las pruebas de t para muestras pareadas, la trampa CSAT tiene mayor eficiencia inicial en 2.4 insectos, pero se reduce en 0.022 insectos por día que pasa, mientras que en la trampa PET decrece en 0.014 el número de picudos atrapados cada día (Figura 6).

CONCLUSIONES

La mayor captura de picudos de cocotero se obtuvo con la

trampa CSAT modificada; sin embargo, ambas trampas reducen su eficiencia de atracción de picudos a través del tiempo y es nula después de 120 d de haber sido instaladas en campo. La trampa PET, aunque es menos eficiente, es una opción inocua y económica para disminuir las poblaciones del picudo del cocotero en la Costa de Oaxaca.

LITERATURA CITADA

Bulgarelli, J., Chinchilla, C. and Oehlschlager, C. (1998). The red ring/ little leaf syndrome and *Metamasius hemipterus* captures in oil palm in Costa Rica. ASD Oil Palm Papers, San José, no. 18, p. 17-24.

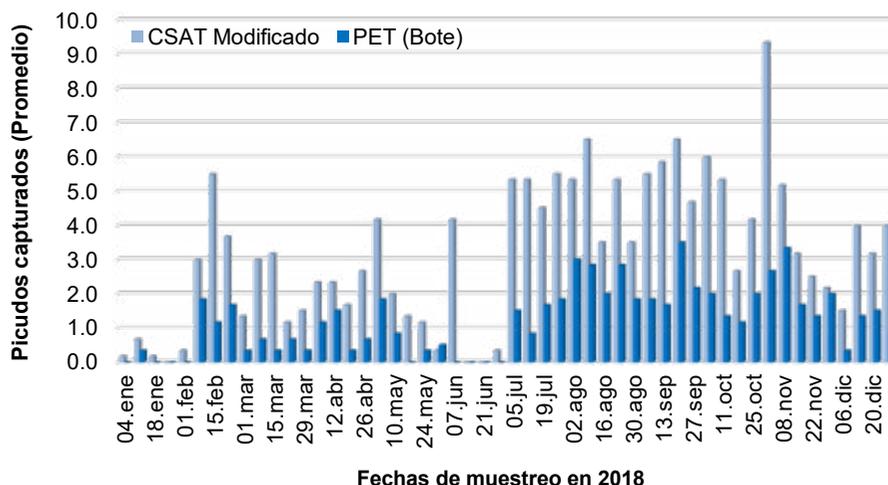


Figura 4. Fluctuación de la captura semanal de picudos de cocotero (*Rhynchophorus palmarum* L.) en dos tipos de trampas con feromona durante 2018.

Cuadro 3. Comparación de trampas para el control del picudo del cocotero (*Rhynchophorus palmarum* L.) durante 2018 en Río Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca, México.

Mes	Picudos/trampa cada siete días (medias)		Diferencias pareadas CSAT-PET			t calculada (n-1, $\alpha=0.05$)	Prob. de rechazo $\mu_1=\mu_2$
	CSAT	PET	Media	n	Desv. Est.		
Enero	0.25	0.08	0.17	24	0.38	2.14	<0.05
Febrero	3.13	1.17	1.96	24	2.58	3.72	<0.01
Marzo	2.03	0.47	1.57	30	1.68	5.12	<0.01
Abril	2.25	0.92	1.33	24	1.90	3.43	<0.01
Mayo	1.80	0.70	1.10	30	2.07	2.91	<0.01
Junio	1.13	0.00	1.13	24	4.89	1.13	NS
Julio	5.17	1.46	3.71	24	4.02	4.52	<0.01
Agosto	4.83	2.50	2.33	30	3.96	3.23	<0.01
Septiembre	5.63	2.29	3.33	24	4.01	4.08	<0.01
Octubre	4.54	1.63	2.92	24	3.76	3.80	<0.01
Noviembre	4.47	2.20	2.27	30	4.75	2.61	<0.05
Diciembre	3.17	1.00	2.17	24	2.82	3.76	<0.01
Anual	3.21	1.22	1.98	312	3.42	10.25	<0.01

NS=No significativo con una confiabilidad del 95 %, <0.05=significativo estadísticamente con una confiabilidad del 95 %, <0.01=significativo estadísticamente con una confiabilidad del 99 %.

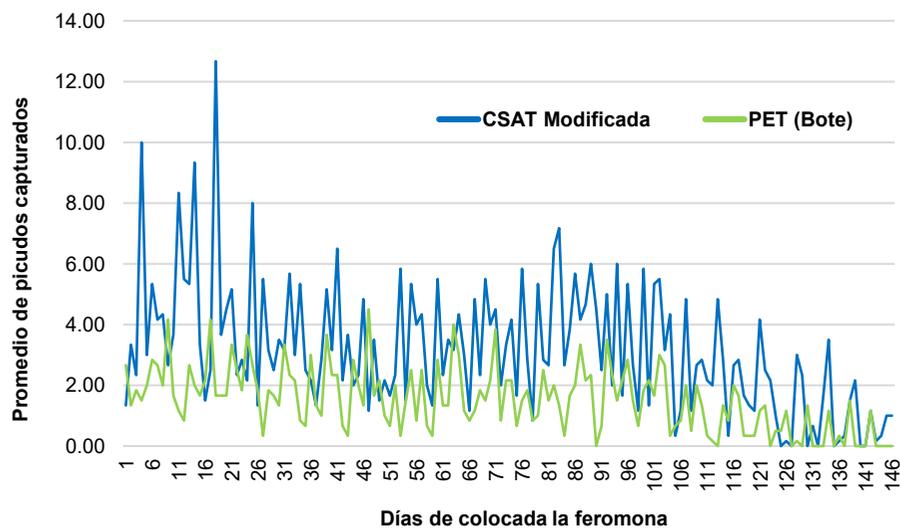


Figura 5. Relación entre días después del cambio de la feromona de agregación y el número de insectos capturados cada siete días.



Figura 6. Adulto del picudo del cocotero (*Rhynchophorus palmarum* L.)

Camino, L., Hernández, R., Gutiérrez, O., Castrejón, G., Arzuffi, B., Jiménez, P. y Castrejón, A. I. (2000). Pruebas con la feromona de agregación (rhynchophorol: RHYNKO-Lure[®]) producida por el macho de *Rhynchophorus palmarum* en la Costa Grande de Guerrero, México. ASD Oil Palm Papers, San José, no. 20, p. 9-12.

Chinchilla, C. M. y Oehlschlager, A. C. (1992). Comparación de trampas para capturar adultos de *Rhynchophorus palmarum* utilizando la feromona de agregación producida por el macho. ASD Oil Palm Papers, San José, no.5, p. 9-14.

Chinchilla, C., Oehlschlager, C. and Bulgarelli, J. (1996). A Pheromone based trapping system for *Rhynchophorus palmarum* and *Metamasius hemipterus*. ASD Oil Palm Papers, San José, no. 12, p. 11-17.

Ferreira, J. M. S., Araújo, R. P. C de., y Sarro, F. B. (2001). Armadilha Pet para captura de insetos adultos da broca-do-olho-do-coqueiro, *Rhynchophorus palmarum*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Circular técnica no. 22. 15 p.

Oehlschlager, A. C., Chinchilla, C. M., González, L. M., Jiron, L. F., Mexzon, R. y Morgan, B. (1993). Development of a pheromone-based trapping system for *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Economic Entomology, 86(5):1381-1392.

Ovando-Cruz, M. E., Serrano-Altamirano, V., Ríos Luna, T., Ariza-Flores, R. y Barbosa-Moreno, F. (2010). Manejo fitosanitario del cocotero en la Costa de Oaxaca. INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oax., 71 p.

Rochat, D., Malosse, C., Lettère, M., Ducrot, P. H., Zagatti, P., Renou, M. & Descoins, C. (1991). Male-produced aggregation pheromone of *Rhynchophorus palmarum*: collection, identification, electrophysiological activity, and laboratory bioassay. Journal of Chemical Ecology, 17:2127-2141.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2018). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Cierre de la producción agrícola por estado, <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Slaughter, S. J. and Delwiche, L. D. (2010). The Little SAS Book for Enterprise Guide 4.2. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 376 p.

Sumuano-López, D., Sánchez-Soto, S., Romero-Nápoles, J., Sol-Sánchez, A. (2012). Eficiencia de captura de *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Dryophthoridae) con diferentes diseños de trampas en Tabasco, México. Fitosanidad, 16(1):43-48.

Valls, J. y Badiella, L. (2009). Introducción al SAS. Servei d'Estadística Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona, Esp. 50 p.

Superovulatory response and embryonic quality of Brahman suckling cows synchronized with low doses of FSH under conditions in southern Mexico

Respuesta superovulatoria y calidad embrionaria de vacas Brahman lactando sincronizadas con dosis bajas de FSH en condiciones del sur de México

Ponce-Covarrubias, José L.¹; Mendoza-Medel, Gabriel²; Hernández-Ruiz, Pedro E.¹; Pineda-Burgos, Blanca C.¹; Valencia-Franco, Edgar²; Velázquez-Morales, José V.³; García y González, Ethel C.^{1*}

¹Universidad Autónoma de Guerrero, Escuela Superior de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 3. Tecpan de Galena, Guerrero, México. C.P. 40900. Universidad Autónoma de Guerrero. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. C. P. 41940.

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Agrohídrica-Programa Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Tlatlauquitepec, Puebla, México. C.P. 73900. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Programa de Ganadería. Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56230.

*Autor para correspondencia: eth_cat@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: Assess the superovulatory response and embryonic quality of a group of suckling Brahman cows undergoing a low dose FSH protocol.

Methodology: In the study 33 multiparous suckling Brahman cows were superovulated. For this, the females were synchronized with CIDR (insertion day 0) and decreasing doses of FSH (day 5: 250 mg FSH, day 6: 200 mg FSH, day 7: 150 mg), on day 9 and 10 artificial insemination was performed (IA); finally on day 17 the washing was done to collect the embryos. The embryos were collected with a Foley catheter and the contents were deposited in a 100×100 mm square Petri dish with a squared bottom for the subsequent search for embryos in the microscope provided with an increase of 20 to 30 X. The embryos were classified according to their morphology and stage of development on a scale from 1 (stage of a cell) to 9 (stage of hatched blast) and quality as 1 (excellent), 2 (good), 3 (regular) and 4 (degenerate).

Results: Of the 100% of the cows treated 363 embryos were obtained: 41.8% were viable; 65% were classified as hatched blastocyst of quality 8 and 34.8% of quality 7. Of the embryos classified as hatched blastocyst, 60.6% were of excellent quality, 28.28% of good quality and 11.11% of regular quality. The average of viable embryos per cow was 2.9% and 1.9% transferable.

Implications: It's difficult to superovulate lactating cows, due to the control of calves during the experimental process, this type of treatment also is not recommended due to the metabolic and reproductive expenditure to which these females are subjected.

Conclusions: Suckling Brahman cows have a low superovulatory response when they are synchronized with a low dose FSH protocol.

Key words: synchronization, hormones, oocytes, lactating cows.

RESUMEN

Objetivo: evaluar la respuesta superovulatoria y calidad embrionaria de un grupo de vacas Brahman lactando sometidas a un protocolo de dosis bajas de FSH.

Metodología: en el estudio fueron superovuladas 33 vacas de raza Brahman múltiparas lactando. Las hembras fueron sincronizadas con CIDR (inserción día 0) y dosis decrecientes de FSH (día 5: 250 mg FSH, día 6: 200 mg FSH, día 7: 150 mg), el día 9 y 10 se practicó la inseminación artificial (IA); finalmente el día 17 se realizó el lavado para la recolección de embriones. Los embriones fueron colectados con una sonda Foley, y el contenido fue depositado en una caja de Petri cuadrada de 100 × 100 mm con fondo cuadrículado para la posterior búsqueda de embriones en el microscopio provisto de un aumento de 20 a 30 X. Los embriones fueron clasificados de acuerdo a su morfología y estadio de desarrollo en una escala del 1 (estadio de una célula) al 9 (estadio de blastocito eclosionado) y calidad como 1 (excelente), 2 (bueno), 3 (regular) y 4 (degenerado).

Resultados: Del 100% de las vacas tratadas se obtuvieron 363 embriones: 41.8% fueron viables; 65% se clasificaron como blastocito eclosionado de calidad 8 y 34.8% de calidad 7. De los embriones clasificados como blastocito eclosionado, 60.6% fueron de calidad excelente, 28.28% de calidad buena y 11.11% de calidad regular. El promedio de embriones viables por vaca fue de 2.9% y 1.9% transferibles.

Implicaciones: Es difícil superovular vacas lactando, por el control de los becerros durante el proceso experimental, y no es recomendable este tipo de tratamiento por el gasto metabólico y reproductivo a las que son sometidas las hembras.

Conclusiones: Las vacas de raza Brahman lactando tienen una respuesta superovulatoria baja cuando son sincronizadas con un protocolo de dosis bajas de FSH.

Palabras clave: sincronización, hormonas, ovocitos, vacas lactando.

te) (Blondin, 2015). La variabilidad en la respuesta a los tratamientos de superovulación por las donadoras de embriones, continúa siendo el mayor problema en los programas comerciales de transferencia de embriones (Bó *et al.*, 2009). El éxito de los programas de superovulación y recolección de embriones en vacas donadoras depende de algunos factores; entre los que destacan: las condiciones ambientales, el manejo reproductivo y hormonal practicado a las hembras donadoras (gonadotropinas y gonadotropina coriónica equina (eCG), hormona folículo estimulante (FSH), dinámica folicular de cada donante, tales como el tamaño de la población folicular o el número de ondas foliculares (Bó y Maplatoft, 2014; Mikkola y Taponen, 2017; Bó *et al.*, 2018).

Al respecto Hafez *et al.* (1963) mencionan que el uso de eCG en los protocolos de superovulación en ganado bovino se convirtió en el protocolo de superovulación estándar. Así, la aplicación de entre 2000 y 3000 UI de eCG el día 16 del ciclo estral, seguido de 10 mg de estradiol 17- β (entre los días 19 y 20) y 2000 UI de hCG en el día 21 del ciclo, promovió buenos resultados. Posteriormente Gordon (1975) lo confirmó. Sin embargo, los protocolos a base de eCG traen algunos problemas; como estimulación ovárica prolongada, folículos no ovulados y mala calidad embrionaria debido a que la vida media de la hormona es de 40 h y su duración en sangre es hasta de 10 d. Esto ha llevado al uso de otras hormonas para superovular a las hembras bovinas; tal es el caso de la FSH considerado actualmente como el protocolo estándar para la superovulación en vacas; dado que dosis reducidas de FSH hasta por 7 d proporciona resultados favorables

INTRODUCCIÓN

En México y en el mundo, se transfieren más de 500,000 embriones en el ganado bovino al año. El comité de recuperación de datos de la Sociedad Internacional de Transferencia de Embriones reportó en el año de 2013 un incremento en la recolección de embriones en África (11.2%), América del Norte (10.3%), Asia (4.7%), y una disminución en América del Sur (14.2%) y Oceanía (6.5%); Europa se mantuvo estable (caída del 0.4%; Perry, 2016). Las mejoras conseguidas en el área de reproducción bovina, específicamente en la superovulación de vacas, han facilitado la conveniencia de los protocolos hormonales, pero no para incrementar el número de embriones transferibles. Dichas mejoras consisten en la sincronización de ondas foliculares e inseminación artificial a tiempo fijo; sin embargo, una de las limitantes es lo impredecible de las ondas foliculares, debido a la variabilidad entre individuos a la respuesta ovárica y estimulación de las gonadotropinas (Mikkola y Taponen, 2017; Pérez-Sandoval *et al.*, 2019). Los porcentajes de producción de embriones han permanecido estáticos a través del tiempo (6.2 embriones viables colectados por donan-

en los protocolos de superovulación en vacas (Bó y Ma-platoft, 2014; Pérez-Sandoval et al., 2019). En hembras bovinas la administración intramuscular (i.m.) de pFSH al 2.0% de hialuronano indujo una respuesta superovulatoria similar a la administrada de manera i.m. pero dos veces al día durante 4 d (Bó et al., 2018). En un estudio donde superovularon vacas múltiparas con una dosis de 500 UI registraron en promedio 11.9 embriones transferibles por hembra (Mikkola, 2017). Hussein et al. (2017) y Pérez-Sandoval et al. (2019) sincronizaron vacas con dosis bajas (25 y 30 mg) de FSH y encontraron que las hembras que recibieron la dosis de 25 mg produjeron mayor cantidad de embriones transferibles que aquellas que recibieron la dosis de 30 mg. No es común el uso de vacas amamantando como donadoras para obtener embriones, debido a que éstas tienen bloqueado el eje hipotálamo-hipofisiario por los opiáceos que liberan durante el amamantamiento. Sin embargo, sería interesante utilizar vacas en dicho estado fisiológico para aprovechar el alto valor genético y que estas sean más eficientes en los sistemas de producción de ganado de registro. Por lo antes mencionado, se evaluó la respuesta superovulatoria y calidad embrionaria en un grupo de vacas de raza Brahman sometidas a un protocolo de superovulación a base de dosis bajas de FSH.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el rancho de ganado comercial Brahman de registro "El Aguacatillo", en Ometepec, Guerrero, México. La región se localiza en el trópico a 16° 43' 26" N y 99° 07' 24" O, presenta temperaturas máximas (37 °C) durante los meses de mayo-agosto (verano) y mínimas (19 °C) durante los meses de diciembre-marzo (invierno), la precipitación promedio anual es de 1,100 mm (García, 1983). Los procedimientos experimentales se realizaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana; NOM-062-ZOO-1999, con especificaciones técnicas para la producción, uso y cuidado de los animales de laboratorio (SAGARPA, 2001).

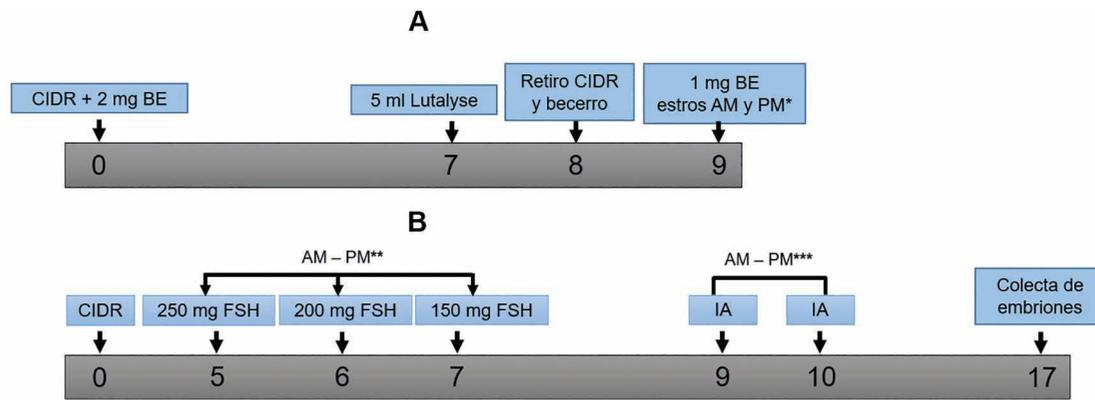
Animales experimentales y descripción del hato

Para el estudio se superovularon 33 vacas donadoras de raza Brahman múltiparas, con becerro al pie de seis meses de edad y con peso promedio (510 ± 50 kg), edad (7 ± 2 años), condición corporal (3.5 ± 1 ; escala de 1 a 5) (Pereira et al., 2018) y ausencia de alteraciones visibles en el tracto reproductivo. El hato contó con 180 vacas adultas de registro que se utilizan principalmente como vientres para producir becerros que posteriormente servirán para sementales de registro para venta local, nacional e internacional. Durante el periodo de empadre, las hembras fueron sometidas a tratamientos hormonales para sincronizar el celo y posteriormente ser inseminadas a tiempo fijo. Desde hace seis años comenzaron a producir embriones en vacas donadoras con excelentes características genéticas, esto con el fin de realizar transferencias de embriones en las vacas receptoras del hato. Todos los animales del rancho llevan un control reproductivo y sanitario para asegurar que no haya problemas en el funcionamiento normal del hato. A todos los animales se les suplementó con sales minerales (Fosforisal BE[®]-Purina), fueron desparasitadas dos veces al año con Dectomax (Laboratorio Zoetis AR). Asimismo, todos los animales se vacunaron contra rabia parálitica (Bayovac Derriengue; Laboratorio Bayer HealthCare) y carbón sintomático (Laboratorio Bayer HealthCare). Adicionalmente a las hembras donadoras y receptoras se les aplica BOVI-SHIELD[®] GOLD FP 5 (Laboratorio Zoetis AR). Todas las vacas donadoras fueron sincronizadas para hacer coincidir la aparición de una nueva oleada folicular con el inicio del protocolo de superovulación. Posteriormente a las mismas hembras se les aplicó un protocolo de superovulación para la recolección de embriones (Figura 1).

Recolección de embriones

Se insertó una sonda Foley de dos vías por vía vaginal, fijándola en el cuerpo del útero para realizar las infusiones y colecciones uterinas. Se utilizaron 1.5 L de solución





Días de muestreo: A – Sincronización de la oleada folicular y B – Protocolo de superovulación

Figura 1. Definiciones de siglas de las hormonas: CIDR-liberación controlada de progesterona (1.9 g de progesterona; Zoetis®), benzoato de estradiol (BE; Syntex® S.A.), Lutalyse (Zoetis®), hormona folículo estimulante (FSH; Folltropin-V® - Syntex® S.A.), vía de administración: (CIDR) intravaginal e (BE, Lutalyse, FSH) intramuscular. En la parte A se observó el estro (6:00 a 6:30 h) y (18:00 a 10:30 h)* con un toro vasectomizado. En la parte B se aplicó la primera (250 mg), segunda (200 mg) y tercera (150 mg) dosis de FSH (7:00 y 19:00 h)** y ***; a la misma hora se aplicó la inseminación artificial.

amortiguadora fosfatada, suplementada con glucosa, piruvato, antibióticos y 0.3% de alcohol polivinílico (PBSm). Se vació el contenido del filtro en una caja de Petri cuadrada de 100 × 100 mm con fondo cuadrículado para la posterior búsqueda de embriones en el microscopio provisto de un aumento de 20 a 30 X. En una caja de Petri de 35 mm con solución de mantenimiento (PBSm con albúmina sérica bovina) se colocaron los embriones que fueron encontrados. Estos se clasificaron de acuerdo a su morfología y estadio de desarrollo en una escala del 1 (estadio de una célula) al 9 (estadio de blastocito eclosionado) y según su calidad como 1 (excelente), 2 (bueno), 3 (regular) y 4 (degenerado). Durante el periodo experimental las vacas se encontraban en pastoreo en potreros de pasto Tanzania (*Panicum maximum*) y pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*); de 17:00 h a 5:00 h se mantenían en corra-

les abiertos donde se les proporcionaba una suplementación de ensilaje de maíz (0.5 kg por vaca), bloques de sales minerales y agua a libre acceso. Los datos fueron sometidos a estadística básica usando procedimientos (MEANS UNIVARIATE, FREQ) de SAS 2004, así se calculó la cantidad de embriones producidos por vaca superovulada, además, se obtuvieron medias generales por cada hembra sometida al tratamiento hormonal. Los resultados se presentan en proporciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 33 vacas Brahman donadoras que fueron superovuladas se obtuvieron en total 363 embriones

(100%), de los cuales solo el 41.8% de estos fueron viables; de los embriones viables, 65% se clasificaron como blastocisto eclosionado de calidad 8 y el 34.8% como blastocisto de calidad 7. De los embriones clasificados como blastocisto eclosionado, 60.6% fueron de calidad excelente, 28.28% de calidad buena y 11.11% de calidad regular. El promedio de embriones viables por vaca fue de 2.9% y embriones transferibles por vaca sometida al tratamiento hormonal fueron 1.9% (Figura 2). Los resultados muestran que las vacas de raza Brahman amamantando tienen una respuesta superovulatoria aceptable cuando son sincronizadas con dosis bajas de FSH. Sin embargo, el porcentaje de embriones viables y transferibles por vaca es bajo. Algunos estudios realizados en vacas muestran una respuesta superovulatoria diferente a los encontrados en el presente estudio (Sophon *et al.*, 2003; Leingcharoen *et al.*,



2010; Bó y Mapletoft, 2014; Bó et al., 2018; Pérez-Sandoval et al., 2019). En efecto, Sophon et al. (2003) superovularon vacas de la raza Brahman con 200 mg de FSH y encontraron resultados superiores a los del presente estudio (promedio de 10.4 embriones por vaca de los cuales únicamente 4.3 embriones fueron transferibles). De la misma manera, Leingcharoen et al. (2010) y Pérez-Sandoval et al. (2019) superovularon vacas con una dosis mayor (400 mg) de FSH y obtuvieron una respuesta superovulatoria también diferente (10.5 embriones transferibles) a la obtenida en el presente estudio y al estudio de Sophon. Esto se debe

muy probablemente a que las vacas tratadas con dosis bajas de FSH (200 - 250 mg), muestran una pobre respuesta superovulatoria; una explicación a esto es que las hembras bovinas se encontraban amamantando y aunque se les haya retirado el becerro los opiáceos producidos por el efecto del amamantamiento no permitieron que ocurriera una buena respuesta ovulatoria.

La calidad de los embriones en vacas superovuladas es importante ya que estos embriones son potenciales a ser transferidos. En efecto, en el presente estudio el 60.6% de los embriones recuperados fue de calidad excelente. Acorde con estos resultados Ling et al. (1995) mencionan que la edad del embrión después de la inseminación artificial es de entre 6 a 7 d (mórula o blastocisto temprano), momento apropiado para ser transferidos a vacas receptoras. Estos resultados son interesantes, ya que las vacas Brahman amamantando sincronizadas con dosis bajas de FSH tienen una respuesta ovulatoria y calidad embrionaria general aceptable para las condiciones en que se realizó el presente estudio.

Si bien, en el presente estudio el número de embriones viables (2.9%) y transferibles (1.9%) por vaca fue bajo; resultado acorde a lo publicado en vacas de leche (11% vs. 7%; Mikkola, 2017) es importante, ya que estas vacas productoras de leche fueron usadas como donadoras cuando estaban en lactancia. Las razones por las que ocurrió esto en estas vacas productoras de leche y las vacas de raza Brahman usadas en el presente estudio se debe a que de alguna manera ambas producían leche, y es probable que los péptidos opioides endógenos par-

VACAS DONADORAS SUPEROVULADAS

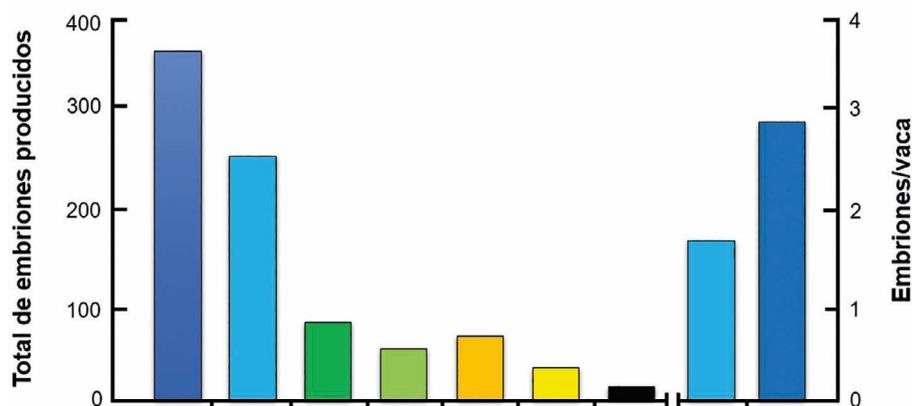


Figura 2. En el eje izquierdo se presenta el total de embriones producidos por las vacas donadoras (■): embriones viables (■), blastocisto eclosionado calidad 8 (■) y blastocisto calidad 7 (■). De los blastocistos eclosionados: calidad excelente (■), calidad buena (■) y calidad regular (■). En el eje de la derecha se presentan los promedios de los embriones producidos por vaca (■) y de los embriones transferibles (■).

ticipen como neurotransmisores intermediarios a nivel central entre el estradiol y las neuronas productoras de GnRH, inhibiendo su síntesis.

CONCLUSIONES

Las vacas de raza Brahman lactando tienen una baja respuesta superovulatoria cuando son sincronizadas con un protocolo a base de dosis bajas de FSH. En estas circunstancias no se recomienda el uso hormonal cuando estas hembras se encuentran lactando. Sin embargo, el uso de vacas lactando como donadoras de embriones justifica la inversión y la facilidad en el manejo ya que al amamantar a su cría pueden ser usadas para obtener embriones transferibles, así como reducir el tiempo y los gastos de producción.

LITERATURA CITADA

- Breen, S. M., Rodríguez-Zas, S. L. & Knox, R. V. (2006). Effect of PG600 and adjusted mating times on reproductive performance in weaned sows. *Animal Reproduction Science*, 93: 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.06.010>
- Blondin, P. (2015). Status of embryo production in the world. *Animal Reproduction*, 12(3): 356-358. <https://doi.org/10.1080/09613218.2015.993536>
- Bó, G. A., Carballo, D., Tribulo, A., Tribulo, H., Tribulo, R., Rogan, D. & Mapletoft R. J. (2010). New approaches to superovulation in the cow. *Reproduction, Fertility and Development*, 22(1): 106-112. <https://doi.org/10.1071/RD09226>
- Bó, G. A. & Mapletoft, R. J. (2014). Historical perspectives and recent research on superovulation in cattle. *Theriogenology*, 81: 8-48. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.020>
- Bó, G. A., Rogan, D. R. & Mapletoft, R. J. (2018). Pursuit of a method for single administration of pFSH for superstimulation in cattle:

- What we have learned. *Theriogenology*, 112: 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.09.034>.
- García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 2da ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F, México. pp: 11-90.
- Gordon, I. (1975). Problems and prospects in cattle egg transfer. *Irish Veterinary Journal*, 29: 21–62.
- Hafez, E. S., Sugie, T. & Hunt, W. L. (1963). Superovulation and related phenomena in the beef cow: effect of oestrogen administration on production of ova. *Journal of Reproduction and Fertility*, 5: 381–388. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0050381>
- Hussein, A. M., Al-Shakaili, Y. O., Al-Ismaïly, A. N. & Al-Alawi, H. H. (2017). Effect of different doses of FSH on superovulation, production and quality of embryo in North Omani Cattle breed. *Indian Journal of Animal Research*, 51: 8–14. <https://doi.org/10.18805/ijar.v0i0F.7003>
- Leingcharoen, N., Thungsanthia, A., Apimeteetumrong, M., Thijae, K. & Glampoon, B. (2010). Superovulatory response of Thai Black cattle to three different doses of FSH. *Proceedings of the 7th Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus Annual Conference*, Bangkok, Thailand, December 3-7, 2010, pp. 278-285.
- Ling, Z., Shi, D. S., Huang H. M., Wei, Y. M., Jiang R. & Lu, K. H. (1995). Pregnancy rate following transfer of IVF bovine embryos at different developmental stages. *Theriogenology*, 43: 266. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(95\)92420-E](https://doi.org/10.1016/0093-691X(95)92420-E)
- Mikkola, M. & Taponen, J. (2017). Embryo yield in dairy cattle after superovulation with folltropin or pluset. *Theriogenology*, 88: 84–88. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.09.052>
- Mikkola, M. (2017). Superovulation and embryo transfer in dairy cattle – effect of management factors with emphasis on sex-sorted semen. To be presented, with the permission of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Helsinki, for public criticism in Walter Hall, Agnes Sjöbergin katu 2, Helsinki, on June 2nd, 2017, at 12 noon.
- Pereira, L. L., Ferrreira, A. P., Vale, W. G., Sequire, L. R., Neves, K. A. L., Morini, A. C., Monteiro, B. M. & Minervino, A. (2018). Effect of body condition score and reuse of progesterone-releasing intravaginal devices on conception rate following timed artificial insemination in nelore cows. *Reproduction Domestic Animals*, 53(3): 624-628. <https://doi.org/10.1111/rda.13150>
- Pérez-Sandoval, L., Dubeibe-Marín, D., Chávez-Rodríguez, A., García-Jiménez, J. & Velasco-Acosta, D. (2019). Respuesta superovulatoria en vacas donantes Brahman usando ablación folicular previo a protocolos de superovulación. *Revista MVZ Córdoba*, 24(2):7203-7208. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1309>
- Perry, G. (2016). Statistics of embryo collection and transfer in domestic farm animals. International embryo technology society (IETS) data retrieval committee. [En línea]. 2016. https://www.iets.org/pdf/comm_data/IETS_Data_Retrieval_Report_2016_v2.pdf
- SAGARPA. (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial de la Federación, 22 de Agosto de 2001. <http://www.sagarpa.gob.mx/normateca/Normateca/SENASICA%20NORM.%20143.pdf>. Consultado 20 julio de 2019.
- Sophon, S., Tasripoo, K. & Jintana, R. (2003). Embryo transfer in Brahman cattle: effect of protein level in concentrates on efficiency of embryo production. *Proceedings of the 41th Kasetsart University Annual Conference*, Bangkok, Thailand, February 3-7. pp. 96-102.



Morphological variability of native corn (*Zea mays* L.) in the Yucatan Peninsula, Mexico

Variabilidad morfológica de maíz nativo (*Zea mays* L.) en la Península de Yucatán, México

Villalobos-González, Antonio¹; López-Hernández, Mónica B.^{2*}; Valdivia-González, Noel A.²;
Arcocha-Gómez, Enrique²; Medina-Méndez, Juan¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Edzná. Carretera Campeche-Pocuyum, km 15.5. Mpio. Campeche, Camp., México. C.P. 24520. ²Instituto Tecnológico de Chiná, Chiná, Camp. México, C.P. 24529.

*Autor para correspondencia: mobel@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to study the genetic variability of morphological characteristics of native maize (*Zea mays* L.) in the Yucatan Peninsula (PY), México.

Design/morphology/approach: Thirteen recognized native maize accessions were used in the PY under the name of Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco, Yellow Rooster, Dzit Bacal, Mejeén Naál, Rosa San Juan, Cháck-Chóp, Teél Cháck, Sáck Teél, San Pableño, Ejú-Creole purple, Xmején Naál Tsitbacal and Clove Chiapas, when sown in June 2017 and 2018, under a randomized complete block design with three replicates.

Results: revealed differences ($p \leq 0.05$) in the morphological variables evaluated: Number of days to male flowering (FM) and female (FF) | present an instability of 12 days to FM and FF, with Naál Xóy and Ejú-Creole purple, and 15 days to physiological maturity with clove Chiapas. A differentiation of 98 and 126 cm in ear height and plant with Eju-Creole purple; 6 and 1.1 cm in ear length and diameter with Xnúc Naál white and Cháck-Chóp, and Yellow Rooster. A variation of four rows with Teél Cháck and 17 grains per row with San Pableño; 11 and 74 g in weight of 100 grains (Xmején Naál Tsitbacal, Rosa San Juan and San Pableño) and grains per ear (Naál Xóy); and a greater difference in performance with Naál Xóy and Dzit Bacal of 3105 kg ha⁻¹.

Limitations on study/implications: The thirteen accesions presented differences in grain yield (GY) and its components, for which it is necessary to evaluate the native germplasm to know and determine its agronomic value.

Findings/conclusions: The accesions presented variation for all the evaluated characteristics, this is important for breeding work.

Keyword: diversity, genetic resources, native species

RESUMEN

Objetivo: estudiar la variabilidad genética de características morfológicas de maíces nativos (*Zea mays* L.) en la Península de Yucatán (PY), México.

Diseño/metodología/aproximación: se utilizaron trece accesiones de maíz nativo reconocidas en la PY con el nombre de Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco, Gallito Amarillo, Dzit Bacal, Mejeén Naál, Rosa San Juan, Cháck-Chóp, Teél Cháck, Sáck Teél, San Pableño, Ejú-Criollo Morado, Xmején Naál Tsitbacal y Clavo Chiapaneco, y se establecieron en campo en junio de 2017 y 2018, en la localidad de Poxiyaxum, Campeche, México, (19° 41' 58.4" N, 90° 21' 03.6" W y 30 m) bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp: 15-20.

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

Resultados: Revelaron diferencias ($p \leq 0.05$) en las variables morfológicas evaluadas: número de días a floración masculina (FM) y femenina (FF) presentó una inestabilidad de 12 d a FM y FF, con Naál Xóy y Ejú-Criollo Morado, y 15 d a madurez fisiológica con Clavo Chiapaneco. Una diferenciación de 98 y 126 cm en altura de mazorca y planta con Eju-Criollo Morado; 6 y 1.1 cm en longitud y diámetro de mazorca con Xnúc Naál Blanco y Cháck-Chóp, y Gallito Amarillo. Una variación de cuatro hileras con Teél Cháck y 17 granos por hilera con San Pableño; 493 granos normales con San Pableño, Teél Cháck y Naál Xóy, y 83 granos abortados con Cháck-Chop; 11 y 74 g en peso de 100 granos (Xmején Naál Tsitbacal, Rosa San Juan y San Pableño) y granos por mazorca (Naál Xóy); y una diferencia mayor en rendimiento con Naál Xóy y Dzit Bacal de 3105 kg ha^{-1} .

Limitaciones del estudio/implicaciones: Las accesiones presentaron variación para todas las características evaluadas, esto es importante para trabajos de mejoramiento.

Palabras Clave: diversidad, recursos genéticos, especies nativas

de manera sustentable. Por ejemplo, en la Península de Yucatán (PY) se conservan in situ poblaciones de maíz que están constituidas de variación morfológica que van desde las formas precoces: Nal-Tel a las tardías: Tuxpeño y Dzit-Bacal (Burgos-May *et al.*, 2004). De acuerdo a lo anterior, en la PY la valoración de características morfológicas de maíces nativos aún es insuficiente y existe la necesidad de estudiar la variabilidad genética de características morfológicas de sus maíces nativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron en la comunidad de Pocyaxum, en Campeche, México ($19^\circ 41' 58.4'' \text{ N}$, $90^\circ 21' 03.6'' \text{ O}$, y 30 m). El experimento se desarrolló sobre los suelos llamados Luvisoles, que agrupo a trece accesiones de maíz reconocidas en la PY con el nombre de Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco, Gallito Amarillo, Dzit Bacal, Mejeén Naál, Rosa San Juan, Cháck-Chóp, Teél Cháck, Sáck Teél, San Pableño, Ejú-Criollo Morado, Xmején Naál Tsitbacal y Clavo Chiapaneco. La siembra se hizo manual en julio 2017 y 2018. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de dos surcos de 5.0 m de longitud, separados a 0.80 m uno del otro y 20 cm entre planta. Antes de la emergencia se realizó la aplicación de Glyphosato y 2,4-D Amina en dosis de 2.0 L ha^{-1} . También se realizaron dos aplicaciones del insecticida Palgus® (Spinetoram) en dosis de 1.0 L ha^{-1} para gusano cogollero. Se fertilizó con la dosis 110N-46P-00K a los 30 d después de la siembra de forma manual. Las variables de estudio fueron: número de días (NDI) a floración masculina (FM) y femenina (FF); días desde la siembra hasta que 50% de las plantas en cada parcela

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional y nacional, el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los componentes más importantes de la alimentación (Cázares *et al.*, 2015) y desarrollo de campesinos (Dzib-Aguilar *et al.*, 2016); que prácticamente utilizan el término "maíz criollo" para denotar un material nativo de la comunidad, región, estado o país, y que se diferencia de un material extranjero, un maíz híbrido o una variedad mejorada (Oreamuno y Monge, 2018). Los maíces nativos, son materiales que han sido mejorados por los agricultores durante años, mediante selección empírica, y los conservan y manejan año tras año en un complejo sistema de intercambio de semillas y con ello de genes (Sánchez-Hernández *et al.*, 2015). La variación morfológica y genética (Cervantes-Adame *et al.*, 2016) de maíz a través de un proceso evolutivo continuo, que involucra la selección consciente o inconsciente del hombre, como del ambiente, y el flujo genético, ha permitido la adaptación del maíz a todos los sistemas de producción que se realizan en las diversas condiciones ambientales de la república mexicana (Preciado y Montes, 2011); donde básicamente México representa 22.7% de la variación de la diversidad genética en el continente americano (Serratos-Hernández *et al.*, 2009). La diversidad de maíz se encuentra principalmente en donde imperan condiciones de temporal o seco y sistemas campesinos de producción (Herrera-Cabrera *et al.*, 2000), y los agricultores generalmente disponen de más de una variedad nativa adaptada a su ambiente (Aceves-Ruiz *et al.*, 2002). Algunas ventajas de los maíces nativos son la adaptación a condiciones climáticas locales, estabilidad a la variabilidad climática y resistencia a plagas y enfermedades (Fernández-Suárez *et al.*, 2013). Sin embargo, el germoplasma nativo presenta características desfavorables tales como, el alto nivel de acame, asincronía floral y bajos rendimientos (Nava-Peralta y Mejía-Contreras, 2002). No obstante, la diversidad en maíces nativos se está perdiendo debido a la erosión genética y cultural, uso de semilla mejorada, cambio de cultivo y catástrofes naturales (Eschholz *et al.*, 2010), situación que obliga a conservar (*ex situ* o *in situ*) y aprovechar este recurso vegetal

liberaron polen o emitieron estigmas en el jilote. NDI a madurez fisiológica (MF); se registró cuando la humedad del grano oscilaba entre 30-35%. Adicionalmente, en cada repetición se marcaron cuatro plantas con competencia completa, para medir la altura de planta (ALTP, cm) y mazorca (ALTM, cm). La ALTP, fue medida desde la base de la planta a la punta de la hoja más larga sobre la espiga. Este valor se registró al completar su crecimiento la hoja bandera. Altura de mazorca (ALTM, cm); medida desde la base de la planta, hasta el nudo de inserción de la mazorca (MAZ) inferior. Para la longitud de MAZ (LONM, cm) y diámetro de MAZ (DMAZ, mm), número de hileras por MAZ (NHMP), número de granos por hilera (NGPH), número de granos normales (NGNM), abortados (NGAM) y total (NGTM) por mazorca, peso de grano por MAZ (PESGM) y peso seco de 100 granos (PE100G) se cosecharon todas las MAZ por surco y repetición, que seguidamente se colocaron de menor a mayor tamaño y fueron seleccionadas las cinco MAZ centrales para el registro del dato. El dato se promedió y se registró como el dato promedio por MAZ. La LONM cm, se midió desde la base a la punta de la MAZ. El DMAZ mm, se midió con un vernier graduado en cm, se colocó en la parte media de cada MAZ. NHMP, se estimó contando las hileras de cada una de las cinco MAZ. NGPH, se contaron los granos de una hilera representativa de cada MAZ. NGNM, se obtuvo al contar el número de granos completamente formados o normales, después de desgranar las mazorcas. NGAM, se obtuvo al contar el número de

granos que no alcanzaron su desarrollo completo en la mazorca. NGTM, se estimó al sumar NGNM más NGAM. El PESGM gr, se obtuvo al desgranar y pesar el grano obtenido de cada MAZ en una balanza digital. PE100G, se obtuvo al obtener al azar 100 granos de cada MAZ y pesar el grano en una balanza digital. El rendimiento de grano (REND kg ha⁻¹), se estimó con el peso de las MAZ cosechadas por unidad experimental, cuyo contenido de humedad fue ajustado a 14%, multiplicado por el índice de desgrane y transformado a REND kg ha⁻¹. Cada variable se sometió a un análisis de varianza con el programa SAS para Windows Versión 9.1 (SAS, 2009) en forma individual. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de días a floración masculina y femenina, madurez fisiológica

El análisis de varianza detectó una inestabilidad para el número de días a floración masculina (FM) y femenina (FF); ya que osciló de 55 a 68 d a FM y FF. Este contraste se mostró con mayor variación entre Naál Xoy y Ejú-Criollo Morado; al observarse una diferenciación de 12 d a FM y Clavo Chiapaneco con 144 d a MF (Cuadro 1).

Estudios realizados en 215 poblaciones nativas de maíz, registraron amplia variabilidad fenológica en las accesiones evaluadas desde 50 hasta 90 d a floración (González et al., 2014). Granados y Sarabia (2013) señalan que la

Cuadro 1. Número promedio de días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF), madurez fisiológica (DMF), altura de planta (ALTP) y mazorca (ALTM), longitud (LONM) y diámetro (DMAZ) de maíces nativos evaluados en el ciclo de primavera-verano 2017-2018 en temporal. Pocyaxum, Campeche, México.

Accesión	DFM	DFF	DMF	ALTP cm	ALTM cm	LONM cm	DMAZ mm
Clavo Chiapaneco	62abc	63abc	144a	303abc	141 ab	16 ab	38ab
Dzit Bacal	61abc	62abc	134cd	278 bc	149 ab	14 bcd	39ab
Rosa San Juan	64 ab	65 ab	138b	306abc	120 b	14 bcd	44a
Xmején Naál Tsitbacal	63abc	64abc	136bc	337 ab	169 ab	16 ab	46a
Teél Cháck	63abc	64abc	134cd	318abc	153 ab	15 ab	41a
San Pableño	64 ab	65 ab	134cd	340 ab	185 ab	16 ab	45a
Xnúc Naál Blanco	57 bc	57 bc	138b	310abc	175 ab	17 a	40a
Naál Xóy	55 c	56 c	131ef	323 ab	180 ab	16 ab	42a
Ejú-Criollo Morado	67 a	68 a	135bc	370 a	218 a	12 cd	38ab
Mejeén Naál	63abc	64abc	131def	299abc	187 ab	14 bc	38ab
Gallito Blanco	63abc	63abc	135bc	244 c	149 ab	11 d	38ab
Gallito Amarillo	60abc	62abc	129f	266 bc	133 b	12 cd	31b
Cháck-Chóp	66 a	67 a	133cde	336 ab	192 ab	17 a	40a
DMS ($p \leq 0.05$)	8.35	7.97	3.22	78.17	80.83	2.85	8.18

Medias con la misma letra (s) entre tratamientos son estadísticamente iguales con un $\alpha = 0.05$.

TEM y precipitación, muestran efectos negativos en el desarrollo fenológico de maíz de temporal, principalmente en la floración, reduciendo el rendimiento.

Altura de planta y mazorca

El maíz más tardío entre las accesiones fue Eju-Criollo Morado con la mayor altura de mazorca (ALTM) ($p \leq 0.05$) y planta (ALTP) con 218 y 370 cm; de igual modo, Gallito Blanco sobresalió con menor ($p \leq 0.05$) ALTP con 244 cm, seguido por Gallito Amarillo y Dzit Bacal con 266 y 278 cm (Cuadro 1). Lo anterior contrasta, con lo encontrado por Dzib *et al.* (2016), al reportar muestras típicas de Dzit Bacal con ALTP de 3 a 3.7 m. Autores como López-Romero *et al.* (2005) señalan que el maíz nativo tardío, tiende a presentar mayor ALTM y ALTP, como consecuencia de su ciclo.

Longitud y diámetro de mazorca

En Cuadro 1, muestra la amplia variabilidad ($p \leq 0.05$) en las dimensiones de la mazorca; al distinguirse Xnúc

Naál Blanco y Cháck-Chóp por presentar mayor extensión de LONM con 17 cm. La variación se hizo notar más en Gallito Blanco y Amarillo, al presentar el primero una menor LONM con 11 cm y el otro menor diámetro de mazorca (DMAZ) con 3.1 cm. Trabajos realizados por Moreno *et al.* (2006) en la PY, señalan que, en el proceso de selección de semilla de maíz para almacenar y conservar, el tamaño de mazorca es sustancial. Investigaciones realizadas en las razas Cónico, Chaqueño y Tuxpeño en condiciones de temporal, mostraron variabilidad entre las tres razas para el DMAZ al obtener 3.96 cm de DMAZ (Contreras-Molina *et al.*, 2016).

Número de hileras y granos por hilera en la mazorca

Varietades, criollos mejorados e híbridos, que dependen únicamente de lluvia; presentan variabilidad morfológica en el número de hileras por mazorca (NHPM) y número de granos por hileras (NGPH), al obtener de 13 a 16 hileras y de 23

a 29 granos por hilera en la mazorca (Zamudio-González *et al.*, 2015). Los estudios anteriores se asemejan a los del presente trabajo; al presentar diferencias ($p \leq 0.05$) Teél Cháck con cuatro hileras más sobre San Pableño, Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco y Cháck-Chóp; aunque esto no ocurrió así en el NGPH al presentar en ese orden 17, 15, 13 y 12 granos menos (Cuadro 2).

Número de granos normales, abortados y total por mazorca

La accesión San Pableño, Teél Cháck y Naál Xóy sobresalieron con mayor ($p \leq 0.05$) número de granos normales por mazorca con 504, 496 y 480 granos, respectivamente. De esta forma, Xnúc Naál Blanco, Naál Xóy y Dzit Bacal generaron la menor ($p \leq 0.05$) cantidad de granos abortados por mazorca con 8, 5 y 4 granos. Mientras que Eju-Criollo Morado presentó el menor ($p \leq 0.05$) número de granos totales por mazorca con 375 granos. Estos datos concuerdan con los expuestos por Bänzinger *et al.* (2012), en el sentido

Cuadro 2. Número promedio de hileras por mazorca (NHPM) y granos por hilera (NGPH), número de granos completos (NGCM), abortados (NGAM) y total (NGTM) por mazorca de maíces nativos evaluados en el ciclo de primavera-verano 2017-2018 en temporal. Pocyaxum, Campeche, México.

Accesión	NHPM	NGPH	NGNM	NGAM	NGTM
Clavo Chiapaneco	14b	31abcd	434ab	48abcd	482abcd
Dzit Bacal	14b	29bcd	406ab	4d	410cd
Rosa San Juan	14b	25cd	350b	75ab	425cd
Xmején Naál Tsitbacal	14b	32abcd	448ab	36bcd	484abcd
Teél Cháck	16a	31abcd	496a	80ab	576a
San Pableño	12c	42a	504a	58abc	562ab
Xnúc Naál Blanco	12c	38abc	456ab	8d	464abcd
Naál Xóy	12c	40ab	480a	5d	485abcd
Ejú-Criollo Morado	14b	25d	350b	25cd	375d
Mejeén Naál	14b	33abcd	462ab	17cd	479abcd
Gallito Blanco	14b	28bcd	392ab	47abcd	439bcd
Gallito Amarillo	14b	29bcd	406ab	13cd	419cd
Cháck-Chóp	12c	37abcd	444ab	83a	527abc
DMS ($p \leq 0.05$)	1.65	12.75	127.4	45.11	135.48

Medias con la misma letra (s) entre tratamientos son estadísticamente iguales con un $\alpha = 0.05$.

de que la disminución en el rendimiento se debe en gran medida a una reducción en el NGNM, peso o tamaño de los granos, aborto de granos y mazorca al inicio del llenado de grano.

Peso de 100 granos y grano por mazorca

Los maíces nativos expresan un comportamiento agronómico heterogéneo entre sí (Oreamuno y Monge, 2018), e igual o superior al de las variedades mejoradas. De este, comportamiento irregular en nativos, se observa una variabilidad en el peso de 100 granos (PE100G) y peso grano por mazorca (PESGM) (Villalobos-González et al., 2016). Los estudios recientes muestran resultados equivalentes a los anteriores, al observarse una variabilidad morfológica, de tal manera que Naál Xóy y San Pableño presentaron una diferencia ($p \leq 0.05$) de 74 g en el PESGM; Xmején Naál Tsitbacal, Rosa San Juan y San Pableño en comparación con Gallito Blanco registraron una variación de 13, 11 y 10 g en el PE100G (Cuadro 3).

Rendimiento de grano

Los maíces nativos presentaron variabilidad en el rendimiento de grano por hectárea (REND kg ha⁻¹) en 2017-2018. El Cuadro 3, muestra que Naál Xóy y Dzit Bacal registraron mayor ($p \leq 0.05$) rendimiento de grano con 4751 y 4417 kg ha⁻¹; el cual represento una diferenciación de 69 y 66% más sobre la accesión denominada Gallito Blanco que registro la menor producción de grano con 1479 kg ha⁻¹. La variación del rendimiento en maíz en condiciones de temporal, se impulsa en gran parte por inestabilidad del clima (Martínez y Patiño, 2012), donde la TEM y la precipitación a menudo juegan el papel más importante en el crecimiento vegetativo y productivo de la planta de maíz (Matiu et al., 2017). A tal caso, que productores recurren al uso de maíces de ciclo corto para enfrentar temporales raquíticos (Munguia et al., 2015).

CONCLUSIONES

Las accesiones de maíz presentaron un contraste en relación a las características morfológicas. Al observar una variación de 12 d a floración masculina, 15 d a madurez fisiológica, 98 y 126 cm en altura de mazorca y planta, 6 y 1.1 cm en longitud y diámetro de mazorca, 4 hileras y

17 granos por hilera, 493 y 83 granos normales y abortados por mazorca, 11 y 74 g en peso de 100 granos y granos por mazorca, y una diferenciación en rendimiento de 3105 kg ha⁻¹ entre la accesión que sobresalió más en cada característica morfológica.

LITERATURA CITADA

- Aceves-Ruiz, E., Turrent-Fernández, A., Cortes-Flores, J.I., & Volke-Haller, V. (2002). Comportamiento agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el Valle de Puebla. *Rev. Fitotec. Mex*, 25, 339-347.
- Bänziger, M., G.O. Edmeades, D. Beck y M. Bellon. (2012). Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y a deficiencia de nitrógeno en el maíz: De la teoría a la práctica. México, D.F.: CIMMYT. 61 p.
- Burgos-May, L. A., Chávez-Servia, J. L., & Ortiz-Cereceres, J. (2004). Variabilidad morfológica de maíces criollos de la península de Yucatán, México. *In: Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*. Chávez-Servia, J.L., Tuxill, J. & Jarvis, D.I. (Eds). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (pp:58-66). Cali, Colombia.
- Cázares-Sánchez, E., Chávez-Servia, J.L., Salinas-Moreno, Y., Castillo-González, F., & Ramírez-Vallejo, P. (2015). Variación en la composición del grano entre poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativas de Yucatán, México. *Agrociencia*, 49, 15-30.
- Cervantes-Adame, Y.F., Castillo-Gutiérrez, A., Carapia-Ruiz, V.E., Andrade-Rodríguez M., Núñez-Valdéz. M.E., Villegas-Torres O.G., Perdomo-Roldán, F., Suárez-Rodríguez, F. R., & López-Santillán, J.A. (2016). Variabilidad genética y asociación morfológica entre poblaciones nativas de maíz y sus cruza F1 *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 7, 8, 1919-1931.
- Contreras-Molina, O., Gil-Muñoz, A., López, P.A., Reyes-López, D., & Guerrero-Rodríguez, J.D. (2016). Caracterización morfológica

Cuadro 3. Peso promedio de 100 granos (PE100G) y grano por mazorca (PESGM) y rendimiento de grano (REND kg ha⁻¹) de maíces nativos evaluados en el ciclo de primavera-verano 2017-2018 en temporal. Pocyaxum, Campeche, México.

Accesión	PE100G (g)	PESGM (g)	REND kg ha ⁻¹
Clavo Chiapaneco	26abc	97abc	2543ab
Dzit Bacal	27abc	93abc	4417a
Rosa San Juan	31a	105abc	2702ab
Xmején Naál Tsitbacal	33a	127ab	3681ab
Teél Cháck	26abc	103abc	3862ab
San Pableño	30a	61c	4017ab
Xnúc Naál Blanco	26abc	100abc	3964ab
Naál Xóy	29ab	135a	4751a
Ejú-Criollo Morado	26abc	94abc	3311ab
Mejeén Naál	24abc	73abc	3842ab
Gallito Blanco	20c	108abc	1479b
Gallito Amarillo	20bc	67bc	3298ab
Cháck-Chóp	26abc	84abc	3149ab
DMS ($p \leq 0.05$)	9.16	64.59	2901.6

Medias con la misma letra (s) entre tratamientos son estadísticamente iguales con un $\alpha = 0.05$.

- de maíces nativos de la Sierra Nororiental de Puebla, México. Rev. Mex. Cien. Agrí. Pub. especial (17), 3633-3647.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2017 y 2018. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional.
- Dzib-Aguilar, L. A., Ortega-Paczka, R., & Segura-Correa, J. C. (2016). Conservación in situ y mejoramiento de maíces criollos en la Península de Yucatán. Trop. and Subtrop. Agroecosyst, 19, 51-59.
- Eschholz, T.W., Stamp, P., Peter, R., Leipner, J., & Hum, A. (2010). Genetic structure and history of Swiss maize (*Zea mays* L.) landraces. Genet. Resour. Crop Evol, 57, 71-84.
- Fernández-Suárez, R., Morales-Chávez, L.A., & Gálvez-Mariscal, A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional; una revisión indispensable. Rev. Fitotec. Mex, 36 (3-A), 275-283.
- González, M.J., López, S.J.A., Briones, E.F., Varela, F.S.E., Reyes, M.C.A., & Pecina M.J.A. (2014). Programa de manejo, conservación y mejoramiento de maíz nativo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Investigación y Ciencia, 22, 76-83.
- Granados-Ramírez, R., & Sarabia-Rodríguez, A.A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. Rev. Mex. Cien. Agrí, 4(3), 435-446.
- Herrera-Cabrera, B.E., Castillo-González, F., Sánchez-González, J.J., Ortega-Paczka, R., & Goodman, M.M. (2000). Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. Rev. Fitotec. Mex, 23, 335-354.
- López- Romero, G., Santacruz-Valera, A., Muñoz-Orozco, A., Castillo-González, F., Córdova-Téllez, L., & Vaquera-Huerta, H. (2005). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. Interciencia, 30(5), 284-290.
- Martínez, A.P.F. y Patiño, G.C. (2012). Effects of climate change on water availability in México. Water Technology and Sciences (in Spanish). Vol. III, No. 1. pp. 5-20.
- Matiu, M., Ankerst, D.P., Menzel, A. (2017). Interactions between temperature and drought in global and regional crop yield variability during 1961-2014. Plos One 12 (5): e0178339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178339>
- Moreno, L.L., Tuxtill, J., Yupit, M.E., Arias, R.L., Cristobal, A.J., & Jarvis, D.I. (2006). Traditional maize storage methods of Mayan farmers in Yucatan, México: implications for seed selection and crop diversity. Biodivers Conserv, 15, 1771-1795. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-6679-0>
- Munguía, A.J., Sánchez, P.F., Vizcarra, B.I., Rivas, G.M. (2015). Estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático. Cien. Soci. 21(4). 17 p.
- Nava-Peralta, F., & Mejía-Contreras, J.A. (2002). Evaluación de maíces precoces e intermedios en valles altos centrales de México. II. Divergencia genética. Rev. Fitotec. Mex, 25, 187-192.
- Oreamuno F. P., & Monge, P.J.E. (2018). Maíces nativos de Guanacaste, Costa Rica: caracterización de los granos. 2018. Research Journal, 10(2), 353-361.
- Preciado, O.R.E. & Montes, H.S. (2011). Reseña del libro "Amplitud, aprovechamiento y riesgos de la diversidad genética de maíz en México". Sociedad Mex. Fitogenética. Rev. Fitotec. Mex. 274 p.
- Sánchez-Hernández, E., De la Cruz-Lázara, E., & Sánchez-Hernández, R. (2015). Productividad y caracterización varietal de maíces nativos (*Zea mays* L.) colectados en Tabasco, México. Acta Agrícola y Pecuaria, 1(1), 7-15.
- Serratos-Hernández, J.A., Islas-Gutiérrez, F., Buendía-Rodríguez, E., & Berthaud, J. (2004). Gene flow scenarios with transgenic maize in Mexico. Environ. Biosafety Res. 3(3),149-157.
- SAS. 2009. The SAS System release 9.1 for Windows. Cary, North Carolina, United States: SAS Institute, Inc.
- Villalobos-González, A., López-Castañeda, C., Miranda-Colín, S., Aguilar-Rincón, V.H., & López-Hernández, M.B. (2016). Relaciones hídricas en maíces de Valles Altos de la Mesa Central de México en condiciones de sequía y fertilización nitrogenada. Rev. Mex. Cien. Agrí, 7(7), 1651-1665.
- Zamudio-González, B., Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Encastin-Dionicio, J.J., Martínez-Rodríguez, N., Félix-Reyes, A., Cárdenas-Marcelo, A.L., & Turrent-Fernández, A. (2015). Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. Rev. Mex. Cien. Agrí, 6(7), 1491-1505.



Conditioning of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by the nixtamalization process to obtain flour used in the elaboration of loaf bread

Acondicionamiento de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) por el proceso de nixtamalización para la obtención de harina utilizada en la elaboración de pan de caja

De la Luz Martínez, Kenia A.¹; Romero-Flores, Miguel A.¹; Salgado-Cruz, Ma. De la Paz^{1,2*}, Calderón-Domínguez, Georgina¹; Cortés-Sánchez, Alejandro de J.³; Cruz-Monterrosa, Rosy G.⁴; Rayas-Amor, Armando⁴; Díaz-Ramírez, Mayra⁴

¹Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Plan de Ayala y Carpio s/n. Col. Santo Tomas. C.P. 11340. México, D.F. ²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). ³Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (UNCIBNOR+) Unidad Nayarit, Calle Dos No. 23. Cd. del Conocimiento. Av. Emilio M. González C.P. 63173. Tepic, Nayarit. México. ⁴Universidad Autónoma Metropolitana Departamento de Ciencias de la Alimentación, Unidad Lerma. Av. De las Garzas 10, El panteón, 52005 Lerma de Villada, Estado de México.

*Autor de correspondencia: sacpaz@hotmail.com

ABSTRACT

The nixtamalization process is widely used in México, mostly in corn, due its availability to increase the nutrients and change the quality properties of food products, which makes it technologically suitable for processing, whereby it also can be used in the chickpea (*Cicer arietinum* L.).

Objective: The aim was to establish the effect on quality characteristics of loaf bread added with chickpea flour obtained by nixtamalization and soaking processes.

Design/methodology/approach: The nixtamalization process was realized using 2% Ca(OH)₂ solution, 3:1 (w/v) with respect to the grain, and cooking for 80 min. After 14 h, the nixtamal was washing three times. Nixtamalized grains were dried, milled and sieved (U.S. #35 mesh). The flour obtained by the soaking method (12 h, T=21 °C), was cooked (95 °C, 45 min), drying (48 h, 48 °C) and milling.

The characterization of colour and ashes was determined on the flour and bread, also physical, quality and sensorial characteristics were measured.

Results: The results demonstrated that substitution with 35% of nixtamalized chickpea flour, showed the best quality on physical and nutritional characteristics according with the reference (hardness: 23.6±3 and 20.8±6.2 N, color (C): 28.4±1.37 and 29.2±0.927, ashes: 0.17 and 1.43%, respectively).

Limitations on study/implications: Results of sensory analysis of bread obtained by the soaking method has shown that the colour and flavour characteristics were not desired.

Findings/conclusions: The information obtained demonstrates that this process has a positive impact for the consumer, increasing the availability of some nutrients.

Keywords: Fabaceae, industrialization, food

RESUMEN

El proceso de nixtamalización es ampliamente utilizado en México, principalmente en cereales como el maíz, debido a que incrementa la disponibilidad de nutrientes y genera características de calidad en el material que lo hace tecnológicamente adecuado para su procesamiento, sin embargo, también podría ser utilizado para el garbanzo (*Cicer arietinum* L.).

Objetivo: Establecer el efecto en las características de calidad de pan de caja elaborado con harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) obtenida por nixtamalización y remojo.

Diseño/metodología/aproximación: El proceso de nixtamalización se realizó utilizando una solución de Ca(OH)_2 al 2% en una relación 3:1 (p/v) con respecto al grano, se coció durante 80 min. Después de 14 h, el nixtamal se lavó tres veces. Los granos nixtamalizados se secaron, molieron y tamizaron (U.S. \$35 mesh). Para el método de remojo (12 h, $T=21^\circ\text{C}$), el garbanzo se coció (90°C , 45 min), se secó (48 h, 48°C) y se molió.

Se determinó el color y cenizas en la harina y el pan, también se midieron las características físicas, de calidad y sensoriales de este último.

Resultados: Los resultados mostraron que el pan sustituido con 35% de harina de garbanzo nixtamalizado, presentó las mejores características de calidad, físicas y nutritivas con respecto al testigo (dureza: 23.6 ± 3 y 20.8 ± 6.2 N, color (C): 28.41 ± 1.368 y 29.23 ± 0.927 , cenizas: 0.17 y 1.43% respectivamente).

Limitaciones del estudio/implicaciones: La evaluación sensorial del pan elaborado con harina de garbanzo obtenida por remojo indicó que estos presentaban sabor más intenso, así como color no característico, que desagradó a los jueces.

Hallazgos/conclusiones: Los resultados tienen un impacto positivo para el consumidor, incrementando la disponibilidad de algunos nutrientes.

Palabras clave: Fabaceae, industrialización, alimentos

nen azufre, tales como metionina, cisteína y triptófano. Sin embargo, el contenido de lisina y arginina es alto comparado con cereales como el trigo (*Triticum aestivum* L.) (Briones, 2011), no obstante, contiene sustancias antinutrientales (inhibidores de proteasas, ácido fítico, hemaglutininas) y promotores de flatulencia, los cuales pueden ser eliminados fácilmente por un tratamiento térmico o por lavado, ya que muchos suelen ser solubles o termolábiles (Segev *et al.*, 2011). Actualmente el remojo es el principal proceso para eliminar estos componentes, esta operación consiste en sumergir la semilla en agua en una relación 1:2 durante 12 h (Perales *et al.*, 2015), teniendo como principal objetivo recuperar el agua que perdió el grano durante su deshidratación y reducir el tiempo de cocción en un 50%, así como provocar que el ácido fítico contenido en el garbanzo elimine el complejo formado por el calcio y las pectinas, incrementando la permeabilidad de la testa y por ende la facilidad con la que pueda ser procesado (Perales *et al.*, 2015). Otra operación crítica es el secado del grano para la obtención de la harina, debido a que afecta las características reológicas de rehidratación, disminuye la cohesividad, la plasticidad, la vida de anaquel e incrementa la retrogradación en productos como la tortilla (García y Vázquez, 2016). Con tal fin, se evaluó la incorporación de harina de garbanzo obtenida por nixtamalización y remojo en productos de panificación el fin de obtener alimentos balanceados y sensorialmente agradables, esto debido a que en México el pan de caja es uno de los alimentos más consumidos de acuerdo con los datos registrados en 2015, con un consumo per cápita de 34 kg por persona (Cerdeña *et al.*, 2018).

INTRODUCCIÓN

Las operaciones de acondicionamiento son todos aquellos procedimientos a los que es sometida la materia prima, los cuales sirven para optimizar los procesos de producción, reducir costos, mejorar el rendimiento, incrementar la calidad y disponibilidad de nutrientes o eliminar factores anti nutritivos, así como mejorar las características sensoriales, tales como el pelado, reducción de tamaño, escaldado, remojo o procesos de cocción como la nixtamalización. Sin embargo, este último, aunque es un proceso ampliamente utilizado en México tiene un uso limitado, y actualmente sólo se aplica en maíz debido a que aumenta la biodisponibilidad de algunos nutrientes como las vitaminas, minerales, proteínas y aminoácidos (lisina, calcio, glutelinas, triptófano y niacina) (Paredes *et al.*, 2006). Por lo anterior es importante evaluar el efecto de la nixtamalización en especies fabáceas como el garbanzo (*Cicer arietinum* L.), ya que tiene un elevado contenido de minerales como calcio, fósforo, magnesio, hierro, potasio, además de proteínas de reserva que son relativamente bajas en aminoácidos que contie-

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de harina de garbanzo remojado y nixtamalizado

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) se limpió y dejó remojando durante 12 h antes de la cocción a 90 °C durante 45 min, posteriormente se secó (secador de charolas, KINET 53874, México) durante 48 h a 48 °C. Posteriormente se realizó la reducción de tamaño en un molino pulverizador (VEYCO mpv-150, México) y se estandarizó al tamaño de partícula por medio de un tamizador vibratorio AS 400 (Retsch, Alemania), y se realizó la determinación de cenizas con base en la NMX-F-066-S-1978. La harina nixtamalizada se obtuvo de la cocción del garbanzo con 2% de cal (CaO) durante 85 min, posteriormente se remojó durante 12 h, se secó y molió utilizando las mismas condiciones que el proceso anterior (Téllez, 2009).

Elaboración de pan de caja

El pan se realizó utilizando el método directo, y las cantidades de harina, así como el resto de los ingredientes utilizados se muestran en el Cuadro 1. Los polvos se colocaron en la batidora (KitchenAid Classic, EUA) y mezclaron a baja velocidad (60 rpm) durante 6 min, posteriormente se adicionaron los líquidos hasta la integración de la masa en una sola pieza, a continuación, se incrementó la velocidad a 100 rpm, durante 10 min más. La masa obtenida se retiró y colocó en el fermentador (DSY, México) durante 120 min a 28 °C, inmediatamente fue dividido en fracciones de 52 g, se boleó y moldeó para obtener panecillos circulares, los cuales se colocaron en moldes para panqué y se realizó una segunda fermentación por 40 min, después se colocaron en un horno de circulación forzada (DSY-HSCH, México) durante 15 min a 170 °C.

Análisis físico, químico y de calidad del pan

Las pruebas físicas realizadas al pan fueron; altura (calibrador vernier digital, esteren, México), volumen (desplazamiento de semillas de mostaza), y color en la corteza del pan (colorímetro CR-400, Konica minolta, Japón). Los resulta-

dos obtenidos en el espacio de color CIE L*a*b* fueron transformados mediante las Ecuaciones 1 y 2 al sistema CIE L*c*h*.

$$c^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

$$h = \arctan \frac{b}{a} \quad (2)$$

Se midió textura utilizando una prueba de doble compresión (TPA: texture profile analysis), en un texturómetro (Texture Analyzer Brookfield CT3-4500, EUA) con una carga de activación de 4.5 g, las condiciones de la prueba fueron: 40 % de compresión, velocidad de 0.5 mm/s y una celda de 4500 g. Los parámetros medidos fueron: fracturabilidad, dureza, cohesividad, elasticidad, masticabilidad.

Se evaluó la estructura de la miga mediante análisis de imágenes, los resultados obtenidos fueron el número de alveolos, el área, circularidad y la densidad de celdas.

La evaluación sensorial se realizó utilizando una prueba hedónica afectiva a 50 alumnos (jueces no entrenados) de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, que determinó la aceptación de los productos. Los parámetros evaluados fueron color, olor, textura y sabor.

Los métodos utilizados para el análisis químico proximal fueron: humedad (NOM-116-SSA1-1994), lípidos (NMX-F-615-NORMEX-2004), fibra cruda (NOM-051-SCFI/SSA1-2010), proteína (NMX-F-608-NORMEX-2011), cenizas (NMX-F-607-NORMEX-2002), y carbohidratos totales por diferencia (NOM-086-SSA1-1994). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado, reportando el valor promedio y la desviación estándar. El análisis estadístico se realizó con el programa SigmaPlot 12.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la imagen de las harinas obtenidas por el proceso de remojado (A) y nixtamalización

Cuadro 1. Formulación empleada para la elaboración de pan de molde.

Materia prima	Testigo	% de sustitución		
		25	30	35
HRT	59.80	44.85	41.86	38.87
Garbanzo	0.00	14.95	17.94	20.93
Levadura	1.44	1.44	1.44	1.44
Agua	33.73	33.73	33.73	33.73
Aceite	1.20	1.20	1.20	1.20
Azúcar	2.45	2.45	2.45	2.45
Leche en polvo	0.42	0.42	0.42	0.42
Gluten	0.18	0.18	0.18	0.18
Mej. Pan	0.30	0.30	0.30	0.30
Sal	0.42	0.42	0.42	0.42
Lecitina de soya	0.06	0.06	0.06	0.06
S.L.S	0.02	0.02	0.02	0.02

(B), donde la primera registró mayor integración que la nixtamalizada, lo cual puede ser debido a que durante el procesamiento de nixtamal la gelatinización del almidón es menor y por lo tanto no permite que la adhesión de las partículas se lleve de manera adecuada (Paredes *et al.*, 2006). El análisis granulométrico de ambas harinas mostró una distribución de tamaño de partícula similar, encontrando que el tamaño de partícula fue de 0.5 mm, estos valores coinciden con lo reportado por Hoyos *et al.* (2015) y por Hernández *et al.* (2016). En lo que respecta al color se puede apreciar de manera visual (Figura 1), que la obtenida por remojo mostró una tonalidad amarilla característica del garbanzo, mientras que la nixtamalizada (Figura 1B) un tono de gris a verde. Sin embargo, los valores obtenidos indican que el tono de ambas harinas se encuentra en el intervalo positivo de a^* y b^* , con tonalidades rojas y amarillas. En cuanto a la Luminosidad (L) presentaron valores similares indicando que las muestras son claras (98.57 y 98.02). El cálculo de las coordenadas C y h, indican la contribución de a^* y b^* , así como la intensidad en la tonalidad de la harina, mostrando que la de garbanzo nixtamalizado es menos brillante que la obtenida por remojo. En lo que respecta al contenido de cenizas la harina de remojo y nixtamalizado presentaron 2.83% y 3.44% respectivamente observando un aumento de 121.5% cuando se utilizó el proceso de nixtamalización.

El Cuadro 2, muestra las imágenes así como los datos obtenidos de los productos elaborados con diferente sustitución de harina de garbanzo obtenida por remojo y por nixtamalización, como se puede observar la característica que se modificó fue el



Figura 1. Harina de garbanzo. A: remojada, B: nixtamalizada. Resultados del análisis de color.

volumen y la altura en la mayoría de las formulaciones, destacando que el pan adicionado con la nixtamalizada al 25%, presenta un tamaño similar con respecto al pan testigo, no obstante, las demás formulaciones tuvieron un marcado efecto en esta propiedad, lo cual puede ser atribuido a que disminuye la concentración de las proteínas del trigo, las cuales interaccionan durante el proceso de amasado para formar la red de gluten que también se ve afectada por la adición de las proteínas provenientes de la harina de garbanzo que no forman gluten y son fuertes competidoras por el agua lo que provoca que la hidratación no se lleve de manera adecuada (Da Silva *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, en 2007). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Hoyos *et al.* (2015), quienes observaron reducción en el volumen al utilizar harina de garbanzo.

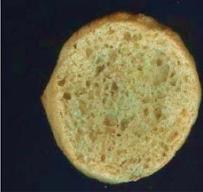
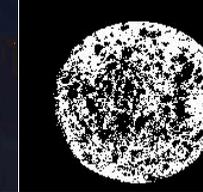
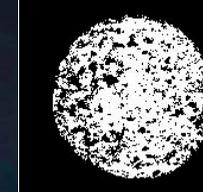
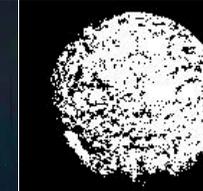
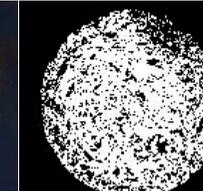
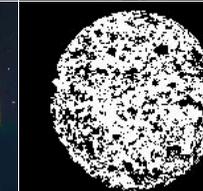
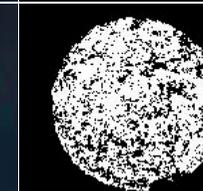
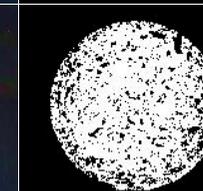
En el Cuadro 2, apartado C, se observa la estructura de la miga y el tratamiento mediante el análisis realizado con el algoritmo Otsu; y se observa que cuando se realiza una sustitución de 30% y 35% de ambas harinas hay cambios significativos en la circularidad y número de alveolos con respecto al pan testigo. Lo anterior indica que a medida que se incrementa el porcentaje de sus-

titución, la cantidad de alveolos o celdas (círculos negros) disminuyen, y van perdiendo circularidad, lo cual puede deberse al debilitamiento de la red de gluten por efecto de la concentración, lo cual provoca una reducción del volumen del pan con mayor porcentaje de sustitución y por ende una miga con estructura más compacta (Hoyos *et al.*, 2015).

Los resultados de color indicaron que todas las muestras se encuentran en el mismo espacio cromático que las harinas (a^* rojo - b^* amarillo); sin embargo, las que presentan cambios en a^* son N-25 y R-35 con respecto al testigo, por lo cual se ven con un tono más rojo y amarillo, no obstante, fueron los valores de luminosidad los que mostraron cambios importantes, principalmente debido a las reacciones Maillard durante el horneado, estos cambios también pueden estar influenciados por el alto contenido de lisina en el garbanzo. Sin embargo, se observa que no existen cambios importantes por el nivel de sustitución de ambas harinas, lo que indica que el tratamiento aplicado para la obtención de éstas no influye de manera determinante en este parámetro.

Autores como Mohammed *et al.* (2012), establecieron que la adición de harina de garbanzo generó

Cuadro 2. A: Pan de molde sustituido con harina nixtamalizada (N) y de remojo (R) al 25,30 y 35 %. B: Corte transversal del pan. C: Imagen con el filtro OTSU.

Muestra	A	B	C	Altura (mm)	Volumen (mL)	Color corteza
Testigo				61.6±2.6	10.4±0.52	L=66.3±2.2 ^a a=6.4±0.75 ^a b=28.5±0.82 ^a C=29.2±0.93 ^a H=88±0.06 ^a
N-25				44.2±1.4	10.4±1.0	L=64.7±1.3 ^a a=8.4±0.79 ^b b=29.6±0.75 ^b C=30.8±0.87 ^b H=88.1±0.05 ^a
R-25				37.6±1.3	7.6±0.9	L=65.1±0.92 ^a a=7.4±0.65 ^a b=31.9±1.44 ^a C=32.8±1.5 ^a H=88.2±0.08 ^b
N-30				35±1.3	8.2±0.9	L=63.0±1.2 ^b a=7.6±1.1 ^a b=30.4±1.5 ^b C=31.4±1.5 ^b H=88.1±1.0 ^b
R-30				38.2±1.1	7.7±0.95	L=63.0±1.3 ^b a=6.66±0.98 ^a b=27.6±0.9 ^b C=28.6±0.92 ^b H=87.9±0.07 ^a
N-35				35.7±0.76	7.7±0.95	L=63.8±1.65 ^b a=6.4±0.83 ^a b=27.7±1.4 ^b C=28.4±1.4 ^b H=87.9±0.1 ^a
R-35				35.7±0.76	7.7±0.95	L=64.5±1.3 ^a a=8.4±1.1 ^b b=31.7±1.7 ^a C=32.9±1.97 ^b H=88.2±0.1 ^a

oscurecimiento en la miga del pan (L=30.74), lo cual contrasta con los resultados obtenidos ya que se presentó un efecto inverso. En el Cuadro 3, se muestran los resultados de la prueba de textura, donde los valores de dureza indicaron cuál es la fuerza máxima que se necesita para generar la primera fractura en el pan, la cual hace

referencia a la fuerza con la que se comprime el alimento entre los molares y el paladar (Igor, 2010). Los panes de la formulación N-30 y R35, evidenciaron que durante el primer ciclo de compresión su dureza es similar al pan testigo y son diferentes significativamente respecto a las demás formulaciones, esto a su vez está relacionado

Cuadro 3. Datos de perfil de textura de doble compresión (TPA) del pan de molde.

Característica	Testigo	N-25	R-25	N-30	R-30	N-35	R-35
Dureza 1 (N)	20.8±6.2 ^a	32.2±2 ^b	43±2.6 ^b	23.6±2.6 ^a	45.7±3 ^b	46.4±6 ^b	23.6±3 ^a
Cohesión	0.4±0.04 ^a	0.4±0.03 ^a	0.4±0.03 ^a	0.4±0.02 ^a	0.4±0.04 ^a	0.4±0.04 ^a	0.5±0.03 ^a
Masticabilidad	168.7±55 ^a	190.6±23 ^a	263.8±2 ^a	115.5±13 ^b	251.3±47 ^a	149.6±40 ^a	127.6±16.2 ^b
Elasticidad (mm)	20.2±2.5 ^a	17.2±0.7 ^a	16.6±2.0 ^a	10.6±0.5 ^b	17.5±0.16 ^a	8.0±0.7 ^b	11.5±0.74 ^b

Los valores con la misma letra en la misma fila no presentan diferencia significativa con respecto al testigo (P<0.05).

Cuadro 4. Análisis Nutricional de pan de molde.

Análisis	Muestra	Carbohidratos	Proteína	Lípidos	Fibra	Cenizas
Teórico	Testigo	35.54	7.10	4.30	3.10	0.17
Laboratorio	R-30	45.30	9.30	0.86	5.59	1.28
Laboratorio	N-30	45.00	9.90	0.47	6.06	1.43

con la masticabilidad que es la energía necesaria para poder desintegrar el pan, por lo tanto, el pan con estos niveles de sustitución presenta un mayor contenido de fibra o almidón gelatinizado, lo que hace que sea un sistema más suave.

La Figura 4, muestra los resultados del análisis sensorial, indicando que el 50% de los jueces prefirieron la formulación con 30% de sustitución de harina nixtamalizada. Es importante mencionar que los comentarios emitidos por un grupo de jueces indicaron que las formulaciones con sustitución de harina obtenida por remojo presentaron un sabor más intenso a garbanzo, con una textura grumosa y seca.

El análisis nutrimental fue realizado a los panes con mayor porcentaje de aceptación (R35 y N30). En el Cuadro 4, también se muestran los valores obtenidos del cálculo teórico para el pan testigo, de estos datos se destaca que el contenido de proteína y de fibra aumentan con respecto al pan testigo, siendo mayor en pan con harina nixtamalizada, lo cual coincide con lo reportado por Auquiñini y Castro (2015) y Yamsaengsung *et al.* (2012), quienes realizaron sustituciones con fabáceas (leguminosas) y obtuvieron un aumento significativo en estos parámetros. En particular el contenido de fibra pudo haberse incrementado por el proceso de nixtamalización el cual suaviza la epidermis del material (Paredes *et al.*, 2006) y que acuerdo con Perales *et al.* (2015), la mayor cantidad de fibras se encuentran en la parte externa del grano. Durante el proceso de nixtamalización la interacción de la cal con el maíz permite que la cantidad de minerales aumente y de esta forma permite que los productos obtenidos tengan mayor cantidad de estos

macronutrientes. Los valores obtenidos para los productos registraron aumento de 180% y 195.4% para la harina Remojada y nixtamalizada respectivamente, observando que esta última, tuvo mayor aumento que la remojada, resaltando que la nixtamalización genera un cambio en las propiedades químicas.

CONCLUSIONES

La nixtamalización es un proceso alternativo que puede ser utilizado en fabáceas, tales como el garbanzo para coadyuvar a eliminar factores antinutrimientales, incrementar la cantidad de minerales, fibra y proteína. La sustitución en 35% con harina de garbanzo nixtamalizada en la elaboración de pan de caja, mejora las características nutrimentales; sin embargo, se obtuvieron panes con menor volumen y miga más compacta, no obstante, el pan con este porcentaje de sustitución fue el que tuvo mayor aceptación por los jueces.

LITERATURA CITADA

Aguilar, V., Vélez, J. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo. 7 octubre 2017, de Temas selectos de Ingeniería de

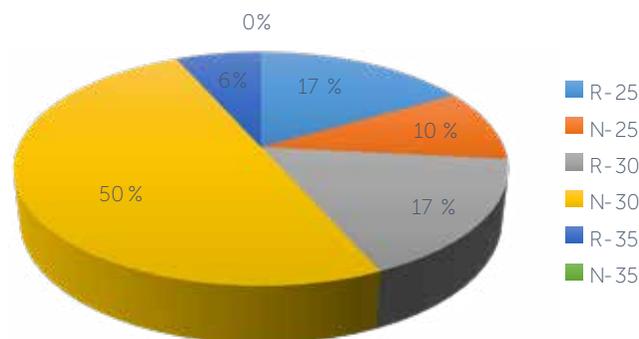


Figura 4. Resultados del análisis sensorial de pan de molde. N: nixtamalizado; R: remojado.

- Alimentos Sitio web: 1. <http://web.udlap.mx/tsia/files/2014/12/TSIA-72-Aguilar-Raymundo-et-al-2013.pdf>
- Auquiñivín, E., Castro, E. (2015). Elaboración de galletas enriquecidas a partir de una mezcla de cereales, leguminosas y tubérculos. Chachapoyas, región Amazonas. *Industrial Data*, 18, 84-90.
- Badui, S. (2012). *La ciencia de los alimentos en la práctica*. México: Pearson.
- Briones, J., Gallardo, Yoja., Pérez, Rosa. (2011). Obtención de harinas de cereales y leguminosas precocidas y su aplicación en alimentos para el adulto mayor.
- Cerda, R., Valvere, A., Caballero, J., Medrano, J., Ramírez, A., Miranda, M., Piña, B., Paz, R., Sánchez, A., Arechavala, E., Rodríguez, J., Beade, A., García, B., García, C., Ochoa, M., Villega, A., Hernández, M., Castillo, T.. (2018). A buena masa no hay mal pan. *Revista del consumidor*, 491, 28-31.
- Da Silva, J. T., Gonçalves, J., De Sousa e Silva, N. A., Ribeiro, M., & De Paula, C. D. (2013). Caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 15(3), 305319. Recuperado a partir de <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev153/Art15313.pdf>
- Hernández, E., Rocharza, M., Márquez, R., Talamas, R., Galicia, T., Torres, N., Ramirez, B. (2016). Caracterización de masas con base en mezclas de frijol - maíz y garbanzo-maíz. 30 mayo 2018, de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos Sitio web: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/1/6.pdf>
- Hoyos, D., Palacios, A. (2015). Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitución de harina de trigo en productos de panificación.
- Igor, J., Velasco, V. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). 29 mayo 2018, de Facultad de ciencias agropecuarias Sitio web: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169235612010000200007&script=sci_abstract&tling=es
- Mohammed, I., Ahmed, A. R., & Senge, B. (2012). Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*, 36(1), 196-202. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.09.006>
- Moreira, T., Pirozi, R., Borges, S., & Duke, U. (2007). Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 18(2), 141-150.
- Paredes, O., Guevara, F., Bello, L. (2006). Los alimentos mágicos de las culculas indígenas mesoamericanas. México: Fondo de cultura económica.
- Perales, L., Rodríguez, P., Valero., Ruíz, E., Ávila, J., Varela, G.. (2015). Informe sobre Legumbres, Nutrición y Salud. 9 abril 2019, de Fundación Española de la Nutrición Sitio web: http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/noticias/2017/Informe_Legumbres_Nutricion_Salud.pdf
- Schmiele, M., Hackbart Da Silva, L., Pinto Da Costa, P. F., Da Silva Rodrigues, R., & Chang, Y. K. (2011). Influência da adição de farinha integral de aveia, flocos de aveia e isolado proteico de soja na qualidade tecnológica de bolo inglês. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 29(1), 71-82.
- Segev, A., Badabil, L., Galili, R., Hovav, Y., Kapulnik, I., Shomer. (2011). Total phenolic content and antioxidant activity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by soaking and cooking conditions, *Food and Nutrition Sciences*, (2) 724-730.
- Urizar H., Bressani, R. (1997). Efecto de la nixtamalización del maíz sobre el contenido de ácido fítico, calcio y hierro total y disponible. *Archivo latinoamericano de nutrición*.
- Yamsaengsung, R., Berghofer, E., & Schoenlechner, R. (2012). Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole flour compared to gluten-free amaranth or buckwheat flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 2221-2227.



Bioaccessibility of micro and nanoencapsulated vegetable antioxidants: *In vitro* assessment perspectives

Bioaccesibilidad de antioxidantes de origen vegetal micro y nanoencapsulados: perspectivas para su determinación *in vitro*

Hernández-Jabalera, Anaid^{1*}; Mena-Martínez, María¹; León-Espinosa, Erika B.¹; Rayas-Amor, Adolfo A.¹; Díaz-Ramírez, Mayra¹; Jiménez-Guzmán, Judith¹; García-Garibay, Mariano¹; Miranda de la Lama, Genaro¹; Cruz-Monterrosa, Rosy G.¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Av. de las Garzas No. 10, Col. El Panteón, Municipio Lerma de Villada, Estado de México, C.P. 52005

*Autor de correspondencia: a.hernandez@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: Identify and discuss the approaches commonly used to assess *in vitro* bioaccessibility of micro and nanoencapsulated vegetal antioxidants. The emphasis is on identifying the scope and limitations of the encapsulation techniques and the digestive models.

Design/methodology/approach: Analytic discussion of scientific papers gather through SCOPUS, EBSCO, ScienceDirect, Pubmed and Google scholar databases by using the following keywords: Antioxidant, Vegetable, Micro/nanoencapsulation, Bioaccessibility, *In vitro* digestion, Release.

Results: A consistent trend identified is the privileged use of extracts over purified molecules, the use of by-products in systems produced by broad-distribution technologies.

Among *in vitro* models, static models are generally preferred although there is a great variation in the components and digestive stages considered.

The analysis of the accumulated experience provides encouraging evidence in terms of resistance to gastric conditions and greater release during the intestinal phase for a dispersible amount of micro or nanocapsules.

Limitations on study/implications: This review is limited in its scope due to the scarce information on promising systems that have not been tested in simulations of digestion. Those studies are not considered in the array of studies reviewed here.

Findings/conclusions: In order to transition from reported experimental data to the real bioaccessibility of antioxidants from vegetal sources, standardization of *in vitro* digestive static systems need to be addressed. Additionally, the most urgent limitations to be overcome included initial losses during encapsulation, characterization of release type, punctual accumulation and toxic effects and comparison of achieved bioaccessible concentrations against concentrations needed for *in vivo* effect.

Keywords: Antioxidant, Vegetable, Micro/nanoencapsulation, Bioaccessibility, *In vitro* digestion, Release.

RESUMEN

Objetivo: Discutir las perspectivas utilizadas para la evaluación *in vitro* de la bioaccesibilidad de antioxidantes vegetales para identificar el alcance y las limitaciones de la micro y nanoencapsulación y los modelos de digestión.

Diseño/metodología/aproximación: Discusión analítica de la información obtenida de SCOPUS, EBSCO, ScienceDirect, google scholar con los términos antioxidante, micro/ nanoencapsulación, bioaccesibilidad, digestión, liberación.

Resultados: Los sistemas de antioxidantes encapsulados evaluados privilegian el uso de extractos frente a moléculas purificadas, el aprovechamiento de subproductos y las tecnologías de amplia distribución. Los modelos estáticos *in vitro* son los más utilizados, con diferencias en los elementos y etapas de la digestión. El análisis de la experiencia acumulada proporciona evidencia alentadora en términos de resistencia a las condiciones gástricas y una mayor liberación durante la fase intestinal utilizando concentraciones logradas en una cantidad dispersable de micro o nanocapsulas.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Sistemas nuevos con características prometedoras para los que aún no se han realizado pruebas de simulación de la digestión se encuentran fuera del alcance de este análisis.

Hallazgos/conclusiones: Para trasladar la experiencia recopilada hacia la bioaccesibilidad real de los antioxidantes se requiere atender a las recomendaciones para la estandarización de los modelos de digestión *in vitro* de tipo estáticos, así como considerar las limitaciones derivadas de la pérdida inicial de antioxidantes durante la producción del sistema encapsulado, la poca información proporcionada respecto al tipo de liberación, su acumulación y los posibles efectos tóxicos, la determinación de la representatividad de las concentraciones evaluadas respecto a las necesarias *in vivo*.

Palabras clave: Antioxidante, Vegetal, Micro/Nanoencapsulación, Bioaccesibilidad, Digestión.

de fuentes vegetales. De igual manera se han desarrollado productos diseñados para cubrir, tanto las necesidades nutricionales, como para aportar un beneficio a la salud y al bienestar de los seres humanos, entre ellos; nutraceuticos, ingredientes o aditivos bioactivos, alimentos funcionales y suplementos alimenticios (Zhang *et al.*, 2015).

No obstante, la amplia investigación en torno a la actividad antioxidante de moléculas obtenidas de fuentes vegetales, diferentes estudios han evidenciado que los compuestos que presentan efectos antioxidantes *in vitro* pueden no ser candidatos para ejercer su efecto *in vivo*. Entre los factores que limitan los posibles efectos de estos compuestos se encuentran; i) la complejidad de las materias primas; ya que de manera natural los antioxidantes se encuentran en mezclas complejas que además varían debido a la biodiversidad vegetal y a las condiciones de cultivo. ii) la inestabilidad ante los ambientes moleculares de procesamiento y aplicación (pH, temperatura o fuerza iónica). iii) la reactividad y susceptibilidad a la transformación iv) la baja biodisponibilidad debido a una bioaccesibilidad y absorción restringidas, v) la falta de especificidad para alcanzar el órgano o molécula blanco (Elias *et al.*, 2008; Gonçalves *et al.*, 2018). Diferentes estrategias han sido adoptadas para hacer frente a estos retos; de entre las cuales, la micro y nanoencapsulación de antioxidantes vegetales han sido ampliamente investigadas con el propósito de mejorar la solubilidad, estabilidad y bioaccesibilidad. Como resultado una gran y diversa cantidad de sistemas han sido diseñados y preparados con la aplicación de diferentes tecnologías. Sin embargo, la proporción de estudios que han evaluado

INTRODUCCIÓN

El contexto de morbilidad global, generado entre 1990 y 2017, caracterizado por la prevalencia de enfermedades no transmisibles, pero altamente discapacitantes (Sousa *et al.*, 2009; IHME, 2018) ha agudizado el interés en el estudio de diferentes aspectos de las enfermedades crónico degenerativas, en cuya patogénesis se ha señalado la sobreproducción, acumulación o deslocalización de radicales libres y especies pro-oxidantes en el cuerpo humano o la interacción con especies oxidantes externas. En consecuencia, el uso de antioxidantes, en particular aquellos de fuentes vegetales, ha demostrado ser una alternativa con efectos profilácticos (Low *et al.*, 2018).

La evidencia en torno a los efectos benéficos de los antioxidantes vegetales ha impulsado la exhaustiva caracterización de moléculas antioxidantes, la evaluación de diferentes mecanismos antioxidantes y el mejoramiento

la bioaccesibilidad de los antioxidantes encapsulados es aún menor respecto a los sistemas caracterizados. Una limitante importante para la evaluación de los efectos de la encapsulación sobre la bioaccesibilidad ha sido la variabilidad en las estrategias y modelos de digestión, lo cual ha condicionado la posibilidad de comparación entre los resultados y la congruencia con resultados *in vivo*. Ante esta situación, en este trabajo se analiza la literatura sobre la experiencia obtenida de la evaluación *in vitro* de la bioaccesibilidad de antioxidantes vegetales con el objetivo de discutir las perspectivas utilizadas e identificar el alcance y las limitaciones en: 1) las características de los sistemas de encapsulación de antioxidantes vegetales, 2) las características de los sistemas de simulación de la digestión y, 3) el comportamiento en la digestión de los antioxidantes encapsulados. Este trabajo contribuye a orientar las estrategias de producción de antioxidantes vegetales hacia aquellas que priorizan la estandarización, y la selección de candidatos con características que potencien las posibilidades de éxito *in vivo* desde etapas tempranas del diseño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda exhaustiva de reportes científicos (sin restricción de año o tipo) referente a la evaluación de la bioaccesibilidad de antioxidantes de fuentes de origen vegetal. Para ello se utilizaron los buscadores y bases de datos; SCOPUS, EBSCO, PUBMED, ScienceDirect, Scielo, Redalyc, Google Scholar, entre otros. Los términos de búsqueda utilizados fueron: antioxidante, micro/nanoencapsulación, bioaccesibilidad, digestión, estabilidad, liberación, viabilidad y/o disponibilidad. Por lo tanto, la búsqueda se restringió a la discusión de antioxidantes de origen vegetal y a los trabajos en los cuales se efectuaron pruebas de digestión. La literatura referente sólo a la encapsulación y caracterización de micro o nanocapsulas y a su uso en pruebas clínicas queda fuera del alcance de esta revisión. De las fuentes bibliográficas se extrajo la información referente a los métodos y resultados para su posterior análisis bajo los ejes temáticos; características de los sistemas de encapsulación, los de simulación de la digestión y el comportamiento durante la digestión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistemas de micro o nanoencapsulación utilizados para la protección de antioxidantes de fuentes vegetales

Los antioxidantes de origen vegetal han recibido particular atención debido a los efectos benéficos en la

prevención de enfermedades y su amplia distribución en frutos, hortalizas, cereales, fabáceas, entre otros alimentos. Para potenciar sus efectos se han utilizado diferentes estrategias entre las que destacan la micro encapsulación o la nanoencapsulación, con las cuales se busca atrapar los antioxidantes en partículas de diferentes escalas con los objetivos de incrementar su solubilidad, disminuir la inestabilidad química, mejorar la bioaccesibilidad, controlar la liberación o enmascarar propiedades sensoriales poco favorables (Ramírez et al., 2015; Gonçalves et al., 2018).

Una muy amplia cantidad de micro y nano partículas antioxidantes han sido producidas y caracterizadas a nivel micro y nanoestructural; sin embargo, la proporción para las cuales se ha determinado la bioaccesibilidad en condiciones fisiológicamente representativas es aun baja. En los Cuadros 1 y 2 se presentan los antioxidantes que han sido incorporados a micro o nanopartículas, los materiales de pared y las técnicas utilizadas para la su producción.

En general se observa que moléculas antioxidantes como polifenoles (flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos, taninos y coumarinas), carotenoides (carotenos, licopeno, luteína, criptoxantina), triterpenoides y fitosteroles han sido utilizados en su mayoría como mezclas en extractos acuosos o aceites en comparación con el uso de moléculas puras. Estos tipos de antioxidantes son también los más ampliamente distribuidos y cuyas propiedades intrínsecas (tamaño y estructura tridimensional, carga, solubilidad, carácter hidrofóbico, propiedades ácido-base, entre otras) les permiten ofrecer protección en los sistemas biológicos a través de diferentes mecanismos entre los que destacan; la captación de especies radicales libres, la reducción de hidroxiperoxidos y quelación de iones metálicos y pro oxidantes (Elias et al., 2008).

Entre la diversidad de estructuras de los antioxidantes vegetales se encuentran moléculas tanto de carácter hidrofóbico como hidrofílico las cuales necesitan ser incluidas en sistemas de encapsulación que puedan proveerlas de una ventaja competitiva (Neubauer et al., 2014). De manera general los sistemas utilizados pueden dividirse en aquellos formados por lípidos y surfactantes (emulsiones, liposomas, partículas lipídicas sólidas, formulaciones lipídicas auto dispersables, acarreadores lipídicos nanoestructurados) (Cuadro 1), o bien, sistemas basados en polisacáridos y proteínas

Cuadro 1. Sistemas de micro y nanoencapsulación de antioxidantes vegetales construidos con lípidos, surfactantes y polímeros sintéticos.

Antioxidante	Materiales	Método	Referencia
Curcumina	Triacilglicéridos con ácidos grasos de cadena corta, media y larga	Microfluidización (fase lipídica en fase acuosa)	Ahmed <i>et al.</i> , 2012
Extracto de taninos de Acacia	Aceite de palma y manteca de cerdo Tween80/Span80	Doble emulsión (fase sólida en fase lipídica en fase acuosa)	Adejero <i>et al.</i> , 2018
Extracto de antocianinas de arroz negro	Lípidos	Emulsificación en dos pasos	Huang <i>et al.</i> , 2019
Ácido gálico, ácido ascórbico, curcumina y quercetina	Lípidos	Hidratación de capas lipídicas finas	Tavano <i>et al.</i> , 2014
Ginsenosidos del extracto de ginseng	Lípidos	Hidratación de capas lipídicas finas seguida de homogeneización a altas presiones	Tsai <i>et al.</i> , 2012
α -Tocoferol y proantocianidinas de canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	Aceites de palma, soya y algodón	Atomización a baja temperatura	Tulini <i>et al.</i> , 2017
(-)-Epigallocatequingalato (EGCG)	Fosfolípidos, colesterol, Tween 80	Inyección de etanol en combinación con microfluidización a altas presiones (nanoliposomas)	Zou <i>et al.</i> , 2014
Carotenoides	Fosfolípidos de yema de huevo	Sistema de láminas finas por evaporación	Tan <i>et al.</i> , 2014
Compuestos fenólicos de algarrobo (<i>Ceratonia siliqua</i> L.) fermentado y sin fermentar	Policaprolactona	Doble emulsión por evaporación de disolvente	Ydjedd <i>et al.</i> , 2017

(hidrogeles, complejos proteína-polisacárido, micelas poliméricas) (Cuadro 2).

Las principales tecnologías utilizadas incluyen el secado por aspersión y la formación de emulsiones, además de la extrusión, recubrimiento por microfluidización, coacervación, formación de liposomas, acomplejamiento en inclusiones, cocristalización, nanoencapsulación, inclusión molecular, emulsificación, sistemas laminados, entre otras (Ramírez *et al.*, 2015). Destaca el uso de materiales de importancia regional o el aprovechamiento de subproductos a través de tecnologías simples y de amplia distribución como el secado por aspersión.

Modelos *in vitro* para la simulación de la digestión utilizados para la evaluación de la bioaccesibilidad de antioxidantes vegetales en micro o nanocápsulas

A partir de la naturaleza de los antioxidantes, los materiales y las tecnologías empleados es posible conseguir la asociación de las moléculas en arreglos que les otorgan alguna ventaja para su aprovechamiento, entre ellas coadyuvar en lograr la bioaccesibilidad de la molécula, la cual puede definirse como la proporción de la molécula ingerida que alcanza el sitio de absorción con su estructura intacta. Para determinarla pueden utilizarse modelos de complejidades diferentes (artificiales *in vitro*, modelos *in vivo*, *in situ* o *ex vivo*) tomando en cuenta que el tipo de sistema influenciará el grado y naturaleza de

los cambios que ocurran en las moléculas (Gonçalves *et al.*, 2018). Dado que la literatura revisada corresponde a las primeras etapas para la evaluación de un compuesto bioactivo, los modelos *in vitro* estáticos, en los cuales los compuestos son expuestos a soluciones de simulación de los fluidos gástricos e intestinales son los más utilizados. En el Cuadro 3 se recopila la información relativa al tipo de simulación de la digestión que ha sido utilizada para la evaluación de la liberación y bioaccesibilidad de los antioxidantes vegetales micro/nano encapsulados. Sin embargo, con frecuencia difieren en las etapas de la digestión incluidas (fase oral, gástrica, intestino delgado e intestino grueso) así como en la formulación, concentraciones, volúmenes y tiempos de digestión.

En la última década se han realizado recomendaciones importantes para la simulación de la digestión *in vitro* en condiciones relevantes y una propuesta para la estandarización puede encontrarse en el documento de Minekus *et al.* (2014). Además, la correlación entre estudios *in vivo* e *in vitro* de digestión ha sido revisada con la conclusión de que; si bien, los estudios *in vitro* basados en sistemas estáticos son una simplificación de los aspectos dinámicos que prevalecen en el tracto gastrointestinal, han resultado útiles para el estudio de la influencia de los parámetros ambientales, así como para la evaluación de la resistencia o la liberación controlada a partir de la acción de las enzimas digestivas (Minekus *et al.*, 2015). Una

Cuadro 2. Sistemas de micro y nanoencapsulación de antioxidantes vegetales construidos con polisacáridos y proteínas.

Antioxidante	Materiales	Método	Referencia
Antocianinas del Azafrán	β -glucano and β -ciclodextrina	Secado por aspersión	Ahmad et al., 2018
Catequina	Almidones de castaña, castaña de la india y raíz de loto	Ultrasonificación	Ahmad et al., 2019
Resveratrol coencapsulado con aceite de pescado y tributirina	Proteína láctea, glucosa y almidón resistente tratados térmicamente	Microfluidización (fase lipídica en fase acuosa)	Augustin et al., 2011
Tocoferoles del aceite de castaña	Proteína y carbohidratos	Homogeneización seguida de liofilización	Calvo et al., 2012
Compuestos fenólicos del fruto de jussara (<i>Euterpe edulis</i> Martius)	Maltodextrina, inulina y goma arábica	Secado por aspersión	Bernardes et al., 2019
Compuestos fenólicos de mora dorada (<i>Physalis peruviana</i> L.)	Maltodextrina, goma arábica, alginato y pectina	Homogenización seguida de liofilización	Dag et al., 2017
Quercetina	Albúmina del Suero Bovina	Interacción hidrofóbica y por puentes de hidrógeno	Fang et al., 2011
Antocianinas de Maqui (<i>Aristotelia chilensis</i>)	Inulina y Alginato de sodio	Secado por aspersión	Fredes et al., 2018
Epigallocatequingalato (EGCG)	Gelatina y quitosan	Secado por aspersión (nanocápsulas)	Gomez-Mascaraque et al., 2016
Compuestos fenólicos de la piel de uva	Maltodextrina	Secado por aspersión	Lavelli et al., 2017
Extracto de polifenoles de <i>Clitoria ternatea</i>	Alginato	Extrusión	Pasukamonset et al., 2016
Peptidos de canola	Proteína de canola tratada con altas presiones	Secado por aspersion	Wang et al., 2015
(-)-Epigallocatequingalato (EGCG)	Quitosan y ferritina de soya recombinante	Interacciones electrostáticas	Yang et al., 2018
Catequinas de té verde, en formulación con vitamina C y xilitol	ftalato de hidroxipropilmetilcelulosa o γ -ciclodextrina	Recubrimiento con disolvente	Son et al., 2016
Fitoesteroles, tocoferoles y polifenoles de la semilla de Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.)	Caseinato de sodio o β -ciclodextrina	Homogeneización a altas presiones seguida de enfriamiento	Cheong et al., 2016
Fitoesteroles, tocoferoles y polifenoles en el aceite de la semilla de Kenaf	β -ciclodextrina, goma arábica, caseinato de sodio	Secado por aspersión	Chew et al., 2018
β -caroteno	Maltodextrina o Quitosan y alginato	Secado por aspersión o extrusión	Donhowe et al., 2014
β -caroteno	Zeína y concentrado de proteínas del suero lácteo	Homogeneización a altas velocidades, ultrasonificación seguidas de electroatomización	Gomez-Mascaraque et al., 2017
Extracto de compuestos fenólicos de la hoja de oliva (Secoiroides, flavonoides, fenoles simples, oleosidos y ácido elenólico)	Alginato de sodio	Secado por aspersión	González et al., 2019
Tocotrienoles del aceite de palma	Quitosan, Alginato	Gelación ionotrópica	Phui et al., 2017
Carotenoides, tocoferoles, tocotrienoles del aceite de palma	Carboximetil celulosa	Emulsificación y Gelación ionotrópica	Sathasivam et al., 2018



Cuadro 3. Modelos *in vitro* de simulación de la digestión utilizados para determinar la bioaccesibilidad de antioxidantes vegetales encapsulados.

Tipo de Modelo	Características	Referencia
Diálisis en medios con diferentes pH	Buffer de acetatos (pH 5.4), Buffer de fosfatos (pH 6.8) , HCl (pH 2.2)	Lavelli <i>et al.</i> , 2017; Adejoro <i>et al.</i> , 2018
Diálisis	solución de fluido gástrico	Tavano <i>et al.</i> , 2014
Modelo estático	Solución de simulación del fluido gástrico y Solución de simulación del fluido intestinal	Ahmad <i>et al.</i> , 2019; Chew <i>et al.</i> , 2018; Dag <i>et al.</i> , 2017; Donhowe <i>et al.</i> , 2014; Huang <i>et al.</i> , 2019; Pasukamonset <i>et al.</i> , 2016; Phui Yee Tan <i>et al.</i> , 2017; Sathasivam <i>et al.</i> , 2018; Tulini <i>et al.</i> , 2017; Wang <i>et al.</i> , 2015; Yang <i>et al.</i> , 2018
Modelo estático	Solución de simulación del fluido gástrico	Fang <i>et al.</i> , 2011
Modelo estático	Solución salival, Solución de simulación del fluido gástrico y Solución de simulación del fluido intestinal	Ahmad <i>et al.</i> , 2018; Fredes <i>et al.</i> , 2018; Gomez-Mascaraque <i>et al.</i> , 2016, 2017; Siham Ydjedd <i>et al.</i> , 2017; Tan <i>et al.</i> , 2014; Son <i>et al.</i> , 2016
Modelo dinámico	Solución de simulación del fluido gástrico y Solución de simulación del fluido intestinal	Ahmed <i>et al.</i> , 2012
Modelo dinámico en dos etapas	Solución de simulación del fluido gástrico y Solución de simulación del fluido intestinal	Cheong <i>et al.</i> , 2016
SimuGIT	Reactor con suministro continuo de soluciones equipado con una membrana de microfiltración de cerámica multicanal en configuración tubular para la simulación de la absorción en intestino	González <i>et al.</i> , 2019

importante área de oportunidad para probar condiciones mas apegadas a la realidad consiste en la utilización de sistemas dinámicos los cuales simulan el cambio en las proporciones de las soluciones debidos al transito y permanencia a través de los diferentes órganos del sistema gastrointestinal (Figura 1), los cuales pueden resultar mas completos si se simula la absorción de compuestos.

Bioaccesibilidad de antioxidantes de fuentes vegetales determinada *in vitro*

La estrategia de encapsulación se considera exitosa si protege a los antioxidantes y les permite llegar en condiciones estables al punto de absorción, a partir del análisis de los resultados reportados se identifica que uno de los resultados más consistentes es que con la micro o nanoencapsulación protege a las moléculas antioxidantes de las condiciones que prevalecen en el estómago y se logra la liberación de un alto porcentaje (>80%) en la fase intestinal en comparación a la evaluación de compuestos sin encapsulación; tanto para antioxidantes en sistemas lipídicos (Donhowe *et al.*, 2014; Tan *et al.*, 2014; Cheong *et al.*, 2016 Tulini *et al.*, 2017; Phui *et al.*, 2017; Chew *et al.*, 2018; Sathasivam *et al.*, 2018; González *et al.*, 2019) como con el uso de polisacáridos y proteínas como materiales de encapsulación (Wang *et al.*, 2015; Pasukamonset *et al.*, 2016; Son *et al.* 2016; Ahmad *et al.*, 2018; Ahmad *et al.*, 2019; Fredes *et al.*, 2018). Más aún se ha sugerido que a través de la encapsulación se logra

una liberación lenta controlada, la cual ha sido reportada como benéfica para evitar efectos de toxicidad ocasionadas por la liberación total de una alta concentración de la molécula en un sitio puntual (Ahmad *et al.*, 2019). Sin embargo, debe considerarse que la biodisponibilidad no es una propiedad inmutable de un compuesto, sino que es dependiente de la dosis, formulación, especie, estado de alimentación del individuo y co-administración con otros nutraceuticos o fármacos (Roberts *et al.*, 2000).

En contraste a la principal tendencia en los resultados se han documentado casos para los cuales la microencapsulación no representó una protección significativa para los antioxidantes respecto a los sistemas no encapsulados (Fang *et al.*, 2011; Calvo *et al.*, 2012); o bien, que a pesar de la alta liberación, la concentración de los antioxidantes es baja para los efectos deseables, debido a baja concentración inicial, la degradación o la formación de compuestos derivados (Gomez-Mascaraque *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

El análisis de la experiencia hasta ahora acumulada proporciona evidencia alentadora en términos de resistencia a las condiciones gástricas y una mayor liberación durante la fase intestinal, así como la necesidad de avanzar hacia modelos de mayor complejidad; sin embargo, para trasladar la experiencia recopilada hacia la bioaccesibilidad

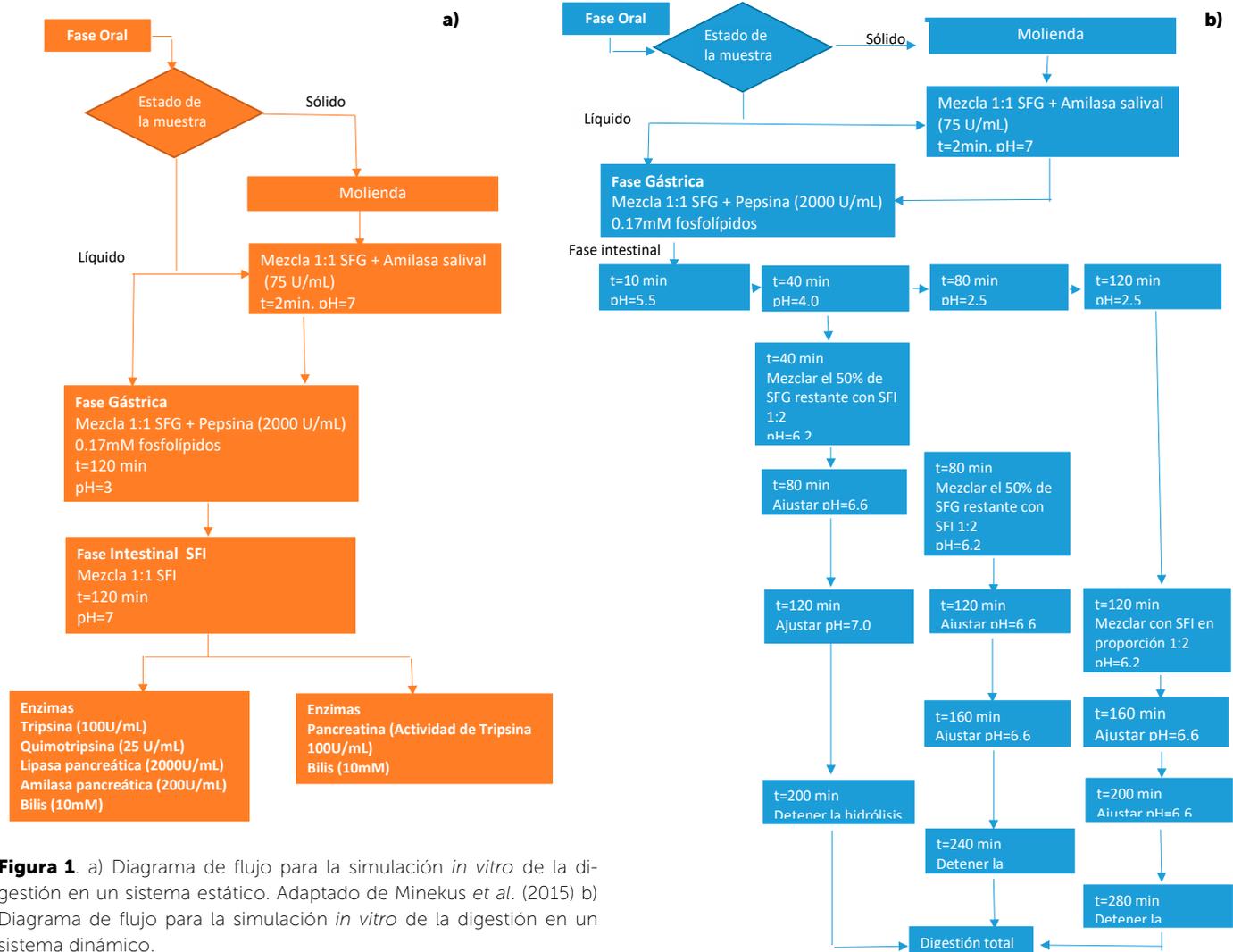


Figura 1. a) Diagrama de flujo para la simulación *in vitro* de la digestión en un sistema estático. Adaptado de Minekus et al. (2015) b) Diagrama de flujo para la simulación *in vitro* de la digestión en un sistema dinámico.

real de los antioxidantes es necesario resolver las limitantes asociadas a la estandarización de los métodos, las relacionadas con la pérdida inicial de antioxidantes durante la producción del sistema de encapsulado, la poca información proporcionada respecto al tipo de liberación, su acumulación y los posibles efectos tóxicos, la influencia de una matriz alimentaria; así como la determinación de la representatividad de las concentraciones evaluadas respecto a las que se requieren para producir un efecto positivo en el tracto gastrointestinal o si se alcanzaran las necesarias tras la absorción y sobre los parámetros descritos.

LITERATURA CITADA

Adejoro, F. A., Hassen, A., & Thantsha, M. S. (2018). Preparation of acacia tannin loaded lipid microparticles by solid-in-oil-in-water and melt dispersion methods, their characterization and evaluation of their effect on ruminal gas production *In Vitro*. PLOS ONE, 13(10), e0206241. doi.org/10.1371/journal.pone.0206241

Ahmad, M., Ashraf, B., Gani, A., & Gani, A. (2018). Microencapsulation of saffron anthocyanins using β glucan and β cyclodextrin: Microcapsule characterization, release behaviour & antioxidant potential during in-vitro digestion. International Journal of Biological Macromolecules, 109, 435–442. doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.122

Ahmad, M., Mudgil, P., Gani, A., Hamed, F., Masoodi, F. a., & Maqsood, S. (2019). Nano-encapsulation of catechin in starch nanoparticles: Characterization, release behavior and bioactivity retention during simulated in-vitro digestion. Food Chemistry, 270, 95–104. doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.024

Ahmed, K., Li, Y., McClements, D. J., & Xiao, H. (2012). Nanoemulsion- and emulsion-based delivery systems for curcumin: Encapsulation and release properties. Food Chemistry, 132(2), 799–807. doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.039

Augustin, M. A., Abeywardena, M. Y., Patten, G., Head, R., Lockett, T., De Luca, A., & Sanguansri, L. (2011). Effects of microencapsulation on the gastrointestinal transit and tissue distribution of a bioactive mixture of fish oil, tributyrin and resveratrol. Journal of Functional Foods, 3(1), 25–37. doi.org/10.1016/j.jff.2011.01.003Bernardes, A. L., Moreira, J. A., Tostes, M. das G. V., Costa, N. M. B., Silva, P. I., & Costa, A. G. V. (2019). *In vitro*

- bioaccessibility of microencapsulated phenolic compounds of jussara (*Euterpe edulis* Martius) fruit and application in gelatine model-system. *LWT*, 102, 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.009>
- Bernardes, A. L., Moreira, J. A., Tostes, M. das G. V., Costa, N. M. B., Silva, P. I., & Costa, A. G. V. (2019). *In vitro* bioaccessibility of microencapsulated phenolic compounds of jussara (*Euterpe edulis* Martius) fruit and application in gelatine model-system. *LWT*, 102, 173–180. doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.009
- Calvo, P., Lozano, M., Espinosa-Mansilla, A., & González-Gómez, D. (2012). In-vitro evaluation of the availability of ω -3 and ω -6 fatty acids and tocopherols from microencapsulated walnut oil. *Food Research International*, 48(1), 316–321. doi.org/10.1016/j.foodres.2012.05.007
- Cheong, A. M., Tan, C. P., & Nyam, K. L. (2016). *In vitro* evaluation of the structural and bioaccessibility of kenaf seed oil nanoemulsions stabilised by binary emulsifiers and β -cyclodextrin complexes. *Journal of Food Engineering*, 189, 90–98. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.06.002
- Chew, S. C., Tan, C. P., & Nyam, K. L. (2018). In-vitro digestion of refined kenaf seed oil microencapsulated in β -cyclodextrin/gum arabic/sodium caseinate by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 225, 34–41. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.01.018
- Dag, D., Kilercioglu, M., & Oztop, M. H. (2017). Physical and chemical characteristics of encapsulated goldenberry (*Physalis peruviana* L.) juice powder. *LWT - Food Science and Technology*, 83, 86–94. doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.007
- Donhowe, E. G., Flores, F. P., Kerr, W. L., Wicker, L., & Kong, F. (2014). Characterization and *in vitro* bioavailability of beta-carotene: Effects of microencapsulation method and food matrix. *LWT-FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 57(1), 42–48. doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.037
- Elias, R. J., Kellerby, S. S., & Decker, E. A. (2008). Antioxidant activity of proteins and peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(5), 430–441. doi.org/10.1080/10408390701425615
- Fang, R., Hao, R., Wu, X., Li, Q., Leng, X., & Jing, H. (2011). Bovine Serum Albumin Nanoparticle Promotes the Stability of Quercetin in Simulated Intestinal Fluid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(11), 6292–6298. doi.org/10.1021/jf200718j
- Fredes, C., Osorio, M. J., Parada, J., & Robert, P. (2018). Stability and bioaccessibility of anthocyanins from maqui (*Aristotelia chilensis* [Mol.] Stuntz) juice microparticles. *LWT*, 91, 549–556. doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.090
- Gomez-Mascaraque, L. G., Miralles, B., Recio, I., & Lopez-Rubio, A. (2016). Microencapsulation of a whey protein hydrolysate within micro-hydrogels: Impact on gastrointestinal stability and potential for functional yoghurt development. *JOURNAL OF FUNCTIONAL FOODS*, 26, 290–300. doi.org/10.1016/j.jff.2016.08.006
- Gomez-Mascaraque, L. G., Perez-Masia, R., Gonzalez-Barrio, R., Jesus Periago, M., & Lopez-Rubio, A. (2017). Potential of microencapsulation through emulsion-electrospraying to improve the bioaccessibility of beta-carotene. *FOOD HYDROCOLLOIDS*, 73, 1–12. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.019
- Gonçalves, R. F. S., Martins, J. T., Duarte, C. M. M., Vicente, A. A., & Plinheiro, A. C. (2018). Advances in nutraceutical delivery systems: From formulation design for bioavailability enhancement to efficacy and safety evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 270–291. doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.011
- González, E., Gómez-Caravaca, A. M., Giménez, B., Cebrián, R., Maqueda, M., Martínez-Férez, A., Robert, P. (2019). Evolution of the phenolic compounds profile of olive leaf extract encapsulated by spray-drying during *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 279, 40–48. doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.127
- Huang, Y., & Zhou, W. (2019). Microencapsulation of anthocyanins through two-step emulsification and release characteristics during *in vitro* digestion. *Food Chemistry*, 278, 357–363. doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.073
- Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). (2018). Findings from the Global Burden of Disease Study 2017. Seattle, WA: IHME
- Lavelli, V., Sri Harsha, P. S. C., Laureati, M., & Pagliarini, E. (2017). Degradation kinetics of encapsulated grape skin phenolics and micronized grape skins in various water activity environments and criteria to develop wide-ranging and tailor-made food applications. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39, 156–164. doi.org/10.1016/j.ifset.2016.12.006
- Low, S., Ferraz, A., Maio, R., Francisqueti, F., Pierine, M., Borges, W., ... Corrêa, C. (2018). Factors that influence the redox state in children: An exploratory study. *Clinics*, 73. <https://doi.org/10.6061/clinics/2018/e335>
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Brodtkorb, A. (2014). A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food – an international consensus. *Food & Function*, 5(6), 1113–1124. doi.org/10.1039/C3FO60702J
- Neubauer, M. P., Poehlmann, M., & Fery, A. (2014). Microcapsule mechanics: From stability to function. *Advances in Colloid and Interface Science*, 207, 65–80. doi.org/10.1016/j.cis.2013.11.016
- Pasukamonset, P., Kwon, O., & Adisakwattana, S. (2016). Alginate-based encapsulation of polyphenols from *Clitoria ternatea* petal flower extract enhances stability and biological activity under simulated gastrointestinal conditions. *Food Hydrocolloids*, 61, 772–779. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.039
- Phui Yee Tan, Tan, T. B., Chang, H. W., Tey, B. T., Chan, E. S., Lai, O. M., ... Tan, C. P. (2017). Effects of Environmental Stresses and *in vitro* Digestion on the Release of Tocotrienols Encapsulated Within Chitosan-Alginate Microcapsules. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, 65(48), 10651–10657. doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03521
- Ramírez, M. J., Giraldo, G. I., & Orrego, C. E. (2015). Modeling and stability of polyphenol in spray-dried and freeze-dried fruit encapsulates. *Powder Technology*, 277, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.02.060>
- Roberts, D. J. (2000). Molecular mechanisms of development of the gastrointestinal tract. *Developmental Dynamics: An Official Publication of the American Association of Anatomists*, 219(2), 109–120. [https://doi.org/10.1002/1097-0177\(2000\)9999:9999<::AID-DVDY1047>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/1097-0177(2000)9999:9999<::AID-DVDY1047>3.0.CO;2-6)
- Sathasivam, T., Muniyandy, S., Chuah, L. H., & Janarthanan, P. (2018). Encapsulation of red palm oil in carboxymethyl sago cellulose beads by emulsification and vibration technology: Physicochemical characterization and *in vitro* digestion. *Journal of Food Engineering*, 231, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.03.008>

- Son, Y.-R., Chung, J.-H., Ko, S., & Shim, S.-M. (2016). Combinational enhancing effects of formulation and encapsulation on digestive stability and intestinal transport of green tea catechins. *Journal of Microencapsulation*, 33(2), 183–190. <https://doi.org/10.3109/02652048.2016.1144816>
- Sousa, R. M., Ferri, C. P., Acosta, D., Albanese, E., Guerra, M., Huang, Y., ... Prince, M. (2009). Contribution of chronic diseases to disability in elderly people in countries with low and middle incomes: a 10/66 Dementia Research Group population-based survey. *Lancet (London, England)*, 374(9704), 1821–1830. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61829-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61829-8)
- Tan, C., Zhang, Y., Abbas, S., Feng, B., Zhang, X., & Xia, S. (2014). Modulation of the carotenoid bioaccessibility through liposomal encapsulation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 123, 692–700. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2014.10.011>
- Tavano, L., Muzzalupo, R., Picci, N., & de Cindio, B. (2014). Co-encapsulation of antioxidants into niosomal carriers: Gastrointestinal release studies for nutraceutical applications. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 114, 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2013.09.058>
- Tsai, W.-C., Li, W.-C., Yin, H.-Y., Yu, M.-C., & Wen, H.-W. (2012). Constructing liposomal nanovesicles of ginseng extract against hydrogen peroxide-induced oxidative damage to L929 cells. *Food Chemistry*, 132(2), 744–751. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.026>
- Tulini, F. L., Souza, V. B., Thomazini, M., Silva, M. P., Massarioli, A. P., Alencar, S. M., Favaro-Trindade, C. S. (2017). Evaluation of the release profile, stability and antioxidant activity of a proanthocyanidin-rich cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) extract co-encapsulated with α -tocopherol by spray chilling. *Food Research International*, 95, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.010>
- Wang, Z., Ju, X., He, R., Yuan, J., & Aluko, R. E. (2015). Effect of high pressure treatment on rapeseed protein microparticle properties and gastrointestinal release behavior of the encapsulated peptides. *FOOD RESEARCH INTERNATIONAL*, 77, 549–555. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.023>
- Yang, R., Liu, Y., Gao, Y., Yang, Z., Zhao, S., Wang, Y., Zhou, Z. (2018). Nano-encapsulation of epigallocatechin gallate in the ferritin-chitosan double shells: Simulated digestion and absorption evaluation. *Food Research International*, 108, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.074>
- Ydjedd, S., Bouriche, S., Lopez-Nicolas, R., Sanchez-Moya, T., Frontela-Saseta, C., Ros-Berruezo, G., Kati, D.-E. (2017). Effect of *in Vitro* Gastrointestinal Digestion on Encapsulated and Nonencapsulated Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Pulp Extracts and Their Antioxidant Capacity. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, 65(4), 827–835. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05103>
- Zhang, Y.-J.; Gan, R.-Y.; Li, S.; Zhou, Y.; Li, A.-N.; Xu, D.-P.; Li, H.-B. Antioxidant Phytochemicals for the Prevention and Treatment of Chronic Diseases. *Molecules* 2015, 20, 21138-21156.
- Zou, L., Peng, S., Liu, W., Gan, L., Liu, W., Liang, R., Chen, X. (2014). Improved *in vitro* digestion stability of (–)-epigallocatechin gallate through nanoliposome encapsulation. *Food Research International*, 64, 492–499. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.042>



Socio-territorial sustainability of creole maize crop (*Zea mays* L.) in a rural community

Sustentabilidad socio territorial del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en una comunidad rural

Urbano-Castillo, Liliana¹; Cruz-Monterrosa, Rosy G.²; Díaz-Ramírez, Mayra²; Jiménez-Guzmán, Judith²; García-Garibay, Mariano²; Miranda de la Lama, Genaro C.²; Hernández-Jabalera, Anaíd²; Mena-Martínez, María E.²; León-Espinoza, Erika Berenice²; Rayas Amor, Adolfo Armando^{*2}

¹Licenciatura en Biología Ambiental de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Lerma de Villada, Estado de México, México. ²Departamento de Ciencias de la Alimentación. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma.

*Autor de correspondencia: a.rayas@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the socio-territorial sustainability of the creole maize crop (*Zea mays* L.) in a rural community.

Design/methodology/approach: The study area was Acambay, State of Mexico. The questionnaires were applied to n=50 maize crop producers settled in agrarian communities and ejidos. The questionnaire was based on the Indicators of Sustainability of Husbandry Farms (IDEA: *Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*). The selection of each producer was carried out using a snowball sampling, choosing the first farmer randomly.

Results: 90% of the producers reach the basic level of study, in communities such as Dateje and Dongú, all family members participate in growing maize crop (children and adults) and themselves are employed in temporal jobs such as harvesting with other farmers. The component quality of the products and the territory showed 8%, the employment and services component showed 19%, and the ethical and development component showed 25%.

Limitations of the study/ implications: The results presented are advances of one year, therefore, it is suggested to expand as much as possible the sample size in the following years.

Findings/ Conclusions: The Socio-territorial dimension had 52% sustainability, this results reflect the close relationship that exists between producers.

Keywords: social development goals, Acambay, State of Mexico

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la sustentabilidad socio territorial del cultivo de maíz criollo (*Zea mays* L.) en una comunidad rural.

Diseño/metodología/aproximación: El área de estudio fue el municipio de Acambay, del Estado de México. Se aplicó un cuestionario a 50 productores de maíz. El cuestionario se basó en el método de Indicadores de Sustentabilidad de Explotaciones Agropecuarias (IDEA) para evaluar la sustentabilidad socio territorial. La selección de cada uno de los productores encuestados se realizó mediante el muestreo tipo bola de nieve, escogiendo el primer encuestado al azar.

Resultados: El 90% de los productores alcanzan el nivel básico de estudio, en comunidades como Dateje y Dongú todos los integrantes de la familia trabajan cultivando maíz (niños y adultos) y ellos mismos se emplean en trabajos temporales como la cosecha con otros productores. La sustentabilidad socio territorial de los productores encuestados fue 8% en el componente calidad de los productos y del territorio, 19% en el componente empleo y servicios, y 25% en el componente ética y desarrollo.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp. 39-45.

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

Limitaciones del estudio/implicaciones:

los resultados presentados son avances de un año, por lo tanto, se sugiere ampliar en lo posible el tamaño de muestra en los siguientes años.

Hallazgos/conclusiones: La dimensión socio territorial tuvo 52% de sustentabilidad esto resultados reflejan la estrecha relación que existe entre productores.

Palabras clave: objetivos de desarrollo social, Acambay, Estado de México

INTRODUCCIÓN

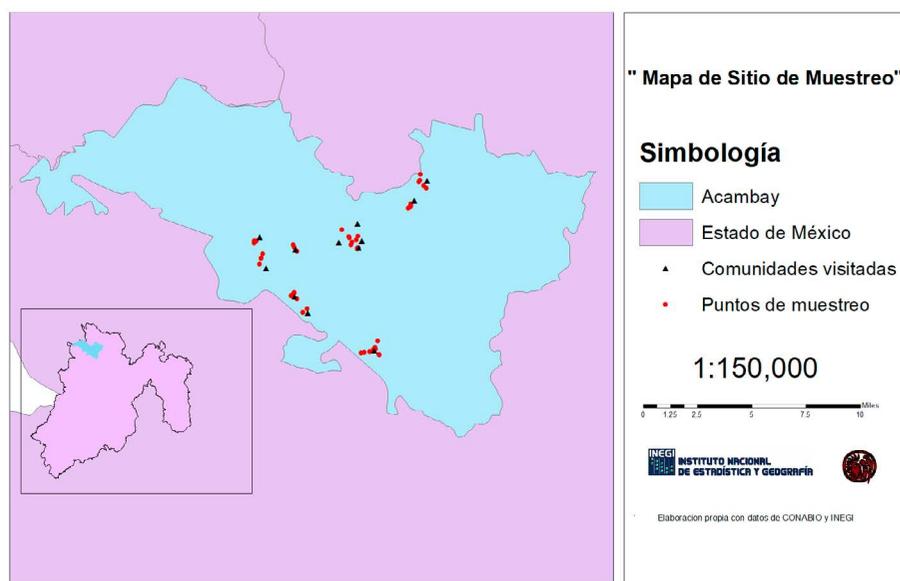
El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos agrícolas en México, y constituye una de las principales fuentes de alimentación dentro de la compleja y diversa sociedad mexicana. La variante biológica que más se produce es el de grano de maíz blanco (90%) utilizado principalmente para el autoconsumo, el otro 10% restante lo ocupan otras variedades de color amarillo destinado principalmente a animales (Paulino-Flores *et al.*, 2017). Entre los principales países productores encontramos a Estados Unidos de América, China Brasil, México, Francia, India, Argentina y Rumania. Y en el comercio mundial los principales países exportadores son: Estado Unidos, Brasil, Argentina, Francia, China y Hungría (Saldaña, 2012). De acuerdo a datos del SIAP (2018) la siembra de maíz en México fue de 172 mil 920 ha, teniendo una producción de 138 mil 537 t. En el Estado de México el total de superficie sembrada fue de 255 000 ha, registrando 3.33% de disminución respecto a 2017. En el municipio de Acambay la producción de maíz es de un 88% y esto lo convierte en una de las principales actividades de producción. En la actualidad el tema de sustentabilidad ha cobrado gran interés para los investigadores desde su pronunciamiento en 1987 con la publicación del informe Brundtland bajo el siguiente enfoque: *"Es posible para la humanidad construir un futuro más próspero, más justo y más seguro"*. Lo que se planteó con este informe es la posibilidad de tener un crecimiento económico basado en políticas de sustentabilidad y expansión de los recursos naturales (Bernal *et al.*, 2012). La evaluación de la sustentabilidad debe pensarse en las dimensiones ambiental, económica y social; este último debe basarse en objetivos de equidad y cobertura de las necesidades básicas (Bernal *et al.*, 2012). En este esfuerzo por evaluar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas se ha planteado la necesidad de establecer indicadores que puedan medir la sustentabilidad de un

sistema, así como también la implementación de metodologías para poder identificar y definir los indicadores adecuados a los distintos agroecosistemas (Sarandón, 2002). Son pocos los trabajos asociados a la evaluación de la sustentabilidad social mediante el uso de indicadores, esto se debe principalmente a que la medición de variables sociales es complicado debido a la subjetividad que pueden tener los resultados, y también a que la mayoría se han aplicado en un contexto de escala nacional y regional más que a una escala local. Es por ello que deben de construirse indicadores de sustentabilidad en el que se pueda abordar de manera específica los aspectos sociales referentes a un agroecosistema, ya que en buena parte el éxito y fracaso de un sistema de producción depende de distintas variables de índole social y cultural (González *et al.*, 2006). En este tenor, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la sustentabilidad socio territorial del cultivo de maíz criollo en Acambay, Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Acambay se encuentra ubicado en la zona noroccidente del Estado de México (19° 97' 67" N y 99° 88' 49" O) con una altitud 2600 m; cuenta con una extensión aproximada de 465.70 km², lo que representa el 2.21% del territorio estatal. El estudio de campo se realizó de septiembre a octubre de 2018 en las comunidades San Pedro de los Metales, Dateje, La Soledad, Santa María Tixmadeje y Dongú (INEGI (1991) (Figura 1).

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas a n=50 productores para evaluar la sustentabilidad socio territorial del sistema de cultivo maíz criollo y cada cuestionario aplicado se evaluó en una sola sesión. La selección de productores se obtuvo mediante un muestreo "bola de nieve" (Vogt, 2005), que consiste en seleccionar al azar a un productor de la zona de estudio y al finalizar la encuesta refiere al encuestador con otro productor que cumpla con las características deseadas en el estudio; en algunos casos el productor se ofrecía a dar información sobre a qué productor se le podía visitar. El cuestionario aplicado en las entrevistas se elaboró basándose en los criterios utilizados en los Indicadores de Sustentabilidad de Explotaciones Agropecuarias (IDEA) versión 3 (Zahm *et al.*, 2008). De forma breve el método IDEA está basado en 17 objetivos para formar tres dimensiones de sustentabilidad que son la agroecológica (ambiental), socio territorial y económica. La dimensión socio territorial se divide en tres componentes descritos por 18 indicadores. El método utiliza la ponderación



representaron en graficas radiales disponibles en Excel 2010.

De acuerdo con el método IDEA versión 3 (Zahm et al., 2008), en el componente "Calidad de los productos y territorio" se evaluó el proceso de calidad el cual indica que debe de haber una agricultura de calidad en ambientes de calidad, y la calidad de los alimentos debe ser reconocida a través de sellos. El indicador *aprovechamiento del patrimonio construido y del paisaje* subraya que la identidad de un territorio proviene, por una parte, de la calidad del patrimonio construido de acuerdo con las condiciones naturales y a las costumbres locales,

Figura 1. Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo. Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO e INEGI.

de indicadores de la misma manera como se ha utilizado en otros métodos tal es el caso de Van Passel et al. (2009). Cada uno de los indicadores tiene un puntaje máximo, y las escalas tiene el mismo valor, que va de 0-100 puntos. En el Cuadro 1 se muestra como está conformada la dimensión social en el método IDEA. Posteriormente la información recabada se capturo y procesó en una hoja de cálculo de Excel 2010) y se

por lo que el indicador busca sensibilizar a los agricultores en las nociones del paisaje y de patrimonio construido. El indicador *manejo de desechos no orgánicos* se busca llegar hacia una agricultura limpia, ciudadana y responsable. El indicador *accesibilidad al espacio* menciona que debe de existir una agricultura abierta a la sociedad, en la que se comparta el medio rural, por lo tanto, el espacio rural es un bien colectivo y su accesibilidad

Cuadro 1. Dimensión socio territorial del método IDEA.

COMPONENTE	INDICADORES SOCIOTERRITORIALES		VALORES MÁXIMOS	
Calidad de los productos y del territorio	B1	Procesos de calidad	10	33 unidades
	B2	Valorización del patrimonio construido y del paisaje	8	
	B3	Manejo de desechos no orgánicos	5	
	B4	Accesibilidad del espacio	5	
	B5	Participación social	6	
Empleo y servicios	B6	Valorización de cadenas de valor cortas	7	33 unidades
	B7	Autonomía y valorización de los recursos locales	10	
	B8	Servicios y actividades múltiples	5	
	B9	Contribución al empleo	6	
	B10	Trabajo colectivo	5	
Ética y desarrollo humano	B11	Factibilidad de la sustentabilidad agropecuaria	3	34 unidades
	B12	Contribución al equilibrio alimentario	10	
	B13	Bienestar animal	3	
	B14	Formación	6	
	B15	Intensidad del trabajo	7	
	B16	Calidad de vida	6	
	B17	Aislamiento	3	
	B18	Hospitalidad, higiene, seguridad	4	

es una condición esencial para el dialogo entre un mundo rural y urbano. En el indicador *participación social* hace hincapié en que la calidad de un territorio también depende de la calidad y de la densidad de las relaciones humanas, por lo tanto, el dinamismo y la vitalidad social de los territorios depende mucho de la riqueza y de la diversidad del mundo asociativo.

En el componente "Empleos y servicios" se evaluaron las *redes cortas de comercialización o venta directa*, este indicador menciona que la venta directa y el aprovechamiento de las redes cortas de comercialización reubican la economía debido a que acerca a los agricultores y los consumidores. El indicador *autonomía y aprovechamiento de los recursos locales* explica que la búsqueda y el desarrollo de la autonomía de un sistema agrícola se traduce por un mejor aprovechamiento de los recursos locales y por una menor dependencia frente a los proveedores de materias primas. El indicador de *servicios y actividades múltiples* hace énfasis en que la actividad agrícola no tiene solo una función productiva, sino que también puede ofrecer numerosos servicios al territorio y a la sociedad. El indicador *contribución al empleo* hace alusión a que una agricultura socialmente equitativa prefiere apoyar el establecimiento de jóvenes a la expansión de su superficie, por ello una agricultura sostenible intenta participar en el mantenimiento del empleo en el territorio. El indicador *trabajo colectivo* explica la participación en formas de trabajo colectivo desarrolladas en el seno del territorio, y promueve la solidaridad, genera mayor eficiencia, desarrolla economías de escalas y sinergias, constituyéndose de esta forma en una poderosa palanca para el desarrollo local. El indicador *carácter perenne* enfatiza la estrategia de legado.

En el componente "Ética y desarrollo humano" evalúa la contribución al equilibrio alimentario mundial, y tiene por objetivo "la optimización de los sistemas de producción viables, capaces de asegurar la buena utilización del territorio con el mínimo de insumos". El indicador *bienestar animal* sensibiliza a los productores sobre el trato racional que debe darse a los animales que participan en el sistema alimentario. El indicador *formación* se refiere a la garantía de

mejoramiento y de crecimiento personal. El indicador *intensidad de trabajo* invita a reflexionar al productor sobre el calendario de trabajo y sobre su carácter eventualmente fastidioso. El indicador *calidad de vida* hace hincapié en que ésta resulta de interacciones completas entre esferas sociales y profesionales. El indicador *aislamiento* explica que la dimensión social de la agricultura también se manifiesta por la densidad y la calidad de las relaciones humanas. El indicador *hospitalidad, higiene y seguridad* son elementos importantes de la calidad de vida del productor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayoría de los productores de maíz participantes registraron una escolaridad básica de primaria y secundaria (90%) y 10% con preparatoria. En comunidades como Dateje y Dongú la mayoría de los productores mencionaron que toda la familia participa dentro del sistema de producción desde niños hasta adultos, adicionalmente gran parte de la familia se emplea para trabajar en temporadas como la siembra, escarda, aplicación de abono y cosecha de maíz; esto permite que exista un lazo de ayuda mutua entre los productores. El 95% de los productores mencionó que el maíz obtenido es destinado al autoconsumo y a la alimentación de animales, y únicamente, 5% lo vende.

Dimensión social-territorial: Calidad de los productos y del territorio

La Figura 2 muestra el componente "Calidad de los productos y del territorio" que describe el 33% de la dimensión social-territorial en el método IDEA. Se observa que, en promedio, los productores encuestados en el indicador "proceso de calidad" (B1), obtuvo cero (0) puntos de 10, lo que indica que ninguno de las áreas sembradas de maíz cuentan con alguna certificación de calidad, cuando se les preguntó si conocían sobre sellos de calidad, la mayoría de los encuestados contestaron ignorarlo, y los que la conocen mencionaban que no cumplían con algunos requisitos para obtener algunas de las certificaciones que ofrecen los programas.

El indicador "Valorización del patrimonio construido del paisaje" (B2),

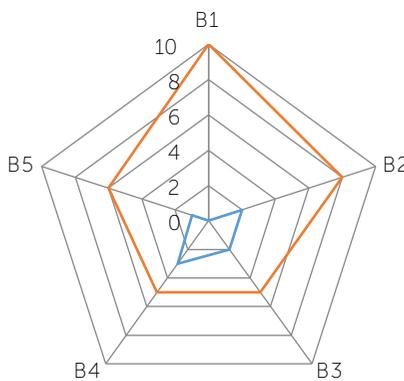


Figura 2. Componente "Calidad de los productos y del territorio" que describe la dimensión social-territorial en el Método IDEA. B1: Procesos de calidad, B2: Valorización del patrimonio construido del paisaje, B3: Manejo de desechos no orgánicos, B4: Accesibilidad del espacio, B5: Participación social, Línea azul: indicador promedio, Línea naranja: indicador máximo.

obtuvo 2 puntos de 8 lo que indica que cuentan con acondicionamiento paisajístico es decir "franjas de flores" alrededor, existe una calidad arquitectónica y accesos al lugar donde se siembra. El indicador "*Manejo de desechos no orgánicos*" (B3) obtuvo en promedio 2 puntos de 5, lo cual indica que los productores queman o entierran los desechos derivados de la aplicación de herbicidas, cabe destacar que una parte la recolecta y las llevan a un contenedor cercano al municipio, en el caso de los desechos utilizados en la aplicación de abono se reutilizan en la cosecha y molida de zacate. El indicador "*Accesibilidad del espacio*" (B4) obtuvo 3 puntos de 5 esto explica que los productores cuentan con cercas y vallas además de permitir el acceso entre productores vecinos y de animales; realizan labores de mantenimiento de caminos lo que permite la comunicación y el dialogo entre personas y productores, así mismo que exista un compartimiento del espacio. El indicador "*participación social*" (B5) obtuvo en promedio 1 de 6, explicando que los productores tienen una participación dentro de las juntas tanto de ejidos como comunal de la misma manera los miembros de las familias no se involucran tanto en estas juntas, pero existen casos donde este involucramiento si se da por ambas partes, esto concuerda con los resultados expuestos por González et al. (2006) quienes mencionan la participación de los productores en las juntas de ejidos, y en algunos caso participan como representantes ante el sector agropecuario.

Dimensión social-territorial:

Empleo y servicios

En la Figura 3 se muestra el componente "*empleo y servicios*". Dentro de este componente el indicador "*valorización de cadenas de valor cortas*" (B6) obtuvo 2 puntos de 7; lo que explica que los productores venden el maíz con personas del mismo lugar, permitiendo el dialogo entre productor-consumidor, también permite que muchos de los consumidores no se muevan a otros lugares para comprar maíz, y otros productores que venden maíz lo hacen en forrajeras existentes en el municipio.

El indicador "*autonomía y valorización de los recursos locales*" (B7) obtuvo 8 puntos de 10; sugiriendo

que existe un aprovechamiento de la semilla local, ya que se ocupa la misma simiente de la cosecha anterior anualmente, coincidiendo con los datos obtenidos por Magdaleno-Hernández (2016). El abono orgánico (estiércol, restos vegetales y ceniza) se utiliza para fertilizar a los cultivos. González et al. (2006) afirman que el estiércol es usado como abono para la milpa y en algunos casos como combustible, la mayoría de los que siembran no compran fuentes externas para la alimentación de sus animales ya que con lo que siembran es suficiente, se les ofrece el grano molido y algunos muelen el grano con olote, el rastrojo también lo utilizan para los animales.

El indicador "*Servicios actividades múltiples*" (B8) obtuvo 0 de 5 ya que ninguno de los productores ofrece servicios de inserción, por ejemplo, eliminar malezas o mantenimiento de caminos ya que estas actividades son hechas por los productores. En este tenor, los encuestados mencionaron que, a pesar de invitar a los jóvenes a trabajar en actividades de cultivo la mayoría no aceptaban el empleo porque consideran que el trabajo es pesado, o simplemente el campo no es de su gusto, por lo que desistían de hacer este tipo de labores de inserción. El indicador "*contribución al empleo*" (B9) se obtuvo 4 de 6 puntos debido a que la mayoría de los agricultores emplean mano de obra temporal como en la aplicación de abono, aplicación de herbicidas, cosecha y la superficie de cultivo es de 20 a 50 ha (González et al., 2006).

El indicador "*Trabajo colectivo*" (B10) obtuvo 2 puntos de 5 ya que existe la ayuda mutua entre agricultores para desempeñar algunas actividades como las expuestas en el indicador (B9), lo cual ayuda sustancialmente a que se estrechen los lazos de convivencia entre productores u otras personas que no necesariamente se dediquen a cultivar, sino que se emplean en trabajo temporal. Como se mencionó en el indicador (B6) cuentan con puntos de venta colectivo como es el caso de las forrajeras donde pueden vender el maíz. El indicador "*Factibilidad de la sustentabilidad agropecuaria*" (B11) obtuvo 3 puntos de 3 este indicador se relaciona con la estrategia de legado; es decir, si los terrenos se heredan a

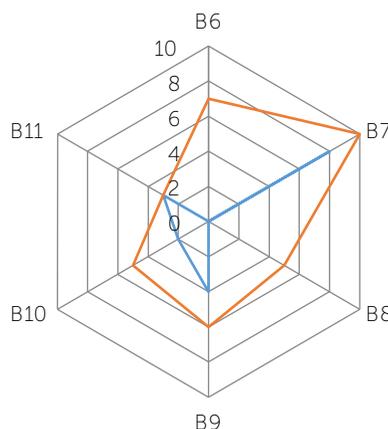


Figura 3. Componente "Empleo y servicios" de la dimensión social-territorial en el Método IDEA. B6: Valorización de cadenas de valor cortas, B7: Autonomía y valorización de los recursos locales, B8: Servicios actividades múltiples, B9: Contribución al empleo, B10: Trabajo colectivo, B11: Factibilidad de la sustentabilidad agropecuaria. Línea azul: indicador promedio, Línea naranja: indicador máximo

alguien de la familia para seguir cultivando maíz de tal forma que continúe la actividad en la siguiente generación.

**Dimensión social- territorial:
Ética y desarrollo humano**

La Figura 4 muestra el componente "ética y desarrollo humano". El indicador "Contribución al equilibrio alimentario mundial" (B12) obtuvo 0 de 10 puntos ya que no existe una asociación con otro cultivo y el contenido de proteína en el cultivo de maíz es bajo comparado con el del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). El indicador "Bienestar animal" (B13) obtuvo 2 puntos de 3 ya que la mayoría de los animales involucrados

en el cultivo de maíz cuentan con refugios, abrevaderos, accesos a agua limpia y cuando se enferman los productores normalmente aplican los medicamentos. En el indicador "formación" (B14) se obtuvo en promedio 2 puntos de 6, ya que los productores tomaron cursos de capacitación que les permite mejorar sus prácticas de cultivos, como en algunos casos donde se está llevando a cabo la agricultura de conservación. Lo anterior es importante porque permite incluir nuevas prácticas y rescate de saberes con mayor fundamento ecológico (Bravo-Medina et al., 2017).

El indicador "Intensidad del trabajo" (B15) obtuvo 6 puntos de 7. Los productores mencionaron que no existe una carga de trabajo constante o solo se presenta en una temporada como es el caso de la cosecha y corte del rastrojo. En el indicador "Calidad de vida" (B16) se obtuvieron 6 puntos de 6, ya que los productores consideraron que la calidad de su vida es buena, aunque el cultivar maíz sea solo un apoyo, no obstante, es una actividad importante en su vida. La importancia de medir la calidad de vida como parte de un indicador de forma directa permite al productor evaluar si se encuentra satisfecho y cuál es el sentir de los productores (Chiappe et al., 2008). El indicador "Aislamiento" (B17) obtuvo 2 puntos de 3, ya que existe la convivencia con otros vecinos tanto en el trabajo de la producción de maíz, como fuera del mismo, y los terrenos de siembra no se encuentran tan alejados del sitio donde viven. Finalmente, el indicador "Hospitalidad, higiene y seguridad" (B18) obtuvo 3 puntos de 4. Todos los productores encuestados ofre-

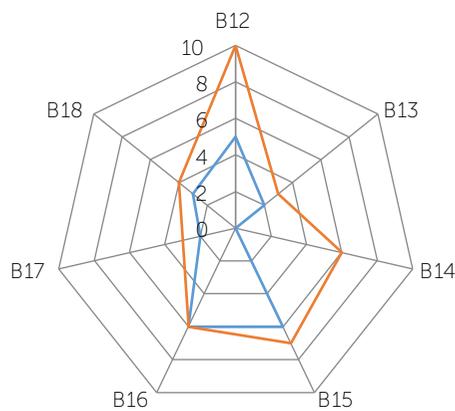


Figura 4. Componente "Ética y desarrollo humano" de la dimensión social-territorial del Método IDEA. B12: Contribución al equilibrio alimentario mundial, B13: Bienestar animal, B14: Formación, B15: Intensidad del trabajo, B16: Calidad de vida, B17: Aislamiento, B18: Hospitalidad, higiene, seguridad. Línea azul: indicador promedio, Línea naranja: indicador máximo.

cen comida y agua a sus trabajadores y en algunos casos transporte al sitio de trabajo, lo que permite a los trabajadores obtener su salario al 100% de \$170.00 por día equivalente a US\$8.50. Es importante resaltar que la actividad de jornal permite obtener ingresos mayores al salario mínimo en una jornada de trabajo de 9 h, considerando una hora para comer y descansar.

CONCLUSIONES

En este trabajo se obtuvo una sustentabilidad de 8% en el componente "Calidad de los productos y del territorio", 19% en el componente "Empleo y servicios", 25% en el

componente "Ética y desarrollo", por lo tanto, la sustentabilidad socio territorial de los sistemas de producción de maíz criollo en Acambay, Estado de México fue de 52%. Los estudios de evaluación de la sustentabilidad social son pocos, y con menos atención, aun así, es importante recalcar que las relaciones sociales influyen en diferentes aspectos que pueden ayudar o afectar las condiciones y dinámica en los sistemas de producción campesina, en este tenor, su estudio es de igual importancia que el de la sustentabilidad ambiental y económica.

LITERATURA CITADA

Bernal, F. P., Arriaga-Jordán, C. M., Ortega, A. E., Portillo, B. A. (2012). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala en la época de secas en el noroeste del estado de México. En 13er. Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria Vol. 14, No. 7, p. 323.

Bravo-Medina, C., Marín, H., Marrero-Labrador, P., Ruiz, M. E., Torres-Navarrete, B., Navarrete-Alvarado, H., Changoluisa-Vargas, D. (2017). Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo, Amazonia Ecuatoriana. *Bioagro*, 29(1).

Chiappe, M., Bacigalupe, G. F., Dogliotti Moro, S. (2008). Indicadores sociales para la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción familiares intensivos. *Actas del II Seminario Internacional de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos. Sostenibilidad e indicadores*, 173-88.

González Esquivel, C. E., Ríos Granados, H., Brunett Pérez, L., Zamorano Camiro, S., Villa Méndez, C. I. (2006). ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del valle de Toluca, México. *Convergencia*, 13(40), 107-139.

- Magdaleno-Hernández, E., Mejía-Contreras, A., Martínez-Saldaña, T., Jiménez-Velazquez, M. A., Sanchez-Escudero, J., & García-Cué, J. L. (2016). Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(3), 437-447.
- Navarro-Garza, H., Hernández-Flores, M., Castillo-González, F., & Pérez-Olvera, M. A. (2012). Diversidad y caracterización de maíces criollos: Estudio de caso en sistemas de cultivo en la Costa Chica de Guerrero, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 9(2), 149-165.
- Paulino-Flores, M., Martínez-Campos, Á. R., Martínez-Castañeda, F. E., López-Orona, C. A., Vizcarra-Bordi, I., Munguía, N. (2017). Evaluation of the sustainability of hybrid and native maize production systems. *Journal of Cleaner Production*, 150, 287-293.
- Saldaña Figueroa, M.I. (2012). La producción de maíz en Mexico con énfasis en el Estado de Guanajuato. Universidad Autónoma Agraria. División de Ciencias Socioeconómicas. Tesis de Licenciatura, pp 56.
- Sarandón, S. J. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable*, 20, 393-414.
- Toro, P., García, A., Gómez-Castro, A. G., Perea, J., Acero, R., & Rodríguez-Estévez, V. (2010). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas. *Arch. Zootec*, 50, 71-94.
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, F., Mouchet, C., (2008). Assessing farm sustainability with the IDEA method- from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustain. Dev.* 16, 271e281.



Analysis and characterization of the phases of the production process of beef cattle. Case study of the General Local Livestock Association of Tepetlaoxtoc, State of Mexico

Análisis y Caracterización de las fases del proceso de producción de ganado bovino para carne. Estudio de caso de la Asociación Ganadera local general de Tepetlaoxtoc, Estado de México

Almeraya-Soberanes, Sonia¹; Guajardo-Hernández, Lenin G.^{1*}; Almeraya-Quintero, Silvia Xochilt¹; Hernández-Romero, Oliverio¹; González-Rodríguez, Mario Salvador¹

¹Colegio de Postgraduados, Postgrado en Socio economía, Estadística e Informática-Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillos, México C.P. 56230.

*Autor para correspondencia: glenin@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: Analyze the phases of the beef cattle production process used by the producers affiliated to the General Local Livestock Association of the municipality of Tepetlaoxtoc, General Peasant and Peasant Workers Union, State of Mexico, to identify the activities that must be improved and taken care of.

Design/methodology/approach: A census survey was designed and applied to all the finalizing producers of bovine cattle, with the purpose of knowing and analyzing the phases of the production process of beef cattle that they use.

Results: As a result, the characterization of the phases of the beef cattle production process carried out by the producers affiliated to the association was obtained.

Study limitations/implications: An important limitation in the realization of the present investigation was that, the producers affiliated to the association, do not meet with frequency and are dispersed within the municipality which made difficult the approach with the members of the association.

Findings/conclusions: The process of livestock production is very important because it can be carried out strategically to place in the pen of the pen and the animals as soon as possible, the faster the animals will be adapted to confinement and their new diet, the older ones will be Daily weight gains. Concluding that the preliminary phase of the production process is the most neglected by the producers, it is recommended to prioritize the activity of cattle sorting by size and weight, due to the advantages offered by the implementation of this activity. The adaptation phase is the most critical and important from the economic point of view, the shorter the sea, the faster the cattle can move to the development-completion phase.

Key words: fattening of cattle, association of producers

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp: 47-54.

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

RESUMEN

Objetivo: analizar las fases del proceso de producción de ganado bovino de carne que emplean los productores de la Asociación Ganadera Local del municipio de Tepetlaoxtoc, Estado de México, para identificar las actividades que deben de ser mejoradas y atendidas.

Diseño/metodología/aproximación: se diseñó y aplicó una encuesta censal dirigida a todos los productores finalizadores de ganado bovino agremiados a la asociación, con la finalidad de conocer y analizar las fases del proceso de producción de ganado bovino de carne que emplean.

Resultados: se obtuvo la caracterización de las fases del proceso de producción de ganado bovino de carne que llevan a cabo los productores agremiados a la Asociación.

Limitaciones del estudio/Implicaciones: una limitante importante en la realización de la presente investigación fue que, los productores agremiados a la asociación no se reúnen con frecuencia y se encuentran dispersos dentro del municipio lo cual dificultó el acercamiento con los miembros de la asociación.

Hallazgos/Conclusiones: el proceso de producción de ganado bovino de carne es muy importante y se requiere implementar estrategias específicas para colocar en el comedero del corral a los animales lo más pronto posible, una vez sacados de su entorno entre más rápido se adapten los animales al confinamiento y a su nueva dieta, mayores serán las ganancias de peso diario. La fase preliminar del proceso de producción es la más descuidada por los productores, se recomienda priorizar la actividad de lotificación del ganado por talla y peso. La fase de adaptación es la más crítica e importante desde el punto de vista económico, entre más corta sea, más rápido se podrá mover al ganado a la fase de desarrollo-finalización.

Palabras clave: engorda de ganado, asociación de productores

un peso promedio de 500 kg y son sacrificados en los rastros tipo inspección federal (TIF) o en municipales del Estado de México (Martínez *et al.*, 2015). Tal es el caso del Municipio de Tepetlaoxtoc en el Estado de México. De acuerdo con Prieto (2011), la engorda de ganado bovino es una de las actividades económicas más importantes del municipio debido a la cantidad de personas que se dedican a ella, al número de empleos que genera y por ser una alternativa para dar valor agregado a la producción agrícola municipal utilizada como forraje (Prieto, 2011).

La ganadería para carne comprende principalmente la producción de novillos para abasto, y la cría de becerros para exportación y producción de pie de cría, siendo los sistemas básicos de producción el intensivo o engorda en corral y el extensivo o engorda en praderas (Gamboa *et al.*, 2005). El sistema de engorda de ganado bovino de carne que se presenta en el municipio es intensivo, el cual se caracteriza por mantener al ganado en confinamiento por un periodo que va desde los 90 hasta los 120 d, con una alimentación a base de raciones balanceadas especialmente preparadas, en este sistema los animales obtienen más peso debido a la tranquilidad, al menor ejercicio, y por tanto al menor desgaste de energía (Financiera Rural, 2009). La engorda en corral constituye una forma rápida y segura de producción de carne, requiriendo una superficie reducida para engordar un gran número de animales en periodos cortos (Espejel y Gamero, 2007).

El ganado que llega al corral de desarrollo-finalización proviene de los sistemas de cría o de recría, donde fue alimentado principalmente con

INTRODUCCIÓN

La ganadería se desarrolla en toda la república mexicana, aunque con diferente importancia e intensidad. Cumple con una gran diversidad de funciones productivas, económicas, ecológicas, sociales y culturales. La ganadería bovina y la industria de la carne en México representan una de las principales actividades del sector agropecuario y es tal vez la actividad productiva más diseminada en el medio rural. Hay más de un millón y medio de unidades de producción y ranchos ganaderos a lo largo y ancho de todas las regiones del país, trabajando con diferentes métodos y tecnologías (INEGI, 2016). En México, el precio del ganado en pie ha crecido menos que el precio de los insumos necesarios para su producción. Esto implica que la producción ganadera enfrenta cada vez mayor presión para obtener ganancias (Martínez *et al.*, 2015). La principal zona de consumo y comercialización de carne de bovino es el Valle de México (Téllez *et al.* 2012). Esta región se abastece de carne de ganado engordado en algunos municipios aledaños al Estado de México donde generalmente los bovinos llegan con un peso vivo entre 300 y 400 kg, son alimentados durante 3 o 4 meses en confinamiento para alcanzar

forrajes, a través del pastoreo. Debido a ello, se requieren estrategias específicas para colocar a los animales en el comedero del corral lo más pronto posible, donde consumirá alimentos desconocidos, pero necesarios para la producción a costos atractivos para el negocio (Suarez, 2011). De acuerdo con Suarez (2011), las fases del proceso de producción de bovinos de carne constan de cuatro etapas: preliminar, recepción, adaptación, y desarrollo-finalización.

La importancia de las fases del proceso de producción de ganado bovino de carne radican en que cuando las actividades que lo comprenden son realizadas de forma eficiente el ganado presentará mejor condición corporal, será manso y con buen apetito, permitiendo reducir los costos de producción y mejorando los ingresos familiares e incentivando el desarrollo del territorio, de ahí el interés y la importancia de su análisis, por lo que el objetivo del presente estudio fue describir y analizar las fases del proceso de producción de ganado bovino de carne que emplean los agremiados a la Asociación Ganadera General Local del municipio de Tepetlaoxtoc antes de su comercialización, para identificar las actividades que deben de ser mejoradas y atendidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo centra su estudio en la "Asociación Ganadera Local General del Municipio de Tepetlaoxtoc, Unión General Obrero Campesina y Popular, Estado de México", la cual fue fundada el 12 de junio del 2014 en Tepetlaoxtoc como una asociación que no tiene carácter lucrativo, aunque para su sostenimiento realice actividades remuneradas sobre el proceso económico de la producción ganadera. En su carácter de "general", incluye a dos finalizadores de ganado ovino, un finalizador de ganado porcino y un productor de gallinas para postura. El estudio se diseñó como una investigación exploratoria y descriptiva, que implica un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos.

Instrumento de colecta de información

Se diseñó y aplicó una encuesta censal dirigida a todos los productores finalizadores de ganado bovino agremiados a la asociación, dando un total de treinta y cinco productores y la misma cantidad de encuestas recabadas, con la finalidad de conocer y analizar las fases del proceso de producción de ganado bovino de carne que emplean los productores, para identificar las actividades que deben de ser mejoradas y atendidas. El trabajo de campo se realizó durante el periodo de junio-agosto del

año 2017. Una vez recabada la información, se procedió a elaborar una base de datos en una hoja de cálculo del programa Excel de Microsoft Office, con el fin de facilitar el manejo de los datos para realizar la caracterización de las fases del proceso de producción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las unidades de producción de los finalizadores de ganado bovino para sacrificio, agremiados a la asociación objeto de estudio de la presente investigación, se encuentran ubicadas dentro de las principales localidades que conforman al municipio de Tepetlaoxtoc, Estado de México, destacando la cabecera municipal, Jolalpan, La Loma y Los Reyes Nopala. Para el año 2016 el municipio destacó como el principal productor de ganado bovino en pie dentro del distrito de Texcoco, con una producción de 2,136.47 t de carne en canal (SIAP, 2016); donde la producción de ganado bovino de engorda es una actividad realizada por hombres y mujeres (28 hombres y 7 mujeres), quienes, a través de esta labor, han mejorado sus ingresos económicos, y registraron el promedio 53 años de edad para hombres, y 45 años para mujeres. Los productores señalaron tener conocimiento de que la actividad de engorda de ganado bovino se realiza en la comunidad desde hace más de 30 años, datos recabados en campo señalan que el 47% de las UPP agremiadas a la asociación cuentan con 10 años dentro de la actividad, 23% con 15 años y el resto de las UPP (30%) cuentan con menos de 8 años.

La mayor proporción de productores (97%) se dedica también a otras actividades económicas que le permiten diversificar sus ingresos (Cuadro 1), tales como la agricultura, elaboración de figuras de yeso, comercio, herrería, construcción, o bien, se dedican al hogar (amas de casa). Los productores señalaron que la actividad de engorda de ganado bovino les aporta en promedio 43% de sus ingresos totales familiares.

Se registró que los finalizadores de ganado bovino agremiados a la Asociación cuentan con hatos ganaderos diversos en cuanto a su tamaño (número de cabezas), encontrando que existen explotaciones que finalizan desde 10 hasta 230 cabezas de ganado por ciclo, donde 77% de los productores ceban en promedio 15 cabezas de ganado por ciclo, 8.5% finalizan 38 cabezas, 6% ceba 90 cabezas, el resto (8.5%) cuenta con 203 cabezas de ganado en promedio en sus corrales. De acuerdo con Prieto (2011), en México paulatinamente el hato ganadero, inicialmente criollo, se ha ido matizando con ani-

Cuadro 1. Actividades económicas de los productores.

Actividad	Sector de la economía	Frecuencia	%
exclusivamente a la ganadería	primario	1	2.9
agricultura	primario	12	34.3
elaboración de figuras de yeso	secundario	3	8.6
herrería	secundario	2	5.8
fabricación y maquila de ropa	secundario	1	2.8
construcción	secundario	2	5.7
comercio	terciario	6	17.0
repartidor	terciario	1	2.8
consultoría	terciario	1	2.8
empleado del municipio	terciario	1	2.8
ama de casa	otro	5	14.5
total		35	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo (2017).

males de razas europeas provenientes de EEUU y Europa, destacando las razas charoláis, angus, hereford, simmental y diversas variedades cebuínas.

De acuerdo con los productores entrevistados el tipo de ganado que predomina en los corrales de finalización, son animales machos enteros (no castrados), del tipo denominado por ellos "comercial", que proviene de diferentes partes del país, encontrando principalmente cruza de ganado, ninguno de los productores encuestados posee algún ejemplar de raza pura (Cuadro 2).

El ganado que predomina es la cruce de cebú (42%), proveniente principalmente del estado de Veracruz (68%). Sin embargo, los productores siempre que tienen oportunidad, buscan comprar ganado de cruza europeas, ya que éstas tienen mejor rendimiento y mayor ganancia de peso diario. Éstas cruza son principalmente de charoláis (22%), suizo (13%) y pardo (9%), ga-

nado que proviene del norte del país, de estados como Durango y Zacatecas.

El proceso de engorda

En el proceso de engorda que siguen los productores agremiados a la "Asociación Ganadera Local General del municipio de Tepetlaoxtoc", la principal materia prima son los animales jóvenes. Camargo (1995), indica que la edad es un factor primordial en la producción, señalando que los animales más jóvenes son los más eficientes. Almeraya

Cuadro 2. Lugar de procedencia del ganado.

Lugar de procedencia del ganado		Tipo de ganado
Región	Estado	
Región tropical	Veracruz	Razas cebuinas y cruza con europeas
	Chiapas	
	Guerrero	
	Tabasco	
Región templada	Morelos	Criollo, criollo con cruza europeas (lecheras o cebuinas)
	Puebla	
	Tlaxcala	
	Hidalgo	
Región Árida	Zacatecas	Cruza de razas europeas
	Chihuahua	
	Durango	

Fuente: Elaboración propia.

(2002), refiere que los novillos machos enteros son más eficientes que las hembras y que los machos castrados. León (1996), menciona que las hembras tienen menor rendimiento en canal atribuible al mayor peso de sus órganos reproductivos, en comparación con los machos. En campo se encontró que los productores de la asociación traen los novillos principalmente de la zona tropical húmeda y subhúmeda del país con un peso de 300 a 350 kg y con una edad aproximada entre 12 y 18 meses, con el objetivo de que incrementen su peso hasta alcanzar los 500 a 550 kg. Posteriormente los animales son vendidos con mayoristas ganaderos, intermediarios y tableros (carniceros) que son los que distribuyen el producto final.

De acuerdo con Sánchez Upegui (2010), se entiende por caracterizar, a una fase descriptiva de la investigación la cual tiene fines de identificación, consiste en una descripción de una experiencia, hecho o proceso (cronológico) con el fin de identificar ciertos aspectos específicos o componentes que lo caracterizan. El proceso de producción de bovinos de carne consta de cuatro etapas: preliminar, de recepción, de adaptación y de desarrollo-finalización.

Fase preliminar

Suárez (2011), en su libro "Producción de Bovinos para Carne en Confinamiento", menciona que dentro del proceso de engorda de ganado debe existir como primera etapa una "Fase preliminar", la cual comprende el destete de los becerros, la elección de esto en las praderas y la homogeneización de los lotes del ganado para su posterior embar-

que. En la práctica, ésta primera fase no la llevan a cabo los productores finalizadores de ganado bovino, la mayoría (58%) recibe el ganado directamente en la UPP, con el paso del tiempo y la experiencia dentro de la actividad cuentan con algún conocido de su confianza el cual realiza la compra y les vende directamente en el corral de finalización de cada uno de los productores. El 20% acude al vecino municipio de Belén, Otumba, a traer el ganado, en este lugar existen ganaderos de mayor tamaño, los cuales compran jaulas completas y revenden los animales. Solo tres de los productores agremiados a la Asociación acude personalmente a los centros de acopio en los diferentes estados de la república a compra directa, estos productores se hacen cargo de los costos del transporte directamente, porque cuentan con un camión propio para ir y realizar el flete, el contar con los medios de transporte abarata los costos de producción, aunque con mayor riesgo.

Fase de recepción

Ánimas (2013), menciona que el proceso de recepción inicia una vez que el ganado arriba a los corrales de finalización. Según Suarez (2011), esta fase del proceso de producción de bovinos para carne es importante porque permite recuperar la pérdida de peso corporal del ganado producida por el traslado de los animales al sitio de finalización (el corral), sirve también para prevenir y tratar enfermedades respiratorias del ganado recién desembarcado, prepara al ganado para la fase de producción propiamente dicha y permite la recuperación del estrés al que fueron sometidos los animales durante el transporte. Flores (2009), menciona que el manejo de recepción es fundamental para el éxito de cualquier empresa de producción de ganado para carne y que de este dependerá la respuesta productiva del ganado en el futuro. En campo se encontró que esta fase la llevan a cabo el 100% de los productores finalizadores de ganado bovino agremiados a la asociación, comprende un periodo de duración entre dos y cinco días, este tiempo depende del lugar de origen de los animales, el tiempo de transporte y el estado de salud de lote de ganado que se recibió.

Suarez (2011) recomienda durante la fase de recepción evitar el suministro de alimentos que el animal desconoce, o que prácticamente no tienen valor nutricional o que podrían provocarle daño, como los forrajes ensilados, los esquilmos de cosecha y los suplementos proteínicos elaborados a base de urea, respectivamente. En su lugar, se recomiendan forrajes henificados de avena (ofrecidos libremente) y de alfalfa (ofrecidos con restric-

ciones), porque contienen buen valor nutricional y el ganado los consume con buen apetito si se les ofrece. De acuerdo con los productores entrevistados, el ganado es recibido en corral con abundante agua fresca y limpia, así como paja de avena o rastrojo de maíz, algunos productores también proporcionan forrajes en greña o esquilmos agrícolas, con esta actividad se busca que el ganado aprenda a alimentarse directamente del comedero y que recupere rápidamente su funcionamiento ruminal normal.

El transporte de los animales, las condiciones del viaje, la deshidratación corporal, el ayuno y la pérdida de las funciones ruminales son la principal causa de la disminución de peso de los animales, lo cual genera mermas para el productor, un novillo en promedio merma entre el 3 y 4% de su peso total corporal, a pesar de estas condiciones en las que llega el ganado, solo 40% de los productores ofrecen electrolitos orales en el agua de los animales, y 25% proporciona sal común y melaza, para ayudar a reponer los niveles de sodio y potasio del ganado.

Posteriormente la primera práctica de manejo que se realiza en corral se basa en la observación detallada de cada uno de los animales, con la finalidad de identificar a los novillos enfermos y separarlos de los sanos, con el propósito de que reciban el tratamiento médico que requieran. En relación a la información recabada de los productores entrevistados, se registró que en el 85% de los casos, los productores aplican tratamiento a su ganado en forma empírica, sin la asesoría de un médico veterinario, utilizando principalmente antibióticos.

Se identificó que la producción de ganado bovino se sustenta en tres actividades de prácticas tecnológicas que son la desparasitación, vacunación e implantación de los novillos, ya que el 100% de los finalizadores llevan a cabo estas prácticas durante la fase de recepción del ganado bovino.

Para concluir con la fase de recepción del ganado Suarez (2011), recomienda integrar a los animales en lotes de ganado que se mantendrán hasta el final del proceso productivo, realizar la identificación individual del ganado, así como del lote del que formará parte. Únicamente 14% de los productores lotifica el hato ganadero, por peso y talla, y ningún finalizador elabora una cédula de identificación personal por animal, además de que nadie identifica al ganado, porque en teoría cada animal

ya viene con arete, por tales razones se puede afirmar, que la fase de recepción de ganado bovino entre los productores agremiados a la asociación ganadera se realiza dentro de un perfil tecnológico bajo.

Fase de adaptación

Según Suarez (2011), desde el punto de vista nutricional, la fase de adaptación es el periodo más crítico del proceso, porque durante ella "se coloca al ganado en el alimento" (se refiere al proceso de aprendizaje de los animales de regular el consumo de alimento concentrado para prevenir acidosis (Suarez, 2011).) cambiando los mecanismos con que regula el consumo de alimento. Mientras dependía del consumo de forraje, el control se realizaba por mecanismos de llenado y distensión del rumen. En cambio, con la nueva ración de alimento concentrado el consumo se regula por factores quimostáticos (relación entre el consumo de energía y materia seca respecto a la digestibilidad del alimento. La regulación quimostática se presenta en los rumiantes cuando la digestibilidad total del alimento es mayor a 68%, en este punto mientras la cantidad consumida de alimento (kg de materia seca) disminuye, la cantidad de energía consumida se mantiene constante (Relling y Mattioli, 2003)) así que no ocurre el llenado ruminal. Romero (1996) recomienda la implementación de una dieta basada en raciones con alto contenido de energía, lo cual permite el máximo desarrollo en el menor tiempo posible y con aceptable disposición de grasa, por lo cual se recomienda una dieta basada en granos y cereales.

En campo se encontró que, en la fase de adaptación, la alimentación

del ganado consiste en un alimento concentrado que cada productor formula, elabora y guarda (la receta) con cierto recelo, pues es una dieta que han perfeccionado con el tiempo y que mejor resultados les ha brindado, además del concentrado las raciones también integran ciertas cantidades de forrajes, rastrojos y esquilmos agrícolas.

Sin embargo, la mayoría de las veces estos concentrados que preparan tienen deficiencias nutricionales, ya que la mayoría (80%) no cuenta con asistencia técnica especializada en el rubro de nutrición. La adaptación del ganado a la nueva forma de alimentación es un proceso que tarda aproximadamente 15 días, aunque desde el punto de vista económico debería de ser más corto y mover más rápido a los animales a la dieta de desarrollo-finalización.

Fase de desarrollo-finalización

Suarez (2011), menciona que en la fase de desarrollo-finalización se realizan actividades propias del proceso de producción de ganado para carne de calidad, todas ellas relacionadas con estrategias de alimentación que persiguen dos propósitos principales: 1) lograr la más alta ganancia de peso diario, al menor costo posible; y 2) obtener el tipo de ganado para carne que demanda el mercado.

En campo se encontró que en esta fase los toretes ya aprendieron a consumir alimento concentrado del comedero y el consumo de éste se distribuye a lo largo del día, en esta fase del proceso los productores aumentan la proporción de proteína en la dieta del ganado, con la intención de prevenir la acumulación excesiva de grasa en la canal, y de

producir mayor cantidad de tejido muscular.

Para que el alimento sea utilizado con la máxima eficiencia posible es indispensable un correcto manejo del pesebre. Los productores señalaron que el éxito del plan de alimentación es ofrecer el alimento concentrado recién elaborado en cantidades suficientes y agua abundante.

El alimento se sirve dos veces por día (en la mañana y en la tarde), con la finalidad de que los animales encuentren alimento disponible en el comedero cada vez que lo quieran consumir. En esta etapa los animales deben de recibir las cantidades correctas de proteínas y minerales que contengan un equilibrio adecuado de aminoácidos esenciales y no esenciales, y en cantidades suficientes para hacer frente a las necesidades metabólicas. De acuerdo con Sandoval *et al.* (1998), la nutrición mineral de la engorda es muy importante, ya que la ganancia de peso puede reducirse entre 15% y 20% en animales que no tienen acceso a un suplemento mineral apropiado.

En cuanto a la maquinaria y equipo indispensables se identificó que el 40% de los productores cuenta con molino y 35% con molino y revoladora, que les permite la elaboración del alimento concentrado que los novillos consumirán durante todo el proceso de producción, el resto de los productores, adquieren los insumos en forrajeras cercanas y las mezclan con pala, para posteriormente empacar el concentrado en bultos de 40 kg y reservarlo hasta que ofrece el alimento directamente en los comederos del ganado. Así mismo solo cinco productores

cuentan con báscula y tractor para servir el alimento en los comederos de los corrales. La fase de desarrollo-finalización llega a su fin, una vez que el ganado alcanzó su peso final cebado y está listo para la venta.

CONCLUSIONES

La producción de ganado bovino de carne para los finalizadores agremiados a la asociación ganadera local de Tepetlaoxtoc representa una fuente de ingresos y alternativa de aprovechar los residuos de sus cosechas en la alimentación de su ganado, de esta forma los productores están agregando valor a la producción agrícola mediante la producción de carne de bovino, y a su vez disminuyendo costos en la alimentación del ganado. Dentro del proceso de producción de ganado bovino de carne la fase preliminar es la más descuidada por los productores, a pesar de que en esta fase se realiza la prevención de pérdidas por mermas y pérdidas por enfermedades ocasionadas por el traslado del ganado de los potreros al corral de finalización, menos del 10% de los productores la llevan a cabo, por lo que se recomienda popularizar esta fase del proceso. La actividad de lotificación del ganado bovino permite que los animales no se causen daño en el comedero y la distribución de estos sea más homogénea, favoreciendo mejor aprovechamiento del alimento, al realizar ésta tarea los productores tendrían la ventaja de poder ofrecer cantidades de alimento concentrado de acuerdo con la talla y peso de los animales. A pesar de la utilidad de esta actividad, se observó que no es común entre los productores, por lo cual es apropiado considerar llevarla a cabo en todas las UPP.

La fase de adaptación es la más crítica e importante del proceso de producción de bovinos para carne en confinamiento desde el punto de vista económico debido que depende de ella la eficiencia para mover al ganado en menor tiempo a la fase de desarrollo-finalización. La fase de desarrollo-finalización en general se realiza correctamente por todos los finalizadores de ganado bovino agremiados a la asociación, observando que todos los toretes llegan a esta etapa consumiendo el alimento concentrado del comedero con gran aceptación y gusto, pasando buena parte del día alimentándose; la diferencia entre la duración de ésta fase por UPP radica en la calidad y cantidad de alimento que se dispone para la finalización del ganado, lo que permite que la actividad sea más rentable, aumentando o disminuyendo el tiempo necesario para que los animales alcancen el peso demandado en el mercado.

AGRADECIMIENTOS

A la Asociación Ganadera Local General del municipio de Tepetlaoxtoc, Unión General Obrero Campesina y Popular, Estado de México, por el acceso a la información proporcionada para la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Almeraya, A. O. 2002. Rendimiento y composición de la canal a diferentes pesos al sacrificio en toretes Holstein. Tesis de maestría. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Ánimas, L. H.; Tejeda, H. N. 2013. Caracterización dinámica de brechas tecnológicas en la finalización de ganado bovino en Tepetlaoxtoc, Edo. De México. Tesis de Licenciatura. Departamento de enseñanza, servicio e investigación Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Camargo, S. R. 1995. Efecto del genotipo y sexo sobre el rendimiento y composición de la canal de bovinos cruzados de Simmental con suizo pardo (SP), Angus (A) y SP*A o A*SP. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Espejel, M.A. Gamero, P.L.O. (2007). Caracterización nutricional, económica y ambiental de la ganadería bovina de engorda en Belem Municipio de Otumba, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Chapingo. Estado de México.
- Financiera Rural. 2009. Bovinos y sus derivados. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. <http://www.gbcbiotech.com/bovinos/industria/Bovino>.
- Flores, S. E. J. 2009. Caracterización de brechas tecnológicas en la finalización de ganado bovino, en una explotación localizada en el sur del estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México
- Gamboa-Mena, J.V.; Magaña-Magaña, M. A.; Rejón-Ávila, M.; Pech Martínez, V.C. 2005. Eficiencia económica de los sistemas de producción de carne bovina en el municipio de tizimín, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Conociendo el Estado de México. Sexta edición. 2016.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2017. Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos. 2017.
- León, V. P. A. 1996. Influencia del plan de alimentación y del genotipo en el rendimiento y composición de la canal en bovinos cruzados de Simmental. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Martínez-Damián, M.A.; Mora-Flores, J. S.; Téllez-Delgado, R. 2015. Precio de ganado en pie y precio de insumos en la producción de carne bovino. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Texcoco. Estado de México.
- Prieto Cornejo, María del Rocío. (2011). Análisis de rentabilidad de la producción de ganado bovino en engorda en el noreste del Estado de México: Estudio de caso municipio de Tepetlaoxtoc. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Postgrado en Socioeconomía, estadística e informática Economía, Campus Montecillo. Texcoco Estado de México.

- Relling, A. E.; Mattioli, G. A. 2003. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 60 pp.
- Romero, M. A. M. 1996. La engorda de ganado bovino en Jolalpan, Tepetlaoxtc, México, sus transformaciones técnicas y económicas de 1986 a 1994. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Sandoval, C. E; Ricalde, V. R; Mendoza, M. G; Croby, G. M. 1998. Manejo nutricional en corrales de engorda. Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. México, D.F.
- Sánchez, A. 2010. ¿qué es caracterizar?. Medellín. Fundación Universidad Católica del Norte. Colombia.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2016, Resumen Nacional, Centros de Sacrificio (TIF, privados y municipales), Capacidad instalada para sacrificio.
- Suárez, D. H. 2011. Producción de Bovinos para Carne en Confinamiento. Guía Práctica para Técnicos y Productores. Universidad Autónoma Chapingo. México. 21- 41 pp.
- Tellez-Delgado. R.; Mora-Flores. S.; Martínez-Damián. M.A.; García-Mata. J.; García-Salazar. A. 2012. Caracterización del consumidor de carne bovina en la zona metropolitana del valle de México. Colegio de Postgraduados. Postgrado en Socioeconomía, estadística e informática – Economía. Campus Montecillo. Texcoco Estado de México.



Edwardsiella tarda Ewing y McWhorter 1965: food and fish

Edwardsiella tarda Ewing y McWhorter 1965: alimentos y pescado

Cortés-Sánchez, Alejandro De Jesús^{1*}; Díaz-Ramírez, Mayra²; Rayas-Amor, Armando²; Cruz-Monterrosa, Rosy G.²; Jiménez-Guzmán, Judith²; Miranda-De la Lama, Genaro²; Salgado-Cruz, Ma. de la Paz³

¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Unidad Nayarit del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (UNCIBNOR+). Calle Dos No. 23. Cd. del Conocimiento. Av. Emilio M. González C.P. 63173. Tepic, Nayarit. México. ²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Departamento de Ciencias de la Alimentación, Lerma de Villada, Estado de México. ³Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Unidad Zacatenco. Ciudad de México.

*Autor de correspondencia: alecortes_1@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: Provide an analysis that provides an overview of *Edwardsiella tarda* pathogen microorganism in fish intended for human consumption and capable of generating human disease through food, the different factors associated with the occurrence of disease, control and prevention in foods such as fish.

Methodology: For the development of this document, the search and analysis of pertinent information was carried out in different databases such as Scielo, Scopus, Redalyc, Academic Google, among others.

Results: Infection by *Edwardsiella tarda* in fish destined for human consumption constitute a risk to public health. Traditional and molecular analytical methods have been developed for their detection, as well as actions in animal health and hygiene, in order to control and prevent their incidence in the production of food of animal origin and transmission of diseases to the consumer.

Implications in the study: *Edwardsiella tarda* lives in aquatic ecosystems, and is part of the microbiota of fish, capable of producing disease when health and hygiene conditions are inadequate along the food chain and can generate a risk to health when consuming contaminated fish mainly in raw state or subjected to inadequate processing procedures.

Conclusions: *Edwardsiella tarda* is considered an emerging pathogen of importance in public health. It has been established that the prevention and control of infections by this pathogen in animals for human consumption and humans is through the joint implementation of good hygiene practices along the food chain in order to offer nutritious food and innocuous to the general population such as fish.

Key words: Food safety, fish, edwardsiellosis, pathogens, aquaculture.

RESUMEN

Objetivo: Brindar un análisis que aporte una perspectiva general de *Edwardsiella tarda* patógeno en peces destinados al consumo humano y capaz de generar enfermedad humana a través de estos alimentos, se involucran los diferentes factores asociados a la aparición de la enfermedad, control y prevención.

Metodología: Se realizó la búsqueda y análisis de información de diferentes bases de datos como Scielo, Scopus, Redalyc, Google Académico entre otras.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp: 55-60.

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

Resultados: La infección por *Edwardsiella tarda* en peces destinados al consumo humano constituyen un riesgo a la salud pública. Se han desarrollado métodos tradicionales y moleculares para su detección, así como acciones en sanidad animal e higiene, a fin de controlar y prevenir su incidencia en la producción de alimentos y transmisión de enfermedades al consumidor.

Implicaciones en el estudio: *Edwardsiella tarda* habita en ecosistemas acuáticos, y son parte de la microbiota de peces, capaz de producir enfermedad en peces y el ser humano cuando las condiciones de sanidad e higiene son inadecuadas a lo largo de la cadena alimentaria. El riesgo a la salud al consumir pescado es principalmente en estado crudo o sometido a un inadecuado procesamiento.

Conclusiones: *Edwardsiella tarda* es considerado patógeno emergente en salud pública. Se ha establecido que la prevención y control de infecciones por este patógeno en animales (peces) de consumo humano y ser humano es a través de la implementación de las buenas prácticas de higiene a lo largo de la cadena alimentaria a fin de ofrecer alimentos sanos, nutritivos e inocuos.

Palabras clave: inocuidad de alimentos, pescado, edwardsielosis, acuicultura.

nales más vulnerables (WHO, 2017). Las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) constituyen un extenso grupo de dolencias que constituyen un serio problema de salud pública al alza alrededor del mundo debido a su incidencia, mortalidad y carga socio económica (Olea et al., 2012; WHO, 2019). Se estima que existen alrededor de 250 agentes causales de ETA incluyéndose agentes físicos, químicos y biológicos; donde estos últimos son los frecuentemente asociados a brotes, siendo *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter spp.*, *Shigella spp.*, *Escherichia coli* entre otras bacterias las responsables (Cortes et al., 2017). Las ETA derivan de la ingestión de alimentos contaminados cuya contaminación puede producirse en cualquier etapa de la cadena alimentaria, es decir, de la granja a la mesa (WHO, 2019).

***Edwardsiella* generalidades**

El género *Edwardsiella* pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, consta de tres especies *E. tarda*, *E. hoshinae*, y *E. ictaluri*. Entre las características fenotípicas y metabólicas de estos microorganismos están el ser bacilos Gram negativos, móviles (flagelos peritricos), no forman esporas, aerobios, anaerobios facultativos, catalasa positivos, oxidasa negativos, fermentan glucosa y producen H₂S (Michael & Abbott, 1993; Romero, 2007; Puerta y Mateos, 2010; Park et al., 2012). El género es de carácter patógeno para los peces que son frecuentemente infectados por *E. tarda* o *E. ictaluri*, mientras que *E. hoshinae* infecta reptiles y aves. *E. tarda* también ha sido asociado en infecciones a mamíferos incluyendo el ser humano produciendo cuadros de gastroenteritis y septicemias por lo que se considera de importancia en salud

INTRODUCCIÓN

La inocuidad en los alimentos se refiere a que los alimentos no contengan agentes físicos, químicos o biológicos que pongan en peligro la salud después de su consumo; por lo que la inocuidad se ha convertido en un atributo fundamental de calidad junto con las características nutricionales, sensoriales y comerciales (Tafur, 2009; De la Fuente y Corona, 2010; González y Palomino, 2012). Actualmente entre las causas que se asocian a la incidencia, alerta y riesgos en la cadena alimentaria se encuentran la globalización, sistemas intensivos de producción alimentaria, cambio climático, aumento de la población y urbanización siendo reportado que del 60-70% de las enfermedades humanas provienen de animales (FAO, 2019b). El pescado es un alimento consumido a nivel mundial de carácter nutritivo al ser fuente de vitaminas, minerales, ácidos grasos poliinsaturados y proteínas de fácil digestión y valor biológico (FAO, 2016). Sin embargo, el pescado también es considerado vehículo de diversos agentes productores de enfermedades para el ser humano después de su consumo en particular aquel que es sometido a malas prácticas de higiene durante su producción, procesamiento, conservación y manipulación (Espinosa et al., 2014; Novoslavskij et al., 2016). El acceso a alimentos inocuos y nutritivos en cantidad suficiente es fundamental para mantener la vida y fomentar la buena salud. La principal responsabilidad de la inocuidad en alimentos es de aquellos que los producen, procesan, y comercializan, es compromiso asegurar que estos sean inocuos, así como de gobiernos vigilar y consumidor demandar tal condición en los alimentos (González y Palomino, 2012; WHO, 2017). Se estima que cada año enferman 600 millones de personas por ingerir alimentos contaminados y que 420000 mueren por esta misma causa a nivel mundial siendo lactantes, niños, embarazadas, personas mayores y personas con sistema inmunológico débil los grupos poblacio-

pública (Michael & Abbott, 1993; Romero, 2007; Park et al., 2012).

Pescado y *Edwardsiella*

El pescado forma parte importante de la dieta del ser humano (Novoslavskij et al., 2016). Así la pesca y acuicultura son importantes fuentes de alimentos, nutrición, ingresos y medios de vida para millones de personas a nivel global; donde la oferta mundial per capita de pescado en 2014 fue de 20 kg, derivado del crecimiento de la acuicultura suministrando así la mitad de todo el pescado destinado al consumo humano, presentando perspectivas de ser considerada una de las principales actividades económicas del siglo XXI (Pérez et al., 2014; FAO, 2016). La presencia de microorganismos de carácter patógeno para el ser humano y peces, pueden asociarse con el contacto directo en un entorno (agua, sedimento o alimento) contaminado. Las bacterias detectadas en el pescado son reflejo de la condición y seguridad de los ambientes acuáticos de donde el pez es extraído (Novoslavskij et al., 2016). *Edwardsiella tarda* es un patógeno animal de amplio nicho ecológico y hospedantes, incluidas varias especies de peces de agua dulce y salada siendo productor de edwardsielosis enfermedad sistémica de distribución mundial y que afecta también a peces comerciales como el *Pagrus major*, *Ictalurus punctatus*, *Myleus micans*, tilapia (*Oreochromis* sp.) y carpa (*Cyprinus carpio*) guiando a pérdidas económicas en la producción de alimentos a través de la acuicultura (Clavijo et al., 2002; Castro et al., 2006; Gonzalez et al., 2010; Park et al., 2012; Abayneh et al., 2012; Yamê et al., 2018) por lo que *Edwardsiella tarda* se constituye como un riesgo a la salud pública y animal (Clavijo et al., 2002; Castro et al., 2006; Gonzalez et al., 2010; Park et al., 2012; Novoslavskij et al., 2016; Yamê et al., 2018).

La patogenicidad de *E. tarda* depende de múltiples factores de virulencia permitiéndole la capacidad de adherirse, penetrar, sobrevivir y replicarse en células epiteliales y fagocitos, algunos de los factores de virulencia son sistemas de excreción tipo III y tipo VI, hemolisinas, dermatotoxinas, colagenasas, catalasas, proteinasas, y condritinasas; componentes como lipopolisacáridos, adhesinas y flagelinas que permiten la invasión y diseminación de la infección (Park et al., 2012; Wang et al., 2012). Los signos clínicos de infección por *E. tarda* en peces puede diferir entre especies. Generalmente peces enfermos presentan natación errática, movimiento en espiral y flotación, boca y opérculos abiertos, lesiones cutáneas, branquias blanquecinas, exoftalmía, opacidad

de los ojos, hinchazón de superficie abdominal, hemorragia petequeal en aleta, piel y hernia rectal, excesiva secreción de mucus, erosión de las escamas, úlceras, inflamación y hemorragias a nivel anal (Castro et al., 2009; Park et al., 2012). Para la detección y aislamiento de *E. tarda* en peces se realiza a través de varios procedimientos como la vigilancia de comportamiento, apariencia física, necropsia de animales afín de evaluar órganos (agallas, estomago e intestino), análisis histopatológicos y microbiológicos que involucran el uso de agares diferenciales y selectivos para enterobacterias como agar MacConkey, agar EMB, agar Salmonella-Shigella, agar XLD y agar HE; además de diversas pruebas bioquímicas para identificación (Cuadro 1), así mismo se pueden utilizar procedimientos proteómicos como la espectrometría de masas (MALDI-TOF) para la identificación de colonias aisladas, otros métodos de detección abarcan los inmunoensayos incluyendo pruebas de aglutinación, ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA), y anticuerpos fluorescentes, y finalmente las técnicas moleculares como la reacción en cadena de la polimerasa en sus múltiples variantes utilizando genes codificantes para factores de virulencia, genes *gyrB*, *ompW*, 16S rRNA entre otras dianas moleculares (Park et al., 2012; Abayneh et al., 2012; Wang et al., 2012; Reichley et al., 2015; Sebastiao et al., 2015; Lopardo et al., 2016; Yamê et al., 2018; Dubey et al., 2019).

E. tarda como características fenotípicas de identificación es un bacilo anaerobio facultativo de 2-3 μm de longitud y 1 μm de diámetro, catalasa (+), citocromo oxidasa (-), reduce nitratos a nitritos (Cuadro 1) puede sobrevivir a concentraciones de 0 a 4% de NaCl, pH de 4.0-10.0, y temperatura de 14 a 45 °C (Park et al., 2012). Epizootias por *E. tarda* se favorecen en peces expuestos a temperaturas del agua fluctuantes o en peces cultivados en aguas muy enriquecidas. Se considera que la aparición y severidad de edwardsielosis es por un desbalance en condiciones ambientales al presentarse una alta temperatura de agua, baja calidad del agua o altas concentraciones de materia orgánica (Castro et al., 2009; Park et al., 2012).

Los ambientes acuáticos, presentan una variedad de microorganismos que intervienen en la descomposición de la materia orgánica y reciclaje de nutrientes. En actividades de acuicultura en especial cuando se involucra una producción intensiva, puede aparecer la adición de abonos orgánicos, disminución en las tasas de recambio de agua, aumento en la densidad de siembra

Cuadro 1. Pruebas bioquímicas de identificación de *Edwardsiella tarda* respecto a otras enterobacterias (Elmer *et al.*, 2006; Gonzalez *et al.*, 2010).

Prueba	<i>Edwardsiella tarda</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
Producción de indol	+	+	-	-
Rojo de metilo	+	+	+	-
Voges-Proskauer	-	-	-	+
H ₂ S (TSI)	+	-	+	-
Citrato de Simmons	-	-	v	v
Lisina descarboxilasa	+	v	-	+
Fenilalanina desaminasa	-	-	+	-
Arginina dehidrolasa	-	v	-	-
Ornitina descarboxilasa	+	v	+	-
Hidrolisis de urea	-	-	+	v
O-nitrofenil-β-D-galactopiranosido	-	+	-	+
Utilización de malonato	-	-	-	v
Gas de glucosa	+	+	+	+
Fermentación de:				
Lactosa	-	v	-	v
Sorbitol	-	v	-	v
Arabinosa	v	+	-	v
Sacarosa	-	v	v	v
Manitol	-	+	-	+
Dulcitol	-	v	-	v
Adonitol	-	-	-	v
Inositol	-	-	-	+
Rafinosa	-	v	-	+
Movilidad (36°C)	+	v	+	-

Reacción positiva (+), reacción negativa (-), reacción variable (v), TSI: agar hierro triple azúcar.

y administración de altas cantidades de alimento; estos factores influyen en la formación de materia orgánica que se acumula en el sedimento, favoreciendo el crecimiento microbiano abundante de característica patógena u oportunista como *Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida*, *Edwardsiella tarda*, *Pasteurella piscicida* entre otros (Parrado *et al.*, 2014).

Edwardsiella tarda forma parte de la microbiota intestinal de peces y otros animales acuáticos; por lo que su presencia, no es indicativo de enfermedad, factores ambientales y fisiológicos asociados a estrés contribuyen al carácter oportunista y desarrollo de enfermedad (Vásquez *et al.*, 2010).

Control y prevención

A nivel de control y prevención de la edwardsiellosis en actividades de producción de alimentos como la

acuicultura se encuentra la implementación de acciones en sanidad animal, involucrando la vigilancia y control de condiciones adecuadas de circulación y calidad de agua, temperatura, oxígeno, alimentación con los requerimientos nutricionales en calidad y cantidad acorde al tipo de organismos y fases de desarrollo, densidades adecuadas a la especie en cultivo, análisis microbiológico y medidas profilácticas al final de cada ciclo de producción (Rodríguez *et al.*, 2001; Balbuena, 2011).

Con la aparición de la enfermedad el uso de antibióticos como tratamiento debe ser acorde a buenas prácticas a fin de evitar el uso indiscriminado e inadecuado que promueva la resistencia a los antimicrobianos. Se estima que similar a otras enfermedades de origen bacteriano en peces cuando estas han infestado un porcentaje importante del cultivo lo recomendable es eliminar el lote para evitar la propagación (Balbuena, 2011; FAO, 2019a). En el ser humano factores de riesgo asociados con infecciones por *E. tarda* son la exposición

al medio ambiente acuático o a animales exóticos (anfibios o reptiles), mientras que a nivel postcosecha de pescado y consumo intervienen malas prácticas de higiene y hábitos alimentarios que involucran la ingestión de pescado y mariscos crudos o aquellos sometidos a condiciones inadecuadas de cocción (Lopardo *et al.*, 2016; Novoslavskij *et al.*, 2016).

Las medidas esenciales para la inocuidad de los alimentos y en específico del pescado deberán ser de una manera integral a lo largo de la cadena alimentaria, donde se incluya la implementación de las buenas prácticas de higiene, manejo adecuado de medicamentos en la práctica veterinaria y producción animal (Peña *et al.*, 2011; FAO, 2019a) además de la implementación del control microbiológico a través de bacterias indicadoras de la calidad sanitaria, higiene y patógenos zoonóticos (Peña *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

El pescado es considerado un alimento altamente nutritivo y parte esencial de la dieta humana. La producción primaria de alimentos como el pescado a través de actividades de la pesca y acuicultura, puede ser fuente transmisora de enfermedades zoonóticas a través de los alimentos. *E. tarda* es considerado patógeno emergente de riesgo en la salud humana y animal. Un factor primordial para la prevención y control de edwardsielosis a fin de contribuir a la protección de la salud animal y humana es el desarrollo e implementación de las buenas prácticas de higiene de manera integral en la cadena alimentaria.

LITERATURA CITADA

- Abayneh T., Colquhoun D. J., & Sørum H. 2012. *Edwardsiella piscicida* sp. nov., a novel species pathogenic to fish. *Journal of applied microbiology*, 114(3), 644-654.
- Balbuena R.E.D. 2011. Manual básico de sanidad piscícola. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura – FAO.
- Castro N., Toranzo A. E., & Magariños B. 2009. Avances en el conocimiento del patógeno emergente de rodaballo *Edwardsiella tarda*. *Revista Real Academia Galega de Ciencias*, 28, 215-281.
- Castro N., Toranzo A. E., Barja, J. L., Nunez S., & Magarinos B. 2006. Characterization of *Edwardsiella tarda* strains isolated from turbot, *Psetta maxima* (L.). *Journal of fish diseases*, 29(9), 541-547.
- Clavijo A. M., Conroy G., Conroy D. A., Santander J. & Aponte F. 2002. First report of *Edwardsiella tarda* from tilapias in Venezuela. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 22(4), 280-282.
- Cortés Sánchez A. D. J., García Barrientos, R., Minor Pérez, H., Dublán García, O., & San Martín Azocar, A. L. 2017. Food Safety and Antimicrobial Resistance an Approach to the Genus *Salmonella* spp. *Journal of Biosciences and Medicines*, 5(02), 55.
- De la Fuente Salcido N. M., & Corona B.J. E. 2010. Inocuidad y bioconservación de alimentos. *Acta universitaria*, 20(1), 43-52.
- Dubey S., Maiti B., Kim S. H., Sivadasan S. M., Kannimuthu D., Pandey P. K., & Karunasagar I. 2019. Genotypic and phenotypic characterization of *Edwardsiella* isolates from different fish species and geographical areas in Asia: Implications for vaccine development. *Journal of fish diseases*.1-16.
- Ewing W.H. and McWhorter A.C. 1965. Genus *Edwardsiella* and *E. tarda* p. 37. In: Ewing, W.H., McWhorter, A.C., Escobar M.R., and A.H. Lubin A.H. *Edwardsiella*, a new genus of Enterobacteriaceae based on a new species, *E. tarda*. *International Bulletin of Bacteriological Nomenclature and Taxonomy*, 15(1), 33-38.
- Elmer W. Koneman, Washington C. Winn, Stephen D. Allen, Gary W. Procop, William M. Janda, Paul C. Schreckenberger, Gail L. W. 2006. *Koneman Diagnóstico Microbiológico: Texto y atlas en color*. 6 edición. Editorial Medica Panamericana.
- Espinosa L., Varela C., Martínez E. V., & Cano R. 2014. Brotes de enfermedades transmitidas por alimentos. España, 2008-2011 (excluye brotes hídricos). *Boletín epidemiológico semanal*, 22(11), 130-145.
- FAO 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma. 224 pp.
- FAO 2019a. Antimicrobial Resistance. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/thematic-areas/antimicrobial-resistance/en/>
- FAO. 2019b. Averting risks to the food chain – A compendium of proven emergency prevention methods and tools. Second edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 104 pp.
- González F. M., Latif F., Fernández F., Villanueva M. P., Ulloa J., & Fernández H. 2010. Species of the family Enterobacteriaceae in feces of South American sea Lion *Otaria flavescens* settled in the Valdivia River. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 45(2), 331-334.
- González Muñoz Y., & Palomino Camargo C. E. 2012. Actions for the Management of Sanitary Quality and Food Safety in a Buffet Restaurant. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 11(22),123-140.
- Lopardo H.A., Predari S.C. & Vay C. 2016. Manual de microbiología clínica de la asociación argentina de microbiología. Volumen I. Bacterias de importancia clínica. 429p. <http://aam.org.ar/manual%20bacteriologia%20clinica.pdf>
- Michael J., & Abbott S. L. 1993. Infections associated with the genus *Edwardsiella*: the role of *Edwardsiella tarda* in human disease. *Clinical Infectious Diseases*, 17(4), 742-748.
- Novoslavskij A., Terentjeva M., Eizenberga I., Valciņa O., Bartkevičs V., & Bērziņš A. 2016. Major foodborne pathogens in fish and fish products: a review. *Annals of microbiology*, 66(1), 1-15.
- Olea A., Díaz J., Fuentes R., Vaquero A., & García M. 2012. Vigilancia de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos en Chile. *Revista chilena de infectología*, 29(5), 504-510.
- Park S. B., Aoki T., & Jung T. S. 2012. Pathogenesis of and strategies for preventing *Edwardsiella tarda* infection in fish. *Veterinary research*, 43(67).
- Parrado M., Salas C. M., Hernández A. G., Ortega, J. P., Yossa M. I. 2014. Bacterial variety of fish farms and resistance to antibacterial. *Orinoquia*, 18(2), 237-246.
- Peña Y. P., Hernández, M. E., & Castillo, V. L. 2014. Resistencia antimicrobiana en *Salmonella* y *E. coli* aisladas de alimentos: revisión de la literatura. *Panorama. Cuba y Salud*, 6(1), 30-38.
- Pérez R., Romeu B., Lastre M., Morales Y., Cabrera O., Reyes L., & Pérez O. 2014. Inmunopotenciadores para la acuicultura. *VacciMonitor*, 23(1), 24-31.
- Puerta G. A., & Mateos R. F. 2010. Enterobacterias. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 10(51), 3426-3431.
- Reichley S. R., Ware C., Greenway T. E., Wise D. J., & Griffin M. J. 2015. Real-time polymerase chain reaction assays for the detection and quantification of *Edwardsiella tarda*, *Edwardsiella piscicida*, and *Edwardsiella piscicida*-like species in catfish tissues and pond water. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 27(2), 130-139.
- Rodríguez G. M., Rodríguez C. D. G., Monroy G. Y., Mata S. J.A. 2001. Manual de Enfermedades de Peces. 4(3),15. *Boletín del Programa Nacional de Sanidad Acuicola y la Red de Diagnóstico*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

- Romero C. R. 2007. Microbiología y parasitología humana: Bases etiológicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias. 3ra edición. Ed. Médica Panamericana. 999 p.
- Sebastiao F.A., Furlan L.R., Hashimoto D.T. & Pilarski F. 2015. Identification of Bacterial Fish Pathogens in Brazil by Direct Colony PCR and 16S rRNA Gene Sequencing. *Advances in Microbiology*, 5, 409-424.
- Tafur G. M. 2009. La inocuidad de alimentos y el comercio internacional. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 22(3), 330-338.
- Vásquez Piñeros M. A., Rondón Barragán I. S., Restrepo Betancur L. F., & Eslava Mocha P. R. 2010. Clinical and hematological study of experimental infection with *Aeromonas hydrophila* and *Edwardsiella tarda* on tilapia *Oreochromis* sp. *Orinoquia* 14(1),33-44.
- Wang X., Yan, M., Wang Q., Ding, L., & Li F. 2012. Identification of *Edwardsiella tarda* isolated from duck and virulence genes detection. *African Journal of Microbiology Research*, 6(23), 4970-4975.
- WHO 2017. Food Safety. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- WHO 2019. Health Topics. Foodborne Diseases. World Health Organization. https://www.who.int/topics/foodborne_diseases/en/
- Yamé M.D., Maria G. X. de O., Marcos P. V. C., Leticia S. F., Sandy L. P. S., Luisa Z. M., Vasco T. de M.G., Maria I. Z. S., Marcello S. N., Andrea M. M., Andre B. S., Lilian R. M. de S. & Terezinha K. 2018. *Edwardsiella tarda* outbreak affecting fishes and aquatic birds in Brazil, *Veterinary Quarterly*, 38(1), 99-105.



Sensory evaluation of ate made with orange peel pectin

Evaluación sensorial de ate hecho con pectina de cáscara de naranja

Medellín-Cruz, Luz del Carmen²; Cruz-Monterrosa, Rosy G.¹; Rayas-Amor, A. Armando¹; Mena-Martínez, María E.¹; León-Espinosa, Erika B.¹; Hernández-Jabalera, Anahid¹; Miranda de la Lama, Genaro¹; Jiménez-Guzmán, Judith¹; García-Garibay, Mariano¹; Díaz-Ramírez, Mayra^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Departamento de Ciencias de la Alimentación. Av. De las Garzas 10, El panteón, 52005 Lerma de Villada, Estado de México. ²Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Departamento de Ciencias Ambientales. Av. de las Garzas 10, El panteón, 52005 Lerma de Villada, Estado de México.

*Autor de correspondencia: m.diaz@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: The aim of this work was to evaluate the sensory quality of ate (mexican traditional sweet) made with orange peel pectin compared to one made with industrial pectin (control), in order to give an alternative use of this biopolymer in a Mexican artisanal food.

Design/methodology/approach: Pectin was extracted from the orange peel and it was used in ate elaboration; a sensory analysis and physicochemical characterization were carried out.

Results: There were no differences in color and in the sensory perception of flavor, color and texture of ate made of orange peel pectin compared to the control. However, the orange peel pectin ate showed higher adhesiveness and was more fragile than the control.

Study limitations/implications: Further studies of the addition effect of pectin extracted from the orange peel are required to improve the texture of the ate.

Findings/conclusions: The results showed that orange peel pectin can be used in the manufacture of ate.

Keywords: Mexican sweets, alternative inputs, industry.

RESUMEN

Objetivo: evaluar la calidad sensorial de un ate (dulce tradicional mexicano) hecho con pectina de cáscara de naranja comparado con uno elaborado con pectina industrial (control), con la finalidad de dar una alternativa de uso de este biopolímero en un alimento artesanal mexicano.

Diseño/metodología/aproximación: Se realizó la extracción de pectina de la cáscara de naranja. Se elaboraron muestras de ate control y otra elaborada con pectina de naranja; se evaluaron características físicas y sensoriales.

Resultados: No hubo diferencias en color, ni en la percepción sensorial de sabor, color y textura del ate hecho de pectina de cáscara de naranja y aquel elaborado con pectina industrial. Sin embargo, el ate de pectina de cáscara de naranja mostró mayor adhesividad y fue más frágil que el control.

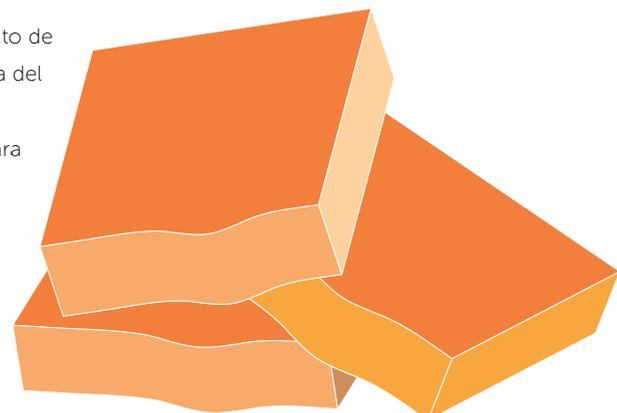
Limitaciones del estudio/implicaciones: Se requieren más estudios del efecto de adición de la pectina extraída de la cáscara de naranja para mejorar la textura del ate.

Hallazgos/conclusiones: Los resultados mostraron que la pectina de cáscara de naranja puede utilizarse en la elaboración del ate.

Palabras clave: dulces mexicanos, insumos alternativos, industria.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp: 61-65.

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



INTRODUCCIÓN

El desarrollo creciente de la industria alimentaria conlleva a la generación de residuos que afectan al medio ambiente. Por lo tanto, es de suma importancia buscar nuevas técnicas o métodos para su aprovechamiento. Los cítricos son las frutas de mayor importancia en el comercio internacional (Ambía, 2017) siendo la naranja (*Citrus sinensis* L.) la principal especie cítrica que se produce en el mundo, con aproximadamente dos tercios de la producción mundial; las variedades cultivadas en México son la valencia, la navel-lane-late y la navelina. La naranja valencia o valenciana entra en producción en mayo, es jugosa y dulce y por ello es orientada a la producción de jugo (SIAP, 2019). El residuo sólido (aproximadamente el 50% de la fruta) obtenido después de exprimir las frutas frescas contiene cáscara (60-65%), tejidos internos (30-35%) y semillas (0-10%) y tiene altos niveles de azúcares solubles, pectina, proteínas, hemicelulosas y celulosa (Cypriano *et al.*, 2018). Esta enorme cantidad de desechos se distribuye en diferentes áreas, siendo el suelo en áreas adyacentes a los lugares de producción, los más comunes, pero también puede ser utilizado como materia prima en la alimentación animal (Rezzadori *et al.*, 2012), o bien en la extracción de biopolímeros para su aprovechamiento, tal como la pectina.

La pectina se emplea en la industria alimentaria como agente gelificante, espesante, texturizante, emulsionante y estabilizante para modificar las propiedades de otros alimentos. La demanda del mercado mundial de diferentes tipos de pectina es de más de 30,000 toneladas anuales y crece aproximadamente 3.8% anual (Saberian *et al.*, 2017). En este grupo complejo de heteropolisacáridos estructurales presentes en los vegetales que tienen diferentes grados de esterificación y que pueden contener de 200 a 1,000 unidades de ácido galacturónico (Badi-Dergal, 2006), se pueden distinguir dos tipos: las de alto índice de metoxilo (más del 50% de grupos carboxilos esterificados) y las de bajo índice de metoxilo (menos del 50% de grupos carboxilos esterificados). La extracción comercial de pectina normalmente se realiza de cáscaras de frutas como la manzana (*Malus domestica* L.) y cítricos (*Citrus* sp.) (limón, la lima, naranja, toronja y mandarina), pero recientemente se han realizado estudios para su obtención de otro tipo de cáscaras como la granada (*Punica granatum* L.) (Pereira *et al.*, 2016), el plátano (*Musa paradisiaca* L.) (Oliveira *et al.*, 2016), papaya (*Carica papaya* L.) (Koubala *et al.*, 2014) entre otras

fuentes. Los métodos para su extracción también son variados e incluyen desde la tradicional con ácidos y enzimas, hasta el uso de otras tecnologías alternas, tales como el ultrasonido y las microondas. Sus aplicaciones también se han diversificado por ejemplo en la elaboración de películas comestibles y como materiales de pared en nano encapsulados.

En México, los alimentos tradicionales o artesanales tienen una amplia demanda por su valor cultural, social y económico, además de ser considerados como saludables y contar con características sensoriales aceptables (textura, sabor, olor, apariencia, entre otras). Existe una gran variedad de alimentos artesanales que son resultado de los procesos de adaptación que han llevado a cabo los humanos a lo largo de miles de años de acuerdo a los contextos socioculturales, y se basa en la herencia de conocimientos mediante generaciones (Domínguez-López *et al.*, 2011). Los usos y costumbres de México hacen que la confitería mexicana forme parte de la dieta en algunas regiones del país y sean considerados alimentos artesanales.

El ate o pasta de frutas es un dulce típico mexicano originario de Morelia Michoacán, y surge durante la época de la colonia española, y su creación se atribuye a los frailes franciscanos (Moreno-Hernández, 2015). Es una mezcla de pulpa de frutas y azúcar que se han concentrado hasta un punto que al enfriarse se forma una masa sólida. El azúcar, da ciertas características físicas, químicas y microbiológicas al producto además de mejorar la estabilidad y palatabilidad, proporciona brillo y color, además hace posible la gelificación con pectinas de alto metoxilo (Pozo Yépez e Imbaquingo Abalco, 2013). Si bien, el ate es un alimento artesanal importante no existen estudios sobre sus procesos, y sus características físicas, químicas, nutrimentales, sensoriales y microbiológicas, es por eso que este trabajo tuvo como objetivo la caracterización sensorial de un ate hecho con pectina industrial y con pectina extraída de la cáscara de naranja, para aprovechar dicho residuo en un alimento artesanal mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó cáscara de naranja de la variedad valenciana obtenida de la central de Abastos en el municipio de Lerma de Villada Estado de México. Para la extracción de la pectina se utilizó HCl y etanol grado reactivo. Para la elaboración de ate se utilizó guayaba, ácido cítrico y azúcar marca comercial. Para la extracción de pectina

Se pesaron 100 g de mesocarpio interno (albedo) de la cáscara de naranja y se vertió en 600 mL de agua en ebullición durante 5 min, se drenó el agua y se agregaron 600 mL de agua con 1 mL de HCl al 37%, el pH obtenido fue de 1.5; la mezcla se colocó a ebullición (85 °C) durante 45 min, posteriormente, se filtró el líquido obtenido y a éste se le adicionaron 300 ml de etanol, se dejó en reposo durante 45 min y se obtuvo un gel (pectina hidratada), la mezcla se centrifugó (Thermo Fisher SCIENTIFIC modelo Sorvall-LYNX-600) a 14,000 rpm durante 10 min, se decantó el etanol y la pectina recuperada se secó a 35 °C en una estufa (Modelo 663, Cole-Parmer Instrument Company, LCC, IL, USA) durante 9 h. La pectina seca fue molida (Hamilton Beach modelo 80393, México) y se tamizó en malla 150 con un tamaño de partícula de 105 micrones.

Con 250 g de guayaba (*Psidium guajaba* L.) en trozos se colocaron en agua a 86 °C durante 4 min para suavizar la pulpa. La fruta suavizada se trituró en una licuadora (Ninja-NJ600, USA) a velocidad dos durante 1 min. Se quitó el exceso de semilla y se colocó en recipiente de aluminio para calentar durante 2 min, se le añadió 3.7 g de ácido cítrico y 220 g de azúcar y se dejó calentar por 13 min más, posteriormente se le añadió la pectina (1.8 g de pectina control y 4.5 g de la pectina extraída de la cáscara de naranja) previamente disuelta con 35 mL de agua caliente. La mezcla con la pectina se deja calentar durante 15 min más para evaporar el exceso de agua. A continuación, la mezcla se vertió en un molde y dejó reposar en refrigeración durante 48 h.

Características físicas del ate

Se evaluó el contenido de sólidos solubles (°Brix), el color y textura de los ates elaborados con ambas pectinas. El color se midió utilizando un colorímetro (Konica Minolta CR-400, New Jersey, USA), donde se obtuvieron los datos del sistema CIE L* a* b* (estándar internacional para color adoptado por la Comisión Internacional de Iluminación, CIE por sus siglas en francés), donde el parámetro L* corresponde a la luminosidad del color tomando valores del 0 a 100, L=0 representa el color negro, L=100 corresponde al color blanco; a* y b* pertenecen a los componentes cromáticos, sus valores van de -120 a 120; a* con valores (+) pertenece al color rojo y con valores (-) pertenece al color verde, el valor de b* con valores (+) pertenece al color amarillo y con valores (-) pertenecen al color azul. La textura (firmeza y adhesividad) se evaluó en muestras rectangulares (15×13 mm, altura 53 mm) con un texturómetro CT3-Brookfield (Brookfield, Middleboro, USA) con una carga de 4500 g y una velocidad de 0.5 mm s⁻¹.

Evaluación sensorial. Se utilizó una escala hedónica preferencial de 9 puntos (Me gusta muchísimo=4, Me gusta mucho=3, Me gusta bastante=2, Me gusta ligeramente=1, Ni me gusta ni me disgusta=0, Me disgusta ligeramente=-1, Me disgusta bastante=-2, Me dis-

gusta mucho=-3, Me disgusta muchísimo=-4) para evaluar las características de olor, color y textura del producto. El ate fue cortado en cubos de 1 cm × 1cm × 1 cm y se identificaron con numeración aleatoria de tres dígitos, la evaluación se llevó a cabo por 35 individuos sin conocimiento previo del proyecto. Se aplicó una Prueba de Wilcoxon de comparaciones múltiples en el programa SPSS (Statistical Package for the Social Science).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas del ate

El contenido de sólidos solubles (°Brix) se midió en dos puntos, en la guayaba molida y después de agregar el azúcar, en el primer caso el resultado fue de 7.4±1 °B y en la pasta final de 70±2 °Brix, este último valor debido a la alta concentración de azúcar dispersa en la mezcla.

El Cuadro 1 muestra los resultados de color del ate, como se observa los valores de L* de las muestras fueron 32.32 y 37.01 para el control y el ate elaborado con pectina de cáscara de naranja respectivamente; ambas muestras tienden a una tonalidad oscura siendo el control ligeramente más oscuro; en cuanto a los valores de a* (0.39 y -0.08), estos muestran que el ate control tiende a una tonalidad rojiza mientras que el ate de pectina cáscara de naranja tiende ligeramente a una tonalidad verdosa. Los valores que presenta b* (8.48 y 7.70) por ser valores positivos muestran que ambos tienden al color amarillo. El oscurecimiento y la tonalidad amarilla rojiza del ate se deben a las reacciones de oxidación de los compuestos que dan color a la guayaba promovidas por el tratamiento térmico y la presencia de oxígeno (Hawlder et al.,

Cuadro 1. Valores de color del ate elaborado con pectina control y pectina de cáscara de naranja.

Parámetro	Ate control	Ate de pectina cáscara de naranja
L*	32.32	37.01
a*	0.39	-0.08
b*	8.48	7.70

2012), tal es el caso de la oxidación de la Vitamina C; por otro lado, las reacciones de Maillard llevadas a cabo entre azúcares y aminoácidos libres también promueven la presencia de compuestos más oscuros (Damiani *et al.*, 2012).

Para la textura (firmeza y adhesividad) el Cuadro 2, muestra que el ate control es significativamente más firme y menos adhesivo que el ate elaborado con la pectina extraída de la cáscara de naranja. La firmeza es un indicador de la estructura y consistencia o uniformidad del gel (Kanwal *et al.*, 2017) al parecer la pectina extraída de la cáscara de naranja tiene menor capacidad de formarlo bajo las mismas condiciones que la pectina control. La disminución en el valor de firmeza estuvo relacionada con el valor de adhesividad ya que esta se incrementó en el gel de pectina de cáscara de naranja, debido probablemente a la poca uniformidad del gel que junto con la alta concentración de azúcar promovió que la adhesividad se incrementará. El ate se caracteriza por ser un gel, cuya firmeza lo hace diferente de otros productos derivados de frutas como la mermelada cuyo comportamiento reológico ha sido ampliamente evaluado (Dervisi *et al.*, 2001), por lo tanto es necesario continuar con el estudio detallado de este alimento artesanal mexicano.

Los parámetros evaluados en la prueba sensorial fueron color, sabor y textura. Estos resultados se presentan en el Cuadro 3, donde los panelistas dieron calificaciones similares de sabor y color de ambos ates, mientras que para el caso de la textura se obtuvo menor calificación en el ate elaborado con la pectina control. No obstante, la prueba de Wilcoxon (Cuadro 4) (Ramírez-Navas *et al.*, 2014) muestra que no se encontraron diferencias significativas entre la aceptación del sabor ($P < 0.05$), color ($P < 0.05$) y textura ($P < 0.05$) entre ambas muestras por

parte de los jueces. Si bien los resultados obtenidos en la prueba de textura muestran que la pectina extraída de la cáscara de naranja forma un gel menos firme y más adhesivo, al parecer los panelistas prefieren dicha consistencia que la del control.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo muestran que es factible el uso de la pectina extraída de la cáscara de naranja en la elaboración de ate. Sensorialmente no se percibieron diferencias significativas de sabor, color y textura entre la muestra control y el ate elaborado con pectina de cáscara de naranja, no obstante, de acuerdo a la evaluación en texturómetro, este último gel fue menos firme y más adhesivo, por lo que se requieren más estudios para mejorar estas características.

LITERATURA CITADA

- Badui-Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. Cuarta edición. México: Pearson Educación.
- Cypriano, D., Lopes da Silva, L., & Tasic, L. (2018). High value-added products from the orange juice industry waste. *Waste Management* 79, 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.028>
- Damiani, C., Silva, F. A., Asquiere, E. R., Lage, M. E., & Boass, E. V. (2012). Antioxidant potential of *Psidium guinnensis* Sw. jam during storage. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 42(1), 90-98. <http://www.scielo.br/pdf/pat/v42n1/13.pdf>
- Dervisi, P., Lamb, J., & Zebetakis, I. (2001). High pressure processing in jam manufacture: effects on textural and colour properties. *Food Chemistry*, Volume 73, Issue 1., 85-91. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00289-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00289-2)
- Dominguez-López, A., Villanueva-Carvajal, A., Arriaga-Jordán, M., & Espinoza-Ortega, A. (2011). Alimentos artesanales y tradicionales: el queso Oaxaca como un caso de estudio del centro de México. *Estudios Sociales* Vol.19 no.38,165-193. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572011000200007&lng=en&tlng=en.

Cuadro 2. Textura del ate elaborado con pectina control y pectina de cáscara de naranja.

Parámetro	Ate control	Ate de pectina cáscara de naranja
Firmeza (N)	49.03±1.3	15.73±0.8
Adhesividad (mJ)	10.12±0.77	17.09±1.5

Cuadro 3. Evaluación sensorial del ate elaborado con pectina control y pectina de cáscara de naranja.

Parámetro	Ate control	Ate de pectina cáscara de naranja
Sabor	2.7	2.3
Color	2.6	2.8
Textura	2.4	1.8

Cuadro 4. Estadístico de evaluación sensorial de ate elaborado con pectina control y pectina de cáscara de naranja.

	Sabor del Ate E. con Pectina de Naranja - Sabor del Ate Control	Color del Ate E. con Pectina de Naranja - Color del Ate Control	Textura del Ate E. Pectina de Naranja - Textura del Ate Control
P	0.296	0.255	0.253

- Hawladar, M., Perera, C., Tian, M., & Yeo, L. (2006). Drying of Guava and Papaya: Impact of Different Drying Methods. *Drying Technology*, 21(1), 77-87. doi:10.1080/07373930500538725
- Kanwal, N., Randhawa, M. A., & Iqbal, Z. (2017). Influence of processing methods and storage on physico-chemical and antioxidant properties of guava jam. *International Food Research Journal* 24(5): 2017-2027. Obtenido de [http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20\(05\)%202017/\(25\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20(05)%202017/(25).pdf)
- Koubala, B., Christiaens, S., Kansci, G., van Loey, A., & Hendrickx, M. (2014). Isolation and structural characterisation of papaya peel pectin. *Food Research International*. 55, 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.009>
- Maya Ambía, C. J. (2017). Citricos mexicanos en el mercado japonés: experiencias y oportunidades para Sinaloa. México y la cuenca del pacífico vol.6 no.16, 107-142. <http://www.scielo.org.mx/pdf/mcp/v6n16/2007-5308-mcp-6-16-00107.pdf>
- Moreno-Hernandez, D. (2015). Tesis Profesional: Los dulces: expresión tradicional de las festividades de San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Universidad De Ciencias Y Artes De Chiapas. Facultad De Ciencias De La Nutrición Y Alimentos.
- Oliveira, T., Rosa, M., Cavalcante, F., Pereira, P., Moates, G., Wellner, N., Azeredo, H. (2016). Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. *Food Chemistry*, 113-118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.080>
- Pereira, P., Oliveira, T., Rosa, M., Cavalcante, F., Moates, G., Wellner, N., Azeredo, H. (2016). Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.03.074>
- Pozo Yépez, V. C., & Imbaquingo Abalco, S. M. (2013). Elaboración de até (bocadillo) de guayaba (*Pisidium guajaba* L.) incorporando fréjol cargabello (*Phaseolus vulgaris* L.) y panela para mejorar el valor nutricional del producto. (Tesis para título de Ingeniero). Ibarra-Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2330>
- Ramírez-Navas, J., Murcia, C., & Castro, V. (2014). Análisis De Aceptación Y Preferencia Del Manjar Blanco Del Valle. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol. 12 No. 1, 20-27. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000100003
- Rezzadori, K., Benedetti, S., & Amante, E. (2012). Proposals for the Residues Recovery: Orange Waste as Raw Material for New Products. *Food and Bioproducts Processing*. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.06.002>
- Saberian, H., Hamidi-Esfahani, Z., Ahmadi Gavlighi, H., & Barzegar, M. (2017). Optimization of pectin extraction from orange juice waste assisted by ohmic heating. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* Volume 117, 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2017.03.025>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019, 06 05). Reporte Especial, Naranja: Orgullo de la Tierra Mexicana. Obtenido de <http://infosiap.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100602-reporte-naranja.pdf>



Characteristics of rabbit meat and its shelf life valued with the profile of biogenic amines

Características de la carne de conejo y su vida de anaquel evaluada con el perfil de aminas biogénicas

Cruz-Monterrosa, Rosy G.*; Díaz-Ramírez, Mayra; Jiménez-Guzmán, Judith; García-Garibay, Mariano; Miranda de la Lama, Genaro; Hernández-Jabalera, Anaïd; Mena-Martínez, María; León-Espinoza, Erika; Rayas-Amor, Adolfo

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma, Departamento de Ciencias de la Alimentación. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Av. de las Garzas 10, El panteón, 52005 Lerma de Villada, Estado de México. México.

*Autor de correspondencia: r.cruz@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: Describe the production, physical-chemical characteristics and the formation of biogenic amines in rabbit meat.

Design/methodology/approach: The search for scientific publications associated with the production and quality of rabbit meat was conducted. Data on the formation of biogenic amines in three types of packaging at different days of conservation in rabbit meat are reported.

Results: Mexico ranks first in rabbit production in Latin America. Rabbit meat is low in fat from 3 to 6%, and contains 19 to 26% protein. Meat is sensitive to decomposition when kept refrigerated, it begins with physical changes in color, smell, texture, oxidation of lipids and biogenic amines such as putresin, cadaverine, histamine are formed.

Limitations of the study/implications: Rabbit meat preserved in refrigeration with unice trays and plastic films accelerates the degree of decomposition and increases the putrescine content at 21d storage.

Findings/conclusions: The consumption of rabbit meat should be promoted for its nutritional properties. Vacuum packing is the best alternative to prolong the shelf life of meat.

Keywords: rabbit meat, biogenic amines, refrigeration, conservation.

RESUMEN

Objetivo: Describir la producción, las características físico-químicas y la formación de aminas biogénicas en la carne de conejo.

Diseño/metodología/aproximación: Se realizó la búsqueda de publicaciones científicas asociadas con la producción y calidad de la carne de conejo. Se reportan datos sobre la formación de aminas biogénicas en tres tipos de empaques a diferentes días de conservación en la carne de conejo.

Resultados: México ocupa el primer lugar en la producción de conejo en América Latina. La carne de conejo es baja en grasa de 3 a 6%, y contiene 19 a 26% de proteína. La carne es sensible a la descomposición cuando se mantiene en refrigeración, inicia con cambios físicos en el color, olor, textura, oxidación de los lípidos y se forman aminas biogénicas como putresina, cadaverina, histamina.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La carne de conejo conservada en refrigeración con charolas de unice y películas plásticas acelera el grado de descomposición y se incrementa el contenido de putrescina a los 21d de almacenamiento.

Hallazgos/conclusiones: Se recomienda promover el consumo de carne de conejo por sus propiedades nutritivas. El empaque al vacío es la mejor alternativa para prolongar la vida de anaquel en la carne.

Palabras clave: Carne de conejo, aminas biogénicas, refrigeración, conservación.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp: 67-73.

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



INTRODUCCIÓN

La carne es uno de los alimentos más perecederos debido al alto contenido de agua y nutrientes disponibles. En los animales domésticos, la carne de conejo acumula menos grasa (3 a 6%), contiene de 19 a 26% de proteína, y 40 mg Na 100 g⁻¹ (Camps y de Pedro, 2001; Romero, 2016). Cuando la carne presenta cambios físicos en el color, olor, textura y oxidación de lípidos se vuelve inaceptable para el consumidor; principalmente se produce una descarboxilación de algunos aminoácidos en su forma libre (Ercolini *et al.*, 2006). Durante la descomposición de la carne, se forman y acumulan aminos biogénicos (AB); éstas son bases orgánicas de bajo peso molecular, caracterizadas por la presencia de un grupo amina (Tamim y Doerr, 2003; Aquiles *et al.*, 2015). La cuantificación de AB en la carne, indican el comienzo de la actividad microbiana y deterioro del valor nutritivo (Aquiles *et al.*, 2015; Galgano *et al.*, 2009; Kaniou *et al.*, 2001), así como una deficiente calidad sanitaria y condiciones inapropiadas durante su almacenamiento (Izquierdo, 2004). China es el principal país productor de conejo a nivel mundial, su producción está orientada a la obtención de piel y pelo, quedando en segundo término la producción de carne (Szendro y Szendro, 2008; Hanzhong, 2008; Roca, 2009). A nivel mundial la carne se distribuye de la manera siguiente: Asia: 881,163 (68.5%); Europa: 300,623 (23.4%); África: 87,204 (6.8%) y América: 17,135 (1.3%) (FAOSTAT, 2017). En el caso de América, México ocupa el primer lugar, con una producción de 4,360.11 t de carne de conejo (FAOS-

TAT, 2017), principalmente surtida en 95% por el sistema de traspatio o pequeña escala, el otro 5% alcanza niveles empresariales. La SAGARPA (2016) reportó que los estados de Puebla, Tlaxcala, Morelos, Ciudad de México, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Jalisco y Estado de México son las principales entidades productoras de carne de conejo en el país. La ingesta de AB a través de la carne puede causar dolor de cabeza, fiebre, hipertensión y trastorno cardiaco (Min *et al.*, 2007). No hay mucha información acerca de la calidad de carne de conejo y su vida de anaquel; en la industria cárnica predominan dos sistemas comunes de envasado, los de bandeja de espuma de poliestireno convencional (con o sin almohadilla absorbente y una cubierta de cloruro de polivinilo) y el envasado al vacío (Charles *et al.*, 2006). Por lo tanto, este estudio pretende describir el panorama en la producción de conejos, las características y vida de anaquel de la carne en refrigeración y el perfil de AB que garantice una inocuidad deseable.

En México, el conejo tuvo presencia desde la época prehispánica, fue un alimento de importancia en los grupos indígenas. Posteriormente, los conejos domesticados fueron introducidos en el país por los españoles (Comité Nacional Sistema Producto Cunicola, 2012). Actual-

mente, hay baja demanda de carne de conejo en comparación con otras carnes (Rosas, 2013). El consumo anual por persona es de 128 g (SAGARPA, 2017), los factores que limitan el consumo son sociales y culturales. La Norma NMX-FF-105-SCFI-2005 menciona que la canal de conejo, es el cuerpo del animal sacrificado, desangrado, sin piel, abierto a lo largo de la línea media (externo-abdominal), con cabeza y eviscerado. Como norma, los animales se deben introducir al rastro para su sacrificio y deben estar limpios para no contaminar los canales durante las faenas. Los procesos de sacrificio constan de insensibilización, desangrado, desollado, evisceración y lavado (NOM-033-SAG/ZOO-2014). La carne es el resultado de transformaciones y reacciones bioquímicas, que ocurre al cambio *post-mortem*, indicando la tensión de las fibras musculares; se produce ácido láctico y el músculo obtiene dureza a un pH de 5.6 a 5.8 (Andújar *et al.*, 2003). En los animales maduros el rendimiento oscila de 50 a 60% (Fragoso, 1993). Como se citó anteriormente, la carne de conejo es baja en grasa, El Cuadro 1 muestra comparaciones nutricionales, con respecto a otras carnes.

La calidad de la carne de conejo se define en tres categorías: El valor nutritivo (composición química), la inocuidad (higiene y ausencia de

Cuadro 1. Composición nutricional de algunas carnes de consumo común.

Tipo de carne	Proteína (%)	Grasa (%)	Agua (%)	Colesterol (mg 100 g ⁻¹)	Aporte energético	Hierro (mg 100 g ⁻¹)
Tenera	14-20	8-9	74	70-84	170	2.2
Vaca	19-21	10-19	71	90-100	250	2.8
Cerdo	12-16	30-35	52	70-105	290	1.7
Cordero	11-16	20-25	63	75-77	250	2.3
Conejo	19-25	3-8	70	25-50	160-200	3.5
Pollo	12-18	9-10	67	81-100	150-195	1.8

(Fragoso, 1993).

contaminantes) y el análisis sensorial (Wood, 1990). En esta revisión solo se describen algunas características fisicoquímicas, tales como el **color**, que depende del contenido de mioglobina (Mb), constituida a su vez por globina y un grupo prostético hemo. En presencia de oxígeno se forma oximioglobina, de color rojo brillante característico de la carne fresca, pero en su forma desoxigenada, la Mb adquiere color rojo púrpura. Cuando el hierro se oxida se forma metamioglobina, originando color marrón (Pérez y Ponce, 2013). En la carne de conejo, el color representa un importante factor de calidad. Esta carne presenta una coloración pálida, blanca rosada (García et al., 2012). Dentro de los músculos más pálidos se halla el *longissimus*; los músculos de la pierna como el *Biceps femoris*, presentan valores intermedios. Mientras que el *trapezius* es un músculo cualitativamente poco importante ya que es el más oscuro (Hernández, 1997).

La **textura**, de la carne depende del tamaño de los haces de fibras, es decir del número y diámetro de las fibras, así como de la cantidad de tejido conectivo que forma el perimisiotisular. Su dureza o blandura depende de la mayor o menor dificultad que presente durante la masticación, pero el valor depende de la cantidad de tejido conectivo que existan y de la grasa intermuscular que contenga (Carvajal et al., 2008). Hernández (1997) menciona que, durante el proceso de maduración, la carne va perdiendo dureza a consecuencia de las enzimas proteolíticas (catepsinas y calpaínas) sobre las proteínas miofibrilares. En cuanto al colágeno, el conejo no presenta problema de dureza en la carne, debido a que el animal es sacrificado a temprana edad.

Respecto al **aroma y sabor**, el contenido de la grasa en carne de cada especie animal son los responsables de estas variables, (Hernández, 1997); y por el proceso de oxidación de los compuestos lipídicos se modifica negativamente el sabor y olor de la carne. Actualmente en los conejos hay gran interés en aumentar el valor de la carne, llegando a ser un "alimento funcional", y para lograr el propósito se están incluyendo dietas con suplementos de ácidos grasos polinsaturados AGPI n-3, ácido linoleico conjugado (ALC), vitaminas y antioxidantes; evaluando sus efectos en la carne cruda, almacenada o procesada. El perfil de ácidos grasos de la carne de conejo se puede favorecer con la inclusión en la dieta de materias primas ricas en AGPI n-3 durante las dos últimas semanas de engorda. La concentración de ALC en la carne se puede aumentar con un suplemento al 0.5% de ALC,

dando estabilidad en la grasa del músculo *Longissimus lumborum* (Cavani et al., 2009).

El **pH** de la carne después del sacrificio depende de la cantidad de ácido láctico producido por la reserva de glucógeno. La pérdida de agua está relacionada con el descenso de pH, si ocurre muy rápido habrá más pérdida de agua, y en consecuencia una desnaturalización de las proteínas sarcoplásmicas. Una de las ventajas que presenta la carne de conejo, es que la caída del pH durante el proceso de maduración, es lento, y es difícil observar eventos de carne PSE pálida, suave o exudativa (Hernández, 1997).

La carne de conejo se comercializa en canales enteras, aunque recientemente están incrementando los productos procesados. La refrigeración de la carne de conejo no ha sido bien estudiada, los comerciantes empíricamente mencionan que la carne refrigerada es un producto altamente perecedero. La NMX-FF-105-SCFI-2005- productos pecuarios-carne de conejo en canal-calidad de la carne-clasificación, menciona que la carne de conejo refrigerada debe permanecer en un sistema de conservación físico con el cual se mantenga el producto de 0 °C a 4 °C. Por lo tanto, es necesario implementar investigaciones y técnicas que permitan valorar la vida de anaquel para tener un producto seguro e inocuo. El envasado al vacío triplica el tiempo de almacenamiento de la carne, manteniendo las características organolépticas en buen nivel. Kaniou et al. (2001) mencionan que un procedimiento simple para reducir las concentraciones de AB, es el lavado, éste puede eliminar cantidades sustanciales de aminos, ya que se supone, se encuentran principalmente sobre la superficie de la carne. Sin embargo, no se conoce con exactitud las concentraciones de AB, sin duda el envasado es una práctica ideal que prolonga la vida de anaquel. Por esta razón, nuestro grupo de trabajo realizó la determinación de Aminos biogénicas (AB) evaluando tres tipos de empaques.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el estudio sobre Aminos Biogénicas en carne de conejo se utilizaron 60 machos (*Oryctolagus cuniculus*) de la raza Nueva Zelanda, en buenas condiciones de salud, con dos meses de edad y peso vivo promedio de 2.35 kg. Los animales se sacrificaron de acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014. Las muestras de carne (*Longissimus thoracis et lumborum*) se clasificaron en 1) grupo testigo (T): envasadas en bolsa de plástico de polietileno transparente



(calibre 120). 2) Muestras con empaque semipermeable (ES): Se envasaron en bandeja de polietileno (plato de unicel de 11 cm de diámetro Reyma®) con película de plástico semipermeable (película elástica grado alimenticio con un calibre de 12 μ). 3) Muestras con empaque al vacío (EV): Se envasaron en bolsa para vacío de 15 x 20 cm y 90 μ /2.8 msi (milésima de pulgada) de espesor. Después de envasadas las muestras se conservaron en refrigeración, durante cuatro tiempos de almacenamiento: Cero (menos de 12 horas de refrigeración), 7, 14 y 21 d.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

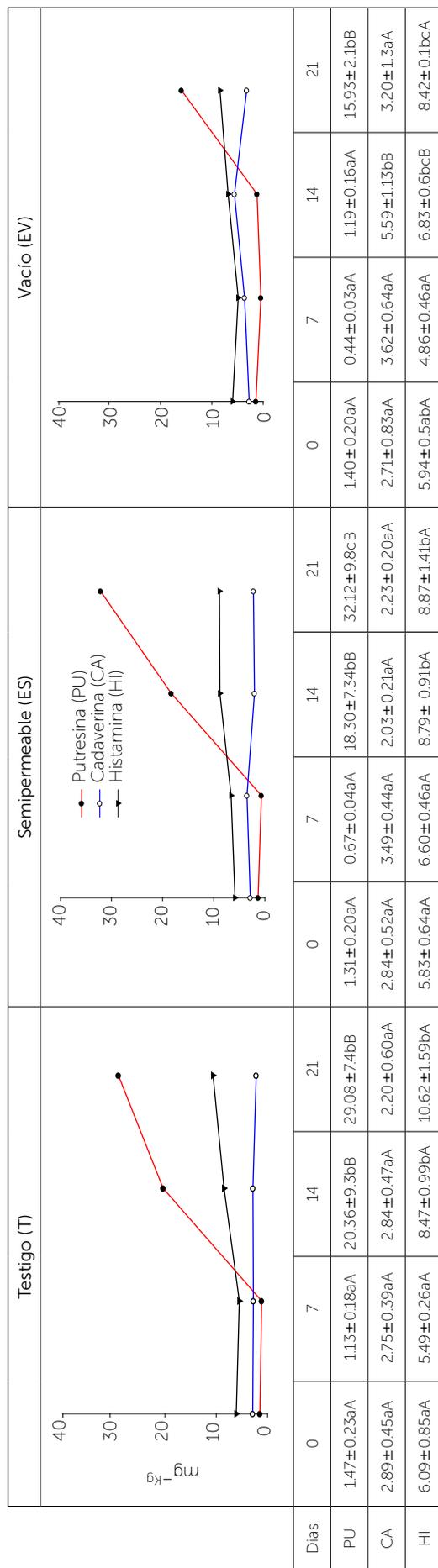
La Figura 1 muestra la concentración de AB en los tres grupos de empaques. El contenido de putrescina no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los grupos, durante los primeros 7 d de almacenamiento. Después, la putrescina incrementó drásticamente ($P < 0.05$) desde los 7 d hasta 21 d del almacenamiento; los grupos T y ES fueron similares ($P > 0.05$), ambos acumularon el doble de putrescina (30.6) hasta los 21 d, comparado con el Grupo EV (15.9). En referencia a los niveles de cadaverina e histamina, no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los grupos; solamente hubo algunas diferencias significativas ($P < 0.05$) desde los 14 d hasta los 21 d entre los grupos ES y EV, las cantidades fueron bajas en referencia al contenido de putrescina. El tiempo de almacenamiento y el tipo de empaque influyeron principalmente en la producción de putrescina. Posiblemente el alto nivel de putrescina se asoció con la proliferación de *Pseudomonas* en condiciones aerobias a temperatura de 37 °C (Balamatsia *et al.*, 2006).

La producción de cadaverina en la carne de conejo posiblemente está asociada con el contenido de lisina (8.7 mg g⁻¹); éste aminoácido es precursor de las AB (Blas y Wiseman, 2010), además la presencia de enterobacterias también inducen mayor contenido de cadaverina (Bover *et al.*, 2005). La putrescina puede ser formada por la degradación de glutamina, arginina y agmatina; la arginina se convierte fácilmente en agmatina, mediante la descarboxilación de la arginina por la agmatina-deiminasa y paralelamente la actividad bacteriana sobre la ornitina puede ser degradada a putrescina por ornitina-descarboxilasa (Bover *et al.*, 2005; Jairath *et al.*, 2015). A pesar de que la concentración de histamina fue mayor a la cadaverina y a lo reportado por otros autores (Kaniou *et al.*, 2001; Galgano *et al.*, 2009), la concentración hallada en este estudio, no representó un peligro de intoxicación, ya que el límite permisible es de 40 mg (Rabie *et al.*, 2014), pero una cantidad desde 100 hasta 1000 mg induce una toxicidad media a muy toxica (Jairath *et al.*, 2015). En este estudio, los tres tipos de empaques presentaron un incremento de histamina conforme pasaron los días de almacenamiento.

En referencia a la putrescina en los empaques T y ES se relacionó con la presencia de más oxígeno y menos bióxido de carbono a diferencia del EV, generando proliferación selectiva microbiana (Signorini, 2007). Las bacterias más comunes en EV son las ácidolácticas dominantes y alterantes, éstas ayudan a controlar el crecimiento de otras como los mesófilos aerobios y enterobacterias (Balamatsia *et al.*, 2006).

Las Aminas biogénicas (AB) son sustancias de bajo peso molecular, se forman por descarboxilación de aminoácidos libres, dicho proceso se realiza por las enzimas descarboxilasas, producidas por algunos microorganismos (Lázaro *et al.*, 2013). Halász *et al.* (1994) mencionan que también las AB se forman y acumulan debido a la actividad del tejido. Las principales AB que se encuentran en los productos cárnicos frescos y procesados son: Putrescina, cadaverina, histamina y tiramina (Demeyer *et al.*, 2000). La producción de AB en los alimentos se ve afectada por la temperatura de almacenamiento, concentración de sales y fundamentalmente por el pH (Signorini y Guerrero, 2009). Maijala *et al.* (1993) señalaron que la acumulación de AB en la carne puede contribuir a el aumento del pH. La congelación, descongelación y procesamiento de la carne y la presencia de bacterias son factores importantes en la formación de las AB (Min *et al.*, 2007). En un estudio realizado por Halász *et al.* (1994) mencionan que la presencia de estas moléculas en los alimentos está relacionada directamente con la composición de aminoácidos, el tiempo de maduración, empaque y otros factores. Signorini y Guerrero (2009) mencionan que la determinación de AB en los alimentos es importante, no solo desde el punto de vista toxicológico, sino también porque estos compuestos se utilizan como indicadores en el grado de alteración y son marcadores de contaminación microbiológica en los alimentos (Leuchner *et al.*, 1999). Sin embargo, no es un criterio absoluto, ya que las AB también podrían ser degradadas por algunos microorganismos (Leuchner *et al.*, 1998).

Existe poca información disponible sobre el contenido de AB biológicamente activas en la carne. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, 1990) ha establecido un nivel de tolerancia de histamina en el pescado de



EC: Bolsa plástica de polietileno. ES: Bandeja de polietileno con película de plástico semipermeable. EV: Empacado al vacío (tiempo de vacío 40 s y sellado 2 s). d.e. = desviación estándar. Letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento (P < 0.05). Letras mayúsculas en la misma columna indican diferencias significativas entre empaques (P < 0.05).

Figura 1. Concentración de aminas biogénicas (media±d.e) en tres tipos de empaques a diferentes días de refrigeración en carne de conejo (músculo *Longissimus thoracis et lumborum*).

100 mg kg⁻¹ de carne. Los altos niveles de putrescina y cadaverina son potenciadores de toxicidades por histamina o tiramina (Kaniou et al., 2001), pero no se han sugerido recomendaciones sobre los niveles máximo tolerables. Silla Santos (1996) menciona que las AB pueden causar algunos trastornos de neurotransmisión, debido a una acción neurotransmisora falsa; la alta ingestión de AB a través de la carne, puede causar dolor de cabeza, hipertensión, pirexia o enfermedad cardíaca (Min et al., 2007). También las AB pueden catalogarse como posibles precursores carcinógenos, como N-nitrosaminas (Shalaby, 1996). En referencia a su cuantificación, Lázaro et al. (2013) validaron un método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para determinar las AB en la carne de pollo. Los métodos confiables para evaluar la producción de AB son importantes para prevenir la intoxicación transmitida por los alimentos, por ello, es importante mantener un buen control de la cadena de producción y verificar la calidad de la seguridad. El método de cromatografía líquida de alta resolución son técnicas confiables y altamente sensibles para la detección y cuantificación simultáneas de diferentes AB (EFSA, 2011). Vinci y Antonelli (2002) mencionan que todos los métodos analíticos para el análisis de las AB en alimentos emplean la extracción de las aminas y su determinación cuantitativa mediante ácido perclórico, y el otro método a través de la derivatización (derivativo) con dansilcloruro.

CONCLUSIONES

El tiempo de almacenamiento cambia el contenido de AB. Al final de la evaluación (21 d) hubo diferencias en el tiempo de conservación y tipo de

empaques. El tipo de empaque y el tiempo de refrigeración influyeron en la concentración de AB; principalmente el EV tuvo la más baja concentración de putrescina hasta los 21 días de almacenamiento.

LITERATURA CITADA

- Andújar, G., D. Pérez y O. Venegas. (2003). Química y bioquímica de la carne y productos cárnicos. Editorial Universitaria. La Habana, Cuba 125p.
- Aquiles, L. C., Conte, J. C. A., Canto, C. A., Guerra, M. M. L., Costa, L. B., Gomes, C. A., Teixeira, M. E., Maia, F. R. (2015). Biogenic amines as bacterial quality indicators in different poultry meat species. *LWT - Food Science and Technology* 60, 15-21.
- Balamatsia, C. C., Paleologos, E. K., Kontominas, M. G., Savvaidis, I. N. (2006). Correlation between microbial flora, sensory changes and biogenic amines formation in fresh chicken meat stored aerobically or under modified atmosphere packaging at 4 °C: possible role of biogenic amines as spoilage indicators. *Antonie van Leeuwenhoek* 89, 9-17.
- Blas C, and Wiseman J. (2010). *Nutrition of the Rabbit*. Segunda Edición. Reino Unido: CPI Anthony Rowe Ltd;
- Bover, C. S., Latorre, M. M. L., Garriga, M., Vidal, C. M. C. (2005). Aminas biógenas en productos cárnicos: un repaso a su origen, importancia y control. *Eurocarne* 141, 1-6.
- Camps. J. y J. C. de Pedro. (2001). Conejo: la carne sana y dietética. Ciclo internacional de conferencias en cunicultura empresarial. Universidad Autónoma Chapingo.
- Carvajal L.M., N. Ospina., O.L.Martínez., L.Ramírez C.C. Restrepo S.S. Adarve S.L. Restrepo. (2008). Evaluación de textura a cinco cortes de carne de res conservados por esterilización en envases de hojalata. *Vitae*. 15: 232-243.
- Cavani, C., Petracci, M., Trocino, A., Xiccato, G. 2009. Advances in research on poultry and rabbit meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 8:sup2, 741-750.
- Charles, N., Williams, S. K., Rodrick, G. E. (2006). Effects of Packaging Systems on the Natural Microflora and Acceptability of Chicken Breast Meat. *Poultry Science* 85, 1798-1801.
- Comité Nacional Sistema Producto Cunicola. (2012). Plan Rector Sistema Producto Cunicola de Distrito Federal. Disponible en la red: sistemaproductocunicola.org.mx/cunicola.html. Consultado el 17 de Marzo del 2018.
- Demeyer, D., M. Raemaekers., A. Rizzo., A. Holck., A. De Smedt and B. Ten Brink. (2000). Control of bioflavour and safety in fermented sausages: first results of a European project. *Food Research International*. 33: 171-180.
- EFSA (European Food Safety Authority). (2011). Scientific Opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. *EFSA Journal*. 9: 2393.
- Ercolini, D., Russo, F., Torrieri, E., Masi, P., Villani, F. (2006). Changes in the Spoilage-Related Microbiota of Beef during Refrigerated Storage under Different Packaging Conditions. *Applied and Environmental Microbiology* 72, 4663-467.
- FAOSTAT (División de Estadística. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2017). Roma, Italia. Disponible en la red: <http://www.fao.org/faostat/es/#home>. Consultado el día: 8 de mayo de 2018.
- FDA (Food and Drug Administration). (1990). Decomposition of Histamines; raw, frozen tuna and malu-malu, canned tuna and related species. Revised compliance policy guide, Availability-Federal Register, 60, No. 149: 39574- 39756.
- Fragoso, H. D. (1993). Evaluación de la carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus* L.). Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 106 p.
- Galgano, F., Favati, F., Bonadio, M., Lorusso, V., Romano, P. (2009). Role of biogenic amines as index of freshness in beef meat packed with different biopolymeric materials. *Food Research International* 42, 1147-1152.
- García A., L.E. Córdova., L.A. Urpin., J. R. Méndez y A.C. Malavé. (2012). Propiedades fisicoquímicas de la carne de conejos suplementados con follaje de *Gliricidia sepium* y fibra de *Elaeis guineensis*. *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (4): 939-946.
- Halász A., A. Baráth., L. Simon-Sarkadi and W. Holzapfel. (1994). Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends Food Sci Technol* 5: 42-49.
- Hanzhon, L. (2008). Survey report for present situation of technology system of China rabbit industry national survey group for technology system of rabbit industry. *Proceedings 9th World Rabbit Congress*. P 1565-1570.

- Hernández, P. (1997). Calidad de la carne de conejo. *Revista Lagomorpha*. 90: 13-19.
- Izquierdo, P. M. Allara., G. Torres., M. Sanchez y M. Sangronis. (2004). Aminas biogénicas y crecimiento bacteriano en carne de hamburguesas. *Revista científica*.vol. XIV: Fecha de consulta: 22 de noviembre de 2017 Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95911219002>> ISSN 0798-2259.
- Jairath, G., Kumar, S. P., Chaudhari, M., Singh, D. R., Rani, M. (2015). Biogenic amines in meat and meat products and its public health significance: a review. *Journal of Food Science and Technology* 52, 6835-6846.
- Kaniou, I., Samouris, G., Mouratidou, T., Eleftheriadou, A., Zantopoulos, N. (2001). Determination of biogenic amines in fresh unpacked and vacuum-packed beef during storage at 4 °C. *Food Chemistry* 74, 515-519.
- Lázaro, C. A., Conte-Júnior, C. A., Cunha, F. L., Mársico, E. T., Mano, S. B., Franco, R. M. (2013). Validation of an HPLC Methodology for the Identification and Quantification of Biogenic Amines in Chicken Meat. *Food Analytical Methods* 6, 1024-1032.
- Leuschner, R.G., M. Heidel and W.P. Hammes. (1998). Histamine and tyramine degradation by food fermenting microorganisms. *International Journal of food Microbiology*. 39:1.
- Leuschner, R.G., M. Kurthara. and W.P. Hammes.(1999). Formation of biogenic amines by proteolytic enterococci during cheese ripening. *Journal of science and food agriculture*, 79:1141.
- Majjala .R.L., S.H. Eerola., M.A. Aho and J.A. Hirn. (1993). The effect of GDL-induced pH decrease on the formation of biogenic amines in meat. *Journal of Food Protection*. 56: 125-129.
- Min, J. S., Lee, S. A., Jang, A., Jo, C., Lee, M. (2007). Irradiation and organic acid treatment for microbial control and the production of biogenic amines in beef and pork. *Food Chemistry* 104, 791-799.
- NMX-FF-105-SCFI-2005. Productos pecuarios –Carne de conejo en canal- Calidad de la carne-clasificación. Disponible en la red: <https://comecarne.org/wp-content/uploads/2013/07/NMX-FF-105-SCFI-2005.pdf>. Consultado el 13 de Septiembre del 2017.
- NOM-033-SAG/ZOO-2014. Norma Oficial Mexicana. Método para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Emitido el 26 de Agosto de 2015 en el diario oficial de la Federación. México.
- Pérez, M.L. y Ponce, E. (2013). Manual de practicas de laboratorio Tecnología de carnes. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. México. 101 p.
- Rabie, M. A., Perez, C., Malcata, F. X. (2014). Evolution of amino acids and biogenic amines throughout storage in sausages made of horse, beef and turkey meats. *Meat Science* 96, 82-87.
- Roca, T. (2009). Historia de la cunicultura industrial en España. *Cunicultura*. p. 9 -15.
- Romero. D.C.E. (2016). Agencia informativa del CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). ¿Sabías que la carne de conejo es una de las más saludables para consumo humano? Disponible en la red: <http://newsnet.conacytprensa.mx/index.php/documentos/4004-sabias-que-la-carne-de-conejos-una-de-las-mas-saludables-para-consumo-humano> Consultado el 9 de octubre de 2017.
- Rosas, P. N. (2013). Demanda actual y potencial de la carne de conejo en el municipio de Texcoco, Estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 57 p
- SAGARPA. (2017). Carne de conejo mexicano, un bocado apetecible. Disponible en lared:<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/coahuila/boletines/Paginas/2017B40.aspx>. Consultado el 22 de Marzo del 2018.
- Shalaby. A.R. (1996). Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Res. International*. 29: 675-690.
- Signorini, M. (2007). Microbiología de carnes envasadas al vacío y la biopreservación como medio para prolongar la vida de anaquel. *NACAMEH* 1, 26-40.
- Signorini, M. L., Guerrero, L. I. (2009). Producción de aminas biogénicas en carne de bovino conservada con ácido láctico de origen químico y bacteriano. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 8, 41-49.
- Silla Santos. M.H. (1996). Biogenic amines: Their importance in foods. *International Journal of Food Microbiology*. 29: 213.
- Szendro, Z. and Zsendro. E. (2008). Hungarian rabbit meat export in the aspect of the world market. *Proceeding 9th World Rabbit Congress*. p. 1619-1624.
- Tamin, N. M., Doerr, J. A. (2003). Effect of Putrefaction of Poultry Carcasses Prior to Rendering on Biogenic Amine Production. *Poultry Science* 12, 456-460.
- Vinci, G., Antonelli, M. L. (2002). Biogenic amines: quality index of freshness in red and white meat. *Food Control* 13, 519-524.
- Wood, J.D. (1990). Consequences for meat quality of reducing carcass fatness. In *reducing fat in meat animals*. J.D. Wood and A. V. Fisher (Ed). Elsevier Applied Science. London.

Leucaena leucocephala (Lam) of Wit and *Moringa oleifera* Lam: Species with high protein value for the release of bioactive peptides

Leucaena leucocephala (Lam) de Wit and *Moringa oleifera* Lam: Especies con alto valor proteico para la liberación de péptidos bioactivos

León-Espinosa, Erika B.; Cruz-Monterrosa, Rosy G.*; Díaz-Ramírez, Mayra; Jiménez-Guzmán, Judith; García-Garibay, Mariano; Miranda de la Lama, Genaro; Hernández-Jabalera, Anaid; Mena-Martínez, María E.; Rayas-Amor Adolfo A.

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Departamento de Ciencias de la Alimentación. Av. de las Garzas 10, El panteón, 52005 Lerma de Villada, Estado de México. México.

*Autor de correspondencia: r.cruz@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: to evaluate the high nutritional value of *Leucaena leucocephala* and *Moringa oleifera* to be used as a source of protein to produce protein concentrates, isolates or hydrolysates.

Design/methodology/approach: A search of the bioactive peptides obtained through *Leucaena leucocephala* and *Moringa oleifera* was carried out in different databases such as Scopus, Elsevier, NCBI, among others.

Results: The different studies carried out provide information that suggests that they can give rise to fragments susceptible to the release of peptides with various activities, which could be an appropriate strategy to produce bioactive peptides with bio-functional activity. However, further research is required on the characteristics of the fragments released to determine the mechanisms and properties of the sequences responsible for the various activities.

Study limitations/implications: The study of the peptides obtained through *L. leucocephala* and *M. oleifera*, so far is limited, so it is necessary to implement methodologies for obtaining, purification and application in food matrices.

Findings/conclusions: According to the literature, the peptides have been shown to exercise biological and functional activities, in the organism and food matrices respectively. The biological activities that they can present are antioxidant, antihypertensive, anti-cancer, immunomodulatory.

Keywords: hydrolyzed, bioactive peptides, hydrolysis, Moringa, Leucaena

RESUMEN

Objetivo: Divulgar el valor nutricional de *Leucaena leucocephala* y *Moringa oleifera* para ser utilizadas como fuente de proteína en la producción de concentrados, aislados o hidrolizados proteicos.

Diseño/metodología/aproximación: Se realizó una búsqueda de los péptidos bioactivos obtenidos de *L. leucocephala* y *M. oleifera*, en diferentes fuentes científicas.

Resultados: Los diferentes estudios realizados sobre estas especies, sugieren que pueden dar lugar a fragmentos susceptibles para la liberación de pépticos con diversas actividades, lo que podría ser una estrategia adecuada para la producción de péptidos bioactivos con actividad bio-funcional.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El estudio de los péptidos obtenidos a través de *Leucaena* y *Moringa*, hasta el momento es limitado, por lo que es necesario implementar metodologías para su obtención, purificación y aplicación en matrices alimentarias.

Hallazgos/conclusiones: Los péptidos tienen actividades biológicas funcionales, en el organismo y matrices alimentarias respectivamente, tales como la antioxidante, antihipertensiva, anticancer, inmunomoduladora; sin embargo, se requiere más investigación sobre las características de los fragmentos liberados para determinar los mecanismos y propiedades de las secuencias responsables de las diversas actividades.

Palabras clave: hidrolizado, péptidos bioactivos, hidrólisis, *Moringa*, *Leucaena*

partir de éstas se pueden obtener hidrolizados proteicos (HP) que se definen como una mezcla de polipéptidos, oligopéptidos y aminoácidos que se producen a partir de diversas fuentes proteicas mediante hidrólisis parcial enzimática, química, fermentación microbiana, fraccionamiento o enriquecimiento de péptidos (Schaafsma, 2009). Los HP, son ricos en péptidos y además son muy apreciados como ingredientes en la formulación de diversos alimentos ya que presentan un alto valor nutricional y son digeridos y absorbidos de modo más eficiente que la proteína nativa (Gonçalves *et al.*, 2010) ya que existen sistemas de transporte específicos para péptidos a través de la membrana de las células intestinales (Li-Chan, 2015).

Los HP presentan, en ocasiones, mejores propiedades biológicas y tecno funcionales (solubilidad, capacidad emulsionante y gelificante) que las proteínas de las que proceden (De Leo *et al.*, 2009). Los HP tienen diversas aplicaciones en nutrición humana al emplearse como ingredientes en bebidas energéticas, en productos para deportistas, para dietas de control de peso o dirigidos a ancianos (Frokjaer, 1994; Schaafsma, 2009), así como para la alimentación clínica de personas con malnutrición (Nesse *et al.*, 2014) o desórdenes de la digestión, absorción y del metabolismo de aminoácidos (Clemente, 2000; McCarthy *et al.*, 2013).

Las características de los hidrolizados que se obtienen están determinadas evidentemente por el uso al que estén destinados, así como por el grado de hidrólisis (GH), es decir, el número de enlaces peptídicos rotos en relación a la proteína original, que va a determinar en gran medida

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 20 años los hábitos dietéticos han variado. Actualmente, no sólo se trata de cubrir necesidades y evitar alimentos perjudiciales, sino de buscar aquellos que influyan de manera positiva en nuestra salud y ayuden a prevenir enfermedades. Se ha demostrado que una alimentación, rica en grasa animal saturada y productos refinados, se relaciona con alta morbilidad y mortalidad ocasionadas por enfermedades cardiovasculares, cáncer o diabetes; en contraste a este panorama, también se ha observado que personas que siguen dietas con un alto contenido en alimentos de origen vegetal (fabáceas, frutas y verduras) tienen un riesgo más bajo de presentar enfermedades cardiovasculares y cáncer que personas que seguían dietas pobres en estos alimentos (Illanes, 2015). En los últimos años, los hábitos de consumo en los países desarrollados han cambiado debido a mayor conciencia del consumidor respecto a la relación entre dieta y salud. De hecho, los consumidores en la actualidad ven los alimentos no solo como un medio para satisfacer el hambre y proporcionar los nutrientes necesarios, sino como un modo de mejorar el bienestar físico y la salud (Siró, Kápolna, Kápolna, & Lugasi, 2008). Por tal motivo, la industria alimentaria ha dirigido gran parte de sus esfuerzos al desarrollo de alimentos funcionales, que contienen ingredientes bioactivos desarrollados tecnológicamente, y que están encaminados a ejercer un efecto benéfico específico sobre una o más funciones fisiológicas del organismo, más allá de sus efectos nutricionales (Bataller Leiva & Esther, 2015). De acuerdo a lo que se ha mencionado anteriormente, es necesario estudiar más componentes que puedan fungir como ingredientes funcionales además de los probióticos y nutraceuticos que se encuentran ya en el mercado, tales como los hidrolizados proteicos.

Las proteínas de origen alimentario constituyen una alternativa eficiente y económica para la producción de ingredientes/alimentos funcionales. A

las características restantes del hidrolizado. El GH final está determinado por las condiciones utilizadas, es decir, concentración de sustrato, relación enzima/sustrato, tiempo de incubación y condiciones fisicoquímicas, así como el pH y la temperatura; otro factor que también lo va a determinar es la naturaleza de la actividad de la enzima, debido a su actividad específica y tipo de actividad (Vioque & Millán, 2005).

Esta estrategia implica la hidrólisis del sustrato proteico mediante una o más enzimas en las condiciones de temperatura y pH óptimas para cada proteasa, ocasionando la liberación de péptidos y aminoácidos libres (Power et al., 2013). Es el procedimiento más común, rápido y seguro de producir hidrolizados proteicos con actividad biológica (de Castro y Sato, 2015). En función de su grado de hidrólisis, los hidrolizados proteicos pueden clasificarse en hidrolizados de bajo grado de hidrólisis (<10%), que presentan mejores capacidades espumante y emulsionante que las proteínas parentales; hidrolizados de grado de hidrólisis variable, que se emplean como saborizantes, e hidrolizados de elevado grado de hidrólisis (>10%) que, generalmente, se emplean como ingredientes en suplementos alimentarios, fórmulas infantiles hipoalergénicas o fórmulas destinadas a personas con necesidades nutricionales especiales (Vioque et al., 2000).

En los últimos años las investigaciones están dirigidas al estudio de las proteínas y sus productos. Algunos péptidos obtenidos de diferentes fuentes alimenticias han mostrado efectos marcadamente positivos a la salud al funcionar como antihipertensivos, antioxidantes, anticancerígenos, antimicrobianos y anticariogénicos, por mencionar algunos ejemplos, además de que tienen la capacidad de regular diversos procesos fisiológicos, alterando el metabolismo celular y actuando como hor-

monas o neurotransmisores a través de interacciones hormona-receptor y cascadas de señalización (Betancur-Ancona, Sosa-Espinoza, Ruiz-Ruiz, Segura-Campos, & Chel-Guerrero, 2013).

Las proteínas de origen alimentario constituyen una alternativa eficiente y económica para la producción de ingredientes y alimentos funcionales. Cualquier proteína independientemente de sus funciones y calidad nutricional puede ser empleada como fuente de péptidos con actividad biológica. De esta forma, se puede establecer la generación de biopéptidos como un nuevo criterio para establecer el valor de una proteína. Entre las proteínas alimentarias precursoras de biopéptidos, destacan las lácteas como la caseína y el suero, además de otras como las de huevo, pollo y pescado, de las cuales se han obtenido péptidos con actividad antihipertensiva, opioide, antimicrobiana y antitrombótica (Darewicz, Dziuba, & Minkiewicz, 2007). Sin embargo, el uso de estas fuentes implica mayores costos, aumento de la demanda en la producción y nuevas tecnologías que restringen la cantidad de materia a utilizar, siendo este último criterio una limitante para la obtención de biopéptidos. Alternativamente a las proteínas animales, las especies de la familia botánica Fabaceae (antes leguminosas), representan un producto económico y altamente sostenible debido a su alta biodisponibilidad. Entre estas especies están la alfalfa (*Medicago sativa* L.), el trébol (*Trifolium* sp.), el altramuz (*Lupinus albus*), haba (*Vicia faba* L.), judías y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), cacahuetes (*Arachis hypogaea* L.), soya (*Glycine max* L.), garbanzos (*Cicer arietinum* L.) y lentejas (*Lens culinaris* L.), que representan un alimento importante en la dieta de la población mundial, en especial en los países menos desarrollados donde es una fuente indispensable de proteínas (Bouchenak & Lamri-Senhadji, 2013).

En México ha crecido el interés por el aprovechamiento de los residuos agroindustriales ricos en proteínas, principalmente semillas o aquellos que son generados durante los procesos de molienda de diversos granos. Estas harinas o residuos son usadas generalmente para la alimentación del ganado; sin embargo, representan uno de los reservorios de proteínas con mayor potencial para la industria alimentaria. El interés en el aprovechamiento de estas proteínas ha impulsado el desarrollo de procesos de obtención y mejora de las mismas mediante la producción

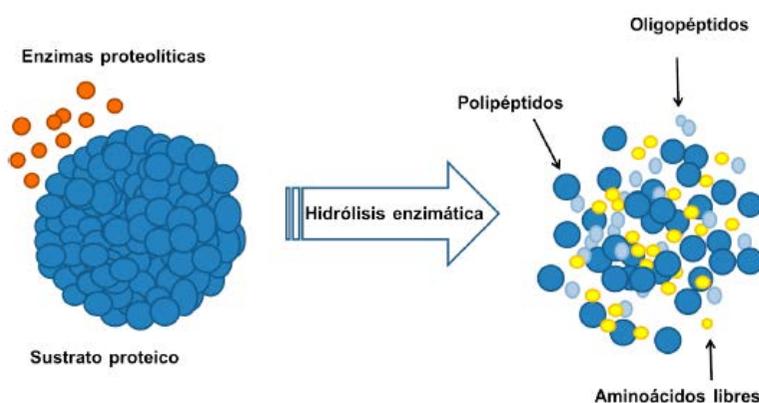


Figura 1. Producción de hidrolizados proteicos mediante hidrólisis enzimática.

de concentrados y aislados proteicos (Vioque, Alaiz, & Girón-Calle, 2012). Existen numerosos estudios *in vitro* que demuestran las distintas actividades biológicas que ejercen los hidrolizados proteicos, fracciones peptídicas o péptidos de las fabáceas. Por ejemplo, los péptidos RQSHFANAQP, DHG y VGDI obtenidos por hidrólisis enzimática de las proteínas de garbanzo, han demostrado tener actividad antioxidante (Ghribi *et al.*, 2015), algunos otros obtenidos de soya y lenteja exhiben actividad antihipertensiva, antiinflamatoria y antioxidante (Boschin, Scigliuolo, Resta, & Arnoldi, 2014). Otra de las fuentes potenciales es el frijol que ha demostrado tener efectos antifúngicos, actividad antihipertensiva, antioxidante (Yea *et al.*, 2014). Si bien las leguminosas más comunes están siendo investigadas, en México hay especies de interés las cuales únicamente se utilizan para alimentación del ganado, tal es el caso de *Moringa oleífera* (originaria de la india) y *Leucaena sp.*, que pueden ser una fuente potencial para la obtención de péptidos bioactivos.

Las plantas de *Moringa* (Moringaceae), es una de las plantas más populares en el sur de Asia, es conocido como árbol milagroso debido a cada una de las partes de la planta, incluidas las raíces, hojas, vainas, flores y semillas que contienen un alto valor nutricional (Saucedo-Pompa *et al.*, 2018). *M. oleífera* fue introducida con fines ornamentales, se encuentra abundantemente en la costa del pacífico, desde el sur de Sonora hasta Chiapas, incluyendo el sur de la península de Baja California (Olson & Carlquist, 2001). Estudios previos han reportado el alto valor nutricional y los beneficios a la salud de los compuestos bioactivos, lo que conlleva a que puedan utilizar-

se para la innovación de productos alimenticios funcionales y para otras aplicaciones alimentarias industriales (Oyeyinka & Oyeyinka, 2018). Sus beneficios podrían atribuirse a la composición de compuestos fenólicos, o a la interacción con algún otro componente de la planta, los cuales muestran actividad antioxidante tanto *in vitro* como *in vivo* (Rodríguez-Pérez, Quirantes-Piné, Fernández-Gutiérrez, & Segura-Carretero, 2015a). Debido a la calidad y cantidad de compuestos bioactivos de las plantas de moringa, éstas podrían utilizarse en varias tecnologías de alimentos como agentes antimicrobianos, factores antioxidantes y fortificantes de alimentos. El Cuadro 1 muestran los diferentes compuestos bioactivos de *Moringa* y su potencial como producto o fortificante alimenticio y sus beneficios a la salud.

En lo que se refiere a la obtención de péptidos bioactivos de *M. oleífera*, se ha reportado que el contenido de proteína en las semillas está en un rango de 22 a 36.7 g de proteína 100 g⁻¹ de peso seco (Gopalakrishnan, Doriya, & Santhosh Kumar, 2016; Nouman *et al.*, 2016). Adicionalmente se han identificado péptidos alcalinos con un rango de 6 a 16 kDa y lectinas

con propiedades aglutinantes para purificación de agua (Hassan Bichi, n.d.). Recientemente, González Garza *et al.* (2017) reportaron un incremento en propiedades nutracéuticas como la antioxidante, antihipertensiva y antidiabética obtenidas de la digestión con pepsina-tripsina; este incremento fue asociado con la composición de aminoácidos y el amplio espectro de péptido generados por el posible efecto sinérgico de estas enzimas (Saucedo-Pompa *et al.*, 2018). Por otra parte, Aderinola *et al.* (2018) demostraron que los hidrolizados de moringa tratados con tripsina y fraccionados a pesos moleculares de 3 y 5 kDa, exhibieron propiedades antioxidantes con diferentes métodos como DPPH (Difenil-picrilhidrazilo), actividad atrapadora del radical hidroxilo y quelación de hierro y cobre, así como actividad antihipertensiva e inhibición de la renina. Sin embargo, muestran que los hidrolizados no tienen la capacidad de inhibir el radical DPPH ya que solo lo captaron en un rango del 4%. Similarmente, en otros estudios, se observó que los hidrolizados no detectan actividad contra el radical DPPH (Akinyede, Girgih, Osundahunsi, Fagbemi, & Aluko, 2017). Esto puede confirmar que la habilidad de los hidrolizados

Cuadro 1. Compuestos funcionales de *Moringa oleífera* y su actividad funcional.

Componente	Actividad funcional o tecnológica	Referencia
Compuestos fenólicos	Actividad antioxidante	(Pinto <i>et al.</i> , 2015)
	Propiedades antiinflamatorias	(Rodríguez-Pérez, Quirantes-Piné, Fernández-Gutiérrez, & Segura-Carretero, 2015b)
Carbohidratos	Efecto inmunomodulador	(Anudeep, Prasanna, Adya, & Radha, 2016)
	Actividad hipoglicémica	(Chen, Zhang, Huang, Fu, & Liu, 2017)
Proteínas	Actividad antimicrobiana	(Shebek <i>et al.</i> , 2015)
	Actividad antioxidante	(Nouman <i>et al.</i> , 2016)
	Actividad antihipertensiva Propiedades antidiabéticas	(González Garza <i>et al.</i> , 2017)

proteicos en captar los radicales depende de factores como la especificidad de la enzima, composición de aminoácidos y el tamaño del péptido (Pownall, Udenigwe, & Aluko, 2010). En los estudios más recientes sobre hidrolizados y fracciones peptídicas de moringa obtenidos con Alcalasa se demostró que además de mostrar actividad antioxidante por diversos métodos, también exhiben propiedad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina e inhibición de la renina (Aderinola et al., 2019).

En relación con *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) es una especie forrajera originaria de América Central y la península de Yucatan en México (Nehdi et al., 2014) capaz de producir rendimientos superiores a 300 Kg. de proteína cruda ha año⁻¹. Las hojas jóvenes, semillas y vainas se utilizan en ensaladas o para preparar plattos en Indonesia, India y Tailandia. *L. leucocephala* genera una goma similar a la arábica la cual se utiliza en helados, cosméticos y en la industria farmacéutica (Lim, 2012). Otros estudios han mostrado que las semillas contienen aceite que consta principalmente de ácido oleico y linoleico. También se ha reportado que contienen un antinutriente, la mimosina un aminoácido libre que puede provocar intoxicaciones en los animales cuando la consumen en cantidades excesivas (Soedarjo & Borthakur, 1998). Por otra parte, también se ha demostrado que las semillas muestran actividad antiinflamatoria y antidiabética (Aljarah & Hameed, 2018). Si bien se han reportado las diversas actividades de los compuestos funcionales de la leucaena, en el ámbito de los péptidos bioactivos la investigación es escasa. Uno de los reportes que se enfoca en la obtención de concentrados proteicos es el realizado por Farinu et al. (1992), el cual mostró un contenido de proteína del 65.91% y aminoácidos esenciales como lisina, histidina, arginina, isoleucina, leucina. Además, informó que la proteína de su semilla mostró buena digestibilidad *in vivo* comparado con la proteína de soya.

El estudio más reciente muestra las propiedades funcionales de su concentrado proteico y cómo influye la separación de los péptidos por ultrafiltración de membranas. Se demostró que la proteína implicada es un polipéptido compuesto de una serie de aminoácidos con un peso molecular entre 8000 y 1000 Da. Dicho polipéptido puede tener distintas aplicaciones dependiendo de sus propiedades funcionales como absorción de agua, capacidad de absorción de aceite, poder emulsificante y poder de espuma.

CONCLUSIONES

Dadas las propiedades funcionales de estas dos especies, se pretende que en mediano plazo se incluyan concentrados en alimentos como aditivos en salsas, postres y bebidas (Rosida, Hapsari, & Hidayah, 2016), por lo que es importante generar proyectos de investigación y divulgación que estén ligados a determinar las propiedades funcionales y biológicas de las proteínas con mayor precisión, con el fin de que puedan ser destinados al sector salud o a la industria alimentaria.

LITERATURA CITADA

- Aderinola, T. A., Fagbemi, T. N., Enujiugha, V. N., Alashi, A. M., & Aluko, R. E. (2018). Amino acid composition and antioxidant properties of *Moringa oleifera* seed protein isolate and enzymatic hydrolysates. *Heliyon*, 4(10), e00877. <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00877>
- Aderinola, T. A., Fagbemi, T. N., Enujiugha, V. N., Alashi, A. M., & Aluko, R. E. (2019). *In vitro* antihypertensive and antioxidative properties of trypsin-derived *Moringa oleifera* seed globulin hydrolyzate and its membrane fractions. *Food Science and Nutrition*, 7(1), 132–138. <http://doi.org/10.1002/fsn3.826>
- Akinyede, A. I., Girgih, A. T., Osundahunsi, O. F., Fagbemi, T. N., & Aluko, R. E. (2017). Effect of Membrane Processing on Amino Acid Composition and Antioxidant Properties of Marble Vine Seed (*Dioclea reflexa*) Protein Hydrolysate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12917. <http://doi.org/10.1111/jfpp.12917>
- Aljarah, A. K., & Hameed, I. H. (2018). *In Vitro* Anti-diabetic Properties of Methanolic Extract of *Thymus vulgaris* Using α -glucosidase and α -amylase Inhibition Assay and Determination of its Bioactive Chemical Compounds. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 9(3), 388. <http://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.00241.3>
- Anudeep, S., Prasanna, V. K., Adya, S. M., & Radha, C. (2016). Characterization of soluble dietary fiber from *Moringa oleifera* seeds and its immunomodulatory effects. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91, 656–662. <http://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2016.06.013>
- Bataller Leiva, E., & Esther. (2015). Búsqueda de nuevos ingredientes bioactivos en obesidad para el diseño de nuevos alimentos funcionales, en base a la demanda del consumidor. Retrieved from <http://roderic.uv.es/handle/10550/49740>
- Betancur-Ancona, D., Sosa-Espinoza, T., Ruiz-Ruiz, J., Segura-Campos, M., & Chel-Guerrero, L. (2013). Enzymatic hydrolysis of hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein concentrates and its effects on biological and functional properties. *International Journal of Food Science & Technology*, n/a-n/a. <http://doi.org/10.1111/ijfs.12267>
- Boschin, G., Scigliuolo, G. M., Resta, D., & Arnoldi, A. (2014). ACE-inhibitory activity of enzymatic protein hydrolysates from lupin and other legumes. *Food Chemistry*, 145, 34–40. <http://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.07.076>
- Bouchenak, M., & Lamri-Senhadj, M. (2013). Nutritional Quality of Legumes, and Their Role in Cardiometabolic Risk Prevention:



- A Review. *Journal of Medicinal Food*, 16(3), 185–198. <http://doi.org/10.1089/jmf.2011.0238>
- Chen, C., Zhang, B., Huang, Q., Fu, X., & Liu, R. H. (2017). Microwave-assisted extraction of polysaccharides from *Moringa oleifera* Lam. leaves: Characterization and hypoglycemic activity. *Industrial Crops and Products*, 100, 1–11. <http://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2017.01.042>
- Darewicz, M., Dziuba, J., & Minkiewicz, P. (2007). Computational Characterisation and Identification of Peptides for in silico Detection of Potentially Celiac-Toxic Proteins. *Food Science and Technology International*, 13(2), 125–133. <http://doi.org/10.1177/1082013207077954>
- Farinu, G. O., Ajiboye, S. O., & Ajao, S. (1992). Chemical composition and nutritive value of leaf protein concentrate from *Leucaena leucocephala*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 59(1), 127–129. <http://doi.org/10.1002/jsfa.2740590119>
- Ghribi, A. M., Sila, A., Przybylski, R., Nedjar-Arroume, N., Makhlof, I., Blecker, C., ... Besbes, S. (2015). Purification and identification of novel antioxidant peptides from enzymatic hydrolysate of chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein concentrate. *Journal of Functional Foods*, 12, 516–525. <http://doi.org/10.1016/J.JFF.2014.12.011>
- Gonçalves, N., Vioque, J., Clemente, a., Sánchez-Vioque, R., Bautista, J., & Millán, F. (2010). Obtención y caracterización de aislados proteicos de colza. *Grasas y Aceites*, 48(5), 282–289. <http://doi.org/10.3989/gya.1997.v48.i5.804>
- González Garza, N. G., Chuc Koyoc, J. A., Torres Castillo, J. A., García Zambrano, E. A., Betancur Ancona, D., Chel Guerrero, L., & Sinagawa García, S. R. (2017). Biofunctional properties of bioactive peptide fractions from protein isolates of moringa seed (*Moringa oleifera*). *Journal of Food Science and Technology*, 54(13), 4268–4276. <http://doi.org/10.1007/s13197-017-2898-8>
- Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Santhosh Kumar, D. (2016). *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. <http://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.001>
- Hassan Bichi, M. (n.d.). A Review of the Applications of *Moringa oleifera* Seeds Extract in Water Treatment. Retrieved from www.iiste.org
- Hernández-Jabalera, A., Cortés-Giraldo, I., Dávila-Ortiz, G., Vioque, J., Alaiz, M., Girón-Calle, J., ... Jiménez-Martínez, C. (2015). Influence of peptides–phenolics interaction on the antioxidant profile of protein hydrolysates from *Brassica napus*. *Food Chemistry*, 178, 346–357. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.063>
- Illanes, A. (2015). Editorial Alimentos funcionales y biotecnología Functional foods and biotechnology. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 1, 5–8. <http://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50997>
- Li-Chan, E. C. (2015). Bioactive peptides and protein hydrolysates: research trends and challenges for application as nutraceuticals and functional food ingredients. *Current Opinion in Food Science*, 1, 28–37. <http://doi.org/10.1016/j.cofs.2014.09.005>
- Lim, T. K. (2012). *Leucaena leucocephala*. In *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants* (pp. 754–762). Dordrecht: Springer Netherlands. http://doi.org/10.1007/978-94-007-1764-0_86
- Nehdi, I. A., Sbihi, H., Tan, C. P., & Al-Resayes, S. I. (2014). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit seed oil: Characterization and uses. *Industrial Crops and Products*, 52, 582–587. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.021>
- Nouman, W., Anwar, F., Gull, T., Newton, A., Rosa, E., & Domínguez-Perles, R. (2016). Profiling of polyphenolics, nutrients and antioxidant potential of germplasm's leaves from seven cultivars of *Moringa oleifera* Lam. *Industrial Crops and Products*, 83, 166–176. <http://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2015.12.032>
- Olson, M. E., & Carlquist, S. (2001). Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematics in *Moringa* (Moringaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 135(4), 315–348. <http://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2001.tb00786.x>
- Oyeyinka, A. T., & Oyeyinka, S. A. (2018). *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17, 127–136. <http://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.02.002>
- Pinto, C. E., Farias, D. F., Carvalho, A. F., Oliveira, J. T., Pereira, M. L., Grangeiro, T. B., ... Vasconcelos, I. M. (2015). Food safety assessment of an antifungal protein from *Moringa oleifera* seeds in an agricultural biotechnology perspective. *Food and Chemical Toxicology*, 83, 1–9. <http://doi.org/10.1016/j.fct.2015.05.012>
- Pownall, T. L., Udenigwe, C. C., & Aluko, R. E. (2010). Amino Acid Composition and Antioxidant Properties of Pea Seed (*Pisum sativum* L.) Enzymatic Protein Hydrolysate Fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(8), 4712–4718. <http://doi.org/10.1021/jf904456r>
- Rodríguez-Pérez, C., Quirantes-Piné, R., Fernández-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. (2015a). Optimization of extraction method to obtain a phenolic compounds-rich extract from *Moringa oleifera* Lam leaves. *Industrial Crops and Products*, 66, 246–254. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.002>
- Rodríguez-Pérez, C., Quirantes-Piné, R., Fernández-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. (2015b). Optimization of extraction method to obtain a phenolic compounds-rich extract from *Moringa oleifera* Lam leaves. *Industrial Crops and Products*, 66, 246–254. <http://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2015.01.002>
- Rosida, D. F., Hapsari, N., & Hidayah, T. (2016). Functional Properties of *Leucaena Leucocephala* Protein Concentrates Resulted Separation of Ultrafiltration Membrane. *MATEC Web of Conferences*, 58, 01012. <http://doi.org/10.1051/mateconf/20165801012>
- Saucedo-Pompa, S., Torres-Castillo, J. A., Castro-López, C., Rojas, R., Sánchez-Alejo, E. J., Ngangyo-Heya, M., & Martínez-Ávila, G. C. G. (2018). *Moringa* plants: Bioactive compounds and promising applications in food products. *Food Research International*, 111(May), 438–450. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.062>
- Schaafsma, G. (2009). Safety of protein hydrolysates, fractions thereof and bioactive peptides in human nutrition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(10), 1161–1168. <http://doi.org/10.1038/ejcn.2009.56>
- Shebek, K., Schantz, A. B., Sines, I., Lauser, K., Velegol, S., & Kumar, M. (2015). The Flocculating Cationic Polypeptide from *Moringa oleifera* Seeds Damages Bacterial Cell Membranes by Causing Membrane Fusion. *Langmuir*, 31(15), 4496–4502. <http://doi.org/10.1021/acs.langmuir.5b00015>
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A

- review. *Appetite*, 51(3), 456–467. <http://doi.org/10.1016/J.APPET.2008.05.060>
- Soedarjo, M., & Borthakur, D. (1998). Mimosine, a toxin produced by the tree-legume leucaena provides a nodulation competition advantage to mimosine-degrading rhizobium strains. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(12), 1605–1613. [http://doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00180-6](http://doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00180-6)
- Vioque, J., Alaiz, M., & Girón-Calle, J. (2012). Nutritional and functional properties of *Vicia faba* protein isolates and related fractions. *Food Chemistry*, 132(1), 67–72. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.033>
- Vioque, J., & Millán, F. (2005, December 1). Los hidrolizados proteicos en alimentación: Suplementos alimenticios de gran calidad funcional y nutricional. Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación. Retrieved from <http://digital.csic.es/handle/10261/5750>
- Yea, C. S., Ebrahimpour, A., Hamid, A. A., Bakar, J., Muhammad, K., & Saari, N. (2014). Winged bean [*Psophorcarpus tetragonolobus* (L.) DC] seeds as an underutilised plant source of bifunctional proteolysate and biopeptides. *Food & Function*, 5(5), 1007. <http://doi.org/10.1039/c3fo60667h>



Biopolymers of cellulose in food packaging: Challenges and applications

Biopolímeros de celulosa en empaques alimenticios: Retos y aplicaciones

Mena-Martínez, María E.^{1*}; Hernández-Jabalera, Anaí¹; León-Espinosa, Erika Berenice¹; Cruz-Monterrosa, Rosy Gabriela¹; Rayas-Amor, Adolfo Armando¹; Díaz-Ramírez, Mayra¹; Jiménez-Guzmán, Judith¹; Miranda de la Lama, Genaro C.¹; García-Garibay, Mariano¹; López-Jiménez, Carlos J.²

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Departamento de Ciencias de la Alimentación. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Av. de las Garzas 10, El panteón, 52005 Lerma de Villada, Estado de México. México. ²Universidad de la Costa. Carretera Libramiento Paraje de Las Pulgas, Santiago Pinotepa Nacional, Distrito Jamiltepec, Oaxaca. 71600. México.

*Autor de correspondencia: m.mena@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: the aim of this study was to show an overview of the use of cellulose in the food packaging industry.

Design/methodology/approach: a search was made through scientific publications in different scientific and academic databases such as: Scopus, ISI web of knowledge, Google Scholar, among others.

Results: a wide variety of information about cellulose was found, searching for "cellulose food packaging" in the Scopus database, there were around 900 papers, 177 of the year 2018 and 45 jobs so far in 2019; among them works, there are topics on improving the characteristics of paper, using cellulose derivatives, mixtures with other materials or biomaterials, chemical modifications and even the use of their nanoforms and elaboration of bionanocomposites; even more, conjugating some of these methods, the functionalization of the biopolymer is obtained, giving it new characteristics.

Study limitations/implications: the challenge of cellulosic materials is to obtain mechanical properties, barrier properties, etc. as those that petroleum-derived polymers provide food packaging.

Findings/conclusions: according to literature, cellulose has been used in the packaging industry since ancient times; nowadays, we are trying to reach the characteristics of petroleum derived polymers and without doubt improve these characteristics by offering packaging that fulfills its function and presents an added value, such as being antimicrobial and/or antioxidant.

Keywords. Cellulose, food packaging, biopolymers

RESUMEN

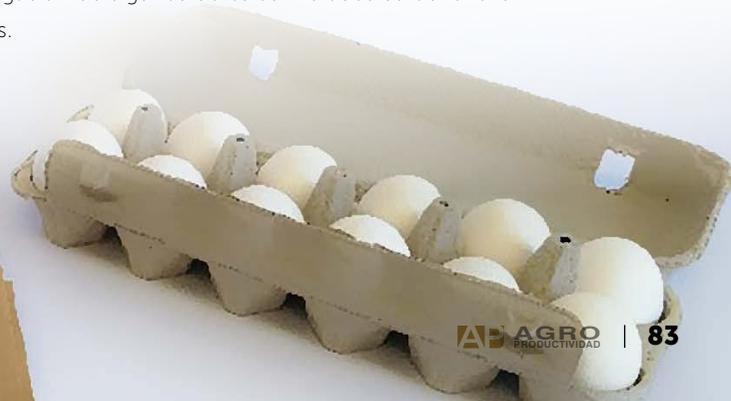
Objetivo: Expone los retos y aplicaciones de la celulosa en la industria de empaques alimentarios.

Diseño/metodología/aproximación: se realizó un análisis de reportes científicos en diferentes bases de datos científicas y académicas como: Scopus, ISI Web of Knowledge, Google académico entre otras.

Resultados: se encontró una amplia variedad de información acerca de la celulosa, realizando la búsqueda de "cellulose food packaging" en la base de datos Scopus, se encontraron alrededor de 900 trabajos, siendo 177 del año 2018 y 45 trabajos en lo que va del 2019; resaltan los enfoques de cómo mejorar las características de papel, utilizar derivados de celulosa, mezclas con otros materiales o biomateriales, modificaciones químicas hasta el uso de sus formas nano y elaboración de bionanocompositos; también, mediante la conjugación de algunos de estos métodos se obtiene la funcionalización del biopolímero brindándole nuevas características.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp: 83-88.

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



Limitaciones del estudio/implicaciones: el reto de los materiales celulósicos es obtener las propiedades mecánicas, de barrera, etc. que los polímeros derivados del petróleo proporcionan a los empaques alimentarios.

Hallazgos/conclusiones: de acuerdo a la literatura la celulosa ha estado presente en la industria de empaques desde tiempos remotos; hoy en día se está tratando de alcanzar las características que presentan los polímeros derivados del petróleo y sin duda mejorar estas características ofreciendo empaques que cumplan su función y presenten un valor agregado, por ejemplo, antimicrobiano o antioxidante.

Palabras clave: celulosa, empaques alimentarios, biopolímeros.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, un gran número de polímeros basados en combustibles fósiles son utilizados en la industria de empaques alimentarios (Abdul Khalil *et al.*, 2016; Garavand *et al.*, 2017); el enorme consumo de dichos materiales produce la acumulación de residuos, generando impacto ambiental. En consecuencia, el reciclaje de plástico se ha convertido en una opción alentadora para combatir la acumulación de residuos plásticos en nuestro entorno. Sin embargo, este sistema no funciona en envasado de alimentos debido a que pueden estar contaminados de sustancias orgánicas tóxicas (Gan y Chow, 2018). Además, hay que tener en cuenta que más del 20% de los plásticos se usan para el embalaje de alimentos (Rhim, Park y Ha, 2013), por lo que en su producción se tiene que tomar en cuenta el impacto ambiental que generarán, que mantengan la calidad (propiedades organolépticas) y la seguridad de los productos alimenticios durante el almacenamiento y transporte, que amplíen su vida útil evitando el desarrollo de microorganismos peligrosos y sus correspondientes toxinas, y además que protejan de fuerzas físicas externas, compuestos químicos, luz solar, compuestos volátiles permeables, oxígeno y humedad (Garavand *et al.*, 2017).

Debido a la enorme generación de residuos, en la última década ha aumentado el uso de bioplásticos en la industria de empaques alimentarios; éstos provienen de recursos renovables, biodegradables, compostables y no tóxicos (amigables con el ambiente), lo que los hace una excelente alternativa para esta industria. Entre los biopolímeros, se ha puesto especial atención a los polisacáridos, proteínas, lípidos y poliésteres, solos o en combinación con otros materiales; sin embargo, su uso ha sido limitado. Entre estos biopolímeros destaca la celulosa por sus propiedades y por ser el carbohidrato más abundante del planeta (Peelman *et al.*, 2013; Abdul Khalil *et al.*, 2016). Por ello, en este estudio, se analizaron las aplicaciones y retos de la celulosa en la industria de embalaje alimentario.

MATERIALES Y MÉTODOS

La celulosa es un carbohidrato complejo que consta de más de 3000 unidades repetitivas de glucosa. Es el componente estructural básico de las paredes celulares de las plantas (no digeribles por el hombre) y es uno de los biopolímeros más investigados, ya sea nativo o modificado debido a su

biocompatibilidad, biodegradabilidad y estabilidad química (Kakoria & Sinha-Ray, 2018). Sin embargo, la celulosa presenta dificultades en su uso debido a que es naturalmente hidrofóbica, insoluble en agua, con estructura cristalina (debido a su arreglo de grupos hidroxilo), baja barrera a vapor de agua, falta de propiedades antimicrobianas, propiedades mecánicas sensibles al contenido de humedad, fragilidad y degradabilidad (Peelman *et al.*, 2013). La celulosa ha estado presente en la industria del envasado tradicionalmente como papel, cartón y yute por más de 150 años (Abdul Khalil *et al.*, 2016). El papel y el cartón son materiales de embalaje livianos, naturales y biodegradables, pero exhiben otros problemas y limitaciones; el envasado por un período prolongado no es factible con ellos, ya que su resistencia mecánica, aislamiento térmico y propiedades de barrera son pobres y adsorben humedad (Kumar, Sharma & Singh, 2018).

El celofán es una película de celulosa conocida por su nombre comercial Cellophane™. Tiene muchas ventajas, tales como su abundancia, bajo costo, capacidad de renovación, degradabilidad, peso ligero y se usa ampliamente en envases para envoltura de productos de confitería, envasado de productos de panadería y quesos blandos. Las películas para microondas están disponibles con recubrimientos semipermeables que permiten cierta ventilación durante el calentamiento, lo que las hace ideales para productos de pastelería, donde la liberación de vapor de agua acumulado mantiene estable el producto (Emblem, 2012). Se le considera un "precursor" del empaque flexible moderno. No obstante, ha mostrado serios problemas debido a las sustancias tóxicas uti-

lizadas en su proceso. Por ello, se han estudiado diversas técnicas para crear películas de celulosa empleando otros disolventes, como por ejemplo, mezcla alcalí/urea/H₂O₂, enzimas o N-metil morfolina-N-óxido, entre otras principales (Paunonen, 2013).

Los derivados de la celulosa, se han utilizado para el desarrollo de películas con propiedades mejoradas en comparación con las películas de celulosa nativas (Abdul Khalil et al., 2018). Éstos se han utilizado en envases de alimentos y pueden producirse por derivatización de celulosa a partir del estado solvatado, mediante esterificación (acetato de celulosa -CA-, triacetato de celulosa y butirato de acetato de celulosa) o eterificación de grupos hidroxilo (metilcelulosa, etilcelulosa, hidroxietilcelulosa, hidroxipropilmetilcelulosa-HPMC-, hidroxipropilcelulosa y carboximetilcelulosa-CMC-) (Peelman et al., 2013; Malhotra, Keshwani & Kharkwal, 2015). Las películas de CA son las más utilizadas en el envasado de alimentos comparadas con otros derivados, debido a sus propiedades mejoradas de barrera contra el gas y la humedad. En la actualidad, el envasado con materiales celulósicos es variado, incluye tanto materiales de envoltura como envases primarios y secundarios, así como envasado flexible y rígido (Li, Mascheroni & Piergiovanni, 2015).

Dentro de las acciones de mejora de los materiales celulósicos, las propiedades de la celulosa y sus derivados restringen su uso en el envasado de alimentos, por lo que una modificación física o química controlada de la estructura de celulosa es necesaria (Roy et al., 2009). Una gran cantidad de estudios han propuesto diferentes estrategias para mejorar sus propiedades, específicamente en términos de aumentar la capacidad de barrera hacia los gases, agua, o para mejorar las propiedades mecánicas y evitar la solubilidad del bioplástico en el alimento (Peelman et al., 2013).

En cuanto a la adición de fibras de celulosa y recubrimiento de películas, las fibras celulósicas se han utilizado tradicionalmente en envases para una amplia gama de categorías de alimentos, por ejemplo, en productos alimenticios secos, congelados o alimentos líquidos, bebidas y alimentos frescos. La adición de fibras de celulosa a las películas de polímeros o biopolímeros como almidón, polihidroxibutilvalerato (PHBV), poli-ácido láctico (PLA) y policaprolactona (PCL) disminuyeron la permeabilidad al vapor de agua y mejoraron las propiedades mecánicas. Asimismo, con la aplicación de CMC, en pelícu-

las basadas en almidón, se logró una disminución de la permeabilidad al vapor de agua (Peelman et al., 2013). Se ha reportado que al recubrir películas de celulosa o sus derivados, se pueden mejorar sus propiedades, como es el caso del recubrimiento de una película de celulosa acetilada con polihidroxibutirato (PHB) que dio como resultado valores de permeabilidad al vapor de agua más bajos, así como mayor módulo elástico y resistencia a la tracción. De igual forma, las películas de celulosa con actividad antimicrobiana y altas propiedades de barrera a los gases fueron obtenidas al utilizar quitosano como recubrimiento (Peelman et al., 2013).

El método de entrecruzamiento e injerto de celulosa, involucra la formación de uniones entre diferentes cadenas moleculares para generar una red tridimensional más fuerte. Hay varias clasificaciones para emplear agentes de entrecruzamiento. Pueden clasificarse con base en el tipo de unión (entrecruzamiento covalente muy estable, formación de uniones iónicas y entrecruzamientos físicos creados por puentes de hidrogeno y fuerzas de Van der Waals). En otra clasificación, los entrecruzamientos están divididos en físicos, químicos y enzimáticos. Un entrecruzamiento fue realizado irradiando luz ultravioleta (UV) a dispersiones acuosas de almidón con celulosa microcristalina usando glicerol como plastificante para hacer películas; y se encontró una mejora en las propiedades físicas y mecánicas. Otro estudio con películas de CMC entrecruzada con glutaraldehído disminuyó la permeabilidad al vapor de agua y retrasó el proceso de biodegradación. En otro trabajo, se utilizó ácido cítrico para entrecruzar HPMC para obtener una mejora en la barrera de agua. Adicionalmente, se entrecruzaron *nanowhiskers* (CNC en forma de bigotes) de celulosa con poli-(metilviniléter-co-ácido maleico) para mejorar las propiedades físicas. Asimismo, nanocristales de celulosa bacteriana/polivinil alcohol se entrecruzaron con ácido bórico mejorando las propiedades mecánicas (Garavand et al., 2017).

El injerto es una técnica muy utilizada para hacer más funcional la celulosa, y es también, de los mejores métodos para modificar las propiedades fisicoquímicas de ésta. Los grupos -OH presentes en los átomos C2, C3 y C6 de cada unidad monomérica de las cadenas de celulosa, son los sitios activos más susceptibles para el injerto de muchas unidades monoméricas o polímeros, para la formación de una variedad de copolímeros de injerto de base celulósica con propiedades avanzadas y aplicaciones potenciales en comparación a la celulosa nativa

(Kumar *et al.*, 2018); puede utilizarse polimerización por radicales libres, polimerizaciones por radicales controladas o vivientes, y por apertura de anillo (Kang, Liu & Huang, 2015).

Nanomateriales de celulosa

Recientemente, diversas aplicaciones de nanomateriales de celulosa (CNs) han despertado un creciente interés (Wang *et al.*, 2018), particularmente en la década pasada (Stark, 2016). Este término, CNs, es aplicado a cualquier partícula celulósica con al menos una dimensión en la nanoescala. Comparada con otras nanopartículas, se consideran de bajo costo, ligeras, ambientalmente amigables, fáciles de composteo y reciclar (Stark, 2016), sobre todo, considerando que el principal obstáculo para producir CNs, es su alta demanda de energía (Lindstrom, Naderi & Wiberg, 2015).

Los CNs no tienen una clasificación rigurosa; no obstante, se pueden agrupar y nombrar de acuerdo a las tendencias actuales dependiendo de su morfología, dimensión característica, relación de aspecto, cristalinidad, estructura cristalina, fuente de obtención y propiedades, por lo que se reconocen principalmente a la *celulosa nanofibrilada* (NFC), nanocristales de celulosa (CNC), nanocristales de celulosa de tunicado (t-CNC), celulosa de algas (AC) y celulosa bacteriana (BC) (Moon *et al.*, 2011). Estas nanoestructuras tienen aplicaciones potenciales en diversos sectores industriales y permiten el desarrollo de materiales innovadores, así como el mejoramiento de otros convencionales. Entre los muchos campos de aplicación de los CNs, el área de empaques representa un campo importante (Li *et al.*, 2015; Abdul Khalil *et al.*, 2016; Stark, 2016; Ferrer, Pal & Hubbe, 2017), debido a las propiedades de barrera inherentes a los CNs, tales como la baja permeación del oxígeno (a humedades relativas inferiores al 65%) y vapor de agua (Wang *et al.*, 2018); adicionalmente, se pueden mencionar la apariencia y la mejora en la resistencia u otras propiedades mecánicas (Ferrer *et al.*, 2017). Estas propiedades pueden ser explotadas aplicando los CNs como rellenos, en compositos, como cubiertas o películas delgadas auto soportadas (Li *et al.*, 2015; Ferrer *et al.*, 2017; Landa-Salgado *et al.*, 2017).

Los **bionanocompositos**, abren una oportunidad para el uso de nuevos materiales de nanocompuestos verdes de alto rendimiento y peso ligero, lo que los hace excelentes candidatos para reemplazar los materiales convencionales de envasado (Rhim *et al.*, 2013). Generalmente consisten en una matriz de biopolímero reforzada con nano relleno (perlas de sílice, zeolitas, etc.); además de la dispersión coloidal de polímeros rígidos, son mezclados a dimensión nanométrica (1-100 nm); son una nueva clase de materiales que presentan propiedades mejoradas en comparación con sus biopolímeros base, debido a la elevada relación de aspecto y la gran área superficial de las nanopartículas. Por ello, se ha intentado desarrollar bionanocompositos para películas de envasado de alimentos con biodegradabilidad y propiedades mecánicas, de barrera, reológicas y térmicas mejoradas (Rhim *et al.*, 2013).

Los polímeros incorporados con nanopartículas de arcilla estuvieron entre los primeros nanocompositos basados en polímeros que surgieron en el

mercado con materiales mejorados para el envasado de alimentos, aunque ya se utilizan en envases para bebidas carbonatadas. Los polímeros con materiales híbridos basados en fibra celulósica/nanoarcilla proporcionan una gran barrera, vida corta, fácil eliminación, y propiedades compatibles con el medio ambiente ideales para los materiales de envasado de alimentos (Abdul Khalil *et al.*, 2016). En la última década se usó esencialmente NFC en nanocompositos debido a sus propiedades de refuerzo, nanoescala y su capacidad para formar una red nanoporosa sobre el alimento cuando se aplica como película, lo que provoca una baja porosidad y un camino más tortuoso ante la difusión de gases (Bharimalla *et al.*, 2017; Ferrer *et al.*, 2017).

Como se mencionó anteriormente, la estructura de bionanocompositos ofrece nuevas propiedades como en el caso de: CA/arcilla, el almidón relleno de whiskers y NFC, celulosa nanocristalina/quitosano, donde se observó una reducción en la permeabilidad al vapor de agua; así como una distribución homogénea y mejora en las propiedades mecánicas en el bionanocomposito de quitosano, por lo que se cree que estas películas tendrán un impacto prometedor en el envasado de alimentos los próximos años (Rhim *et al.*, 2013; Bharimalla *et al.*, 2017).

Uno de los desafíos de los bionanocompositos es aumentar la compatibilidad entre las arcillas y los polímeros y alcanzar la dispersión completa de las nanopartículas. Cabe mencionar que algunas autores creen que no existe información suficiente sobre los efectos que las nanopartículas podrían hacer a la salud, por ejemplo, la adsorción de

los mismos y alergias (Siqueira, Bras & Dufresne, 2010; Abdul Khalil et al., 2016).

Funcionalización de celulosa y materiales inteligentes

Además de mejorar las propiedades necesarias para poder utilizar la celulosa en empaques alimentarios, la investigación tiende a la funcionalidad de los biopolímeros para obtener materiales inteligentes, brindando capacidad antimicrobiana, antioxidante y sensorial, por ejemplo, a la temperatura. Uno de los retos de los empaques alimentarios es evitar el crecimiento de agentes microbianos en los alimentos, los conservantes o aditivos químicos, nocivos en dosis más altas, los cuales generalmente se agregan a los alimentos durante su fabricación. Los trabajos recientes de investigación apuestan al envasado funcional de alimentos, que implica, recubrir, injertar, etc., compuestos o nanocompuestos antimicrobianos o antioxidantes en los materiales de envasado. Algunos de los utilizados en la celulosa y sus derivados, son nanopartículas de plata y quitosano, que además de mejorar las propiedades de barrera ha demostrado actividad antimicrobiana para *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*; compuestos fenólicos como los ácidos p-hidroxibenzoico, gálico y cafeico, la dopamina, el eugenol, isoeugenol y timol, que se consideran agentes antimicrobianos potenciales y se injertan en las fibras sin blanquear con la ayuda de una enzima (algunos de estos compuestos fenólicos aportan además propieda-

des antioxidantes); también se han utilizado proteínas antimicrobianas y antibióticos (Bharimalla et al., 2017; Abdul Khalil et al., 2018; Kumar et al., 2018).

Una nueva tendencia es el uso de películas comestibles, que se usan para minimizar el crecimiento de microorganismos y evitar contaminantes superficiales durante el almacenamiento. Éstas pueden servir como portador para una amplia gama de aditivos alimentarios (antimicrobianos, antioxidantes, vitaminas etc.), tales como el ácido benzoico, sórbico, propiónico y láctico, ésteres de ácidos grasos como gliceril monolaurato, y polipéptidos como lisozima, peroxidasa, lactoferrina, nisina, entre otros. Éstos retardan el crecimiento de microorganismos en una amplia gama de productos, incluyendo carnes y quesos. Se han desarrollado películas comestibles antimicrobianas para minimizar el crecimiento de microorganismos, incluyendo *Listeria monocytogenes* (Cagri, Ustunol & Ryser, 2004; Valdés & Garrigós, 2016; Abdul Khalil et al., 2018). Además, varias nanoestructuras están desarrollándose para proporcionar propiedades inteligentes a los sistemas de envasado de alimentos, como la capacidad de eliminación de O₂, la indicación del grado de exposición a factores perjudiciales, como temperaturas inadecuadas o niveles de oxígeno (Abdul Khalil et al., 2018) (Figura 1).

Empresas de empaque alimentarios que utilizan biopolímero como celulosa

En 2008, se lanzó NatureFlex™, una película de celulosa que ofrece un rango de sellado térmico extremadamente amplio, capacidad de impresión, larga vida útil y buenas propiedades de barrera contra el gas. En la industria de embalaje se aplica en alimentos secos, confitería, productos frescos, productos lácteos, carne, bolsas y envases de té. Fiber Forms fue presentado en 2009 por Billerud Korsnäs. El embalaje de FibreForms está compuesto por 100% de fibra primaria que ofrece gran elasticidad y resistencia, y su alta pureza está aprobada para el contacto directo con los alimentos. Además, puede revestirse con una amplia gama de recubrimientos para proteger los alimentos de la luz, humedad, bacterias y otros peligros (Abdul Khalil et al., 2016). Una empresa mexicana (Biosolution), en el 2017, generó materiales basados en la fibra de celulosa de agave Azul Tequilana Weber (*Agave angustifolia*), estos bioplásticos van dirigidos hacia varios sectores industriales, entre ellos el sector alimenticio y de empaque.

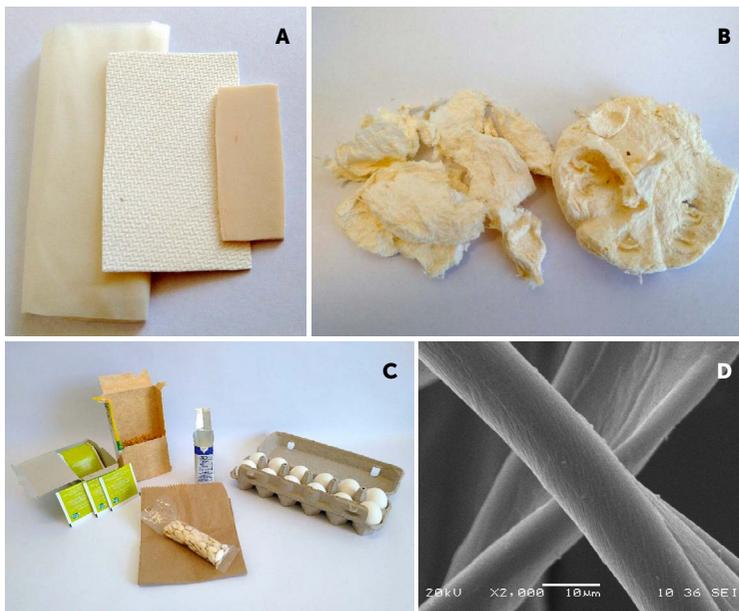


Figura 1. de izquierda a derecha. A: materiales basados en celulosa de uso en la industria. B: celulosa extraída de fuente vegetal. C: usos comunes de empaques a base de celulosa. D: micrografía de fibra de celulosa 20 kv x2000.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha mostrado un panorama general de los retos y aplicaciones de la celulosa en la industria de empaques alimentarios, desde las maneras convencionales hasta propuestas futuristas de materiales inteligentes, pasando por innovaciones demostradas y explotadas comercialmente en la actualidad. Conforme estos biopolímeros alcanzan y superan las propiedades de los plásticos derivados del petróleo, sus ventajas como biodegradabilidad y no toxicidad se hacen más evidentes y potencian su aplicación en el campo del embalaje de alimentos.

LITERATURA CITADA

- Abdul Khalil, H. P. S. et al. (2016) 'A Review on Nanocellulosic Fibres as New Material for Sustainable Packaging: Process and Applications', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 64, pp. 823–836. doi: 10.1016/j.rser.2016.06.072.
- Abdul Khalil, H. P. S. et al. (2018) 'Biodegradable Films for Fruits and Vegetables Packaging Application: Preparation and Properties', *Food Eng. Rev. Food Engineering Reviews*, 10(3), pp. 139–153. doi: 10.1007/s12393-018-9180-3.
- Bharimalla, A. K., Deshmukh, S. P., Vigneshwaran, N., Patil, P. G. & Prasad, V. (2017) 'Nanocellulose-Polymer Composites for Applications in Food Packaging: Current Status, Future Prospects and Challenges', *Polym. Plast. Technol. Eng. Taylor & Francis*, 56(8), pp. 805–823. doi: 10.1080/03602559.2016.1233281.
- Cagri, A., Ustunol, Z. & Ryser, E. T. (2004) 'Antimicrobial Edible Films and Coatings', *J. Food Prot.*, 67(4), pp. 833–848. doi: 10.4315/0362-028X-67.4.833.
- Emblem, A. (2012) 'Plastics properties for packaging materials', in Emblem, A. and Emblem, H. (eds) *Packag. Technol. Fundam. Mater. Process.* 1st edn. UK: Woodhead Publishing Limited, pp. 395–407. doi: 10.1533/9780857095701.
- Ferrer, A., Pal, L. & Hubbe, M. (2017) 'Nanocellulose in Packaging: Advances in Barrier Layer Technologies', *Ind. Crops Prod. Elsevier B.V.*, 95, pp. 574–582. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.11.012.
- Gan, I. & Chow, W. S. (2018) 'Antimicrobial Poly(Lactic Acid)/Cellulose Bionanocomposite for Food Packaging Application: A Review', *Food Packag. Shelf Life. Elsevier*, 17(7), pp. 150–161. doi: 10.1016/j.fpsl.2018.06.012.
- Garavand, F., Rouhi, M., Razavi, S. H., Cacciotti, I. & Mohammadi, R. (2017) 'Improving the Integrity of Natural Biopolymer Films Used in Food Packaging by Crosslinking Approach: A Review', *Int. J. Biol. Macromol.*, pp. 687–707. doi: 10.1016/j.jbiomac.2017.06.093.
- Kakoria, A. & Sinha-Ray, S. (2018) 'A Review on Biopolymer-Based Fibers via Electrospinning and Solution Blowing and Their Applications', *Fibers*, 6(3), pp. 1–53. doi: 10.3390/fib6030045.
- Kang, H., Liu, R. & Huang, Y. (2015) 'Graft modification of cellulose: Methods, properties and applications', *Polymer (Guildf.)*, 70, pp. A1–A16. doi: 10.1016/j.polymer.2015.05.041.
- Kumar, R., Sharma, R. K. & Singh, A. P. (2018) 'Grafted Cellulose: A Bio-Based Polymer for Durable Applications', *Polym. Bull. Springer Berlin Heidelberg*, pp. 2213–2242. doi: 10.1007/s00289-017-2136-6.
- Landa-Salgado, P., Cruz-Monterrosa, R. G., Hernández-Guzmán, F. J. & Reséndiz-Cruz, V. (2017) 'Nanotecnología en la industria alimentaria: bionanocompuestos en empaques de alimenticios', *Agroproductividad*, 10(10), pp. 34–40.
- Li, F., Mascheroni, E. & Piergiovanni, L. (2015) 'The Potential of NanoCellulose in the Packaging Field: A Review', *Packag. Technol. Sci.*, 28(6), pp. 475–508. doi: 10.1002/pts.2121.
- Lindstrom, T., Naderi, A. & Wiberg, A. (2015) 'Large Scale Applications of Nanocellulosic Materials - A Comprehensive Review -', *J. Korea Tech. Assoc. Pulp Pap. Ind.*, 47(6), pp. 5–21. doi: 10.7584/ktappi.2015.47.6.005.
- Malhotra, B., Keshwani, A. & Kharkwal, H. (2015) 'Natural Polymer Based Cling Films for Food Packaging', *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, 7(4), pp. 10–18.
- Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J. & Youngblood, J. (2011) 'Cellulose Nanomaterials Review: Structure, Properties and Nanocomposites', *Chem. Soc. Rev.*, 40(7), pp. 3941–3994. doi: 10.1039/c0cs00108b.
- Paunonen, S. (2013) 'Strength and Barrier Enhancements of Cellophane and Cellulose Derivative Films: A Review', *BioResources*, 8(2), pp. 3098–3121. doi: 10.15376/biores.8.2.3098-3121.
- Peelman, N. et al. (2013) 'Application of Bioplastics for Food Packaging', *Trends Food Sci. Technol. Elsevier Ltd*, 32(2), pp. 128–141. doi: 10.1016/j.tifs.2013.06.003.
- Rhim, J.-W., Park, H.-M. & Ha, C.-S. (2013) 'Bio-Nanocomposites for Food Packaging Applications', *Prog. Polym. Sci. Elsevier*, 38(10–11), pp. 1629–1652. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2013.05.008.
- Roy, D., Semsarilar, M., Guthrie, J. T. & Perrier, S. (2009) 'Cellulose modification by polymer grafting: a review', *Chem. Soc. Rev.*, 38(7), pp. 1825–2148. doi: 10.1039/b808639g.
- Siqueira, G., Bras, J. & Dufresne, A. (2010) 'Cellulosic Bionanocomposites: A review of Preparation, Properties and Applications', *Polymers (Basel)*, pp. 728–765. doi: 10.3390/polym2040728.
- Stark, N. M. (2016) 'Opportunities for Cellulose Nanomaterials in Packaging Films: A Review and Future Trends', *J. Renew. Mater.*, 4(5), pp. 313–326. doi: 10.7569/JRM.2016.634115.
- Valdés, A. & Garrigós, M. C. (2016) 'Carbohydrate-Based Advanced Biomaterials for Food Sustainability: A Review', *Mater. Sci. Forum*, 842, pp. 182–195. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.842.182.
- Wang, J. et al. (2018) 'Moisture and Oxygen Barrier Properties of Cellulose Nanomaterial-Based Films', *ACS Sustain. Chem. Eng.*, 6(1), pp. 49–70. doi: 10.1021/acssuschemeng.7b03523.



Presence of heavy metals in Mexican Duck (*Anas diazi* Ridgway)

Presencia de metales pesados en Pato Mexicano (*Anas diazi* Ridgway)

Delgado-Díaz, Dulce Maitane¹; Zarza, Heliot²; Flores-Hernández, Noe²; Cruz-Monterrosa, Rosy G.³; Rayas-Amor, Adolfo Armando³; Díaz Ramírez, Mayra³; Jiménez-Guzmán, Judith³; García-Garibay, Mariano³; Miranda de la Lama, Genaro³; Hernández-Flores, Laura Ivon^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma Licenciatura en Biología ambiental. ²Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Departamento de Ciencias Ambientales. ³Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Departamento de Ciencias de la Alimentación. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Av. de las Garzas No. 10, Col. El Panteón, Municipio Lerma de Villada, Estado de México, C.P. 52005

*Autor de correspondencia: 2173036909@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: To identify the presence of heavy metals in *Anas diazi* Ridgway organs (mexican duck).

Methodology/design: analyses of scientific publications.

Results: Heavy metals are particles that bioaccumulate in organisms, these have negative effects on health, such as affecting their growth and proper development. For the study and analysis of toxic particles such as heavy metals, water birds are mostly monitored. The main heavy metals to which the anatids are exposed are mercury, arsenic, lead and chromium.

Limitations of the study/implications: Heavy metal pollution has become a very important public health problem, given the high degree of severity or impact on animals, plants, water, soil, air and humans.

Findings/conclusions: Remediation measures are required to be implemented in wetlands through proposals for the reduction of industry pollutants, mines, or any heavy-metal environment.

Keywords: Bioaccumulate, anatids, heavy metals, mercury, arsenic, lead, chromium.

RESUMEN

Objetivo: identificar la presencia de metales pesados en órganos de *Anas diazi* Ridgway (pato mexicano).

Metodología/diseño: Análisis de publicaciones científicas.

Resultados: Los metales pesados son partículas que se acumulan en los organismos, estos tienen repercusiones negativas a la salud, y afectan el crecimiento y desarrollo adecuado. Para el estudio y análisis de partículas tóxicas como los metales pesados se monitorea en su mayoría aves acuáticas. Los principales metales pesados a los que están expuestos los anátidos son mercurio, arsénico, plomo y cromo.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La contaminación por metales pesados se ha convertido en un problema de salud pública muy importante, dado el alto grado de gravedad o repercusión en los animales, plantas, agua, suelo, aire y el humano, teniendo como resultado afectaciones en la salud.



Hallazgos/conclusiones: Se requieren implementar medidas de remediación en los humedales mediante propuestas para la disminución de contaminantes de la industria, minas o cualquier fuente al medio ambiente por metales pesados.

Palabras clave: Bioacumulación, anátidos, metales pesados, mercurio, arsénico, plomo, cromo.

INTRODUCCIÓN

La Familia Anatidae está representada por aves acuáticas. Habitan en humedales que les permiten su supervivencia. Son importantes en la actividad económica y social. Por su migración, son considerados recursos compartidos entre países y estados. Dentro de las cinco especies registradas de Anátidos en México, se encuentra *Anas diazi* Ridgway (pato mexicano) siendo única especie con distribución en humedales del Altiplano Mexicano (norte y central). Esta especie se encuentra en la categoría de "amenazada", dictada por la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT-2010).

Las aves acuáticas son tomadas como indicadores del estado de salud de los humedales ya que debido a las actividades antropogénicas que se desarrollan cerca de éstos, existe acumulación de metales pesados en la superficie y fondo del agua. Estas partículas de metales pesados son ingeridas por las aves acuáticas durante su alimentación (Calderón, 2005). Es por ello la importancia de identificar qué tipos de metales se acumulan en los órganos de las aves acuáticas con el fin de evaluar los daños causados en el pato, y en otras especies de organismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los metales pesados son elementos químicos metálicos, con una densidad relativamente alta, igual o superior a 5 g cm^{-3} (Estrada y Soler, 2014). Pueden llegar a ser muy tóxicos o venenosos para la salud de los organismos si son ingeridos en grandes cantidades. Es importante que no se confundan con los metales esenciales llamados micronutrientes; que son requeridos y útiles para el buen funcionamiento del cuerpo (Parra, 2014). Los metales pesados tienden a concentrarse en organismos acuáticos (peces, crustáceos o algas). Se caracterizan por su estabilidad y afinidad a los grupos tiólicos (-SH-), afectan directamente la dieta alimenticia de los organismos, y a los ecosistemas (Estrada y Soler, 2014). La presencia de

cadmio, plomo, arsénico y mercurio son los cuatro principales tóxicos que se han evaluado constantemente en carne y leche debido a sus altas concentraciones registradas y por la fácil exposición de estas sustancias en el ambiente (Reyes *et al.*, 2016). Estos contaminantes han sido reconocidos como genotóxicos, ya que han causado diversas mutaciones en aves y alteración del ADN en áreas industriales donde la contaminación es mayor debido a la cercanía de la fuente de contaminación (Estrada y Soler, 2014). Los daños directamente relacionados con el grado de contaminación, tipo de metal y concentración, son entre otras principales, el tamaño del animal, edad, peso, además de impactos en el hábitat con consecuencias en la dieta (Parra, 2014).

Fuentes de donde provienen los metales pesados

Existen dos fuentes principales de donde provienen los metales pesados, denominadas fuentes naturales y fuentes antropogénicas. La erosión, el desgaste mineral, la deposición atmosférica y actividad volcánica son clasificadas como fuentes naturales, mientras que la agricultura y descargas industriales, son incluidas en las fuentes antropogénicas. La contaminación de suelos agrícolas con productos fitosanitarios ha sido la causa de la acumulación de metales, tales como el plomo, zinc, mercurio, cobre o arsénico y cadmio que son derivados por el uso intenso de fertilizantes. La contaminación automovilística es la causa de la producción de partículas de plomo, así como los pigmentos, productos químicos y quema de basura. Mientras que las fuentes principales de donde proviene el cobre, zinc y cadmio son originadas por los abonos naturales o químicos. También las explotaciones mineras, las industrias metalúrgicas, fabricas recicladoras de plomo, aguas residuales de granjas de cerdo, incineradoras e industrias de materiales de plástico (González, 2015) son fuentes de polución. La mayor contaminación de sustancias tóxicas que provocan bioacumulación de metales pesados en organismos vivos es producida principalmente por las actividades antropogénicas que se desarrollan diariamente; estas actividades no solo están afectando a los organismos acuáticos; sino, que están afectando a toda la cadena alimenticia que se provee de ellos, entre los que se encuentra el ser humano.

Los metales pesados son bioacumulados por los organismos al ser ingeridos en alimentos y agua que han estado expuestos a ambientes contaminados. El cadmio, considerado como un metal tóxico, se absorbe a través del sistema digestivo y se transporta hasta hígado y riñones,

formando estructuras con las proteínas que facilitan su transporte, el cadmio altera el comportamiento de los patos, baja la producción de huevo, e induce adelgazamiento en la cascara de los mismos y retrasa el crecimiento.

El plomo se acumula por actividades antropogénicas aumentan las partículas de este metal en el ambiente, aunque puede ser encontrado de manera natural. El plomo afecta el sistema nervioso, causando ceguera, debilidad muscular y convulsiones, además de hemólisis intravascular y anemia (Estrada y Soler, 2014). El cromo proviene tanto de fuentes naturales como de las antropogénicas. Se encuentra principalmente en plumas, es un potente carcinógeno, además de que causa daños en el sistema endocrino, trastornos reproductivos y malformaciones congénitas. El Cobre, está considerado como un micronutriente ya que es esencial para funciones fisiológicas; sin embargo, se considera tóxico si es ingerido en concentraciones elevadas. El cobre pasando los niveles de umbral fisiológico causa anemia, trastornos del crecimiento, respiratorios, problemas inmunológicos, daños hepáticos y daños en el comportamiento, estos mismos daños son causados por el arsénico en altas concentraciones. El mercurio, es un potente neurotóxico, quiere decir que afecta las estructuras y funciones del sistema nervioso, causando cambios en el comportamiento del animal (González, 2015; Lerma, 2014).

Bioindicadores

Se conoce como bioindicadores a los organismos que son utilizados para evaluar la calidad del ambiente, y son tomados en cuenta de acuerdo a su abundancia y su biodisponibilidad. De acuerdo a González (2015), tienen que cumplir con cinco características principales: el organismo debe ser abundante, el organismo tiene que ser típico del ecosistema, debe tener un tamaño y comportamiento que le permita ser de fácil muestreo, que presente altos índices de supervivencia a las altas concentraciones de las sustancias tóxicas a las que está expuesto, y que sea capaz de bio concentrar sustancias que permitan realizar un análisis directo.

Bioacumulación de metales pesados en aves acuáticas

Cuando las concentraciones de un contaminante (metales) se presentan en mayor cantidad en un organismo que en el medio que lo rodea, se considera que existe bioacumulación. Para la identificación de contaminantes se utilizan organismos como indicadores, estos organismos utilizados deben ser preferentemente residentes y abundantes. Se utilizan de manera recurrente las aves como especies de monitoreo de la contaminación ambiental, y metales pesados, debido a que son grupos de vertebrados que están ampliamente distribuidos en el mundo, son sensibles a los cambios ambientales ocasionados por la contaminación, y tienen amplio rango en los niveles tróficos (Parra, 2014). En determinadas ocasiones las formas de muestreo de contaminantes resultan ser invasivas y letales pues la bioacumulación de metales pesados tiene presencia en órganos, tales como el corazón, riñón y pulmones que según Parra (2014), los metales pesados en los dos últimos, indica una exposición crónica y severa, debido a que son las estructuras encargadas de la desintoxicación del cuerpo; y están muy relacionados con la alimentación y hábitat de los animales. Puede ser utilizado también músculo, huesos, vísceras y sangre. Sin embargo, también hay técnicas donde se

muestran las plumas o huevos, y estas técnicas no son letales, son de fácil recolección y almacenamiento e indican con su análisis la contaminación externa. (González et al., 2018; Pérez et al., 2005).

Riesgos de la presencia de metales pesados en aves acuáticas

Es importante conocer los niveles de contaminantes que representan daños y peligro para la fauna y salud pública. Por este motivo es interesante investigar los niveles de metales pesados bioacumulados en las aves acuáticas ya que su hábitat, tales como los humedales, generalmente están expuestos a zonas industriales y ganaderas que representan un impacto negativo en estos ecosistemas. Las consecuencias que se presentan en los organismos (aves acuáticas) debido a la bioacumulación de metales pesados se observan en la reproducción, tamaño, peso, e incluso se llegan a presentar alteraciones embriogénicas (Estrada y Soler, 2014)

El pato mexicano (*Anas diazi*) es un anátido residente de México, forrajea hacia el fondo de los humedales de forma inclinada, considerándose, así como un pato de superficie. Su distribución abarca el Eje Neovolcánico Transversal en los estados de México, Tlaxcala, Puebla y CDMX, siguiendo a través de la meseta central en Zacatecas, Guanajuato, Michoacán, hacia el noroeste en Nayarit y Jalisco, al norte en los estados de Chihuahua y Durango, y hasta el sureste de Arizona y el valle del río Grande al norte de Albuquerque, Nuevo México en Estados Unidos. La Ciénega de Lerma es un hábitat de importancia para la residencia de esta especie en el Estado de México, debido a la presencia de grupos reproductivos e invernantes.

La alimentación de esta especie de Anátido está relacionada al consumo de semillas, tubérculos y un consumo mínimo de invertebrados acuáticos (Colón, 2009). Existen pocos estudios sobre el pato mexicano; sin embargo, su alimentación sugiere que existe bioacumulación de metales pesados, pues lo que ingiere está expuesto en gran medida a actividades antropogénicas, tales como la industria y ganadería. Además de que Lerma cuenta con diversos parques industriales que provocan grandes descargas de partículas de metales pesados (Figura 1).

CONCLUSIONES

Las principales fuentes de contaminación que provocan la presencia de metales pesados en el ambiente son actividades antropogénicas, principalmente la industria y la agricultura que con sus productos químicos que utilizan a diario dañan los ecosistemas, y repercuten en la salud de diferentes organismos vivos. Para detectar partículas tóxicas en el ambiente son utilizados organismos que sirven como bioindicadores. Para llevar a cabo una biomonitorización ambiental y con ello el desarrollo de estrategias ambientales que permitan disminuir el impacto negativo de la bioacumulación de metales pesados en organismos vivos. El pato mexicano (*Anas diazi*) es un bioindicador de metales pesados en el ambiente acuático.

LITERATURA CITADA

- Calderón, A. (2005) Metales pesados en aves (patos y cercetas) residentes y migratorias recolectadas en sistemas lagunares del centro y sur de Sinaloa. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Mazatlán, Sinaloa.
- Colón, D. (2009). Composición de la dieta de otoño del pato mexicano (*Anas diazi*) en el vaso sur de las Ciénegas del Lerma, Estado de México. Revista mexicana de biodiversidad. Vol.80 no.1
- Ducks Unlimited de México, A.C. (2011). Conozca los Patos y Gansos. Una guía para la identificación de Anátidos en México 3era Edición. Pp 6-40
- Estrada, D y Soler, D. (2014). Las aves como bioindicadores de contaminación por metales pesados en humedales. Ornitología Colombiana 14: 145-160
- Gonzalez, D.; Alvarez-Bernal, D.; Mora, M.; Buelna-Osben, H.R.; Ruelas-Insunza, J.R. (2018). Biomonitorio De Metales Pesados En Plumitas De Aves Acuáticas Residentes Del Lago De Chapala, México. Int. Contam. Ambie. 34 (2) 215-224
- González, D. (2015). Tres especies de aves acuáticas como bioindicadores de la contaminación por metales pesados del Lago de Chapala. Tesis de Maestría, CIIDIR, Michoacán, México.
- Innamorato, F. (2018). Contenido de metales pesados (Cr, Cu, Zn, Zb y Cd) en sangre y plumas de la codorniz (coturnix coturnix japónica) y su relación con el peso y el sexo de las aves. Península de Araya, Universidad de Oriente, Venezuela.

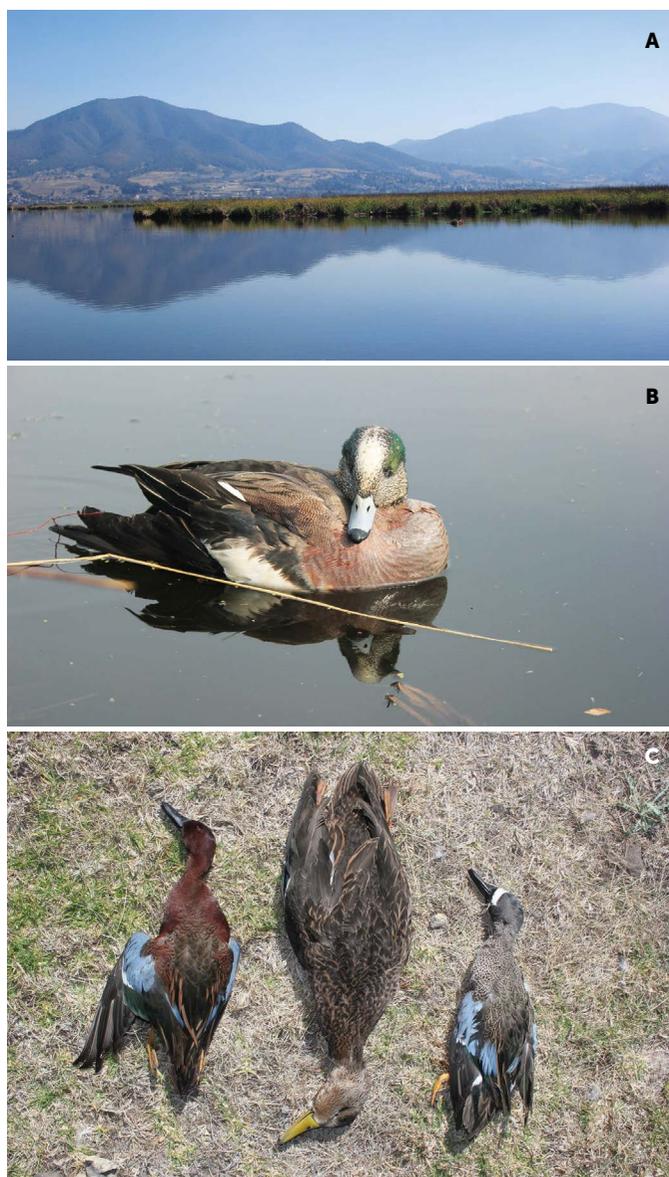


Figura 1. A: humedales donde habita el pato mexicano. B: Pato Chalcuán (*Mareca americana*). C: Ejemplares de patos migratorios cazados en una Unidad de Manejo de Vida Silvestre en la Ciénega de Lerma, Estado de México.

- Lerma, M. (2014). Condición corporal y concentración de metales pesados (Hg, Pb, Cd y Zn) en *Sula nebouxii* durante la época reproductiva en isla el rancho, Sinaloa. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad académica Mazatlán, Sinaloa.
- Parra, E. (2014). Aves silvestres como bioindicadores de contaminación ambiental y metales pesados. Artículo de revisión. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Universidad CES. Área metropolitana del valle de Aburrá.
- Pérez, M; Cid, F; Hernández, D. (2005). Contenido de metales pesados en hígado y plumas de aves marinas afectadas por el accidente del "Prestige" en la costa de Galicia. Toxicol. 22: 191-199
- Reyes, Y. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Ingeniería, Investigación y Desarrollo pp. 66-77.

Aquaponic system with subsurface wetland for carp production (*Cyprinus carpio* L.), strawberry (*Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) and canola (*Brassica napus* L.)

Sistema acuapónico con humedal subsuperficial para producción de carpa (*Cyprinus carpio* L.), fresa (*Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) y canola (*Brassica napus* L.)

Mercado-Albarrán, Ilse M.¹; Ramírez-Carranza, Donovan R.²; Cruz Monterrosa, Rosy G.³; Díaz-Ramírez, Mayra³; Jiménez-Guzmán, Judith³; García-Garibay, José M.³; Miranda de la Lama, Genaro C.³; Beristain Cardoso, Ricardo⁴; Rayas-Amor, Adolfo A.^{3*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma, Licenciatura en Ingeniería en Recursos Hídricos. Lerma de Villada, Estado de México. ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Tecnológico S/N, colonia Agrícola Bellavista, C.P. 52149, Metepec Estado de México, México. ³Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma, Departamento de Ciencias de la Alimentación. ⁴Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma Departamento de Recursos de la Tierra.

*Autor de correspondencia: a.rayas@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: a greenhouse pilot aquaponic system was installed, operated, and evaluated to produce carps-strawberry-canola.

Design/methodology/approach: the proposed aquaponics system was made of four modules: 1) module for the production of carp (*Cyprinus Carpio comunis*), 2) hydroponic module, deep flow type for the production of duckweed (*Lemna minor* L.) used to feed the carps, 3) hydroponic module for the strawberry production (*Fragaria × ananassa*), 4) hydroponic module with substrate (medium gravel) for the canola production (*Brassica napus*). The carps (*Cyprinus carpio*) had an average weight of 0.92 g at the beginning of the study (July 2018), the density was 500 carps/0.7 m³ of water. From September to December, a sample of 5% was taken to quantify their growth (length and weight) employing a Vernier, and a triple beam balance (OHAUS®). The carps were fed only with duckweed (*Lemna minor* L.). The carps were fed daily with 1.5% of duckweed as fresh matter concerning the average live weight of the 500 carps. Module 2 had an area of 0.26 m². The dry matter of duckweed was quantified using a PVC cylinder that had an area of 0.010 m², and then the fresh sample was weighed and dried at 105 °C until constant weight. Module 3 (0.42 m²) had 23 plants in a vegetative state, the growth of 5 plants was evaluated by measuring the size of the root (cm), the height of the plant (cm), the length and width of the leaves (cm) and the foliar area (cm²). Module 4 had 0.42 m², canola seed was sown at a density of 1.2 g/ m² that represented 185 seedlings. The growth of 9 plants was evaluated by measuring the same variables of strawberry plants.

Results: in module 1, an average weight per carp of 17.7 g was obtained, representing an average weight increase of 16.8 g in the period from September to December. Module 2 produced 12 kg of duckweed in a fresh basis with 5.6% of dry matter. duckweed production was maintained using the nutrients from the effluent of module 1. In module 3, it was observed that strawberry plants presented an increase of 2.5 g in the fresh weight, 1 cm in root size, 0.9 cm in plant height, 0.2 cm in leaf length, 0.2 cm in leaf width and 0.4 cm² in the leaf area. In module 4, there was an increase of 8.1 g in plant height, 0.2 cm in the leaf length, 0.2 cm in the leaf width and 0.1 cm² in the leaf area.

Limitations of the study/implications: for the canola crop, only results of the vegetative growth were reported. For the carps, only three months were reported. However, there was evidence of the feasibility of the system.

Findings/Conclusions: an aquaponic system was installed, operated, and evaluated to produce carps-strawberry-canola. The duckweed was the only source of dry matter for carps. The effluent from the carp module provided nutrients for strawberry growth, bearing fruits of the right color. Canola plants developed adequately, although they had a purple color on the leaves, indicating a possible phosphorus deficiency.

Keywords: fish, aquaculture, vegetables

RESUMEN

Objetivo: se instaló, operó y evaluó un sistema acuapónico piloto bajo invernadero para la producción de carpa-fresa-canola utilizando lenteja de agua como única fuente de alimento.

Diseño/metodología/aproximación: el sistema acuapónico propuesto consistió en cuatro módulos: 1) módulo para la producción de carpa (*Cyprinus Carpio comunis*), 2) módulo hidropónico tipo flujo profundo para la producción de lenteja de agua (*Lemna minor* L.) que se utilizó para alimentar a las carpas, 3) módulo hidropónico tipo raíz flotante para el cultivo de fresa (*Fragaria* × *ananassa*), 4) módulo hidropónico con sustrato (grava media) para el cultivo de canola (*Brassica napus*). En el módulo uno se criaron carpa (*Cyprinus carpio*) con peso promedio inicial de 0.92 g, a una densidad de 500 peces/0.7 m³ de agua en el mes de julio de 2018. De septiembre a diciembre del mismo año se tomó una muestra del 5% de la población para medir su crecimiento (longitud y peso) empleando un vernier de campo, y se obtuvo el peso (g) por carpa con una balanza granataria. Las carpas se alimentaron solamente con lenteja de agua (*Lemna minor* L.), se les ofreció 1.5% de peso fresco de Lemna con respecto al peso promedio de las 500 carpas. El módulo dos tuvo un área de 0.26 m², se cuantificó la producción de materia seca de la lenteja de agua mediante un cilindro de PVC con un área de 0.010 m², la muestra fresca se pesó al momento del muestreo y posteriormente se secó a 105 °C hasta peso constante. En el módulo 3 de 0.42 m² se cultivaron 23 plantas de fresa en estado vegetativo, se monitoreó el crecimiento de 5 plantas mediante la medición del tamaño de la raíz (cm), la altura de la planta (cm), el largo y ancho de las hojas (cm) y el área foliar. El módulo 4 tuvo una superficie de 0.42 m², se sembró semilla de canola a una densidad de 1.2 g/m² que representó 185 plántulas. Se monitorio el crecimiento de 9 plantas y se evaluaron las mismas variables para las plantas de fresa.

Resultados: en el módulo 1 se obtuvo un peso promedio por carpa de 17.7 g representando un incremento de peso de 16.8 g en el periodo de septiembre a diciembre. En el módulo 2 se produjo 12 kg de lenteja de agua fresca en un área de 0.26 m² con 5.6% de materia seca. La producción de lenteja de agua se mantuvo utilizando los nutrientes del efluente del módulo 1. En el módulo 3 se observó que las plantas de fresa se adaptaron al sistema hidropónico tipo raíz flotante. En promedio se cuantificó un incremento de 2.5 g en el peso fresco de la planta, 1 cm en el tamaño de raíz, 0.9 cm en la altura de planta, 0.2 cm en el largo de hoja, 0.2 cm en el ancho de hoja y 0.4 cm² en el área foliar. En el módulo 4 se cuantificó en promedio un incremento de 8.1 g en la altura de planta, 0.2 cm en el largo de hoja, 0.2 cm en el ancho hoja y 0.1 cm en el área foliar.

Limitaciones del estudio/implicaciones: se reportan resultados del crecimiento vegetativo para la canola, para las carpas solamente se reporta el crecimiento en tres meses, no obstante, se muestra evidencia de la factibilidad del sistema.

Hallazgos/conclusiones: se instaló, operó y evaluó un sistema acuapónico recirculante para la producción de carpa-fresa-canola. La lenteja de agua funcionó como la única fuente de alimento para el crecimiento de la carpa. El efluente del módulo carpa proporcionó nutrientes para el crecimiento de la fresa, dando frutos de buen color. Las plantas de canola se desarrollaron adecuadamente, aunque presentaron un color púrpura en las hojas, lo que indicó una posible deficiencia de fósforo.

Palabras clave: peces, acuicultura, hortalizas

INTRODUCCIÓN

La acuaponía es una técnica de cultivo en la cual se cultivan peces (acuicultura) y hortalizas (hidroponía) en un mismo sistema de producción. En estos sistemas las plantas se alimentan a través de nutrientes excretados por los peces; tales como: nitrógeno orgánico,

fósforo orgánico y carbono orgánico. Las excretas de los peces son ricas en estos nutrientes, pero tóxicas para los peces en altas concentraciones. Cada kg de alimento consumido por pez contiene: 80 g de nitrógeno orgánico, 11.5 g de fósforo orgánico y 450 g de carbono orgánico; de los cuales 68.8 g de nitrógeno, 3.45 g de fósforo y 13.5 g de carbono son desechos disueltos, y 11.2 g de nitrógeno, 2.3 g de fósforo y 112.5 g de carbono, son desechos sólidos sedimentables. La carpa es el pescado con mayor producción del mercado en kilogramos cosechados y número de operaciones comerciales, es una especie tolerante y resistente a cambios en calidad de agua y tiene una amplia tolerancia ambiental (FAO, 2009) y es una de las especies de peces más utilizada en sistemas acuapónicos. Este sistema de cultivo ha sido ampliamente explotado a nivel comercial y casero alrededor del mundo debido a las siguientes ventajas: 1) reduce el consumo del agua en los cultivos a través del sistema de recirculación, 2) genera mayor sanidad de las hortalizas porque se minimiza el uso de agroquímicos, y 3) representa un ahorro en el proceso productivo debido a que la mayoría de los nutrientes para las hortalizas son generados por los peces a través de las excretas (Colagrosso, 2014). La acuaponía representa no sólo una fuente completa de alimentos de alta calidad, sino también una oportunidad para mejorar las condiciones socioeconómicas del ser humano, contribuyendo a la vez con la seguridad alimentaria.

Las hortalizas en los sistemas acuapónicos actúan como un biofiltro al absorber los nitratos disueltos que son previamente transformados por bacterias del género *Nitrosomas*, *Nitrococcus*, y *Nitrobacter*, quienes transforman mediante oxidación el amonio a nitratos, y posteriormente éstos son absorbidos por las plantas para su crecimiento.

En los sistemas acuapónicos se puede producir casi cualquier cultivo, siendo la lechuga (*Lactuca sativa* L.), la especie más cultivada en estos sistemas. No obstante, en el presente proyecto se cultivó la fresa (*Fragaria* × *Ananassa* y canola (*Brassica napus* L.) en un sistema acuapónico, ya que son cultivos muy demandados por la sociedad y en el Estado de México se produce principalmente maíz (*Zea mays* L.), jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.), tomate (*Physalis* sp.), lechuga y flores de ornato en cuanto a plantaciones se refiere; por otro lado, la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), carpa

(*Cyprinus carpio* L.), mojarra (*Diplodus vulgaris* Forster) y charal (*Chirostoma* sp.) son las especies más cultivadas (SAGARPA, 2009).

En la actualidad, Estados Unidos es el mayor productor de fresa (822,000 t año⁻¹) y Rusia es el mayor productor de canola (5,000,000 t año⁻¹) en el mundo. En México, el estado de Michoacán es el principal productor de fresa (229,000 t año⁻¹) (FAOSTAT, 2007). Las fresas son ricas en vitamina C (mayor que los cítricos), vitamina A, E, B1, B2, B3 y B6, K, Mg, Fe, P, I, Ca, ácido fólico, grandes cantidades de salicilatos que previenen enfermedades cardiovasculares, degenerativas y cáncer. Al estar compuestas por 85% de agua, ayudan a adelgazar, también en enfermedades como cálculos renales, hipertensión y ácido úrico (SAGARPA, 2009).

Por otro lado, los estados de Morelos, Nayarit, Baja California Sur y Norte, Campeche y Coahuila son los encargados mayoritarios para la producción de canola (200 t año⁻¹). La canola (*Brassica napus*) permite la producción de aceite con bajo ácido erúsico (2%) y glucosinolatos en la torta o afrecho (la torta o afrecho es el producto que queda después de extraído el aceite de la semilla). Al ser una variedad que se obtuvo en Canadá, se le dio el nombre por Canadian oil Low Acid. Actualmente este cultivo es de interés, ya que, permite la producción de aceite vegetal para consumo humano, por su alto contenido de Omega-3, reemplaza el aceite de pescado y es útil como fuente para producir biodiesel (Tay et al., 2007).

Por otro lado, en los sistemas acuapónicos la alimentación de los peces se basa en alimento concentrado comercial peletizado, lo cual incrementa substancialmente los costos de producción, ya que puede representar entre el 70 y 80% de los costos totales. En este tenor, se pretendió acoplar al sistema acuapónico un módulo para la producción de lenteja de agua (*Lemna* sp.). La familia Lemnaceae comprende un grupo de pequeñas plantas acuáticas vasculares monocotiledóneas que flotan libremente sobre la superficie del agua, crecen en colonias y frecuentemente desarrollan densos y uniformes mantos, de unos milímetros a algunos centímetros de grosor, en charcas, lagos, lagunas y cuerpos de agua con movimiento léntico (Zetina et al., 2010), de tal forma que la lenteja de agua sirva como alimento para los peces, con el objeto de reducir substancialmente los costos por concepto de la alimentación.

A pesar de las ventajas que presentan los sistemas acuapónicos, en México, la tecnología aún no ha sido aplicada ampliamente y la investigación sobre este tipo de sistemas es escasa. Por lo anterior, el presente estudio se enfocó en el desarrollo y evaluación de un sistema acuapónico para la producción de carpas-fresa-canola acoplado a un módulo de producción de *Lemna* sp y a un humedal subsuperficial para el pulimento de la calidad del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se desarrolló en el invernadero de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, estado de México (19° 17' 31.38" N; 99° 30' 06.63" O) a una elevación de 2572 m. El clima del municipio es templado subhúmedo, la temperatura media anual es de 12.4 °C. Este tipo de invernadero brinda protección al sistema acuapónico piloto contra los ventarrones y se tiene mayor control de la temperatura durante todo el año, así como menor pérdida de agua por evapotranspiración.

El sistema consistió en cuatro módulos; Uno para la producción de carpa (*Cyprinus Carpio comunis*) en fase de alevín con una densidad inicial de 0.075 kg L⁻¹; otro, o hidropónico tipo flujo profundo para la producción de lenteja de agua (*Lemna minor* L.) que se utilizó para alimentar a las carpas, un tercer módulo hidropónico tipo raíz flotante para el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*), y el cuarto módulo hidropónico con sustrato (grava media) para el cultivo de canola (*Brassica napus*).

Módulo 1: se sembraron crías de *Cyprinus carpio* cuya longitud ini-

cial promedio fue de 2 cm y 0.92 g de peso a una densidad de 500 peces 0.7 m³⁻¹ o 0.075 kg L⁻¹ de agua en el mes de julio de 2018. Durante los meses de julio y agosto los peces tuvieron un período de adaptación al sistema acuapónico por lo tanto no se realizaron mediciones. De septiembre a diciembre se tomó una muestra de 5% de la población de peces para cuantificar la longitud con un vernier de campo, y se obtuvo el peso por carpa con una balanza granataria para obtener una ecuación de predicción. Durante este proceso los peces fueron separados en una cubeta y al finalizar el procedimiento fueron regresados al módulo de peces. Las carpas se alimentaron con lenteja de agua una vez al día, se les ofreció en promedio 1.5% de peso fresco de la lenteja de agua con respecto al peso promedio de los 500 organismos.

Módulo 2: consistió en un contenedor de 0.26 m², para evaluar la producción de materia seca de lenteja de agua se utilizó un cilindro de PVC de 0.010 m², la muestra fresca fue pesada y posteriormente secada a 105 °C hasta peso constante. Se obtuvo una producción de 12 kg de lenteja de agua en materia fresca quincenalmente con un 5.6% de materia seca.

Módulo 3: se trasplantaron 23 plantas, se evaluó el crecimiento tomando cinco plantas como muestra; estas fueron pesadas en fresco empleando una balanza granataria y medidas con un vernier de campo. Se evaluó el tamaño de la raíz, la altura de la planta, el largo y ancho de las hojas (L x A) y el área foliar (AF) se estimó empleando la siguiente ecuación cúbica (Casierra-Posada et al., 2008):

$$AF = 0.286141 * (L \times A) - 8.562461 \times 10^{-5} * (L \times A)^2 - 1.06547953 \times 10^{-8} * (L \times A)^3$$

Módulo 4: se sembró semilla de canola a una densidad de 1.2 g m²⁻¹; representando un total de 185 plántulas. Se identificaron y marcaron nueve plantas representativas y escogidas aleatoriamente para evaluar su crecimiento y evaluaron las mismas variables que en la planta de fresa, el área foliar se calculó empleando la siguiente ecuación cuadrática (Chavarría et al., 2011):

$$AF = 0.2023 * (\text{largo de hoja})^2 - 0.4267 * (\text{largo de hoja}) + 20148$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Módulo 1: La Figura 1A muestra el crecimiento de las carpas alimentados solamente con lenteja de agua y la Figura 1B muestra la relación cuadrática significativa (P<0.05) entre la talla y el peso de los peces, con una R² de 0.849 y el modelo cuadrático que permitió estimar el peso de las carpas a partir de la talla durante los primeros tres meses de crecimiento, al medir solamente la talla se minimiza el estrés de los peces durante el manejo. El intercepto del modelo cuadrático indica que en esta etapa de crecimiento el peso mínimo de los peces es de 17.7 g cuando la talla equivale a cero. Cabe mencionar que el modelo cuadrático tendrá mayor predicción conforme se incorporan más datos de carpas con mayor talla y peso.

Módulos 2, 3 y 4: La Figura 2 muestra el crecimiento de la lenteja de agua, fresa y canola. En el módulo 2 se produjo 12 kg de lenteja de agua fresca en un área de 0.26 m² quincenalmente; se cuantificó que por cada 100 g de lenteja de agua húmeda se tienen 5.6 g de materia seca, y en la materia seca se tiene el 35% de proteína, energía, vitaminas y minerales.

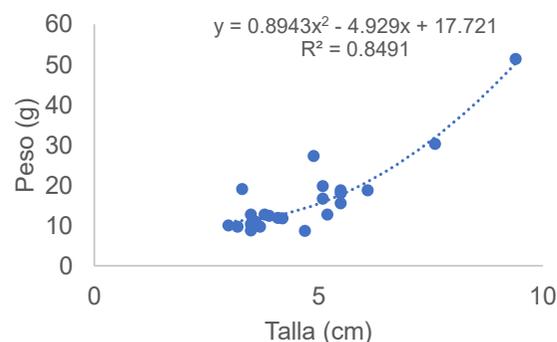


Figura 1. Crecimiento de la carpa (*Cyprinus carpio*) alimentada con lenteja de agua (*Lemna minor L.*).

El Cuadro 1 muestra el crecimiento de las plantas de fresa durante un periodo de 70 días después del trasplante, partiendo de plantas con tres hojas. Las plantas de fresa mostraron buena adaptación al sistema de cultivo (tipo raíz flotante) ya que produjo frutos de color rojo aceptable para este tipo de plantas y el marchitamiento de las hojas fue mínimo.

El Cuadro 2 muestra el crecimiento de las plantas de canola, que mostró menor adaptación al sistema de cultivo, ya que se presentaron signos de marchitamiento ligero y hojas de color púrpura, debido a que

Cuadro 2. Crecimiento promedio de las plantas de canola.

Mes	AP (cm)	LH (cm)	AH (cm)	AF (cm ²)
Septiembre	6±2	2±1	3±1	20±1
Diciembre	14±7	2±1	3±1	20±3

AP: altura de la planta; LH: largo de hoja; AH: ancho de hoja; AF: área foliar; ±: desviación estándar.

la lemna tiene entre 0.5 a 0.8% de fósforo con respecto al contenido de materia seca (Mbagwu y Adeniji, 1988).



Figura 2. Crecimiento de lenteja de agua, fresa, canola.

Durante el periodo de evaluación, se presume que la canola utilizó el nitrógeno para desarrollo de los tallos principalmente ya que el largo, ancho y área foliar no presentaron diferencias, esto también pudo deberse a la deficiencia de fósforo. No obstante, es importante hacer mención que no existen aún estudios para producir canola en sistemas hidropónicos o acuapónicos y este sería el primero que evalúa su factibilidad bajo condiciones acuapónicas.

CONCLUSIONES

La lenteja de agua proporcionó los requerimientos de proteína para el crecimiento de la carpa y las excretas de las carpas proporcionaron

Cuadro 1. Crecimiento promedio de las plantas de fresa (*Fragaria × ananassa*).

Mes	PF (g)	TR (cm)	AP (cm)	LH (cm)	AH (cm)	ÁF (cm ²)
Septiembre	29±17	19±6	15±5	5±1	4±1	5±3
Diciembre	32±17	21.5±5	16±6	5±1	4±1	6±3

PF: peso fresco; TR: tamaño de raíz; AP: altura de la planta; LH: largo de hoja; AH: ancho de hoja; AF: área foliar; ±desviación estándar.

los nutrientes necesarios para el crecimiento de la fresa, dando frutos de buen color. La canola no se adaptó al sistema acuapónico propuesto ya que presentó deficiencias de fósforo. Finalmente, el sistema acuapónico recirculante permitió la depuración de nutrientes en el efluente del módulo 1, dándole una buena calidad y permitiendo el desarrollo los cultivos de carpa-fresa.

LITERATURA CITADA

- Casierra, F., Peña, G. R., Peña, J. E. (2008). Estimación indirecta del área foliar en *Fragaria vesca* L. *Physalis peruviana* L., *Acca sellowiana* (Berg.) Burret, *Rubus glaucus* L., *Passiflora mollissima* (Kunth) LH Bailey y *Ficus carica* L. Rev. UDCA Actualidad Científica, 11(1), 95-102.
- Chavarría, G., Tomm, G. O., Muller, A., Ferro Mendonça, H., Mello, N., Serafini Betto, M. (2011). Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. *Ciência Rural*, 41(12).
- Colagrosso, A. (2015). Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala. Youcanprint.
- FAOSTAT (2007). "Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics". Database Online. En <http://faostat.fao.org/faostat/collections>. (Citado en enero 2018).
- Mbagwu I.G., Adeniji H.A. (1988). The nutritional content of duckweed (*Wolffia microscopica* Hegelm.) in the kainji lake area, Nigeria. *Aquatic Botany*, 29, 357-366.
- SAGARPA. (2009). "Sistema producto fresa". Michoacán. Coloca la liga
- SAGARPA. (2009). "Plan Rector del Sistema-Producción". Ciudad de México.
- Tay, J. (2007). "Generalidades, manejo y residuos de evaluación de variedades de canola, lupino y arveja". INIA Quilamapu.
- Zetina, C. P., Ortega, C. M. E., Ortega, J. E., Reta, M. J. L., Sánchez-Torres, M. T. E., & Haro, H. J. G. (2010). Utilización de la lenteja de agua (Lemnaceae) en la producción de tilapia (*Oreochromis* spp.). *Archivos de Zootecnia*, 59, 133-155.



Economic sustainability of corn culture (*Zea mays* L.) in Acambay, Mexico

Sustentabilidad económica del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Acambay, México

Urbano-Castillo, Liliana¹; Flores-Hernández, Noe²; Montiel-Castro, Augusto³; Cruz-Monterrosa, Rosy G.⁴; Díaz-Ramírez, Mayra⁴; Jiménez-Guzmán, Judith⁴; García-Garibay, Mariano⁴; Miranda de la Lama, Genaro C.⁴, Rayas Amor Adolfo Armando^{4*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Licenciatura en Biología Ambiental, México.

²Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Departamento de Ciencias Ambientales.

³Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Ciencias de la Salud Unidad Lerma ⁴Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma Departamento de Ciencias de la Alimentación.

*Autor de correspondencia: a.rayas@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the economic sustainability of the maize crop (*Zea mays* L.) in Acambay, State of Mexico.

Design/methodology/approach: The study area was the municipality of Acambay, State of Mexico. The questionnaires were applied to 50 maize crop producers settled in agrarian communities and ejidos at La Soledad, Pueblo Nuevo, Loma Linda, Dateje, San Pedro de los Metales, Dongú, and Tixmadeje. The questionnaire was based on the Indicators of Sustainability of Husbandry Farms (IDEA: *Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*). The selection of each producer was carried out using a snowball sampling, choosing the first farmer randomly.

Results: The value of the indicator "economic viability" (C1) was 1 out of 20 points, indicating that the profitability derived from the cultivation of maize crop represents a minimum wage. The indicator "economic specialization rate" (C2) obtained 0 points since only maize crop is grown; therefore, it represents only a source of income for the farmers. In the indicator "financial autonomy" (C3) the average value obtained was 12, indicating that there is no dependence on external inputs for maize crop. The indicator "sensitivity to government aids" (C4) got 0 points since most farmers do not receive support to grow maize crop.

Limitations of the study/ implications: the results presented in this paper are advances, it is suggested to take the results with caution. The indicators "transmission of capital" (C5) and "efficiency of production processes" (C6) were not adequately evaluated because during the application of the surveys the farmers refused to provide detailed information to these indicators.

Findings/Conclusions: the economic sustainability calculated for the farmers was 13% which is very low because the producers do not always have access to subventions applicable to the maize crop production. Another factor that contributed to the weak sustainability is that maize grain and by-products showed low market prices, therefore, farmers preferred to grow maize crop for self-consumption, or so that inherited farmland is not idle.

Keywords: rural economy, self-consumption sustainability

RESUMEN

Objetivo: evaluar la sustentabilidad económica del cultivo de maíz criollo (*Zea mays* L.) en Acambay, Estado de México.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp: 99-102.

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

Diseño/metodología/aproximación: El área de estudio fue el municipio de Acambay, del estado de México. Se aplicó un cuestionario a 50 productores de maíz de los ejidos y comunidades agrarias de la Soledad, Pueblo Nuevo, Loma Linda, Dateje, San Pedro de los Metales, Dongú y Tixmadeje. El cuestionario se basó en el método de Indicadores de Sustentabilidad de Explotaciones Agropecuarias (IDEA). La selección de cada productor encuestado se realizó mediante el muestreo tipo bola de nieve, escogiendo el primer encuestado al azar.

Resultados: El valor obtenido para el indicador "viabilidad económica" (C1) fue 1 de 20 puntos, indicando que la ganancia derivada del cultivo de maíz representa un salario mínimo. El indicador "tasa de especialización económica" (C2) obtuvo 0 puntos ya que solo se cultiva maíz, por lo tanto, representa una fuente de ingreso para los productores. En el indicador "autonomía financiera" (C3) el valor promedio obtenido fue 12 explicando que no existe una dependencia marcada en la compra de insumos externos para cultivar maíz. El indicador "sensibilidad a las ayudas del primer pilar de la política agrícola común" (C4) obtuvo 0 en promedio ya que la mayoría de los productores no reciben apoyos gubernamentales para cultivar maíz.

Limitaciones del estudio/implicaciones: los resultados presentados son avances de un análisis con más encuestados, por lo tanto, se sugiere tomar con cautela los resultados. Los indicadores "transmisión del capital" (C5) y "eficiencia de los procesos productivos" (C6) no se evaluaron adecuadamente ya que durante la aplicación de las encuestas los productores se negaron a proporcionar información detallada para evaluar estos indicadores.

Hallazgos/conclusiones: la sustentabilidad económica calculada para los productores encuestados fue de 13% lo cual es muy baja, esto se debe principalmente a que éstos no siempre cuentan con el acceso a apoyos aplicables a la producción de maíz, otro factor que contribuye a la baja sustentabilidad es que el grano de maíz y los subproductos no se venden debido a bajos precios del mercado, por lo tanto, prefieren sembrar para autoconsumo, o para que los terrenos de cultivo heredados no estén ociosos.

Palabras clave: economía rural, sostenibilidad autoconsumo.

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad económica se basa principalmente en los derechos de propiedad y en una necesidad de asignar precios a todo, por lo tanto, se refiere al desarrollo de prácticas que puedan ser económicamente rentables, pero que a su vez sean social y ambientalmente responsables (Haro-Martínez *et al.*, 2014). En 1987, la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo propuso la integración de la conservación del medio ambiente a los objetivos económicos y de carácter social, bajo la etiqueta de desarrollo sustentable a través del informe Brundtland "*Nuestro futuro común*", que se define como "*aquel que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias*" (Brundtland, 1987).

En el municipio de Acambay se siembran 16,000 ha, de maíz (*Zea mays* L.) de temporal y 3,000 ha, de riego (comunicación personal, CA-DER). Esto lo convierte en una de las principales actividades económicas del municipio y en su mayoría se cultiva bajo un sistema tradicional. En este tenor es importante evaluar la sustentabilidad económica del cultivo de maíz criollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue el municipio de Acambay, ubicado en la zona norte del estado de México (19° 97' 67" N y 99° 88' 49" O). Para llevar a cabo la evaluación de la sustentabilidad económica en el municipio de Acambay, se aplicó un cuestionario a 50 productores de maíz pertenecientes a comunidades agrarias y ejidos (la Soledad, Pueblo Nuevo, Loma Linda, Dateje, San Pedro de los Metales, Dongú y Tixmadeje). La selección de cada uno de los productores encuestados se realizó mediante el muestreo tipo bola de nieve (Fadul, 2011), los cuestionarios se aplicaron en los meses de septiembre a octubre de 2018. Para evaluar la sustentabilidad económica se aplicó el método de Indicadores de Sustentabilidad de Explotaciones Agropecuarias (IDEA por sus siglas en francés) versión 3 (Zahm *et al.*, 2008). El método se estructura en tres dimensiones (agroecológica, social-territorial y económica); no obstante, en el presente trabajo se realizó la evaluación de la sustentabilidad económica que está conformada por cuatro componentes y seis indicadores (Cuadro 1).

Una vez recabada la información se capturó en una hoja de Excel (2010), para su posterior análisis el cual es presentado en una gráfica radial (Figura 1).

Cuadro 1. Estructura de la dimensión económica según el método IDEA.

Componente	Indicadores		Valores máximos	
Viabilidad económica	C1	Viabilidad económica	20	30 unidades
	C2	Tasa de especialización económica	10	
Independencia	C3	Autonomía financiera	15	25 unidades
	C4	Sensibilidad a las ayudas del primer pilar de la política agrícola común	10	
Transmisibilidad	C5	Transmisión del capital	20	20 unidades
Eficiencia	C6	Eficiencia de los procesos productivos	25	25 unidades

Para la interpretación de los indicadores de la sustentabilidad económica se aplicó el método IDEA (Zahm et al., 2008), donde el componente “viabilidad” se evaluó la viabilidad económica, este indicador expone que no hay sostenibilidad sin viabilidad económica. El indicador “tasa de especialización económica” explica como un sistema de producción diversificado es menos vulnerable a los cambios coyunturales económicos, los objetivos de adaptabilidad y coherencia (técnica y “ciudadana”) constituyen la esencia de este indicador. En el componente “Independencia” se evaluó el indicador *autonomía financiera* el cual permite apreciar el margen de maniobra del cual dispone la unidad de producción, frente a los riesgos económicos y frente a los préstamos que ésta ha contratado. El indicador “Sensibilidad a ayudas” tiene en cuenta las subvenciones de la explotación y otras ayudas públicas a la producción y se excluye las ayudas ambientales, las ayudas a la inversión y las ayudas indirectas bajo forma de bonificación de intereses. En el componente “Transmisibilidad” solo se evalúa el indicador *transmisibilidad económica* el cual aborda un aspecto de la sostenibilidad de las explotaciones agropecuarias al cual, éstas se enfrentan frecuentemente durante la suspensión de actividades del jefe de la explotación o de la partida de un socio. Por último, el componente “Eficiencia” donde se evalúa la eficiencia del proceso productivo favoreciendo la tendencia hacia la autonomía y la economía de los recursos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra un gráfico radial con los valores máximos para cada indicador (línea azul) y los valores promedio obtenidos para los productores encuestados.

El valor obtenido para el indicador “viabilidad económica” (C1) fue 1, que explica el promedio de ganancias en términos de salarios mínimos derivado del cultivo de maíz; por lo tanto, entre más cercano a 20 mayor es la ganancia (20=a 3 salarios mínimos). En este sentido los

productores explicaron que dependiendo del año y las condiciones climáticas es la ganancia (puede ser mayor o menor) estos resultados concuerdan con lo explicado por Aguilar-Jiménez et al. (2011), ya que mencionan que la ganancia en ocasiones puede ser tan baja que los recursos económicos para dar sustento a la familia pueden ser insuficientes.

El indicador “tasa de especialización económica” (C2) obtuvo cero puntos (0) ya que solo se cultiva maíz, por lo tanto, representa un solo ingreso para los productores, por otro lado, la mayoría de los productores no venden el maíz o sus derivados tales como zacate u olote, debido principalmente a precios bajos del mercado y representa un ahorro o es para autoconsumo, lo cual coincide con lo que explica González et al. (2006), estos

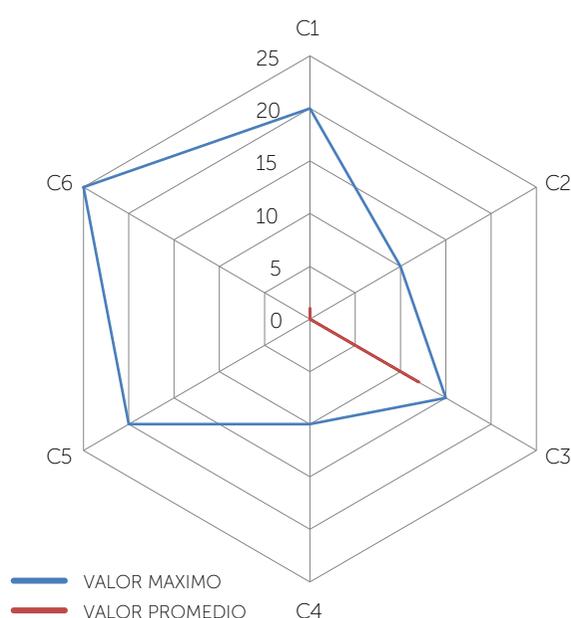


Figura 1. Componentes que describen la dimensión económica en el Método IDEA. “Viabilidad económica” (C1: Viabilidad económica, C2: Tasa de especialización económica), “Independencia” (C3: Autonomía financiera, C4: Sensibilidad a las ayudas del primer pilar de la política agrícola común), “Transmisibilidad” (C5: Transmisión del capital), “Eficiencia” (C6: Eficiencia de los procesos productivos).

autores mencionan que los productores no venden el maíz por el bajo precio de venta y/ o por las condiciones climáticas adversas no se llega a obtener un buena producción o la calidad de la mazorca es mala.

En el indicador "autonomía financiera" (C3) el valor promedio obtenido fue 12 y fue el más alto en todos los indicadores. Este explica que el promedio de inversión es de 20 a 25% y no existe una dependencia marcada en la compra de insumos para cultivar maíz. El indicador "sensibilidad a las ayudas del primer pilar de la política agrícola común" (C4) obtuvo 0 ya que la mayoría de los productores no reciben apoyos para cultivar maíz; por ejemplo, el Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO). Los productores mencionaron que el único apoyo que recibían es el de PROSPERA (programa federal mexicano para el desarrollo humano de la población en pobreza extrema que brinda apoyos en educación, salud, nutrición e ingresos), pero este apoyo no está enfocado a la producción de cultivos, sino que es un apoyo personal. Los indicadores "transmisión del capital" (C5) y "eficiencia de los procesos productivos" (C6) no se evaluaron adecuadamente ya que durante la aplicación de las encuestas los productores se negaron a proporcionar información detallada para evaluar estos indicadores.

CONCLUSIONES

La sustentabilidad económica calculada para los productores encuestados fue de 13% lo cual es muy baja, esto se debe principalmente a que los productores no siempre cuentan con el acceso a apoyos aplicables a la producción de maíz que puedan apoyarlos, otro factor que contribuye a la baja sustenta-

bilidad es que el grano de maíz y los subproductos no se venden debido a los bajos precios del mercado, por lo tanto, prefieren sembrar para autoconsumo, o para que los terrenos de cultivo heredados no estén ociosos.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Jiménez, C. E., Tolón-Becerra, A., & Lastra-Bravo, X. (2011). Evaluación integrada de la sustentabilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 43(1).
- Brundtland, Gro Harlem (1987), "Our common future: report of the 1987 World Commission on Environment and Development", United Nations, Oslo, pp. 1-59
- Comunicación Personal. CADER 08 Acambay. Noviembre 2017.
- Fadul Pacheco, L. (2011). Evaluación de la sustentabilidad en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del estado de México en época de lluvias (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México).
- González Esquivel, C. E., Ríos Granados, H., Brunett Pérez, L., Zamorano Camiro, S., & Villa Méndez, C. I. (2006). ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del valle de Toluca, México. *Convergencia*, 13(40), 107-139.
- Haro-Martínez, A. A., & Taddei-Bringas, I. C. (2014). Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental. *Economía, sociedad y territorio*, 14(46), 743-767.
- MASERA, O., & Ridaura, S. L. (2000). SUSTENTABILIDAD Y SISTEMAS CAMPESINOS. CINCO EXPER: cinco experiencias de evaluación en el México rural (Vol. 2). Ediciones Paraninfo, SA.
- Pérez-Grovas, G. V. (2000). Evaluación de la sustentabilidad del sistema de manejo de café orgánico en la Unión de Ejidos Majomut, región de los Altos de Chiapas. O. Maserá and S. López-Ridaura, editors, 45-81.
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, F., Mouchet, C., (2008). Assessing farm sustainability with the IDEA method- from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustain. Dev.* 16, 271e281.



Notas científicas



Bio-CNPR: Biological Control Formulation for the cultivation of sugarcane (*Saccharum* spp.)

Bio-CNPR: Formulado de Control biológico para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.)

Hernández-Rosas, Francisco

Colegio de Posgraduados Campus Córdoba, Biotecnología Microbiana Aplicada, Km 348 carr. Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlan de los Reyes, Veracruz, CP 94953.

Autor de correspondencia: fhrosas@colpos.mx

PROBLEMA

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es afectada por diversos factores sanitarios representando una limitante principal que genera pérdidas superiores a 30% de la producción (Osmany *et al.*, 2014). Un factor que afecta el rendimiento en campo, la calidad del suelo y manejo agrícola, es el uso de tecnología basada principalmente en pesticidas químicos (Hernández-Rosas *et al.*, 2016). El uso de pesticidas en México para el año dos mil fue de en 2 kg ha⁻¹ de ingrediente activo (i.a.), aumentando a 4.7 y hasta 6 kg ha⁻¹ de i.a (FAO, 2017). Por lo anterior, implementar estrategias de bajo impacto ambiental ayudaría notablemente a revertir el uso de pesticidas de los agroecosistemas cañeros.

SOLUCIÓN PLANTEADA

Se desarrolló un formulado de control biológico como alternativa para el manejo de poblaciones de insectos plaga, enfermedades y problemas en relacionados al aprovechamiento de nutrientes poco disponibles en el suelo. El producto biológico Bio-CNPR como un formulado a base de microorganismos entomopatógenos, controladores y promotores del desarrollo, con un enfoque multifuncional y eficaz para resolver los distintos problemas que afectan al cultivo de caña de azúcar. El formulado está compuesto por el hongo *Metarhizium anisopliae* y la bacteria *Bacillus thuringiensis*; entomopatógeno de contacto y de ingestión, respectivamente; dos microorganismos controladores e inoculantes (promotores del desarrollo), el hongo *Trichoderma* spp y la bacteria *Bacillus subtilis*; y un microorganismo fijador de nitrógeno, la bacteria *Rhizobium* sp., y un material inerte a manera de micropartículas denominado, biopolímero (Figura 1).

Los distintos organismos detonan cualidades para con el manejo de plagas, tales como la mosca pinta (*Aeneolamia* spp y *Prosapia* spp), barrenadores del tallo (*Diatraea* spp, *Eoreuma loftini*, *Elasmopalpus* sp), insectos chupadores (chinche encaje, pulgones y piojo harinoso); enfermedades como *Colletotrichum falcatum*, *Curvularia* sp, *Nigrospora* y *Fusarium oxysporum*, y capacidad de enraizamiento a razón de 1 a 5 veces en peso seco entre los 25 y 50 días. Se ha registrado una respuesta en la disminución del tiempo de la emergencia de yemas de 25 d sin la aplicación del producto, y a 12 d con la aplicación del formulado, aunado a que el porcentaje de brotación de yemas de *Saccharum* spp., aumenta de 41% sin la aplicación de Bio-CNPR a 100%, cuando son tratadas con el formulado previo a la siembra (Figura 2).

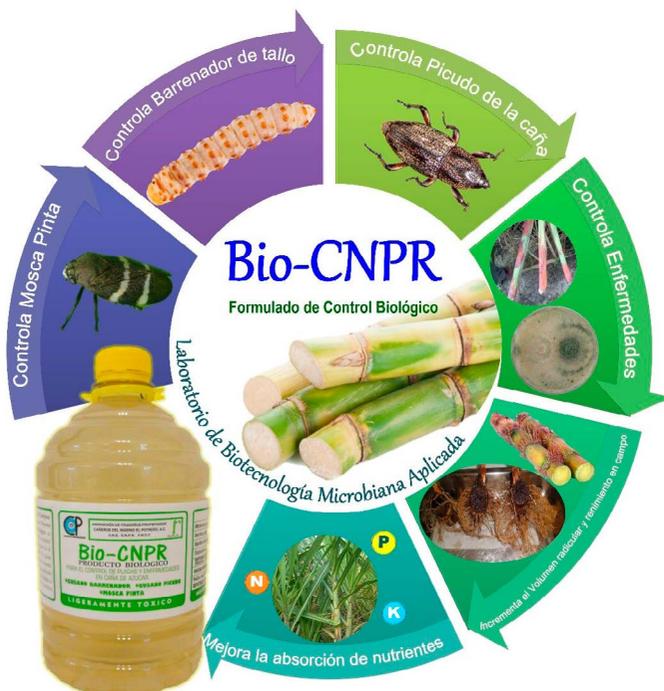


Figura 1. Microorganismos que conforman el formulado Bio-CNPR.

De igual forma se observó, que, en plantas tratadas con el formulado completo rebasan los 90 mm de altura y presentan cotiledones bien desarrollados que garantizan el correcto desarrollo de la planta (Figura 3), mientras que las no tratadas, registraron una altura de hasta 20 cm sin la presencia de cotiledones a 25 d de desarrollo.

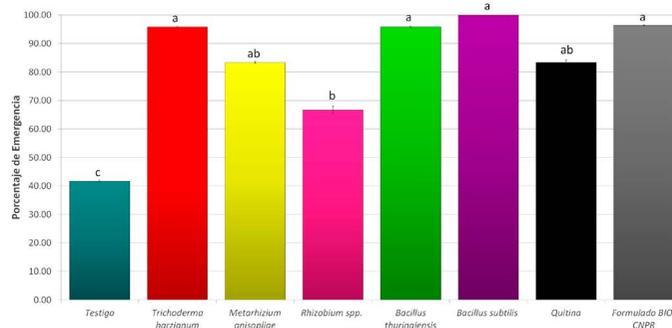


Figura 2. Porcentaje de emergencia de yemas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con testigo (sin aplicación), *Trichoderma harzianum*, *Metarhizium anisopliae*, *Rhizobium* spp, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis*, biopolímero y BioCNPR.

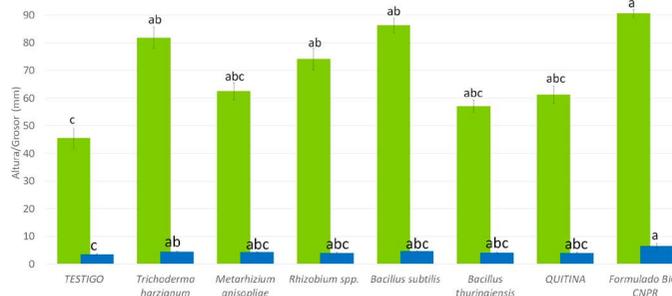


Figura 3. Talla de plántulas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) tratadas con Bio-CNPR.

INDICADORES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Formulación de producto para control biológico	Respuesta de uso potencial de 300 mil hectáreas, utilizados entre 5 a 10 mil ha ⁻¹ en 10 ingenios, para protección, saneamiento y bajo impacto ambiental.	Ciencia y Tecnología	Innovación e investigación sector agropecuario
	Generación y divulgación de conocimiento tecnológico	Ciencia y Tecnología	Innovación e investigación sector agropecuario
Investigación participativa	Talentos formados en Doctorado, Maestría y Licenciatura	Ciencia y Tecnología	Recursos humanos egresados

Agradecimientos: Ángel Gómez Tapia² - CNPR-Estatal, FIRA e ingenio El Potrero.

Sexual pheromone of the palomilla (*Cactoblastis cactorum* L.) of the cactus (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill)

Feromona sexual de la palomilla (*Cactoblastis cactorum* L.) del nopal (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill)

Cibrián-Tovar, Juan

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

Autor responsable: jcibrian@colpos.mx

PROBLEMA

En México, la palomilla del nopal, *Cactoblastis cactorum* L. (Figura 1 A) es reconocida como una especie invasiva y mantiene un estatus de ausente dentro del país. Dicho insecto tiene un efecto devastador que amenaza a más de 100 especies de nopales (*Opuntia* spp.); dentro de las cuales, existen alrededor de 19 especies que tienen un potencial para presentar daños mayores, lo que tendría un efecto negativo en la biodiversidad y en la producción de nopal y tuna. Aun cuando no se encuentra en México, ya se encuentra en la frontera con los Estados Unidos. No obstante que es el mejor ejemplo de control biológico en el mundo, al controlar los nopales en Australia, para México el impacto económico puede ser severo por los efectos destructivos de las larvas que actúan de manera conjunta al alimentarse de la penca (cladodio) del nopal (Figura 1 B). En 2006, se reportó en Isla Mujeres, Quintana Roo, México la presencia de la palomilla del nopal, con la captura de dos especímenes en el Parque Nacional Isla Contoy. La erradicación de la palomilla de nopal de Isla Mujeres, Cancún, Quintana Roo, fue una acción exitosa, donde la feromona contribuyó de manera decisiva. Los riesgos fitosanitarios para la entrada a México de la palomilla del nopal son, Vertiente Pacífico, Zona Centro y Vertiente Golfo de México; dichas regiones presentan condiciones óptimas para el desarrollo y establecimiento de la palomilla.

SOLUCIÓN PLANTEADA

En colaboración con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos se aisló e identificó una mezcla de dos compuestos que integran la feromona sexual de la palomilla del nopal. Estas dos sustancias son: Z9-E12-tetradecen-1-il-acetato y Z9-E12-tetradecen-1-ol, en proporción de 60:40, respectivamente. La feromona se evaluó en Dauphin Island en Alabama, Estados Unidos, y en Pampa Muyo, Argentina, con resultados satisfactorios. Dicha validación ha permitido la implementación de una estrategia nacional para colocar alrededor de 1,300 trampas (Figura 1 C) a lo largo de la línea costera del Golfo de México, desde Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas para detectar la llegada de la palomilla y tomar medidas pertinentes antes de que se propague al interior de la República Mexicana.



Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp: 107-108.

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



Figura 1. Izquierda a derecha. A: Hembra de la palomilla de nopal *Cactoblastis cactorum* L., note la proyección de los palpos maxilares. B: Daño causado por larvas de quinto instar en Tifton, Georgia, EUA. C: Revisión de trampa para la captura de machos de la palomilla del nopal en Rio Bravo, Tamaulipas, México.

IMPACTOS E INDICADORES.

	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Desarrollo de feromona sexual a bajo costo y menor efecto de contaminación.	Superficies terrestres naturales protegidas. Reducción de riesgo de ataque de plaga.	Ciencia y tecnología, medio ambiente	Se contribuye a mantener la biodiversidad de especies de nopal Se protege a productores de nopal y tuna
Artículos, libros publicados, tesis, folletos	Contribución a la ciencia y tecnología	Ciencia y tecnología	Tres artículos y un capítulo de libro
Líneas de Investigación	Talentos formados: Maestría y Doctorado	Ciencia y tecnología	Se colabora con SENASICA en cursos



Mechanical equipment for harvesting prickly pears

Equipo mecánico para la cosecha de tunas

Ortiz-Laurel, Hipólito^{1*}; Rössel-Kipping E. Dietmar²

¹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C.P. 94946. México. ²Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Iturbide 73, Centro, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. C.P. 78600.

*Autor responsable: hlaurel@colpos.mx

PROBLEMÁTICA

México es el mayor productor y consumidor de tunas (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) en el mundo, donde alrededor 20,000 pequeños productores cultivan nopal tunero en una extensión de aproximadamente 74,500 ha. El sistema de producción se ha transformado, al pasar de plantaciones con 2,000 plantas ha⁻¹ con bajos rendimientos, difícil de cosechar y deficiente control de plagas, a una distribución de 625 plantas ha⁻¹ en una configuración más eficiente. En el sistema actual cada planta puede producir de 30 a 40 kg de tuna por año, pues la cosecha se hizo más eficiente y aumentó la calidad del fruto, logrando rendimientos de hasta 25 t ha⁻¹. El principal problema del aprovechamiento de la tuna es que tanto la planta como la penca están cubiertas por espinas gruesas y rígidas, mientras que los frutos tienen espinas delgadas y finas que se desprenden del fruto fácilmente, llamados gloquídeas, los que se introducen fácilmente en manos, brazos o cara de quienes cosechan los frutos. Por lo tanto, la cosecha manual es riesgosa. Debido a la ausencia de viento y la presencia de rocío, el mejor tiempo para cosechar la tuna es por la mañana, entre las 06:00 y 12:00; además, a esa hora, las gloquídeas se encuentran flácidas y difícilmente causan daño. La temporada de cosecha se extiende de junio a octubre, por lo que, la escasez asociada a la mayor demanda de mano de obra capacitada para la cosecha incrementa los costos de producción. Las pérdidas que se llegan a tener pueden ser de 10% debidas al manejo inexperto del fruto. En las plantaciones comerciales de nopal tunero, los costos de la cosecha representan entre 16%-25% de los costos de producción.

SOLUCIÓN

Se diseñó, fabricó y evaluó un dispositivo de recolecta de tunas que permite a los cosechadores realizar su labor con mayor seguridad y eficiencia. Los principales criterios que influyeron en el diseño del prototipo fueron: 1) evitar el contacto del trabajador con la fruta y con la planta durante la cosecha; 2) incrementar la capacidad de cosecha en comparación con la cosecha manual; 3) cosechar el fruto con el menor daño posible; 4) tener bajo peso para facilitar su manejo 5) ser

simple de fabricar, 6) tolerar libre movilidad a los colectores; 7) facilitar su transportación; 8) ser confiable en su funcionamiento; 9) ser sencillo de reparar y operar; 10) tener bajos costos de fabricación y operación, y 11) mostrar factibilidad de agregar aditamentos mecánicos. Se seleccionó un sistema neumático como el componente central del método mecanizado completo. La máquina resultante es de fácil ajuste, operación y mantenimiento bajo las condiciones de trabajo en campo. Además, el equipo ofrece un ambiente más seguro y menor carga de trabajo a los operadores. Consiste en una boquilla acoplada a un tubo de plástico que incorpora una válvula para alterar la dirección de un flujo de aire que circulaba dentro de una manguera flexible (Figura 1). Para el funcionamiento del equipo es necesario crear un vacío de aire transmitido a través de la manguera de plástico, el cual es generado por el sistema neumático. Así es posible evitar el contacto con las plantas, frutos, y los daños ocasionados por las gloquídeas se reducen significativamente.

En el equipo se pueden acoplar hasta cuatro mecanismos de cosecha sin afectar la presión de aire, consiguiendo que cuatro cosechadores trabajen simultáneamente y de forma independiente. El conjunto completo de máquina cosechadora de tunas tiene un costo de US\$2,500.00. Partiendo de un análisis económico de recuperación de la inversión, debido a lo corto de la temporada de cosecha, la depreciación de la máquina puede ser asegurada cuando se tenga un uso anual de 50 ha por temporada y considerando que la vida útil esperada de la máquina es de 5 años.



Figura 1. Operación en campo del equipo mecánico para mejorar la seguridad e incrementar la productividad de los cosechadores de tuna.

INDICADORES E IMPACTOS

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Proyectos de desarrollo de una cosechadora de tuna	Cosecha mecánica de tuna	Ciencia y tecnología	Trabajadores que cuentan con herramientas que facilitan sus labores
Desarrollo tecnológico	Cosechadora de tuna en operación	Ciencia y tecnología	Innovación e investigación, 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

Amaranth seed (*Amaranthus* sp.) exploder equipment

Reventadora de semilla de amaranto (*Amaranthus* sp.)

Argumedo-Macias, Adrián

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

Autor para correspondencia: aadrian@colpos.mx

PROBLEMA

A pesar de que México es centro de origen de dos especies cultivadas de amaranto, (*Amaranthus* sp.) existe poca investigación e interés en torno a esta especie. Además, México enfrenta serios problemas de salud relacionadas con desnutrición, obesidad y diabetes, que pudieran ser menguadas con un consumo balanceado de amaranto. Con el 45% de la producción nacional, el estado de Puebla es líder en producción de esta especie, y la comunidad de Tochimilco, es donde se concentra la mayor superficie sembrada, aunque no se dispone de la tecnología necesaria para el aprovechamiento integral del grano de esta especie.

SOLUCIÓN

El reventado de la semilla es un proceso que permite el uso eficiente de este recurso para la producción de alegrías (dulces), atoles, y otros productos. Para apoyar este proceso, se diseñó y fabricó un equipo para reventar la semilla de amaranto y así ponerla a disposición de los productores de las diversas comunidades de Tochimilco. Para identificar la solución más favorable a las condiciones locales tanto económicas, técnicas y culturales, se siguió un proceso de innovación con enfoque solidario que aplicó el criterio de lo posible adyacente. Se indagó sobre las técnicas, tecnologías existentes y disponibles tanto a nivel local como fuera de este contexto, así como de procesos relacionados, aunque no fueran específicos para amaranto. Los criterios que guiaron el diseño del equipo fueron la facilidad de construcción, materiales y componentes conocidos por los productores, fácil armado, manejo y precio accesible. Una vez construido, se procedió a su difusión. Su divulgación se realizó en el área de la microrregión de atención prioritaria Atlixco (MAP) como servicio comunitario, además de validarlo con grupos de trabajo a nivel familiar. El equipo ha mostrado que requiere de mayor plazo para consolidar la cultura de su uso general; sin embargo, se ha logrado difundir su empleo con fines económicos en algunas comunidades. A la fecha se

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 11, noviembre. 2019. pp: 111-112.

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

tienen difundidos once equipos beneficiando a las principales comunidades productoras de Tochimilco y municipios circunvecinos. Se han adoptado algunos equipos fuera ya del ámbito estatal como en el Valle de Huamantla, Tlaxcala; en Tulyehualco, Xochimilco, Ciudad de México, y se han iniciado trabajos en los estados de Oaxaca y Morelos. Con lo anterior, se valida su difusión en las principales regiones productoras de amaranto de México. Se estima que se está logrando influir en que unas 18,000 personas de las comunidades beneficiadas tengan acceso al amaranto de manera más periódica, aunque queda pendiente evaluar de manera precisa si existe o no impacto de las reventadoras en el cambio de cultura alimentaria.

IMPACTOS E INDICADORES

Innovación	Impacto	Indicador general	Indicador específico
Desarrollo de un reventador de semillas	Diseño y fabricación del reventador	Ciencia y tecnología	Innovación e investigación Sector agropecuario
Procesamiento sustentable de amaranto	Empleo local rural anual y disminución de la migración de jóvenes	Empleo y ocupación	Tasa de ocupación agropecuaria, y ocupación de población joven
Guías, manuales técnicos, Tesis	Contribución a la ciencia y tecnología	Ciencia y tecnología	Producción científica y tecnológica
Investigación	Talentos formados: Licenciatura	Ciencia y tecnología	Recursos humanos, egresados

