

2iP y brasinosteroides promueven la inducción de la embriogénesis somática en *Theobroma cacao* L.

pág. 65

Año 12 • Volumen 12 • Número 1 • enero, 2019

VALUACIÓN DE UNA FINCA DE REGADÍO ENFOCADA AL CULTIVO HORTÍCOLA	3
GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA, ALTERNATIVA DE BAJO COSTO EN TRANSFERENCIA DE EMBRIÓN EN VACAS BAJO PASTOREO TROPICAL	11
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y NIVEL DE AGRADO DE UNA MERMELADA ARTESANAL A BASE DE MANZANA (<i>Malus pumila</i> cv. Golden Delicious) Y CHAYOTE (<i>Sechium edule</i>)	19
EVALUACIÓN DE COLECTAS DE HIGUERILLA (<i>Ricinus communis</i> L.) DEL ALTIPLANO CENTRO-NORTE DE MÉXICO	25
CULTIVOS TRADICIONALES DE CHILE (<i>Capsicum annuum</i> L.) Y JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) EN COMUNIDADES NAHUAS Y TOTONAKU DE PUEBLA, MÉXICO	33
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS LÁCTEOS PARA MICROEMPRESARIOS RURALES	39

y más artículos de interés...

CONTENIDO

3	VALUATION OF AN IRRIGATED FARM FOCUSED ON HORTICULTURAL CULTIVATION / VALUACIÓN DE UNA FINCA DE REGADÍO ENFOCADA AL CULTIVO HORTÍCOLA
11	EQUINE CHORIONIC GONADOTROPIN, A LOW-COST ALTERNATIVE IN EMBRYO TRANSFER IN COWS UNDER TROPICAL GRAZING / GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA, ALTERNATIVA DE BAJO COSTO EN TRANSFERENCIA DE EMBRIÓN EN VACAS BAJO PASTOREO TROPICAL
19	PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND DEGREE OF LIKING OF AN ARTISAN JAM FROM APPLE (<i>Malus pumila</i> cv. Golden Delicious) AND CHAYOTE (<i>Sechium edule</i>) / CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y NIVEL DE AGRADO DE UNA MERMELADA ARTESANAL A BASE DE MANZANA (<i>Malus pumila</i> cv. Golden Delicious) Y CHAYOTE (<i>Sechium edule</i>)
25	EVALUATION OF HIGUERILLA COLLECTORS (<i>Ricinus communis</i> L.) FROM THE CENTRAL-NORTHERN ALTIPLANO OF MEXICO / EVALUACIÓN DE COLECTAS DE HIGUERILLA (<i>Ricinus communis</i> L.) DEL ALTIPLANO CENTRO-NORTE DE MÉXICO
33	CHILI (<i>Capsicum annuum</i> L.) AND TOMATO (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) TRADITIONAL CROPS IN THE NAHUA AND TOTONAKU COMMUNITIES OF PUEBLA, MEXICO / CULTIVOS TRADICIONALES DE CHILE (<i>Capsicum annuum</i> L.) Y JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) EN COMUNIDADES NAHUAS Y TOTONAKU DE PUEBLA, MÉXICO
39	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MASTER'S PROGRAMME IN DAIRY TECHNOLOGY FOR RURAL MICROENTREPRENEURS / DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS LÁCTEOS PARA MICROEMPRESARIOS RURALES
47	THE ROLE OF WOMEN IN AGROECOSYSTEM AND ITS CONTRIBUTION TO FOOD PRODUCTION / EL ROL DE LA MUJER EN EL AGROECOSISTEMA Y SU APORTE A LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS
53	CHARACTERIZATION OF SOILS CULTIVATED WITH COFFEE (<i>Coffea</i> L.) IN SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MEXICO / CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CULTIVADOS CON CAFÉ (<i>Coffea</i> L.) EN LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MÉXICO
59	DISTRIBUTION OF <i>Crocodylus moreletii</i> Dumeril & Bibron IN TAMAULIPAS, MEXICO / DISTRIBUCIÓN DE <i>Crocodylus moreletii</i> Dumeril & Bibron EN TAMAULIPAS, MÉXICO
65	2iP AND BRASINOSTEROIDS PROMOTE SOMATIC EMBRYOGENESIS INDUCTION IN <i>Theobroma cacao</i> L. / 2iP Y BRASINOSTEROIDES PROMUEVEN LA INDUCCIÓN DE LA EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA EN <i>Theobroma cacao</i> L.

Comité Científico

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

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

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

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

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

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

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

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

Comité Editorial

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



ZOOLOGICAL RECORD®



Master Journal List

Año 12, Volumen 12, número 1, enero 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 enero de 2019.

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

Contacto principal

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

Contacto de soporte

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

Impresión 100 ejemplares

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

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

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.

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.

VALUATION OF AN IRRIGATED FARM FOCUSED ON HORTICULTURAL CULTIVATION

VALUACIÓN DE UNA FINCA DE REGADÍO ENFOCADA AL CULTIVO HORTÍCOLA

Flores-Sánchez, E.M.¹, Rodríguez-Batres, A.¹

1Departamento de Negocios. Universidad Iberoamericana Puebla. Blvd. del Niño Poblano No. 2901, Colonia Reserva Territorial Atlxcáyotl, San Andrés Cholula, Puebla, México.

*Autor para correspondencia: investigacion_schatzen@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To evaluate a horticultural irrigated farm located in Puebla, which is focused on cultivating: bean, lettuce, tomato, carrot and wheat.

Design/methodology/approximation: Some of the agrarian valuation methods that best suit the case study were used, specifically the synthetic method by comparison of rates and the updated analytical method.

Results: The results obtained from the applied methods allowed to get a final value of the farm object of study of \$ 20,951,695.68 mexican pesos.

Limitations of the study/implications: This definitive result implies a value with the theoretical underpinnings required to represent the effective contribution of a valid and universal knowledge with professional and academic relevance; and which is limited for the analysis of assets with similar characteristics.

Findings/conclusions: The utility of employing effective valuation methods applicable to agricultural lands when considering the importance of such activities for both the economy of Puebla and for the corresponding to the entire mexican territory.

Key words: case, valuation, agrarian, farm, horticultural.

RESUMEN

Objetivo: Valuar una finca de regadío hortícola ubicada en Puebla enfocada en cultivar: haba, lechuga, jitomate, zanahoria y trigo.

Diseño/metodología/aproximación: Se utilizaron algunos de los métodos de valuación agraria que más se adecúan al caso de estudio, específicamente el método sintético por comparación de tasas y el método analítico actualizado.

Resultados: Los resultados obtenidos a partir de los métodos empleados permitieron llegar un valor final de la finca objeto de estudio de \$20,951,695.68 pesos mexicanos.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Dicho resultado definitivo implica un valor con los sustentos teóricos requeridos para representar la contribución efectiva de un conocimiento válido y universal con pertinencia profesional y académica; y el cual está limitado para el análisis de activos con características similares.

Hallazgos/conclusiones: La utilidad de emplear métodos de valuación efectivos aplicables a terrenos agrícolas al considerar la importancia de dichas actividades tanto para la economía de Puebla como para la correspondiente a todo el territorio mexicano.

Palabras clave: caso, valuación, agraria, finca, hortícola.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 1, enero. 2019. pp: 3-9.

Recibido: septiembre, 2018. **Aceptado:** diciembre, 2018.

INTRODUCCIÓN

El campo de estudio y aplicación de la valuación es muy amplio y se enfoca de manera básica en obtener el valor de un bien específico para cumplir con diversos objetivos. Inicialmente la valuación se enfocó en determinar el valor de bienes inmuebles, sin embargo las condiciones económicas y sociales actuales requieren de la aplicación de la disciplina valuatoria a una gran cantidad de áreas y sobre una gran variedad de bienes (Caballer & Herrerías 2007).

Específicamente, la valuación agraria tiene como objetivo principal estimar el valor de terrenos que se encuentran destinados para la siembra y respectiva cosecha de determinados cultivos, los cuales serán objeto de transacciones de compra-venta, expropiaciones, partición de herencias, concentración parcelaria, entre otros (Ramírez & García, 2003). La valuación en este caso es la herramienta que sirve para proveer de información veraz y oportuna a los tomadores de decisiones respecto de dichas transacciones de terrenos con fines agrarios.

Las actividades primarias: agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza, le proporcionan a una gran cantidad de sectores los insumos que necesitan para la generación de bienes y servicios de mayor valor agregado que contribuyen al crecimiento económico del país. Asimismo, dentro del Producto Interno Bruto agropecuario y pesquero, la parte correspondiente a la producción agrícola presenta un promedio del 55% durante los últimos años (SIACON, 2018). El crecimiento del PIB nacional correspondiente a las actividades agrícolas se presenta en la Gráfica 1.

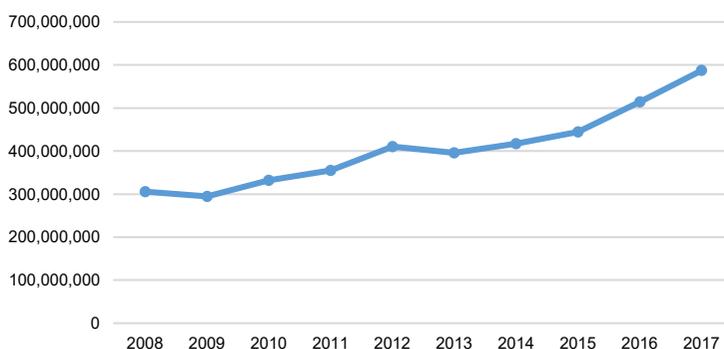
De manera similar, en la Gráfica 2 se muestra el PIB correspondiente al sector primario en Puebla durante el periodo del 2008 al 2016 (BIE, 2018). Es importante destacar que se puede apreciar una tendencia creciente en ambas gráficas, registrando un crecimiento promedio del 7.8% a nivel nacional y de un 1.45% correspondiente al Estado de Puebla durante el mismo periodo.

Debido a todo lo expuesto anteriormente, el objetivo del presente artículo consiste en mostrar el caso práctico de la valuación de una finca de regadío la cual está destinada para la cosecha de cultivos de tipo hortícola en un municipio del Estado de Puebla, destacando la utilidad de aplicar métodos de valuación enfocados a terrenos agrícolas y tomando en consideración la importancia de dichas actividades para la economía tanto Puebla como para todo el territorio mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo es desarrollado por medio de la forma de estudio de caso debido a que se presentó un único acontecimiento: la valuación de una finca de regadío con fines de cultivo hortícola. Dicho caso forma parte de un tipo de casos muy similares analizando el hecho en su contexto natural (Rovira *et al.*, 2004), por lo que los resultados y conclusiones pueden ser aplicados a otros con características similares y generar un conocimiento universal. El acercamiento utilizado en el estudio de caso consistió en la aplicación de diversos métodos de valuación específicos, por lo que ya se contaba con la teoría suficiente para resolver el caso. Con base en lo expuesto

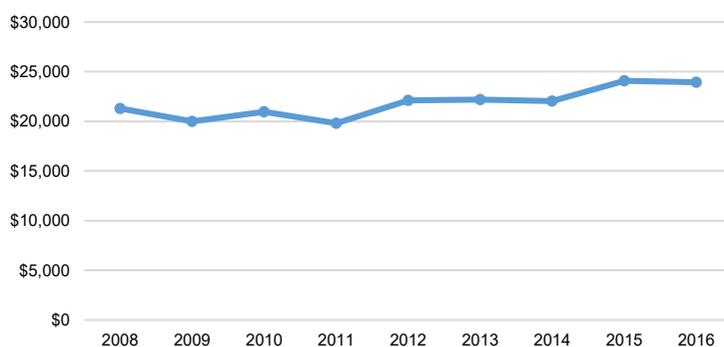
PIB Agrícola



Gráfica 1. Producto Interno Bruto agrícola en México para los periodos señalados en millones de pesos.

Fuente: elaboración propia con base en (SIACON, 2018).

PIB actividades primarias en Puebla



Gráfica 2. Producto Interno Bruto generado por las actividades primarias en el Estado de Puebla para los periodos indicados, expresados en millones de pesos.

Fuente: elaboración propia con base en (BIE, 2018).

por Caballer (2008), las premisas que fundamentan los procesos de valuación son: el carácter finalista de cualquier proceso de valuación y la llamada unificación de métodos.

La premisa del carácter finalista implica que dependiendo del objetivo de valuación de un bien, será el criterio con el que se abordará la metodología a aplicar. La premisa de la unificación de métodos se refiere a que se debe de entender la valuación como una teoría general de valuación que utiliza las mismas metodologías universales para determinar el valor de cualquier tipo de bien, sin importar sus características particulares.

Adicionalmente, es importante mencionar que el método de valuación específico elegido para cada bien a valorar determinado depende siempre del objetivo de la valuación (Norma Mexicana, 2007). Para el presente caso de valuación de una finca de regadío hortícola, debido a que el fin consiste en la determinación del valor con fines de compra-venta por la necesidad de liquidez por parte del propietario, se ha elegido el método sintético de comparación por tasas perteneciente al enfoque de mercado y el método analítico perteneciente al enfoque de capitalización de rentas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para poder realizar el caso de estudio de la valuación de una finca de regadío de cultivo hortícola se requirió en primer lugar de realizar una investigación de campo con la finalidad de identificar las condiciones físicas generales del terreno, las cuales se presen-

tan a continuación a manera de resultados. En cuanto a superficie y límites, la finca ocupa un área de 40,000 metros cuadrados de tierra aproximadamente, los cuales son equivalentes a 4 ha. Dicha área se encuentra dividida en cinco zonas o parcelas las cuales están separadas por sembrados de 0.5 metros de altura. La superficie correspondiente a cada una de las parcelas en metros cuadrados y en porcentaje se muestran en la Tabla 1 y en la Gráfica 3 respectivamente. Por su parte Norte limita cerca de donde existe una zanga de donde se tomará el agua correspondiente al riesgo, al Sur se encuentra el camino principal de acceso, al Este existe un camino secundario y al Oeste se encuentra una finca propiedad de un amigo del dueño, el cual puede estar interesado en la compra.

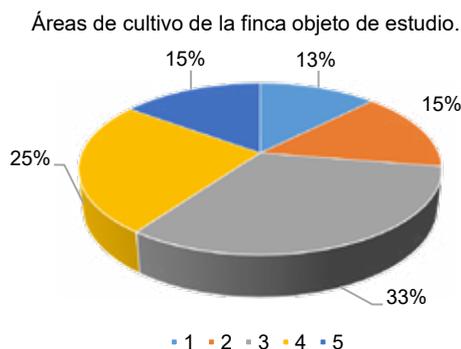
Referente al plan de cultivos, la finca actualmente se encuentra dedicada al cultivo hortícola de manera intensiva cumpliendo con el siguiente esquema con algunas variantes: jitomate, zanahoria, lechuga, habas y trigo. Para su cultivo, la finca se divide en cinco hojas de cultivo correspondientes a cada parcela, la rotación correspondiente se presenta en la Figura 1. Es importante mencionar que el cereal es introducido con el objetivo de que la tierra descansa, de tal forma que cada hoja de cultivo descansa un año de cada cinco; además, cada uno de los cultivos es aplicado como cosecha única anual.

Con base en información del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta SIACON (2018), las cifras correspondientes a la superficie cosechada en hectáreas para el Estado de Puebla en los últimos diez años se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1. Superficies de cada parcela pertenecientes al área cultivo de la finca expresadas en metros cuadrados.

Parcela	Superficie en m ²
1	5,000
2	6,000
3	13,000
4	10,000
5	6,000

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.



Gráfica 3. Superficies de cada parcela pertenecientes al área de cultivo de la finca expresadas en porcentaje.

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.

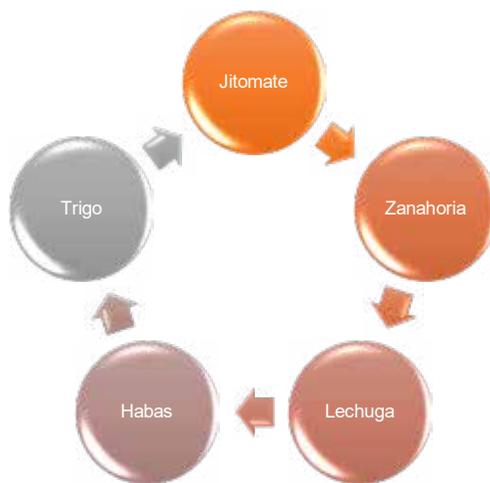


Figura 1. Plan de cultivos de la finca hortícola.

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.

Tabla 2. Superficie cosechada para los cultivos hortícolas mencionados en Puebla para los periodos indicados.

Año	Haba	Lechuga	Jitomate	Trigo	Zanahoria
2008	13,937.12	2,731.00	796.92	4,104.12	2,571.00
2009	11,453.70	3,081.00	843.89	2,362.64	2,459.00
2010	13,592.00	2,540.28	783.53	3,139.00	2,648.00
2011	11,207.77	2,820.26	707.69	4,010.00	3,044.50
2012	15,714.00	2,660.00	831.2	3,192.80	2,779.00
2013	15,268.00	2,668.50	652.35	4,183.30	2,150.00
2014	15,992.50	2,578.50	611.69	3,819.20	2,585.50
2015	16,053.00	3,115.48	765.12	2,622.10	3,040.50
2016	14,134.72	3,079.83	774.28	2,618.97	2,958.71
2017	13,438.50	3,259.54	883.28	2,656.70	2,879.54

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.

Tabla 3. Rendimientos (ton/ha) de haba, lechuga, jitomate, trigo y zanahoria en Puebla para los años indicados.

Año	Haba	Lechuga	Jitomate	Trigo	Zanahoria
2008	1.37	20.39	30.82	2.07	26.23
2009	0.88	18.69	35.49	1.53	27.51
2010	0.81	19.89	40.07	1.65	23.75
2011	0.43	18.28	45.21	1.01	21.99
2012	1.01	18.46	63.58	1.27	21.62
2013	1.05	19.38	104.43	1.75	24.46
2014	1.04	21.82	122.97	1.95	24.9
2015	1.14	21	148.63	2.04	25.88
2016	1.26	21.59	154.76	2.25	25.67
2017	1.25	21.29	146.5	25.34	25.34

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.

Los rendimientos históricos de los cinco cultivos hortícolas mencionados medidos en toneladas de producción por hectárea generados en los últimos diez años se muestran en la Tabla 3, asimismo se presenta la Gráfica 4 correspondiente a dichos datos. La información fue obtenida de SAGARPA (2018) y corresponde al Estado de Puebla para el periodo 2008-2017.

De acuerdo al Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta SAGARPA (2018), la superficies efectivamente cosechadas en Puebla para los cultivos mencionados en el 2017 fueron: 13,438.5 ha de habas, 3,259.54 ha de lechugas, 883.28 ha de jitomate, 2,656.70 ha de trigo y 2,879.54 ha de zanahoria. De acuerdo a la información presentada anteriormente y a los precios medios rurales por kilogramo de cada culti-

vo correspondientes al 2017 SIAP (2018), se presenta la producción bruta aproximada para la finca objeto de estudio expresada en pesos y en porcentaje en la Tabla 4 y Gráfica 5 respectivamente. La metodología de valuación a emplear se seleccionó con base en la naturaleza de los datos que se tienen disponibles, por lo que se utilizaron los métodos sintético de comparación por tasas y el analítico actualizado propuestos por Caballer (1998) y aplicados al presente caso de valuación de una finca dedicada al cultivo hortícola en el Estado de Puebla.

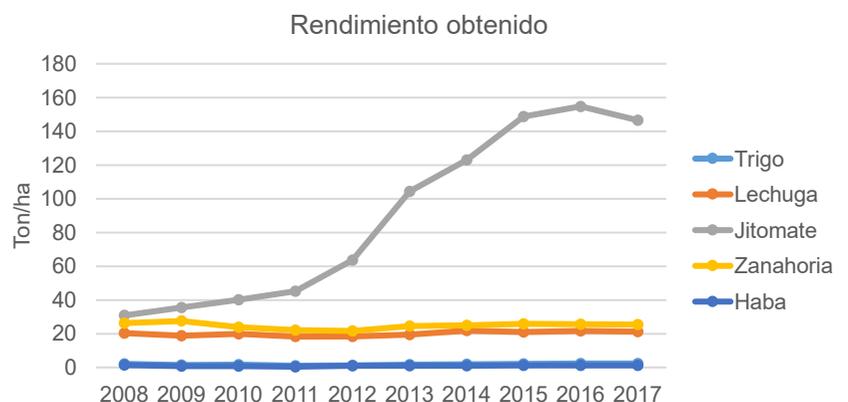
Para poder utilizar el método sintético de comparación por tasas, se obtuvo información sobre tres transacciones de fincas consideradas como análogas o comparables a la que es objeto de estudio realizadas durante el año 2015. Los valores de mercado expresados en pesos por hectárea, así como la producción bruta en pesos por hectárea de cada una para cada cultivo se muestran en la Tabla 5.

Con base en dichos datos es posible estimar la producción promedio de cada una de las fincas homo-

Tabla 4. Rendimiento, precio y producción bruta de los cultivos de la finca.

Cultivo	Rendimiento (kg/ha)	Precio (peso/kg)	Producción Bruta (peso/ha)
Jitomate	146,500	\$7.1	\$1,042,629
Zanahoria	25,340	\$2.6	\$67,075
Lechuga	21,290	\$3.5	\$74,545
Habas	1,250	\$15.0	\$18,713
Trigo	2,310	\$3.6	\$8,255
Total			\$1,211,217

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.



Gráfica 4. Rendimientos (ton/ha) de haba, lechuga, jitomate, trigo y zanahoria en Puebla para los años indicados.

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.

logables durante los cinco años de duración de la alternativa, como se muestra en la Tabla 6. Para el criterio de tasas se calcula el promedio de las tasas generadas por el valor de dividido entre la producción media de cada finca como se muestra en la Ecuación 1.

$$a = \frac{\$4,829,859}{\$244,747} + \frac{\$6,190,162}{\$273,241} + \frac{\$5,583,327}{\$256,674} = 21.3812$$

Ecuación 1. Cálculo de las tasas promedio de cada finca comparable.

El valor de mercado correspondiente a la finca sujeto se obtiene al multiplicar la tasa estimada por su valor de producción como se exhibe en la Ecuación 2.

$$V = 21.3812 \times \$242,243.49 = \$5,179,453.06 \text{ (pesos/ha)}$$

Ecuación 2. Cálculo del valor de mercado de la finca sujeto por el método sintético de comparación por tasas.

Con el objetivo de emplear el criterio baricéntrico de comparación por tasas, se realiza primero la suma de todos los valores de mercado y se divide entre la suma de las producciones promedio de cada finca como aparece en la Ecuación 3.

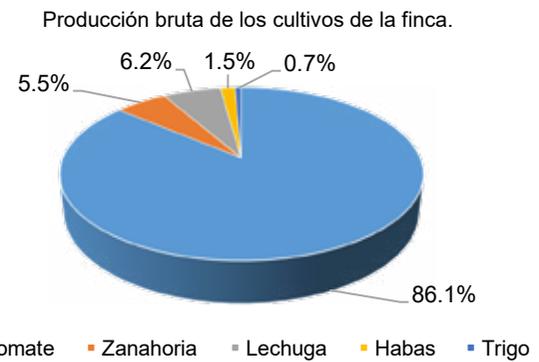
$$a = \frac{\$4,829,859}{\$244,747} + \frac{\$6,190,162}{\$273,241} + \frac{\$5,583,327}{\$256,674} = 21.4338$$

Ecuación 3. Cálculo de las tasas promedio de cada finca comparable por medio del criterio baricéntrico.

De manera similar, se procede a multiplicar dicho factor por la producción promedio de la finca sujeto de acuerdo a la Ecuación 4.

$$V = 21.4338 \times \$242,243.49 = \$5,192,190.52 \text{ (pesos/ha)}$$

Ecuación 4. Cálculo del valor de mercado de la finca sujeto por el método sintético de comparación por tasas con criterio baricéntrico.



Gráfica 5. Producción bruta correspondiente a los cultivos de la finca objeto de estudio expresados en porcentaje.

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.

El promedio de ambos valores obtenidos es mostrado en la Ecuación 5.

$$V = \frac{\$5,179,453.06 + 5,192,190.52}{2} = \$5,185,821.19 \text{ (pesos/ha)}$$

Ecuación 5. Promedio de los valores de los métodos sintéticos de comparación por tasas.

Dicho valor se multiplica por la superficie en hectáreas de la superficie de la finca sujeto lo que permite obtener su valor total de mercado de acuerdo a la Ecuación 6.

$$V = \$5,185,821.19 \text{ pesos por ha} \times 4 \text{ ha} = \$20,743,287.15$$

Ecuación 6. Valor de mercado total de la finca sujeto por medio de los métodos sintéticos de comparación por tasas.

Tabla 6. Producciones promedio de los comparables y el sujeto.

Finca	Producción media (pesos/ha)
1	\$244,747
2	\$273,241
3	\$256,647
Sujeto	\$242,243

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.

Tabla 5. Valores de mercado de cada transacción y producciones brutas de las tres fincas análogas.

Finca análoga	Valor de mercado (pesos/ha)	Producción bruta (pesos/ha)				
		Jitomate	Zanahoria	Lechuga	Habas	Trigo
1	\$4,829,859	\$1,052,269	\$66,909	\$79,388	\$17,378	\$7,790
2	\$6,190,162	\$1,194,980	\$77,489	\$65,835	\$21,557	\$6,345
3	\$5,583,327	\$1,130,718	\$60,345	\$61,465	\$21,286	\$9,420

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.

Finalmente, para realizar el método analítico actualizado se han considerado los costos totales así como los ingresos correspondientes a cada tipo de cultivo de tal manera que se pueda obtener la ganancia neta correspondiente como aparece en la Tabla 7.

Tomando en consideración que la superficie utilizada para cada cultivo va a cambiar en cada año, de acuerdo a la parcela en la que se haya situado, se presenta la Tabla 8 que muestra la superficie ocupada para cada cultivo en cada uno de los años. Al conocer la ganancia neta por unidad de superficie y al multiplicarla por la superficie de cultivo de cada uno de ellos, se obtiene la ganancia total de la finca para cada año considerado. Considerando una tasa de capitalización del 3.5% y cinco periodos a analizar, se obtiene un factor de capitalización de la forma en la que aparece en la Ecuación 7.

$$\frac{(1.035)^5}{((1+0.035)^5)-1} = 6.3280$$

Ecuación 7. Factor de capitalización para la finca sujeto.

Finalmente, el valor de mercado de la finca sujeto vendrá dado por la Ecuación 8.

$$V = \left[\$463,848 + \frac{\$467,530}{(1+0.035)^1} + \frac{\$1,324.675}{(1+0.035)^2} + \frac{\$884,459}{(1+0.035)^3} + \frac{\$452,086}{(1+0.035)^4} \right]$$

$$= \$3,343,864$$

$$V = \$3,343,864 \times 6.3280 = \$21,160,104$$

Ecuación 8. Valor comercial total de la finca sujeto por medio del método analítico actualizado.

$$V = \frac{\$20,743,287.15 + \$21,160,104}{2}$$

$$= \$20,951,695.68 \text{ pesos}$$

Ecuación 9. Valor final de la finca de regadío enfocada al cultivo hortícola objeto del caso de estudio.

A partir del cual se obtiene un valor por hectárea de \$5,290,026.05 al dividir valor total entre las cuatro hectáreas que conforman la finca sujeto. De esta manera, se puede concluir un valor final de la finca sujeto al promedio entre los métodos sintéticos de comparación por tasas y el método analítico actualizado como aparece mostrado en la Ecuación 9.

Tabla 7. Estimación de la ganancia neta para cada cultivo hortícola de la finca.

Costos	Jitomate	Zanahoria	Lechuga	Habas	Trigo
Materias primas:	\$65,273	\$16,238	\$21,125	\$4,594	\$2,456
Mano de obra	\$60,750	\$14,828	\$23,400	\$3,148	\$1,474
Maquinaria	\$25,628	\$6,614	\$9,900	\$3,856	\$2,256
Riegos	\$9,381	\$13,964	\$3,247	\$2,397	\$539
Otros	\$11,875	\$3,676	\$3,475	\$1,968	\$1,006
Costo total (pesos/ha)	\$172,907	\$55,319	\$61,147	\$15,964	\$7,732
Ingresos	\$1,042,629	\$67,075	\$74,545	\$18,713	\$8,255
Ganancia neta	\$869,722	\$11,756	\$13,399	\$2,750	\$523

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.

Tabla 8. Superficie ocupada por cada cultivo cada año y ganancia total anual.

Año	Superficie (ha)					Ganancia neta total
	Jitomate	Zanahoria	Lechuga	Habas	Trigo	
1	0.5	0.5	1.5	1	0.5	\$463,848
2	0.5	1.5	1	0.5	0.5	\$467,530
3	1.5	1	0.5	0.5	0.5	\$1,324,675
4	1	0.5	0.5	0.5	1.5	\$884,459
5	0.5	0.5	0.5	1.5	1	\$452,086

Fuente: elaboración propia con base en el estudio elaborado.

CONCLUSIONES

Se realizó una revisión bibliográfica que permitió identificar el crecimiento reciente del sector agrícola en México y concretamente en Puebla, así como los fundamentos de la valuación agraria aplicables al presente caso de estudio. Se estableció aplicar el método sintético por comparación de tasas y el método analítico actualizado para determinar el valor de una finca de regadío enfocada al cultivo hortícola en el Estado de Puebla. Se determinaron las principales características de la finca y se identificaron los rendimientos generados de los cinco cultivos hortícolas a laborar en sus cuatro hectáreas: haba, lechuga, jitomate, zanahoria y trigo al final de cada ciclo de acuerdo a la rotación de cultivos propuesta. Al aplicar el método sintético comparando los valores estimados por medio del criterio de tasas y del criterio baricéntrico, se obtuvo un valor de la finca total de \$20,743,287.15. Al considerar el método analítico actualizado y utilizar las utilidades netas para cada cultivo y para cada parcela, se obtuvo un valor total de \$21,160,104. De esta manera, al considerar los valores obtenidos por cada método empleado, se pudo concluir un valor definitivo para la finca de \$20,951,695.68. El presente caso de estudio busca ofrecer una solución práctica para la determinación del valor de una finca empleando procedimientos, teorías y fórmulas científicas aplicadas al campo de la valuación agraria; se considera que los resultados pueden llegar

a variar en cierta proporción sin que ello sea verdaderamente significativo para el valor final obtenido. El caso presentado sirve como ejemplo y base para futuros estudios de valuación agraria, principalmente para la valuación de fincas homologables, lo que permite generalizar las aportaciones a casos parecidos y generar un conocimiento universal y válido que cuente con relevancia académica y profesional.

LITERATURA CITADA

- BIE. (2018). Banco de Información Económica. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- Caballer, V. (1998). *Valoración Agraria*. España: Mundi-Prensa.
- Caballer, V. (2008). *Valoración Agraria. Teoría y práctica*. España: Mundi-Prensa.
- Caballer, V., & Herrerías, R. (2007). *Tasacion y Valoracion. Situacion Actual y Perspectiva de Futuro*. *Estudios de Economía Aplicada*, 25-48.
- Norma Mexicana. (2007). *Servicios-Servicios de Valuación-Metodología*. México: Secretaría de Economía.
- Ramirez, E., & García, F. (2003). *Compendio de valoración agraria. Técnico y normativa*. España: Emilio Ramírez Juidias.
- Rovira, C., Codina, L., Marcos, M., & del Valle, M. (2004). *Información y documentación digital*. España: Instituto Universitario de Linguística Aplicada.
- SAGARPA. (2018). *Consulta al Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta*. Obtenido de infosiap.siap.gob.mx
- SIACON. (2018). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta*. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- SIAP. (2018). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap>



EQUINE CHORIONIC GONADOTROPIN, A LOW-COST ALTERNATIVE IN EMBRYO TRANSFER IN COWS UNDER TROPICAL GRAZING

GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA, ALTERNATIVA DE BAJO COSTO EN TRANSFERENCIA DE EMBRIÓN EN VACAS BAJO PASTOREO TROPICAL

Ávila-Rueda S.¹; Ramos-Juárez J. A.¹; Cansino-Arroyo G.²; Ruiz-Cruz J. L.²; Aranda-Ibáñez E.¹; Cruz-Hernández A.²; Ramírez-Vera S.^{2*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Carretera Libre Cárdenas-Coatzacoalcos km 21, Poblado C-27, H. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. ²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias. Carretera Villahermosa-Teapa km 25, Teapa, Tabasco, México. C. P. 86690.

*Autor de correspondencia: sarave2@hotmail.com.

ABSTRACT

Objective: To determine the efficiency and cost of dos superovulatory treatments in cows under tropical grazing and subjected to embryo transfer.

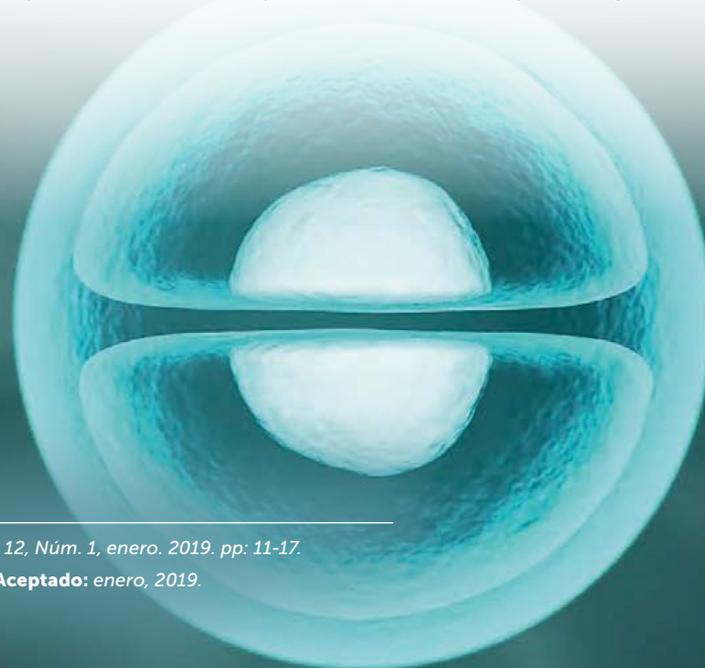
Design/methodology/approximation: Fifty-one cows randomly distributed in: First group synchronized and superovulated cows with FSH (200 mg, GFSH, n=9), second group superovulated with eCG (2000 IU, GeCG, n=9), third group (GA, n=16) embryo recipients of the GFSH and finally fourth group (GB, n=17) embryo recipients of the GeCG. The superovulatory efficiency, cost of the embryo transfer program, gestational cost, was determined through the relationship between response to treatment, inputs used and price of inputs. The data obtained were compared by means of Mann-Whitney test *U*, or *t* student for independent groups. The gestation rate was analyzed by a Chi square test.

Results: The cost of embryo transfer is lower superovulatory with ECG than using FSH ($P=0.000$). The number of embryos did not differ between cows from GFSH and GeCG ($P\geq 0.18$). The cost/donor is 10.8% lower in GeCG vs. GFSH ($P=0.000$), the cost/viable embryo was 35.6% lower in GeCG ($P=0.046$) vs. GFSH. The gestation rate is similar in both groups (GA, 31.3% vs. GB, 35.3%, $P=0.73$).

Limitations/implications: The study shows that it is possible to replace the use of FSH with the ECG, obtaining the same efficiency at lower cost in cows under tropical grazing conditions.

Findings/conclusions: A superovulation with eCG decreases the cost of the embryo transfer program.

Key words: Superovulatory alternative, viable embryos, reproductive efficiency, advantages of embryo transfer.



RESUMEN

Objetivo: Determinar la eficiencia y costo de dos tratamientos superovulatorios en vacas en pastoreo tropical y sometidas a transferencia de embriones.

Diseño/metodología/aproximación: Cincuenta y una vacas distribuidas de forma aleatoria en: Primer grupo, vacas sincronizadas y superovuladas con FSH (200 mg; GFSH, n=9), segundo grupo superovuladas con eCG (2000 UI; GeCG, n=9), tercer grupo (GA, n=16) receptoras de embriones del GFSH y por último cuarto grupo (GB, n=17) receptoras de embriones del GeCG. Se determinó la eficiencia superovulatoria, costo de la transferencia de embriones, costo de gestación, mediante la relación entre respuesta al tratamiento, insumos utilizados y precio de insumos. Los datos obtenidos se compararon mediante prueba Mann-Whitney *U* o *t* student para grupos independientes, la tasa de gestación mediante una prueba de Chi cuadrada.

Resultados: El costo de la transferencia de embriones es menor en vacas superovuladas con eCG que en vacas con FSH ($P=0.000$). La cantidad de embriones no difirió entre vacas del GFSH y GeCG ($P\geq 0.18$). El costo/donadora es 10.8 % menor en GeCG vs. GFSH ($P=0.000$), el costo/embrión viable fue 35.6 % menor en GeCG ($P=0.046$) vs. GFSH. La tasa de gestación es similar en ambos grupos (GA vs. GB; $P=0.73$).

Limitaciones/implicaciones: El estudio demuestra que se puede sustituir el uso de FSH por la eCG, con la misma eficiencia a menor costo en vacas bajo condiciones de pastoreo tropical.

Hallazgos/conclusiones: Una superovulación con eCG disminuye el costo del programa de transferencia de embriones.

Palabras clave: Alternativa superovulatoria, embriones viables, eficiencia reproductiva, ventajas de la transferencia de embriones.

Academic google, 2012 a 2017)], y al manejo (ocho sesiones con FSH y 1 con eCG; Mikkola y Taponen, 2017; Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008; Martins *et al.*, 2008). Se ha demostrado que una superovulación con eCG se obtienen 10.41 embriones y mientras que con FSH el 9.58, siendo estadísticamente similares (Martins *et al.*, 2008). Lo anterior nos permiten diversificar el uso de alternativas hormonales, sin embargo, en la TE no hay evidencias sobre el costo real estimado de los diversos programas hormonales. Por lo cual, nuestro objetivo fue determinar la eficacia y el costo de la alternativa superovulatoria con eCG en vacas bajo pastoreo tropical sometidas a un programa de TE.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante el periodo de diciembre 2016 a febrero 2017 en la región tropical en el sureste de México, en las cercanías de Villahermosa, Tabasco (17° 43 S y 92° 35 E), 10 msnm, con un clima cálido húmedo (Af), temperatura promedio anual de 27.3 °C y humedad de relativa de 68 a 90 % (SMN, 2010).

Animales experimentales

Cincuenta y una vacas (de 2 a 4 años de edad) en condición corporal de 3.5 ± 0.45 (escala de 1-5; Edmonson *et al.*, 1989), con más de 3 meses posparto y al menos la presencia de un CL, alimentadas bajo pastoreo extensivo (*Brachiaria brizantha*). Las vacas se clasificaron en 18 donadoras y 33 receptoras:

Las donadoras se sincronizaron con el protocolo descrito por Baruselli *et al.* (2011): día 0; se colocó un dispositivo intravaginal (CIDR, Progesterona, 1,9 g; Zoetis®), + 2 mg de benzoato de estradiol (Sin-

INTRODUCCIÓN

El bajo uso de biotecnologías reproductivas en bovinos puede atribuirse a: 1) variabilidad en la eficiencia; ejemplo la obtención de embriones va de 2 a 22 embriones, con el 50 al 79 % viables (Tribulo *et al.*, 2011; Hiraizumi *et al.*, 2015). Asimismo, el 53.5 % de vacas sincronizadas con prostaglandinas manifiestan conducta estral y solo el 31 % transferibles con presencia de CL (Medrano *et al.*, 2014), y una tasa de gestación de 21 hasta un 45% (Nogueira *et al.*, 2004; Baruselli *et al.*, 2010). En segundo lugar, los altos costos como; la inseminación artificial (IA) tiene un costo entre 26 a 79 US vaca (Molina *et al.*, 2012; Edwards *et al.*, 2015), si se obtiene una fertilidad de 40 %, el costo es de US 398 y con 60 %, US 154.8 (Edwards *et al.*, 2015). Una sincronización del estro y ovulación tiene un costo entre 406 hasta 522 US (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008). Los programas de transferencia de embriones tienen un costo entre 882 hasta 1,227 US con el 50 % de fertilidad (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008; Sánchez *et al.*, 2015; Alarcón *et al.*, 2010), con el 27 % un costo de US 1,447 (Alarcón *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2015) y con el 10 % los costos pueden elevarse hasta 5900 US (Sánchez *et al.*, 2015). Este alto costo se atribuye a 3 aspectos importantes: costo de la donadora, superovulación [87.4 % (97/111) con FSH, el 7.2 % con la y un 5.4 % combinado (Pubmed y

crodiol, Ourofino[®]) y 100 mg de progesterona (Progesvit A-E, Brovel[®]) vía IM, día 5; las vacas se distribuyeron en un diseño completamente aleatorio asignadas a uno de dos tratamientos, el primer grupo las hembras (GFSH, n=9) se sometieron a una ovulación múltiple con 200 mg de FSH en 8 aplicaciones decrecientes (Folltropin-V[®], Rx-Agtech[®] cada 12 h; 39, 35, 31, 27, 23, 19, 15 y 11 mg dosis⁻¹), el segundo grupo (GeCG, n=9) se sometió a ovulación múltiple con eCG (única dosis de 2000 UI, Folligon, Intervet[®]). En ambos grupos, al día 7 se administró 25 mg de Dinoprost (prostaglandina; Lutalyse, Zoetis[®]) y al día 8 se retiró el CIDR, posteriormente se observó el inicio del estro y se inseminaron a 12 h (+30 mg de GnRH; Gonadorelina; Fertagyl, Intervet[®]), 18 y 24 h post-estro, al día 16 se realizó la recolección de embriones mediante la técnica no quirúrgica descrita por Palma (2008).

Las 33 hembras receptoras se sincronizaron; al día 0; se les colocó un CIDR (Progesterona: 1,9 g; Zoetis[®]) + 2 mg, benzoato de estradiol (Sincrodiol, Ourofino[®]) y 100 mg, progesterona (Progesvit A-E, Brovel[®]), al día 7 se administró 25 mg de prostaglandina (Lutalyse, Zoetis[®]), al día 8 retiró el CIDR, posteriormente se observó el inicio del estro y 12 h después se administró 30 mg de GnRH (Gonadorelina; Fertagyl[®]). Las hembras se distribuyeron en 2 grupos: el primero (GA, n=16) recibieron por transferencia un embrión viable procedente del grupo GFSH y el segundo grupo (GB, n=17) se les transfirió un embrión del grupo GeCG.

Variables determinadas

Costo del programa de transferencia de embriones

Se determinó en la relación los insumos gastados en cada actividad, costos variables; Cuadro 1 (apartados a, b y c), animales y equipo que se utilizó (costos fijos), calculando costo de; sincronización, superovulación, donadora, embrión y por gestación. Los costos están en US (estimado de enero a septiembre de 2017; SAT, 2017).

Costos variables: *Trabajo de campo; (operaciones de manejo; trabajo en corrales, colocación y retiro de CIDR, aplicación de FSH y eCG, IA, lavado y transferencia). Asistencia profesional (selección de donadoras, método de aplicación de hormonas e inseminación artificial y la ejecución de recolección y transferencia de embriones).

Costos fijos: Donadora, estimado en 15 vendedores (5 internaciones y 10 nacionales; raza pura con alta producción), costo de aproximadamente 396.82±150 US con 4 lavados y una vida útil de 5 años (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008).

Costos de alimentación: relación entre el forraje consumido de donadora/receptora y el periodo del programa de transferencia de embriones (90 días con 4 lavados), un consumo de 1225.9 (GFSH) y 1299.6 (GeCG) kg de MS (4 % del peso corporal), por donadora (340.52±22.91 kg; GFSH y 361±17.85 kg; GeCG). La disponibilidad de forraje fue estimada de 17,000 kg de MS ha⁻¹. La alimentación de receptora (PC: 353.3±19.02 kg), con un consumo promedio/vaca de 1271.88 kg de MS. El costo de producción de

una ha⁻¹ de insurgente (*Brachiaria brizantha*) se calculó en \$30,900 ha año⁻¹ (US 1,718.8, Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008).

Cantidad y calidad del embrión: se determinó al día 17, mediante los criterios morfológicos descritos por Palma (2008); Excelentes (células en una estructura compacta), Buenos (numerosas células no compactadas), Regulares (pocas células) y Malos (células con signos de degeneración) y morfológicamente según la Sociedad Internacional de Transferencia de Embriones (Stringfellow y Givens, 2011).

Costo por gestación en el programa de transferencia de embriones

El diagnóstico de gestación se realizó al día 40 postransferencia (ultrasonido mindray DP-10 Vet con transductor intracavitario de arreglo lineal 7.5 MHz en tiempo real). El costo se determinó con la siguiente ecuación;

$$CG = \frac{(CE + CS)(NS)}{TG}$$

donde CG=costo de gestación, CE=costo del embrión, CS=Costo de la sincronización, NR=Número de receptoras y TG=Tasa de gestación.

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a una prueba de normalidad (Kolmogórov-Smirnov One-Sample Test), posterior a Mann-Whitney U Test o t student para grupos independientes, la tasa de gestación con una prueba de chi cuadrada. Los datos son descritos en media aritmética ±EEM (SYSTAT versión 13; Chicago, Illinois, USA).

Cuadro 1. Costo y material utilizados en vacas del GFSH vs. GeCG.

Concepto	Unidad	Costo, US	Dosis FSH/ECG	GFSH US	GeCG US
a) Insumo en sincronización y superovulación					
FSH (Follitropin V)	20 mL	222.2	10 mL	111.1	-
eCG (Folligon)	25 mL	85.2	10 mL	-	34.1
Benzoato de estradiol	50 mL	9.3	2 mL	0.4	0.4
Progesterona (Progesvit)	25 mL	7.9	1 mL	0.3	0.3
DIB (CIDR)	10 pza	105.3	1 mL	10.5	10.5
Prostaglandina (Lutalyse)	30 mL	9.8	5 mL	1.6	1.6
GnRH (Fertagyl)	50 mL	88.9	2.5 mL	4.4	4.4
Jeringa 20 mL	50 pza	18.0	0.5 pza	-	0.2
Jeringa 5 mL	100 pza	17.4	0.4/0.5 pza	0.1	0.1
Jeringa 3 mL	100 pza	14.7	1.6/1.5 pza	0.2	0.2
Jeringa 1mL	100 pza	19.6	1.2 pza	0.2	-
Agujas	100 pza	7.4	1 pza	0.1	0.1
			Subtotal	129.0	51.9
b) Insumo en la colección de embriones					
Semen/ pajilla	1pza	7.94	2 pza	15.87	15.87
Guantes para palpación	100 pza	6.35	1 pza	0.06	0.06
Camisa sanitaria	50 pza	10.95	1 pza	0.22	0.22
Funda para IA	50 pza	3.39	1 pza	0.07	0.07
Filtros Miniflush	1 pza	20.84	1 pza	20.84	20.84
Sondas-cateter Foley	1 pza	5.24	1 pza	5.24	5.24
Manguera tygon	1 pza	8.10	1 pza	8.10	8.10
Solución Harman	1000 mL	1.80	1400/1750	2.52	3.15
Medio ViGro Complete Flush	1000 mL	28.89	14/17.5 mL	0.40	0.50
Heparina	10 mL	2.65	2.8/3.5 mL	0.74	0.93
Caja Petri	10 pza	8.04	1 pza	0.40	0.40
SYNGRO Holding Media	5 mL	8.99	0.5 mL	0.56	0.56
Microplacas multipozos	1 pza	20.00	0.3 pza	6.00	6.00
Jeringa 1mL	100 pza	19.63	0.4/0.5 pza	0.08	0.10
Jeringa 5mL	100 pza	17.41	0.8/1 pza	0.14	0.21
Jeringa 20mL	50 pza	17.99	0.4/0.5 pza	0.14	0.18
Agujas	100 pza	7.41	1 pza	0.07	0.07
Yodo	5000 mL	27.88	2.5 mL	0.02	0.02
Sanitas	100 pza	0.79	1pza	0.01	0.01
Alcohol	1000 mL	1.59	30 mL	0.05	0.05
Lidocaína (pisacaina 2%)	50 mL	2.59	5.4/5.8 mL	0.28	0.30
			Subtotal	61.82	62.84
c) Insumos de mano de obra					
Asesorías reproductivas		171.96	En 150 animales	1.146	1.15
Inseminación artificial		158.73	En 50 animales	3.17	3.17
Colección de embriones		145.5	1	145.502	145.5
Trabajo de campo (Jornales*)		4.23	13/6	55.053	25.41
			Subtotal	204.87	175.23

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eficiencia de los tratamientos sobre el número y calidad embrionaria

El número de embriones entre el GFSH y GeCG no difieren estadísticamente (recolectados: 7.0 ± 1.1 vs. 7.3 ± 0.8 ; $P=0.65$ y viables: 4.6 ± 0.6 vs. 5.4 ± 0.4 ; $P=0.18$, respectivamente), coincide con los 7.67 embriones obtenidos con 2000 UI de eCG y 5.9 embriones con 2500 UI y embriones viables de 6.7 a 6.9 con 2000 UI de eCG y de 4.4 hasta 10.41 embriones con 2500 UI reporta Martins et al. (2007; 2006), mayor a nuestros resultados (5.4 embriones). De igual manera Martins et al. (2008), no encontró diferencias entre el uso de eCG vs. FSH en la producción de embriones.

La CC no difirió entre grupos (GFSH: 3.4 ± 0.2 puntos vs. GeCG: 3.5 ± 0.5 puntos $P=0.89$), Makarevich et al. (2016) demostró que una CC entre 2.5 a 3.25 se obtiene hasta 22.5 % embriones comparado con una CC de 2.0 a 2.25 y de 3.5 a 5.0.

Costo del programa de transferencia de embriones

El programa de transferencia de embriones tiene un menor costo (10.8 %) en las vacas donde se utilizó eCG que en las de FSH, se atribuye; 1) reducción del 59.8 % del costo sincronización y superovulación (FSH=129 vs. 51.9 US con eCG) y 2) disminución en costo de mano de obra (FSH=8 aplicaciones; 55.07 US vs. eCG=1 aplicación; US 25.39; $P=0.000$; Cuadro 2), en este estudio el mayor costo es; GFSH; 1=donadora, 2=mano de obra, 3=sincronización y superovulación y 4=alimentación en las vacas del GeCG; 3=alimentación y 4=colecta de embriones y 5=sincronización y superovulación se confirma con lo reportado por Bolívar y Maldonado-Estrada, (2008) el mayor costo se atribuye a; la dona-

Cuadro 2. Costos del programa de transferencia de embriones donde se utilizó FSH (GFSH) o eCG (GeCG).

Costos variables	GFSH (US)	GeCG (US)
Sincronización y superovulación donadoras	129.0	51.9
Mano de obra	204.87	175.23
Insumo colección de embriones	61.82	62.84
Costos fijos		
Amortización de la donadora	396.83	396.8
Alimentación de donadoras	118.06	125.15
Costo total/vaca	910.59	811.97

dora (25.7 %), superovulación (17.5 %) y mano de obra (13 %).

Costo embrionario en el programa de transferencia de embriones

El costo de la superovulación con relación al número de embriones recolectados es menor en GeCG que en GFSH ($P=0.000$), las demás variables no difirieron entre grupos ($P \geq 0.4$, Cuadro 3). El costo de un embrión viable es menor en el GeCG comparado con el GFSH ($P=0.046$), se atribuye a un menor costo (83.2 %) de la eCG ($P=0.000$) y de la mano de obra en un 37.8 % que el GFSH ($P=0.044$).

Costos estimados en diferentes tasas de gestación

La tasa de gestación no difirió entre vacas que recibieron un embrión del GFSH (31.3 %; GA) o del eCG (35.3 %; GB; $P=0.73$). El costo de la transferencia de embriones es menor en el GB (456.95 US) que con GA (507.38 US; $P=0.000$). La baja tasa de gestación obtenida incrementa el costo (GA 1,623.6 US vs. 1,294.6 US del GB; $P=0.002$). Nuestros resultados coinciden a lo reportado por Alarcón et al. (2010), un costo/gestación de 1,447 US con una tasa de gestación de 27 %

Cuadro 3. Costo en relación con los embriones recolectados o viables en un programa de transferencia de embriones superovulando con FSH (GFSH) o eCG (GeCG).

Concepto, Costo	Embriones Recolectados			Embriones Viables		
	GFSH	GeCG	P^1	GFSH	GeCG	P^1
Sincronización	2.09 ± 1.1	1.80 ± 0.6	0.89	3.02 ± 1.4	2.23 ± 0.37	0.22
Superovulación	19.6 ± 10.7	3.84 ± 1.4	0.000	28.30 ± 13	4.74 ± 0.8	0.000
Colección de embriones	10.70 ± 5.8	9.23 ± 3.5	0.75	15.52 ± 7.0	11.36 ± 2	0.19
Mano de obra	36.7 ± 16.8	26.7 ± 10	0.44	52.97 ± 24	32.96 ± 5.92	0.044
Amortización de la donadora	71.7 ± 39.3	61.0 ± 23.4	0.65	103.4 ± 46	75.29 ± 13	0.17
Alimentación de donadoras	21.0 ± 10.7	19.50 ± 8	0.26	30.52 ± 14	23.85 ± 4.9	0.23
TOTAL	161.9 ± 88	122.2 ± 46.8	0.45	233.7 ± 105	150.4 ± 28	0.04

$P \leq 0.05$ diferencia estadísticas entre el grupos GFSH vs. GeCG.

superovuladas con FSH y nuestros costos son menores cuando se utilizó eCG (1,294.6 US). Sin embargo, a diferencia de los resultados de Bolívar y Maldonado-Estrada (2008) un costo de 846.5 US/gestación en una tasa de gestación del 50 %. Sin embargo, reportan una gran variabilidad de la tasa de gestación; Medrano *et al.* (2014) un 22 % hasta 66.7 %, y Oliveira *et al.* (2012) con sólo el 30 %. Una proyección con diferentes tasas de gestaciones modula el costo/gestación como lo estima Sánchez *et al.* (2015; Figura 1). Con los insumos de nuestro estudio y sus valores, el costo por gestación publicado por Richard *et al.* (2015) sería de 760.6 US y Medrano *et al.* (2014) de 2,306.27 US (66.7 y 22 % de tasa de gestación, respectivamente). Ello indica que el costo de los programas de transferencia de embriones se define por la tasa de gestación que se obtiene.

Las variaciones en la tasa gestación se atribuye a; embriones de excelente calidad la tasa de gestación es de 66 %, vs. calidad buena con un 15% y 12 % con embriones regulares (Richard *et al.*, 2015). Otro factor, la calidad del CL a la transferencia; CL > 2 cm la tasa de gestación es de 58.4 %, en CL 1.5 a 2 cm la tasa es de 41.5 % y CL de menor tamaño se observa una tasa de 31.8 % (Baruselli *et al.*, 2000), mayor tamaño del CL más secreción y síntesis de progesterona (2.15 cm con 1.35 ng mL⁻¹ vs 2.9 cm con 2.3 ng mL⁻¹ de progesterona (Bó *et al.*, 2002).

Análisis de costo beneficios de la transferencia de embriones

En nuestros resultados la tasa de gestación nos indica un costo de 1,294.6 hasta 1,623.6 US (GE y GA, respectivamente) por gestación en vacas mantenidas bajo pastoreo tropical, una limitante para el uso y adopción de la transferencia de embriones es el alto costo (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008). Los animales de alto valor genético tienen un costo que varía de 2,645.50 a 5,291 US (Rancho los Nogales, Tamaulipas, México, 2017), Bolívar y Maldonado-Estrada (2008) reportan un costo de hasta 7,500 US. Se atribuye a que es una biotecnología selectiva y propia para el mejoramiento

genético y con nuestros resultados con bajos costos se puede generalizar ampliamente a una ganadería bajo pastoreo tropical; Lo anterior nos indica que la compra de sementales con relación a la transferencia de embriones, el costo disminuye hasta un 69.3 % superovulando con FSH y con eCG disminuye hasta un 75.5 %.

CONCLUSIÓN

En los programas de transferencia de embriones, el costo del embrión y de cada gestación es más bajo cuando se utilizó eCG con

vacas bajo pastoreo tropical, y la respuesta embrionaria es similar en ovulación con eCG o FSH.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por el programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRO-DEP) con clave UJAT-PTC-275 y el Colegio de Postgraduados (COLPOS). Ávila-Rueda S, agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada y a la División Académica de Ciencias

Agropecuarias por los animales utilizados y al C. Jorge Ramón Pérez por el apoyo técnico.

LITERATURA CITADA

- Alarcón, M. A., Galina, C. S., Corro, M. D., & Asprón, M. A. (2010). Embryo transfer, a useful technique to be applied in small community farms? *Tropical animal health and production*, 42(6), 1135-1141. doi: 10.1007/s11250-010-9536-z
- Baruselli, P. S., Ferreira, R. M., Sales, J. N. S., Gimenes, L. U., Sá Filho, M. F., Martins, C. M., ... & Bó, G. A. (2011). Timed embryo transfer programs for management of donor and recipient cattle. *Theriogenology*, 76(9), 1583-1593. doi: 10.1016/j.theriogenology.2011.06.006
- Baruselli, P. S., Marques, M. O., Madureira, E. H., Bó, G. A., Costa Neto, W. P., & Grandinetti, R. R. (2000). Superestimulação ovariana de receptoras de embriões bovinos visando o aumento de corpos lúteos, concentração de P4 e taxa de prenhez. *Arquivos da Faculdade de Veterinária UFRGS*, 28, 218.
- Baruselli, P. S., Ferreira, R. M., Sá Filho, M. F., Nasser, L. F., Rodrigues, C. A., & Bó, G. A. (2010). Bovine embryo transfer recipient synchronisation and management in tropical environments. *Reproduction, Fertility and Development*, 22(1), 67-74. doi: 10.1071/RD09214
- Bó, G. A., Baruselli, P. S., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tribulo, R., ... & Mapletoft, R. J. (2002). The control of follicular wave

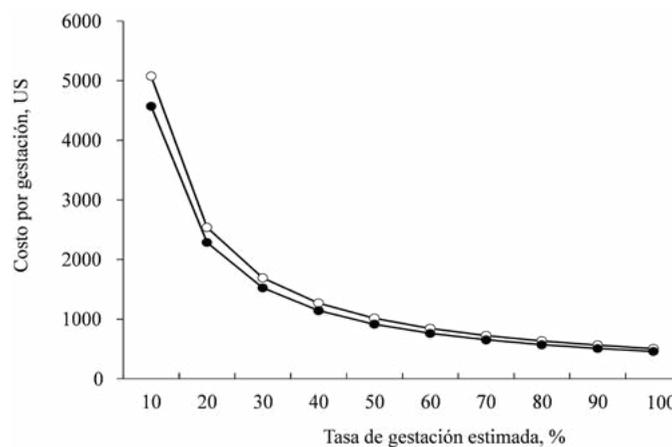


Figura 1. Proyección de costo/gestación en relación con diferentes tasas de gestación en dos programas superovulatorio con FSH (GFSH) o eCG (GeCG).

- development for self-appointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology*, 57(1), 53-72. doi: 10.1016/S0093-691X(01)00657-4
- Bolívar, P. A., & Maldonado Estrada, J. G. (2008). Análisis de costos de esquemas de transferencia de embriones bovinos utilizados en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 21(3) 351-364. ID:295023540005
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, 72(1), 68-78. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0
- Edwards, S. A. A., Bo, G. A., Chandra, K. A., Atkinson, P. C., & McGowan, M. R. (2015). Comparison of the pregnancy rates and costs per calf born after fixed-time artificial insemination or artificial insemination after estrus detection in *Bos indicus* heifers. *Theriogenology*, 83(1), 114-120. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.08.017
- Hiraizumi, S., Nishinomiya, H., Oikawa, T., Sakagami, N., Sano, F., Nishino, O., ... & Hashiyada, Y. (2015). Superovulatory response in Japanese Black cows receiving a single subcutaneous porcine follicle-stimulating hormone treatment or six intramuscular treatments over three days. *Theriogenology*, 83(4), 466-473. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.09.012
- Makarevich, A. V., Stádník, L., Kubovičová, E., Hegeďušová, Z., Holásek, R., Louda, F., ... & Nejdlová, M. (2016). Quality of preimplantation embryos recovered in vivo from dairy cows in relation to their body condition. *Zygote*, 24(3), 378-388. doi: 10.1017/S0967199415000295
- Martins, C. M., Oliveira, L. G., Crepaldi, G. A., Sales, J. N. S., & Baruselli, P. S. (2007). Efeito de diferentes doses de eCG na resposta superovulatória de doadoras Nelore (*bos indicus*) inseminadas em tempo fixo. *Acta Scientiae Veterinariae*, 35: 1237.
- Martins, C. M., Santos, I. C. C., Valentim, R., Sales, J. N. S., Reis, P. O., Crepaldi, G. A., ... & D'Occhio, M. J. (2008). Efeito da redução do número de administrações de FSH na resposta superovulatória e na produção de embriões de doadoras nelore. *Acta Scientiae Veterinariae*.
- Martins, C. M., Torres-Júnior, J. R. S., Souza, A. H., Sousa, M. G., & Baruselli, P. S. (2006). Superovulação com eCG ou FSH em doadoras Nelore (*Bos indicus*) inseminadas em tempo fixo. *Acta. Sci. Vet*, 34, 227.
- Medrano, J., Evangelista, S., Sandoval, R., Ruiz, L., Delgado, A., & Santiani, A. (2014). Aplicación de la técnica no quirúrgica de transferencia de embriones bovinos en un estable de la cuenca lechera de Lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(1), 103-107. doi: 10.15381/rivep.v25i1.8473
- Mikkola, M., & Taponen, J. (2017). Embryo yield in dairy cattle after superovulation with Folltropin or Pluset. *Theriogenology*, 88, 84-88. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.09.052
- Molina, J. J., Molina, I., Jiménez, A., Galina, C. S., & Romero, J. J. (2012). Pharmacological Control of Estrus in Tropical Cattle, an Economical Assessment of Different Synchronization Protocols. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 2(03), 151-157. doi: 10.4236/ojvm.2012.23024
- Nogueira, M. F. G., Melo, D. S., Carvalho, L. M., Fuck, E. J., Trinca, L. A., & Barros, C. M. (2004). Do high progesterone concentrations decrease pregnancy rates in embryo recipients synchronized with PGF2 α and eCG?. *Theriogenology*, 61(7-8), 1283-1290. doi: 10.1016/j.theriogenology.2003.07.012
- Oliveira, M. E. F., Cordeiro, M. F., Ferreira, R. M., Souza, S. F., Pieroni, J. S. P., Rodrigues, L. F. D. S., ... & Vicente, W. R. R. (2012). Does supplemental LH changes rate and time to ovulation and embryo yield in Santa Ines ewes treated for superovulation with FSH plus eCG?. *Ciência Rural*, 42(6), 1077-1082. doi: 10.1590/S0103-84782012000600021
- Palma, G. A. (2008). Recolección de los embriones bovinos. *Biología de la Reproducción*. Reprobiotec, Segunda Edición. Pp, 109-124.
- Richard, C., Hue, I., Gelin, V., Neveux, A., Campion, E., Degrelle, S. A., ... & Chavatte-Palmer, P. (2015). Transcervical collection of bovine embryos up to Day 21: an 8-year overview. *Theriogenology*, 83(7), 1101-1109. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.12.005
- Sánchez, Z., Lammoglia, M. A., Alarcón, M. A., Romero, J. J., & Galina, C. S. (2015). Is the Production of Embryos in Small-Scale Farming an Economically Feasible Enterprise?. *Reproduction in domestic animals*, 50(4), 574-579. doi: 10.1111/rda.12526
- Servicio de administración tributaria (SAT). En; http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/tablas_indicadores/paginas/tipo_cambio.aspx.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2010. Normales climatológicas Tabasco. Periodo de 1981-2010. En; <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=tab>
- Stringfellow, D., & Givens, D. (2011). *Manual de la Sociedad Internacional de Transferencia de embriones*. Cuarta Edición. International Embryo transfer Society. Illinois. USA.
- Tribulo, A., Rogan, D., Tribulo, H., Tribulo, R., Alasino, R. V., Beltramo, D., ... & Bó, G. A. (2011). Superstimulation of ovarian follicular development in beef cattle with a single intramuscular injection of Folltropin-V. *Animal reproduction science*, 129(1-2), 7-13. doi: 10.1016/j.anireprosci.2011.10.013

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND DEGREE OF LIKING OF AN ARTISAN JAM FROM APPLE (*Malus pumila* cv. Golden Delicious) AND CHAYOTE (*Sechium edule*)

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y NIVEL DE AGRADO DE UNA MERMELADA ARTESANAL A BASE DE MANZANA (*Malus pumila* cv. Golden Delicious) Y CHAYOTE (*Sechium edule*)

Frizzi-Amayo, F.¹; Herrera-Corredor, J.A.^{1*}; Alariste-Pérez, I.²; Servín-Juárez, R.¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946. ²Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz Campus Cuitláhuac. Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, Dos Caminos, Cuitláhuac, Veracruz, México. C. P. 94910.

*Autor de correspondencia: jandreshc@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to determine quality characteristics of an apple and chayote jam sweetened with three sweetener combinations and taking as a reference point, the consumer liking.

Design/methodology/approximation: The first formulation consisted of: 1,050 g apple, 630 g chayote, 400 g sugar; 500 mL water were added and 10 mL lemon juice as a natural preservative. The second formulation was prepared with 1,030 g apple, 705 g chayote, 500 mL water, 600 g of commercial stevia sweetener at 0.06%, 250 mL agave honey, and 10 mL lemon juice. The third formulation was prepared with 1,040 g apple, 650 g chayote, 500 mL water, 20 g ground natural stevia leaves, 500 mL agave honey, and 10 mL lemon juice. The jams were evaluated by consumers based on a hedonic scale.

Results: The physicochemical and nutritional characteristics of the most accepted jam were: total sugars 28.33%, available carbohydrates 28.45%, dietary fiber 1.46%, protein 0.18%, and ash 0.18%, among others. The most pleasant for the consumer was the apple jam with chayote sweetened with stevia and agave honey.

Study limitations/implications: It is recommended to deepen the study of the shelf life of the product to ensure the time which it maintains its quality.

Findings/conclusions: The manufacture of chayote-based jam represents a viable alternative for the diversification of chayote-based processed products.

Key words: jam, chayote, apple, degree of liking, sensory analysis.

RESUMEN

Objetivo: determinar las características de calidad de una mermelada de chayote con manzana endulzada con tres combinaciones de endulcorantes y tomando como punto de referencia, el nivel de agrado del consumidor.

Diseño/metodología/aproximación: La primera formulación consistió en 1,050 g de manzana, 630 g de chayote, 400 g de azúcar, con la adición de 500 mL de agua y 10 mL de jugo de limón como conservador natural. La segunda formulación fue preparada con 1,030 g de manzana, 705 g de chayote, 500 mL de agua, 600 g de endulzante a base de estevia comercial al 0.06%, 250 mL de miel de agave y 10 mL jugo de limón. La tercera formulación fue preparada con 1,040 g de manzana, 650 g de chayote, 500 mL de agua, 20 g de estevia natural molida, 500 mL de miel de agave y 10 mL de jugo de limón. Las mermeladas fueron evaluadas por consumidores con base en una escala hedónica.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 1, enero. 2019. pp: 19-24.

Recibido: abril, 2018. **Aceptado:** diciembre, 2018.



Resultados: Las características fisicoquímicas y nutricionales de la mermelada más aceptada fueron: azúcares totales 28.33%, carbohidratos disponibles 28.45%, fibra dietética 1.46%, proteína 0.18%, cenizas 0.18% entre otros. La más agradable para el consumidor fue la mermelada de manzana con chayote endulzada con estevia y miel de agave.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Se recomienda profundizar en el estudio de la vida de anaquel del producto para asegurar el tiempo en que se mantiene su calidad.

Hallazgos/conclusiones: La fabricación de mermelada a base de chayote representa una alternativa viable para la diversificación de productos procesados a base de chayote.

Palabras clave: mermelada, chayote, manzana, nivel de agrado, análisis sensorial.

INTRODUCCIÓN

El chayote (*Sechium edule*) es una importante fuente de divisas para los países exportadores, entre los que México mantiene el liderazgo mundial (del Angel-Coronel *et al.*, 2018). En México, la zona de producción de chayote más importante se ubica en la región central de Veracruz, en los municipios de Coscomatepec, Huatusco, Ixhuatlán del Café, Chocamán, Tlilapan, Orizaba, Rafael Delgado, Amatlán de los Reyes, Cuichapa e Ixtaczoquitlán (Cadena *et al.*, 2010). El chayote es uno de los productos que se encuentra altamente arraigado a la cocina mexicana al combinarse en guisados, ensaladas y en dietas relacionadas a la reducción de peso, ya que es un alimento completo que contiene carbohidratos, proteínas, calcio, fósforo, hierro, vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, ácido ascórbico, azúcar soluble y agua. El comercio de la manzana en México está conformado por una producción nacional de 716,865 t más la importación de 215,666 t (Atlas Agroalimentario, 2017). A nivel nacional, Chihuahua aporta el 73 % de la producción, en tanto que Coahuila, Durango y Puebla contribuyen con 20 %, los principales cultivares comercializados incluyen: Golden Delicious, Red Delicious y Gala, entre otras. Golden Delicious es una variedad de origen estadounidense, una de las más cultivadas en todo el mundo (Atlas Agroalimentario, 2017). Su piel es amarilla verdosa con pequeños puntos oscuros llamadas lenticelas que son los órganos respiratorios de la fruta. Su forma es redonda y regular. La carne es jugosa, crujiente, dulce y aromática (Dobrzański *et al.*, 2000). Como edulcorantes de la mermelada de manzana con chayote, la estevia ha atraído la atención de amplios sectores de la industria debido a que los glucósidos que se extraen de su hoja seca son de 200 a 300 veces más dulce que la sacarosa (Huang *et al.*, 2009). Según la Norma Mexicana NMX-FF-110-SCFI-2008, el jarabe de agave es la sustancia dulce proveniente de la hidrólisis de los oligosacáridos del agave, a la cual se le puede añadir color y sabor, pero no almidones, melazas, glucosa, dextrosa, fructuosa y unos otros azúcares de origen diferente al agave; que ayudan a endulzar la mermelada. Las mermeladas son productos cuyos ingredientes principales son azúcar y frutas. Pueden conservar algunas características básicas de las materias primas utilizadas en su elaboración de las cuales el consumidor espera que sean bajas en azúcares y por ende en calo-

ría. Esta situación ha motivado a la agroindustria para producir mermeladas a base de diversas frutas y con propiedades funcionales (Boatella *et al.*, 2004). Actualmente la tendencia general en el consumo de alimentos es buscar un buen aporte de nutrientes y que además los alimentos proporcionen beneficios para la salud (Sloan, 2000). Para lograr un mejor desempeño en la investigación y desarrollo de nuevos productos alimenticios el conocimiento científico y objetivo, el consumidor es un referente obligado. Éste se logra aplicando técnicas combinadas de investigación de mercados mediante método y análisis sensorial, que permiten un estudio más profundidad del consumidor (Mora *et al.*, 2006). Para dar un valor agregado al consumo del chayote como alimento procesado y darlo a conocer de diferente consumo y no sólo de manera fresca. El objetivo de esta investigación fue determinar las características de calidad de una mermelada de chayote con manzana endulzada con tres combinaciones de edulcorantes y tomando como punto de partida, el nivel de agrado del consumidor. Para esto se condujo un estudio de consumo con tres formulaciones de mermelada con diferentes edulcorantes. El nivel de agrado en diferentes atributos sensoriales permitió identificar la formulación con mejor potencial para el mercado y en esta formulación se determinaron sus características fisicoquímicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

El experimento se realizó en Coatepec, Veracruz. La manzana utilizada en el estudio fue de la variedad Golden Delicious proveniente del estado de Puebla, México, y el chayote (*Sechium edule*), proveniente

de las regiones de las altas montañas del estado de Veracruz. Ambos fueron comprados en el mercado local de Coatepec Veracruz.

Formulaciones de mermelada

Se seleccionó la materia prima en buen estado con madurez adecuada tanto en color, olor y sabor para elaborar una mermelada, sin mallugadura, ni defectos por microorganismos. Una vez seleccionadas las manzanas y los chayotes se procedió a desinfectarlas. Esto se realizó sumergiendo la materia prima en agua con solución de hipoclorito de sodio (1.42 mL L^{-1}) para su desinfección. Se peló para medir el rendimiento de la manzana y el chayote y para determinar la cantidad de azúcar, estevia endulzante, estevia natural, limón y miel de agave requerida para las formulaciones. Se realizaron tres formulaciones de mermelada a base de manzana y chayote utilizando tres diferentes endulcorantes: azúcar, estevia comercial/miel de agave, y estevia natural/miel de agave. Las cantidades de materia prima de la primera formulación que se realizó fue la mermelada de manzana con chayote endulzada con azúcar. Se agregó 1,050 g de manzana, 630 g de chayote, 400 g de azúcar, 500 mL de agua para ayudar a tener un perfecto molido de la mermelada y 10 mL de jugo de limón como conservador natural. La segunda formulación contenía 1,030 g de manzana, 705 g de chayote endulzada, 600g de estevia comercial al 0.06%, 250 mL de miel de agave, y 10 mL de jugo de limón. La tercera formulación contenía 1,040 g de manzana, 650 g de chayote, 20 g de hojas secas de estevia natural, 500 mL de miel de agave, y 10 mL de jugo de limón. La manzana, el chayote y los edulcorantes agregaron de acuerdo a las cantidades de las formulaciones. La fruta troceada se colocó en una licuadora industrial de 10 L para moler la materia prima. Se trituró y se colocó en un recipiente con su respectivo edulcorante (según la formulación) a fuego lento. los ingredientes se calentaron para mayor cantidad de agua posible. Se mantuvo a fuego lento hasta llegar a la temperatura de 90°C . Para evitar que la pulpa de la fruta se pegara en el recipiente, se mantuvo en movimiento hasta obtener una consistencia espesa característica de la mermelada. Los frascos se lavaron, esterilizaron y secaron antes de envasar las mermeladas. Se envasó la mermelada aún caliente, dejando un espacio en el cabezal de los frascos.

Estudio de consumo

Las tres formulaciones de mermelada de manzana con chayote fueron evaluadas por consumidores en la "Feria

Productos Coatepecanos" en la ciudad de Coatepec, Veracruz, México. Se utilizó una escala hedónica de nueve puntos (1=me disgusta extremadamente, 5 no me gusta ni disgusta y 9=me gusta extremadamente). Se evaluaron los atributos: olor, color, sabor y textura. Se encuestaron 100 personas para determinar el nivel de agrado de cada atributo de cada formulación.

Análisis fisicoquímico

Para el análisis fisicoquímico de la mermelada con mayor potencial se evaluó azúcares totales según la norma NOM-086-SSA1-1994, calorías (NOM-051-SCFI/SSA-2010), carbohidratos (NOM-051-SCFI/SSA-2010), cenizas (NMX-F-607-NORMEX-2013), fibra dietética (NOM-086-SSA1-1994), grasa (NOM-086-SSA1-1994), humedad (NOM-116-SSA1-1994), proteína (NMX-F-608-NORMEX-2011) y pH.

Análisis Estadístico

Los resultados de las personas encuestadas de las tres formulaciones se analizaron con el paquete estadístico "R" ver. 3.4 (R Core Team, 2017). Se utilizó un diseño por bloques al azar con una repetición por bloque donde cada consumidor representó un bloque. Las comparaciones múltiples entre tratamientos se analizaron por el método de Tukey para hacer comparaciones de medias en el nivel de agrado por los diferentes atributos sensoriales de las mermeladas. Se utilizó un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.5$). Para el análisis de los resultados de nivel de agrado (en escala hedónica) utilizando los atributos de manera simultánea se utilizó un análisis de componentes principales y análisis de conglomerados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio de nivel de agrado

El primer paso en este estudio, fue identificar la mermelada con el mayor nivel de agrado en los diferentes atributos sensoriales (olor, color, sabor y textura) de las tres formulaciones de mermelada preparadas para el estudio. Los resultados de las evaluaciones realizadas por los consumidores en escala hedónica se presentan en el Cuadro 1.

En relación al olor, las formulaciones endulzadas con azúcar y estevia comercial/miel de agave fueron evaluadas con un nivel de agrado similar mientras que para la formulación de estevia natural/miel de agave, el nivel de agrado fue ligeramente menor (Cuadro 1). Sin embargo, en las tres formulaciones, el nivel de agrado indicado por los consumidores se encontró entre los valores de "me

gusta moderadamente” y “me gusta mucho” de la escala hedónica. Esto sugiere que no existió un impacto negativo de los ingredientes de la formulación o el proceso en el nivel de agrado de las mermeladas.

La mermelada de manzana con chayote endulzada con estevia comercial/miel de agave fue la que más agradó por su color amarillo brillante en comparación con la formulación endulzada con azúcar que presentó un color amarillo pálido y la de estevia natural/miel de agave, un color café. Éste último color no fue del agrado de los consumidores. Estas tonalidades fueron causadas por los diversos ingredientes mezclados y a la oxidación propia de la manzana. En el caso de la formulación con estevia natural/miel de agave, la tonalidad café fue el resultado del color obscuro de estos edulcorantes (Moto-mura *et al.*, 2008). Como resultado la preferencia de color por los consumidores encuestados se inclinó hacia la mermelada de estevia comercial/miel de agave con un valor de agrado 0.46 unidades más alta que la formulación endulzada con azúcar y 1.24 unidades mayor que la formulación endulzada con stevia natural/agave. El color representa el primer factor organoléptico que percibe el degustador y que es a través de éste que genera un criterio de la calidad del alimento (Witting *et al.*, 2005).

En cuanto al sabor, se encontró un patrón similar al del color donde las mermeladas endulzadas con azúcar y estevia comercial/miel de agave tuvieron un nivel de agrado similar y la mermelada endulzada con estevia natural/miel de agave tuvo un nivel de agrado ligeramente menor. Esta similitud en los patrones es natural ya que usualmente el olor y el sabor tienden a mezclarse y generar una sensación denominada flavor.

En el estudio, la textura de la mermelada estuvo más relacionada con su consistencia. A pesar de que la textura de todas las formulaciones fue agradable al consumidor (gustó entre moderadamente-mucho), se observaron diferencias significativas entre las tres formulaciones de mermelada. La formulación endulzada con estevia comercial/miel de agave fue significativamente más agradable para el consumidor, seguida por la formulación endulzada con azúcar y finalmente la endulzada con estevia natural/miel de agave (Cuadro 1).

En el análisis de las evaluaciones de los atributos de manera simultánea, se observó una correlación cercana entre los atributos olor, color, sabor

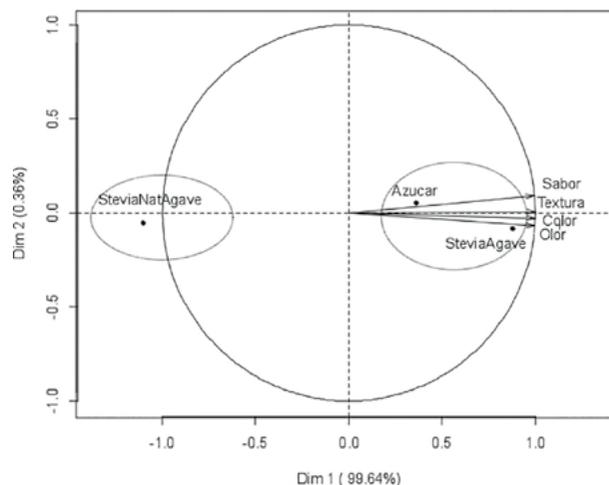


Figura 1. Representación gráfica de las formulaciones de mermelada, sus variables y grupos en las dos primeras dimensiones resultantes del análisis de componentes principales.

y textura (Figura 1). Esto indica que las evaluaciones del nivel de agrado del olor, color, sabor, textura variaron en el mismo sentido, es decir, cuando el consumidor dio valores de agrado favorable por un atributo de la mermelada, los demás atributos también fueron evaluados de manera favorable (agrado) y viceversa (desagrado). En la representación gráfica denominada “biplot” (Figura 1) donde se representaron las proyecciones de formulaciones y sus atributos en los dos primeros componentes principales, se encontró que el primer componente principal representó una gran cantidad de varianza (99.64%). Esto indica que la ubicación grafica de las formulaciones en el primer componente principal fue mas importante que en el segundo componente principal. Así, utilizando las evaluaciones de nivel de grado de los atributos de manera simultánea se observó que la formulación endulzada con stevia comercial/miel de agave el uso se ubicó en los valores más altos para todos los atributos seguida por la formulación endulzada con azúcar y finalmente la endulzada con estevia natural/miel

Cuadro 1. Nivel de agrado de los atributos de las formulaciones de mermelada a base de manzana y chayote.

Formulaciones	Olor	Color	Sabor	Textura
Azúcar	7.64±0.73a	7.62±0.83b	8.21±0.68 a	7.83±0.72 b
Estevia comercial/miel de agave	7.87±0.91a	8.08±1.02a	8.45±0.93 a	8.20±0.77 a
Estevia natural/miel de agave	7.31±0.96b	6.84±1.16c	7.53±1.08 b	7.12±1.09 c

Los valores representan la media de la evaluación de 100 consumidores en escala hedónica. Tukey $\alpha=0.05$.

de agave. Este patrón coincidió con el observado en la evaluación de los atributos de manera independiente por medio del análisis de varianza. Adicionalmente, el análisis de conglomerados, indicó que la formulación endulzada con estevia comercial/agave fue, en general, más parecida a la endulzada con azúcar.

Color

Se encontraron diferencias de color entre las tres formulaciones de mermelada a base de manzana con chayote (Cuadro 2). Las formulaciones de estevia comercial/miel de agave y la de azúcar fueron más claras y amarillas que la formulación de estevia natural/miel de agave. Esta última presentó un color café que concuerda con el nivel de agrado de esta formulación de mermelada donde se observó que este color no fue del agrado de los consumidores encuestados. Particularmente, la estevia natural es de color café y no tan agradable a la vista (Pérez et al., 2007).

Características fisicoquímicas de la mermelada con mayor nivel de agrado para el consumidor

Las características fisicoquímicas fueron evaluadas en la mermelada de manzana con chayote endulzada con estevia comercial/miel de agave. Esta fue la formulación que tuvo el mayor nivel de agrado por parte de los consumidores. Con un valor de 4.0, el pH de la mermelada se encontró dentro de los parámetros de pH permitidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995 que indica que el pH no debe ser mayor a 4.6. El resto de las características fisicoquímicas se presentan en el Cuadro 2.

Los azúcares totales encontrados representaron tanto a los agregados como a los contenidos por la manzana y el chayote. Dentro de los azúcares se encuentran los azúcares reductores que tienden a participar en la reacción de Maillard donde pueden reaccionar con los grupos amino de los aminoácidos durante el cocimiento. Durante esta reacción se generan diferentes compuestos que pueden ocasionar cambios de color o reducir la calidad nutricional de la mermelada.

La cantidad de calorías se refiere al aporte de Kcal, por parte de carbohidratos, fibra, grasa y proteína. El contenido de calorías (115.69 kcal) fue menor a los encontrados por Mohd Naeem et al. (2017) en mermeladas de uva (266.13 kcal), chabacano (272.49 kcal), mora azul (271.92 kcal), y fresa (273.89 kcal) que se encuentran disponibles en el mercado.

El contenido de carbohidratos en la mermelada (28.45 %) resultó menor a los valores reportados por Mohd Naeem et al. (2017): uva (65.99 %), chabacano (67.21 %), mora azul (67.25 %), y fresa (67.65 %). Este resultado contribuye a justificar el bajo contenido calórico de la mermelada.

El contenido de cenizas en general fue similar a los reportados por Mohd Naeem et al. (2017).

El contenido de fibra dietética en mermeladas regulares, usualmente corresponde al aporte de la cáscara 5.7 % (López Orozco, 2011). Sin embargo, en la mermelada de manzana con chayote se encontró una cantidad de fibra de 1.46 %. Esta diferencia se debió a que en esta mermelada no se incluyó la cáscara de ninguna de las dos frutas. Mohd Naeem et al. (2017) encontró los siguientes valores de fibra dietaria en diferentes mermeladas: uva (0.09%), chabacano (0.54%), mora azul (0.40%), y fresa (0.38 %).

El contenido de grasa fue mínimo como se esperaba y no impacta en el contenido calórico.

El contenido de humedad encontrado en la mermelada con mayor nivel de agrado (69.6%), fue superior a los reportados por Mohd Naeem et al. (2017) para diferentes mermeladas: uva (33.36 %), chabacano (31.48 %), mora azul (31.83 %), y fresa (31.23 %). Esto refuerza el resultado del contenido calórico.

De manera similar al contenido de grasa, el contenido de proteína fue mínimo. Este valor es común encontrarlo en otras mermeladas: uva (0.27 %), chabacano (0.43 %), mora azul (0.31 %), y fresa (0.41 %), (Mohd Naeem et al., 2017)

CONCLUSIONES

El uso de endulzante estevia fue más agradable a los consumidores que la estevia natural. Los atributos sensoriales de la mermelada estuvieron muy correlacionados entre ellos orientándose a las formulaciones con azúcar y

Cuadro 2. Resultados de color en las mermeladas de manzana con chayote endulzada con azúcar y endulzada con estevia y miel de agave diferencia de color.

Parámetro de color	Formulación		
	Estevia comercial/ miel de agave	Azúcar	Estevia natural/ miel de agave
L*	47.04	50.67	36.34
a*	-1.84	-0.53	2.38
b*	21.06	12.53	18.53

estevia comercial/miel de agave. Así mismo, las formulaciones más parecidas y con mejor agrado por los consumidores fueron aquellas que utilizaron azúcar y endulzante estevia comercial/miel de agave. Fue factible la elaboración de una mermelada a base de manzana y chayote endulzada con estevia y miel de agave con atributos sensoriales adecuados y de aceptación por los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de manutención otorgada a SFA. También agradecen el apoyo de la LGAC-2: Innovación y Desarrollo de Procesos Agroalimentarios Sustentable, y a LGAC-3: Comercialización y Competitividad Agroalimentaria con Responsabilidad Social y Ambiental del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, al Departamento de Procesos Alimentarios de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz Campus Cuitláhuac (UTCV) y a la empresa "Son de Vida".

LITERATURA CITADA

Abdelnour-Esquivel, A., Bermúdez, L.C., Alvarenga, S., & Rivera, C. (2006). Cultivo de meristemas, termo y quimioterapia en chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.) para la erradicación del virus del mosaico del chayote (ChMV). *Man. Integ. Plagas y Agroec.* (Costa Rica), 77, 18-23.

Boatella, J., Codony, R., & Lopez P., (2004). *Química y bioquímica de los alimentos II*. Barcelona, España: Universitat de Barcelona.

Cadena, I.J., Avendaño, A.C.H., Arévalo, G.L., Cisneros S.V.M., & Campos R.E., (2010). El chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.), importante recurso fitogenético mesoamericano. *Agroproductividad*. 3, 26-34

Dobrzański, B., Rybczyński, R., & Goacki K., (2000). Quality parameters of storage apple as a firmness. *Int. Agrophysics*, 14, 149-157.

Da Silva-Júnior, J.J., Cardoso, R.L., de Oliveira-Fonseca, A.A., & Soares-Machado E., (2013). Elaboration and sensorial evaluation of jelly and fruit crystallized cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill.). *Idea (Arica)*, 31, 59-64.

Del Ángel-Coronel, O.A., León-García, E., Vela-Gutiérrez, G., de la Cruz-Medina, J., García-Varela, R., & García H.S., (2018). Chayote (*Sechium edule* (Jacq) Swartz). En E.M. Yahia (Ed.). *Fruit and vegetables Phytochemicals: Chemistry and Human Health* (pp. 979-991). Hoboken, NJ, USA: Wiley Blackwell.

Granados, C.C., & Torrenegra M.A., (2017). Elaboración de una mermelada a partir del peciolo de ruibarbo (*Rheum rhabarbarum*). *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 14, 32-40.

Huang, W.S., Zhu, X., Wang, Y., Azam, M., Wen, D., Sundaramoorthi, R., Thomas, R.M., Liu, S., Banda, G., Lentini, S.P., Das, S., Xu, Q., Keats, J., Wang, F., Wardwell, S., Ning, Y., Snodgrass, J.T., Broudy, M.I., Russian, K., Daley, G.Q., Luliucci, J., Dalgarno, D.C., Clackson, T., Sawyer, T.K., & Shakespeare W.C., (2009). 9-(Arenethenyl)purines as dual Src/Abl kinase inhibitors

Cuadro 3. Análisis fisicoquímicos de la mermelada de manzana con chayote.

Parámetro	Resultado	Unidades	Método analítico
Azúcares totales	28.33	%	NOM-086-SSA1-1994
Calorías	115.69	Kcal/100	NOM-051-SCFI/SSA-2010
Carbohidratos	28.45	%	NOM-051-SCFI/SSA-2010
Cenizas	0.18	%	NMX-F-607-NORMEX-2013
Fibra dietética	1.46	%	NOM-086-SSA1-1994
Grasa	0.13	%	NOM-086-SSA1-1994
Humedad	69.6	%	NOM-116-SSA1-1994
Proteína	0.18	%N X6.25	NMX-F-608-NORMEX-2011

targeting the inactive conformation: Design, synthesis, and biological evaluation. *J. Med. Chem.*, 52, 4743-4756.

López-Orozco, M., Mercado-Flores, J., Martínez-Soto, G., & Magaña-Ramírez, J.L. (2011). Formulación de una mermelada a partir de pulpa y cáscara de tunas (*Opuntia* spp.) elaborada a nivel planta piloto. *Acta Universitaria*, Mayo-Agosto 2011, 31-36.

Minchón, C., Mio, E., & Córdova K., (2011). Nonparametric multiple comparisons in sensory evaluation of appearance and flavor of three brands of commercial beer. *Revista Eci Perú*, 8, 19-24.

Mohd Naeem, M.N., Mohd Fairulnizal, M.N., Norhayati, M.K., Zaiton, A., Norliza, A.H., Wan Syuriahti, W.Z., Mohd Azerulazree, J., Aswir, A.R., Rusidah, S., (2017) The nutritional composition of fruit jams in the Malaysian market. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.16 (1): 89-96

Mora, M., Infante, R., Espinoza, J.A., & Predieri S., (2006). Actitudes y preferencias de consumidores chilenos e italianos hacia los damascos. *Economía Agraria* 10, 83-96.

Motomura, Y., Neira, A., & Yuri J.A., (2008). Daño por sol: ¿un regalo del sol?. *Pomáceas Boletín Técnico*, 8, 1-3.

NMX-FF-110-SCFI-2008. (2008). *Productos alimenticios. Jarabe de agave. Especificaciones y métodos de prueba*. Ciudad e México.

Olivares-La Madrid, A.P., Valdiviezo, A.S., Uriburu, M.L., & Ramón A.N., (2015). Formulación de mermeladas dietéticas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) y mango (*Mangifera indica* L.). *Dieta*, 33, 7-11.

Pérez-Elortondo, F.J., Ojeda, M., Albisu, M., Salmerón, J., Etayo, I., & Molina, M., (2007). Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods. *Food Quality and Preference* 18, 425-439.

R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ramírez-Navas, J.S. (2010). Espectro colorimetría: caracterización de leche y quesos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 61, 52-58.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). *Atlas Agroalimentario 2017*. Ciudad de México: SIAP.

Sloan, E. (2000). The Top Ten Functional Food. *Food Tech.* 54, 33-62.

Vera, M. (2012). Elaboración de mermelada light de durazno. Tesis de Licenciatura. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Wittig, P.E., Curia, A., Calderón, S., López, L., Fuenzalida, R., & Hough G., (2005). Un estudio transcultural de yogurt batido de fresa: aceptabilidad con consumidores versus calidad sensorial con paneles entrenados. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55, 77-85.

EVALUATION OF HIGUERILLA COLLECTORS (*Ricinus communis* L.) FROM THE CENTRAL-NORTHERN ALTIPLANO OF MEXICO

EVALUACIÓN DE COLECTAS DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.) DEL ALTIPLANO CENTRO-NORTE DE MÉXICO

García-Herrera, E.J.¹; Olivares-Ramírez, A.¹; Amante-Orozco, A.¹; Hernández-Ríos, I.¹;
Rössel-Kipping, E.D.¹; Pimentel-López, J.¹; Delgadillo-Ruiz, O.²; Gómez-González, A.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, SLP, México C. P. 78600. ²Cátedra CONACYT, Consorcio CENTROMET, Camino a los Olvera 4, Los Olvera, Corregidora, Querétaro, México. C. P. 76904.

*Autor para correspondencia: agomez@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the morphology and phenology of a seed collection carried out in 20 sites, from the states of Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí and Zacatecas.

Design/methodology/approach: The collections were established in a drip irrigation system to support their development, applying daily irrigations with a duration of 15 minutes each and using drippers of 4 L h⁻¹. The sowing was done in pots, after 52 days the transplant was done in the field, under an experimental design of randomized complete blocks. The height and number, width and length of the leaves were evaluated, the reproductive development was also characterized, the seed yield and its oil content were estimated.

Results: Based on seed production (g per plant), the best values were observed in the collections of Luis Moya (883.7), Encarnación de Díaz (536.1) and Francia Chica (456.2). The highest seed weight was for Salinas de Hidalgo with 1.57 g. As for the highest oil content (%) were Encarnación de Díaz (57.3) and Tepezalá (54.8); these also presented the highest values in height, number of leaves, leaf width and leaf length.

Limitations on study/implications: The collections present diversity in their morphological and physiological characteristics, for which it is necessary several years of field work to choose the best phenotypes.

Findings/conclusions: Outstanding are the collections of Luis Moya and Encarnación de Díaz for their production of seed and oil content.

Keywords: *Ricinus communis*, oil, bioenergetics, germplasm.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la morfología y fenología de una recolecta de semillas realizada en 20 sitios, de los estados de Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas.

Diseño/metodología/aproximación: Las colectas se establecieron en un sistema de riego por goteo para apoyar su desarrollo, aplicándose riegos diarios con una duración de 15 minutos cada uno y utilizando goteros de 4 L h⁻¹. La siembra se realizó en macetas, después de 52 días se hizo el trasplante en campo, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar. Se evaluaron la altura y el número, ancho y largo de hojas, también se caracterizó el desarrollo reproductivo, se estimó el rendimiento de semilla y su contenido de aceite.

Resultados: Con base en la producción de semilla (g por planta), los mejores valores se observaron en las colectas de Luis Moya (883.7), Encarnación de Díaz (536.1) y Francia Chica (456.2). El mayor peso de semilla fue para Salinas de Hidalgo con 1.57 g. En cuanto al mayor contenido de aceite (%) fueron Encarnación Díaz (57.3) y Tepezalá (54.8); estas también presentaron los valores más elevados en altura, número de hojas, ancho de hoja y largo de hoja.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Las colectas presenta diversidad en cuanto a sus características morfológicas y fisiológicas, por lo cual es necesario varios años de trabajo en campo para escoger lo mejores fenotipos.

Hallazgos/conclusiones: Sobresalen las colectas de Luis Moya y Encarnación de Díaz por su producción de semilla y contenido de aceite.

Palabras clave: *Ricinus communis*, aceite, bioenergéticos, germoplasma.

muy poca la que se destina a la producción de semilla y por lo tanto a la obtención de aceite. Además, la planta de higuierilla es considerada como una maleza, por lo cual su explotación no es muy difundida en el país; por otra parte, no existen datos precisos de la superficie sembrada de higuierilla, ni de niveles de producción de semilla o rendimiento de aceite, principalmente debido a que en nuestro país no es considerada un cultivo (Armendáriz, 2012). Según la FAOSTAT (2010), la producción de aceite de ricino en México ha decrecido en los últimos años. Por otro lado, esta planta se encuentra de manera silvestre en diversas regiones del país, por lo que ha desarrollado una amplia variabilidad genética, morfológica y fenotípica por efecto de los factores ambientales prevalecientes en las zonas donde se desarrolla. Por este motivo, Valdés *et al.* (2010) y Severino y Auld (2013) resaltan la importancia de caracterizar la variabilidad del germoplasma presente en esta especie, ya que constituye la base esencial de los programas de mejoramiento genético y de selección de genotipos.

El Altiplano Potosino-Zacatecano es una región semiárida que presenta condiciones agroecológicas ambientales adversas, como son una baja precipitación, alta evapotranspiración, temperaturas extremas, altitudes superiores a 1,800 msnm y suelos pobres. En esta región, la higuierilla se encuentra de manera silvestre gracias a diversos mecanismos de adaptación y resistencia. Valdés *et al.* (2010), Machado (2011) y Severino y Auld (2013), mencionan que una comprensión del entorno y sus efectos sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas, al menos desde

INTRODUCCIÓN

Actualmente la fuente energética que utiliza el planeta, proviene casi en su totalidad de los combustibles fósiles; sin embargo, estos son los principales causantes del deterioro del medio ambiente. En este sentido las políticas públicas se dirigen a fortalecer el uso de energías renovables como los bioenergéticos, esto dirigido a las áreas rurales donde se producen los insumos y materia prima para su obtención, derivados de especies como salicornia (*Salicornia* spp. L.), moringa (*Moringa oleifera*), piñón (*Jatropha curcas* L.) e higuierilla (*Ricinus communis* L.) (ASA, 2009; Zamarripa *et al.*, 2012).

El campo mexicano enfrenta diversos problemas sociales, económicos y ambientales. Ante este reto el uso de los bioenergéticos se vislumbra como impulsor de desarrollo en estas regiones con el establecimiento de cultivos alternativos, multipropósito, y sus coproductos, en suelos no aptos para producir alimentos, degradados, sin uso y con una planeación meticulosa apegada a una regulación. Visto así, la higuierilla ha despertado la posibilidad de ser un cultivo con alta demanda, debido a que se utiliza en más de 500 procesos industriales (de Sousa *et al.*, 2013). En México, la producción de higuierilla se encuentra enfocada principalmente a la herbolaria, siendo

un punto de vista morfológico y agronómico, representan una fuente importante de información básica para los programas de mejoramiento genético y de selección de genotipos.

Bajo este contexto, resalta la importancia de la evaluación de la higuierilla procedente de la región mencionada, debido a la gran diversidad genética y morfológica presentes en esta especie, bajo las condiciones de dicho lugar. Ante esto resulta estratégico el aprovechamiento de sus mejores características para un mejoramiento genético. Por otra parte, se pretende cultivar la higuierilla para proporcionarle las condiciones adecuadas para su crecimiento y desarrollo fenológico para facilitar su proceso de domesticación, lo que constituirá una primera experiencia como cultivo domesticado en la región, en la búsqueda de especies propias para la producción de biocombustibles. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar el desarrollo morfológico y fenológico en 20 colectas de higuierilla obtenidas del Altiplano Centro-Norte de México, para determinar su potencial productivo tanto en rendimiento de grano como de aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolecta de especies silvestres de higuierilla se realizó los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas en México. Mediante la revisión de planos y localización de sitios de recolección, se trazaron las rutas exploratorias, recolectándose germoplasma de higuierilla de sitios diversos de la región. Se obtuvieron diez colectas en San Luis Potosí, cuatro en Aguascalientes, tres en Jalisco y tres en Zacatecas.

El clima en la región ésta caracterizado por la escasez e irregularidad de lluvias. La precipitación media anual varía entre los 300 y 500 mm.

La parcela experimental se ubicó en la población Vicente Guerrero, en las coordenadas 101° 22' 33" N y 22° 43' 51" W, a 10 kilómetros de la población de Salinas de Hidalgo, a una altitud de 2,100 msnm. Las semillas se sembraron en macetas con un sustrato con porciones iguales de tezontle, composta y arena. Después de 52 días de la siembra se realizó el trasplante a la parcela experimental, a tres metros entre plantas y entre hileras, en un arreglo topológico de marco real. Se establecieron 60 unidades experimentales, compuestas de seis plantas cada una, y distribuidas en un diseño de bloques completos al azar. Ya en plantación, se aplicaron riegos mediante un siste-

ma de riego por goteo de 4 L h⁻¹, su duración fue de 15 minutos, regando dos veces por día.

Las colectas se evaluaron de abril a septiembre de 2013. En cuanto a crecimiento vegetativo, se evaluó la altura de planta y se contabilizaron las hojas presentes, se les midió el ancho y largo. Respecto al crecimiento reproductivo, se contó el número de flores femeninas y masculinas en los racimos. También se contabilizó el número de racimos y frutos por planta. El peso de las semillas se realizó en una balanza analítica. Se realizó una estimación del rendimiento de grano en cada colecta utilizando los datos promedio de peso de semilla y número de frutos por racimo, así como el conteo de racimos. Se determinó la cantidad de aceite en las semillas, se utilizó un extractor de aceite y grasa Soxtec 1043, tomándose como base la metodología de Loredó-Dávila et al. (2012). A los datos obtenidos se les realizaron Análisis de Varianza (ANVA) y pruebas de medias (Tukey), empleando el paquete estadístico SAS 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las 20 colectas obtenidas, junto con el estado, la altura sobre el nivel del mar y las coordenadas donde fueron recolectadas. Para las variables de crecimiento y desarrollo de las plantas de higuierilla, se realizaron 18 mediciones durante el periodo de evaluación. El ANVA mostró que los efectos de las colectas en las diferentes variables evaluadas en las etapas fenológicas de la planta, fueron altamente significativos en todos los casos. Asimismo, en todos los casos se encontraron diferencias altamente significativas al realizar la separación de medias de las colectas.

En la Figura 1 se muestra el comportamiento (promedio de las 20 colectas) de las variables altura de planta y número, ancho y largo de hojas, durante el periodo de evaluación (abril a septiembre). Con relación a la **altura de planta**, de abril a mediados de mayo el crecimiento fue mínimo, con un incremento promedio de todas las colectas de 26.1 a 26.8 cm; en ese periodo se tuvieron temperaturas promedio de 18.5 °C, máxima de 31.6 °C, mínima 2.3 °C, y se registraron 7.4 mm de precipitación total. A partir de ese periodo se presentó un desarrollo importante de las plantas, que fue cuando las temperaturas y precipitaciones aumentaron y los riegos se intensificaron. La mayor tasa de crecimiento promedio de las 20 colectas se registró del 15 al 25 de julio con 14.6 cm. El crecimiento promedio en el periodo del 23 de mayo al 25 de septiembre fue de 66.4 cm.

Se corrobora que la higuierilla desarrolla poca altura con bajas temperaturas, sin embargo, con el aumento de temperatura, precipitación y riego tiende a crecer más. Al respecto Osorno (2000) encuentra una relación positiva entre temperatura y crecimiento de la higuierilla, y menciona que la temperatura ideal es entre 20 y 30°C.

El mayor promedio en altura (cm) por colecta en la última medición se encontró en Encarnación de Díaz (131.3) y el valor menor en Las Moras (67.7) (Cuadro 2).

Armendáriz (2012) evaluó 17 colectas obtenidas en los estados de Nuevo León, San Luis Potosí y Michoacán, registrando promedios que oscilaron entre 48 y 102 cm. También, De Arruda et al. (2010) reportaron alturas de plantas que oscilaron entre los 90 y 230 cm en 15 genotipos de higuierilla evaluados. Por lo tanto, los valores promedio en altura obtenidos en el presente estudio, de 67.7 a 131.3 cm, se encuentran dentro del rango de alturas reportadas por esos autores para la higuierilla, alturas que, por otra parte, favorecen su cosecha mecanizada.

El **número de hojas** promedio de todas las colectas disminuyó en dos ocasiones dentro del periodo de evaluación

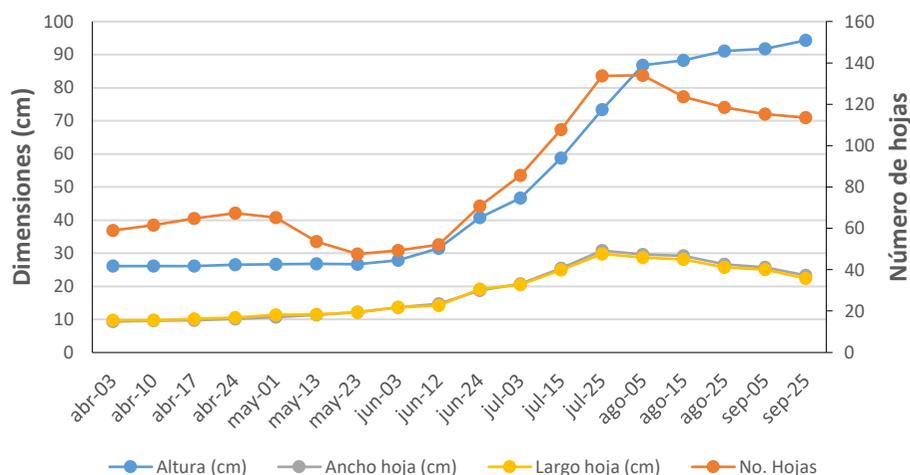


Figura 1. Tendencias promedio (de 20 colectas) mostradas por las variables altura de planta y número, ancho y largo de hojas, durante el periodo de evaluación.

Cuadro 1. Colectas de higuierilla obtenidas y evaluadas.				
Colecta (comunidad)	Estado	MSNM	Latitud N	Longitud O
Calvillo	Aguascalientes	2028	21°54'49.8"	102°34'45.8"
Frac. Soledad	Aguascalientes	1814	21°52'40.0"	102°19'26.1"
San José de Gracia	Aguascalientes	1980	21°08'36.9"	102°21'26.4"
Tepezalá	Aguascalientes	1887	22°13'33.7"	102°14'14.2"
Encarnación de Díaz	Jalisco	1809	21°31'12.8"	102°14'47.1"
Tecuán	Jalisco	1877	21°41'30.3"	102°01'25.8"
Villa Hidalgo	Jalisco	1957	21°39'31.9"	102°35'34.3"
Capulines	San Luis Potosí	1955	22°10'32.1"	101°03'07.9"
Corte Primero	San Luis Potosí	1820	22°21'06.0"	101°10'17.3"
Francia Chica	San Luis Potosí	1210	22°32'07.6"	99°33'41.3"
Las Moras	San Luis Potosí	1956	22°16'22.5"	101°05'34.2"
Milpillas	San Luis Potosí	2083	22°14'47.4"	101°08'24.1"
Moctezuma	San Luis Potosí	1758	22°44'55.5"	101°05'15.7"
Ranchería de Gpe.	San Luis Potosí	1861	22°19'42.0"	101°12'04.6"
Salinas de Hidalgo	San Luis Potosí	2038	22°37'44.1"	101°42'36.3"
San Antonio	San Luis Potosí	1349	22°31'40.0"	99°34'33.8"
Venado	San Luis Potosí	1751	22°55'54.3"	101°04'25.8"
El Orito	Zacatecas	2352	22°45'07.8"	102°35'36.4"
Luis Moya	Zacatecas	1963	22°24'39.7"	102°16'30.4"
Noria San Marcos	Zacatecas	2045	22°16'22.6"	101°57'28.6"

ción (Figura 1). Una disminución se presentó del 24 de abril (67) al 23 de mayo (48), y la otra del 5 de agosto (134, el máximo valor) al 25 de septiembre (113). Al finalizar la evaluación, Francia Chica fue la colecta con mayor número de hojas (182.1), mientras que la de menor fue Fraccionamiento Soledad (65.1) (Cuadro 2).

Los promedios de hojas para las diferentes colectas registrados en el presente trabajo (65 a 182), son inferiores a lo reportado por Severino et al.

(2005) con más de 267 hojas para el híbrido "noreste", pero mayores a los mencionados por Armendáriz (2012) con promedios máximos de 52.7 y 56.6 hojas.

El incremento en el promedio de **ancho de hoja** para las 20 colectas fue lento al principio, y a partir del 12 de junio el aumento fue considerable, hasta llegar a un máximo de 30.8 cm por el 25 de julio (Figura 1). Posteriormente el ancho de hoja comenzó a descender gradualmente hasta los 23.3 cm en la última me-

Cuadro 2. Valores promedio por colecta de las variables altura de planta y número, ancho y largo de hojas, en la última medición (25 de septiembre).

Colecta (comunidad)	Altura (cm)	Número de hojas	Ancho de hoja (cm)	Largo de hoja (cm)
Calvillo	89.4 cdef	97.2 bc	17.8 e	17.4 d
Frac. Soledad	94.8 abcdef	65.1 c	21.8 cde	21.8 cd
San José de Gracia	98.1 abcdef	112.7 abc	23.2 bcde	22.1 bcd
Tepezalá	80.2 def	141.0 abc	22.2 cde	21.1 cd
Encarnación de Díaz	131.3 a	98.4 bc	31.8 a	31.0 a
Tecuán	114.3 abcd	99.6 bc	25.8 abc	25.0 abc
Villa Hidalgo	96.8 abcdef	91.7 bc	24.5 bcde	23.8 bcd
Capulines	93.1 bcdef	159.7 ab	24.8 bcd	24.1 bc
Corte Primero	76.7 ef	143.6 abc	21.7 cde	20.9 cd
Francia Chica	128.8 ab	182.1 a	24.7 bcde	22.6 bcd
Las Moras	67.7 f	87.0 bc	22.4 bcde	21.0 cd
Milpillas	72.8 f	106.3 abc	18.3 de	17.3 d
Moctezuma	85.2 cdef	122.0 abc	22.2 cde	22.1 bcd
Ranchería de Gpe.	89.3 cdef	143.1 abc	22.9 bcde	20.9 cd
Salinas de Hidalgo	112.0 abcde	90.9 bc	29.2 ab	28.6 ab
San Antonio	95.9 abcdef	102.0 abc	21.3 cde	20.6 cd
Venado	82.3 cdef	85.6 bc	20.1 cde	19.7 cd
El Orito	78.2 def	98.3 bc	21.6 cde	20.4 cd
Luis Moya	119.4 abc	135.6 abc	25.1 abcd	24.3 bc
Noria San Marcos	80.3 def	110.0 abc	24.6 bcde	23.7 bcd

Promedios con la misma letra no difieren entre sí (Tukey con $\alpha \leq 0.05$).

mayor valor (31.0) y Milpillas el menor (17.3) (Cuadro 2). Schurr et al. (2006) observaron que el área foliar en la punta de la hoja comenzó a tener una tasa positiva de asimilación de nutrientes y carbohidratos cuando la hoja era de 5 cm de largo. Por lo que se puede afirmar, que el tamaño de las hojas durante el periodo de evaluación favoreció la asimilación y realización de sus procesos fisiológicos.

Respecto a la **floración**, las colectas con mayor promedio de flores femeninas en sus panículas fueron Encarnación de Díaz (83.5) y Tecuán (82.2), y las de menores promedios fueron Calvillo (29.1) y Moctezuma (30.8) (Cuadro 3). Sin embargo, aquellas que mostraron mayor proporción de flores femeninas con respecto a las masculinas, fueron Milpillas (57.9) y Fraccionamiento Soledad (33.0).

En **número de racimos** por planta, los promedios oscilaron de 8.3 para Encarnación de Díaz a 24.1 para Las Moras (Cuadro 3). Las colectas más tardías en presentar racimos fueron las de San Antonio, Fraccionamiento Soledad, Tecuán y Luis Moya.

dición. Esta disminución en el ancho se debió a que las plantas comenzaron a tirar las hojas de mayor tamaño, manteniéndose las de tamaño mediano y pequeño.

En la última medición el mayor ancho de hoja (cm) promedio por colecta se encontró en Encarnación de Díaz (31.8) y la menor en Calvillo (17.8) (Cuadro 2). Según Severino et al. (2005), los cambios de área foliar en higuierilla son más dependientes del ajuste del tamaño que del número de hojas; si se considera este aspecto, se puede decir que el área foliar tuvo un cambio descendente a partir de agosto, cuando el largo y ancho de hoja disminuyeron.

El comportamiento y valores del promedio de **largo de hoja** de las colectas fueron casi idénticos al mostrado por el ancho de hoja (Figura 1). También en este caso se alcanzó un valor máximo (29.8 cm) hacia el 25 de julio, para descender gradualmente hasta la última medición (22.4 cm).

En cuanto al largo de hoja (cm) promedio por colecta, en la última medición Encarnación de Díaz registró el

Los promedios de **número de frutos** en racimos, la colecta Encarnación de Díaz (76.2) presentó el mayor valor (Cuadro 3), no obstante fue la colecta con menor cantidad de racimos, además de ser una planta muy tardía en el llenado y secado del fruto. Otra colecta con alto número de frutos en racimos fue Luis Moya; sin embargo presentó aborto de semillas. En relación a esto, Severino y Auld (2013) mencionan que este fenómeno es la razón de que muchos óvulos no se conviertan en semillas.

Por otro lado, los menores promedios de frutos en racimos se encontraron en las colectas de Calvillo (15.2), Villa Hidalgo (19.2), Moctezuma (20.9), Salinas de Hidalgo (22.0) y Venado (22.3). Estas colectas, en contraste, presentaron promedios altos y medios de racimos, es decir, se presentó una correlación negativa entre número de racimos y número de frutos por racimo. Esta situación corrobora lo reportado por Vallejos et al. (2011), quienes encontraron que cuando en una planta de higuierilla hay

Cuadro 3. Valores promedio de variables de floración, frutos y rendimiento de semilla.

Colecta	NR	FF (%)	FR	FP	P100 (g)	RP (g)
Calvillo	14.7	29.1 (39.2)	15.2	223.4	28.4	190.4
Frac. Soledad	10.8	31.9 (28.1)	30.4	328.3	15.9	157.2
San José de Gracia	15.1	58.4 (48.2)	48.8	736.9	14.9	329.6
Tepezalá	19.0	46.5 (45.2)	41.0	779.0	9.4	220.8
Encarnación de Díaz	8.3	83.5 (40.4)	76.2	632.4	28.2	536.1
Tecuán	9.8	82.2 (43.6)	70.6	691.8	13.5	280.1
Villa Hidalgo	17.4	33.5 (38.2)	19.2	334.0	24.2	243.3
Capulines	19.2	42.0 (39.7)	36.0	691.2	10.7	222.9
Corte Primero	22.0	49.5 (45.3)	33.7	741.4	17.7	395.0
Francia Chica	17.6	64.2 (39.1)	49.8	876.5	17.3	456.2
Las Moras	24.1	34.8 (42.8)	31.6	761.5	13.5	309.1
Milpillas	12.9	60.2 (57.9)	55.7	718.5	10.7	232.3
Moctezuma	21.6	30.8 (35.8)	20.9	451.4	15.4	208.8
Ranchería de Gpe.	19.0	52.8 (49.5)	49.9	948.1	9.8	279.3
Salinas de Hidalgo	11.7	38.3 (33.9)	22.0	257.4	54.6	421.7
San Antonio	8.7	57.1 (41.9)	42.8	372.4	18.0	201.9
Venado	16.2	32.2 (33.0)	22.3	361.7	17.7	192.7
El Orito	15.4	54.1 (51.1)	47.6	733.3	10.9	240.0
Luis Moya	20.0	62.3 (39.6)	61.4	1,228	23.9	883.7
Noria San Marcos	13.2	65.2 (49.0)	48.3	637.6	13.0	249.4

R: Número de racimos; FF: Flores femeninas; FR: Frutos en racimo; FP: Frutos por planta; P100: Peso de 100 semillas; P3: Peso de tres semillas de un fruto; RP: Rendimiento de semilla por planta.

una limitada cantidad de semillas en racimo, es compensado con un mayor número de racimos.

Armendáriz (2012), por su parte, encontró un promedio máximo de 309.2 y un mínimo de 47.5 frutos por inflorescencia en colectas obtenidas en San Luis Potosí, Nuevo León, Chihuahua y Michoacán. Al comparar la eficacia de convertir una flor femenina a fruto, Ascough *et al.* (2005) mencionan que, por lo general, un racimo de higuera no desarrolla todas las flores femeninas que potencialmente podría, ocurriendo algo similar en otras especies; por ejemplo, en *Citrus sinensis*, el número de frutos cosechados por lo general, es menor a 2% de las flores formadas (Ruiz *et al.*, 2001). En ese sentido, la colecta de Luis Moya presentó una capacidad de convertir más del 90% de sus flores femeninas en frutos.

En cuanto al **peso de 100 semillas**, el mayor promedio se

registró en la colecta Salinas de Hidalgo (54.6 g), siendo muy superior al resto de las recolectas (Cuadro 3), y el menor se registró en Tepezalá (9.4 g). Referente al **rendimiento de semilla**, los promedios variaron de 157.2 a 883.7 g planta⁻¹, para las colectas de Fraccionamiento Soledad y Luis Moya, respectivamente (Cuadro 3). Los rendimientos obtenidos (0.17 a 0.88 kg planta⁻¹) fueron muy bajos, comparados con los reportados por Machado (2011), de 0.81 a 5.28 kg planta⁻¹; sin embargo, esos resultados los estimó a partir de 15 y 12

cosechas totales durante más de 17 meses de evaluación y en condiciones tropicales. Es importante considerar que, según Severino y Auld (2013), el rendimiento de semilla es el resultado final de los procesos que involucran las etapas en el crecimiento y el desarrollo del cultivo, y ningún proceso es clave para un mayor rendimiento, porque cualquiera de ellos puede limitar el rendimiento.



Respecto del **contenido de aceite en las semillas (%)** el menor promedio se registró en la colecta de Luis Moya (29.7) y el mayor en Encarnación de Díaz (57.3) (Figura 2). Estos contenidos de aceite son en algunos casos superiores a los reportados por Machado (2012), con máximos de 48.6 % y mínimos de 25.7 %.

CONCLUSIONES

Existen diferencias significativas en cuanto a la morfología y el comportamiento fenológico entre las colectas con relación a las variables estudiadas. Las colectas más prometedoras para mejoramiento genético fueron: con base en la producción de semilla, Luis Moya, Encarnación de Díaz y Francia Chica; por el peso de las semillas, Salinas de Hidalgo; y por contenido de aceite, Encarnación Díaz y Tepezalá. En cuanto a la altura de planta, todas las colectas resultaron de porte pequeño, lo cual facilitaría la cosecha mecanizada.

LITERATURA CITADA

- Armendáriz V., J. (2012). Caracterización fenotípica y molecular de genotipos de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de biodiesel. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, NL, México.
- ASA. (2009). Bioturbosina. Aeropuertos y Servicios Auxiliares. En: <http://bioturbosina.asa.gob.mx/swb/BIOTurbosina/home>. Fecha de consulta: 15/11/2013.
- Ascough, G.D., Nogemane, N., Mtshali, N.P., Staden, J. 2005. Flower abscission: environmental control, internal regulation and physiological responses of plants. *South Africa Journal of Botany*, 71, 287-301.
- De Arruda, R., H.C., Pereira de C., S., Alves de C., A., Sandes de C., J.L., & Natel C., T. (2010). Avaliação da diversidade genética entre acessos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) por meio de caracteres morfoagronômicos. *Revista Ceres*, 57, 773-777.
- De Sousa L., J.R., Dantas A., A.C., Soares de S., E., de Oliveira L., C.A.B., & da Silva, I.F. (2013). Seasonal and interannual variations of evapotranspiration, energy exchange, yield and water use efficiency of castor grown under rainfed conditions in northeastern Brazil. *Industrial Crops and Products*, 50, 203-211.
- FAOSTAT. (2010). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadísticas. En: <http://faostat.fao.org>. Fecha de consulta: 23/10/2013.
- Loredó-Dávila, S., Espinosa-Hernández, V., Goytia-Jiménez, M.A., Díaz-Ballote, L., Soto-Hernández, R.M., & Marrone, P.G. (2012). Fatty acid methyl ester profile from *Lupinus* in the identification of sweet and bitter species from this gender with oil of *Lupinus*

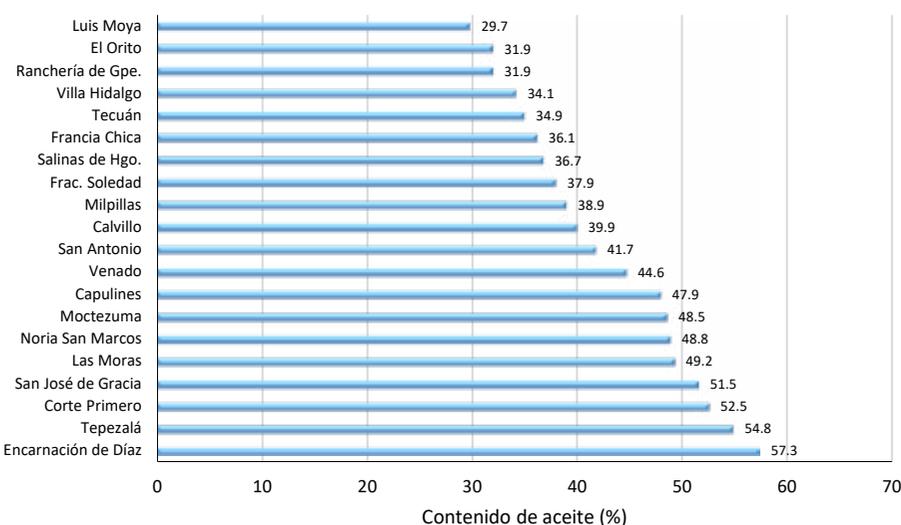


Figura 2. Contenido de aceite en las semillas de las 20 colectas de higuierilla.

uncinatus Schlecht seeds. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2, 1-4.

- Machado, R. (2011). Colecta de *Jatropha curcas* y su comportamiento en fase de vivero y de establecimiento. *Pastos y Forrajes*, 34, 145-154.
- Osorno G., G.A. (1986). Algunos aspectos de la higuierilla en Colombia. Seminario. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Ruiz, R., García-Luis, A., Monerri, C., & Guardiola, J.L. (2001). Carbohydrate availability in relation to fruitlet abscission in citrus. *Annals of Botany*, 87, 805-812.
- Schurr, U., Walter, A., & Rascher, U. (2006). Functional dynamics of plant growth and photosynthesis-from steady-state to dynamics-from homogeneity to heterogeneity. *Plant Cell and Environment*, 29, 340-352.
- Severino, L.S., Cardoso, G.D. do Vale, L.S., dos Santos, J.W. (2005). Método para Determinação da Área Foliar da Mamoneira. Embrapa Algodão. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 55. En: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/2005/BOLETIM55.pdf>
- Severino, L.S., & Auld, D.L. (2013). A framework for the study of the growth and development of castor plant. *Industrial Crops and Products*, 46, 25-38.
- Valdés de la C., M., Hernández, Y., Vázquez-Lobo, A., Piñeiro, D., González-Pérez, L. (2010). Diversidad genética de especies silvestres del género *Nicotiana* II: Caracterización molecular mediante marcadores RAPD. *Revista Protección Vegetal*, 25, 166-173.
- Vallejos, M., Rondanini, D., & Wassner, D.F. (2011). Water relationships of castor bean (*Ricinus communis* L.) seeds related to final seed dry weight and physiological maturity. *European Journal of Agronomy*, 35, 93-101.
- Zamarripa C., A., Solís B., J.L., & Esquivelzeta R., M. (2012). Situación actual de los biocombustibles en México. Tercera Reunión de la Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles. Cuernavaca, Morelos, México.

CHILI (*Capsicum annuum* L.) AND TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) TRADITIONAL CROPS IN THE NAHUA AND TOTONAKU COMMUNITIES OF PUEBLA, MEXICO

CULTIVOS TRADICIONALES DE CHILE (*Capsicum annuum* L.) Y JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN COMUNIDADES NAHUAS Y TOTONAKU DE PUEBLA, MÉXICO

Harris-Valle, C.^{1*}; Mora-Guzmán, E.¹; Ramiro-Molina, L.¹; Hernández-Gómez, R.¹

¹Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Zacapoaxtla, Puebla, México

*Autor para correspondencia: citlalliharris@yahoo.com.mx

ABSTRACT

Objective: To describe the economic and cultural importance of chili (*Capsicum annuum* L.) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crops in the northeastern region of Puebla, Mexico, where people preserve, use and market different varieties of these solanaceas cultivated since prehispanic era.

Design/methodology/approach: Interviews were conducted in Nahua and Totonaku communities, applying surveys after calculating the sample size considering only farmer families. A descriptive analysis was made with the information collected.

Results: All the communities produce three varieties of tomato and three of chili. People denominate it in the original language, for example the tomato ball in Nahuatl they call it 'xitomat' and 'paklchu' in Totonaku; chiltepin is called 'chiltepin' in Nahuatl and 'stilapkin' in Totonaku. Both are important crops, grown in milpas and backyard orchards for self-consumption or local sale. The cultural practices are diverse, in Tzicuilan more than 70% perform religious ceremonies, in Tuxtla 76% do traditional non-religious work, only in Tatoxcac and Ecatlán activities are carried out according to the lunar phases.

Limitations on study/implications: We consider important to know the social and cultural dynamics around the production and consumption of this crops, since they constitute a historical legacy of the native peoples and is an essential part of the farmer traditions in Mexico.

Findings/conclusions: In the communities three varieties of tomato and chili are produced, commonly denominated in the original language of the community. Both crops are important in terms of feeding, local marketing and cultural development; people perform religious and moon phase ceremonies, and traditional tillage.

Keywords: Solanaceas, traditional crops, native peoples.

RESUMEN

Objetivo: Describir la importancia económica y cultural del cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) y jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la región nororiental de Puebla, México, donde se conserva la producción, uso y comercialización de diferentes variedades de solanáceas cultivadas desde épocas prehispánicas.

Diseño/metodología/aproximación: Se hicieron entrevistas en comunidades nahuas y totonaku, aplicando encuestas después de calcular el tamaño muestral considerando solamente familias campesinas. Con la información recabada se hizo un análisis descriptivo.

Resultados: Todas las comunidades producen tres variedades de jitomate y tres de chile. Las personas lo denominan en la lengua originaria, por ejemplo al jitomate bola en nahuatl lo llaman 'xitomat' y 'paklchu' en totonaku; al chiltepin le dicen 'chiltekin' en nahuatl y 'stilapkin' en totonaku. Ambos son alimentos importantes, cultivados en milpas y huertos de traspatio para autoconsumo o venta local. Las prácticas culturales son diversas, en Tzicuilan más del 70% realiza ceremonias religiosas, en Tuxtla el 76% hace laboreos tradicionales no religiosos, solamente en Tatoxcac y Ecatlán se realizan actividades en función de las fases lunares.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Consideramos importante conocer la dinámica social y cultural para la producción y consumo de chile y jitomate, estas solanáceas constituyen un legado histórico de los pueblos originarios y es parte esencial de las tradiciones campesinas en México.

Hallazgos/conclusiones: En todas las comunidades se producen tres variedades de jitomate y chile denominados en la lengua originaria de la comunidad. Ambos cultivos son importantes culturalmente, como alimentos y para la comercialización local, las personas realizan ceremonias religiosas, siguen las fases lunares y conservan laboreos tradicionales.

Palabras clave: Solanáceas, cultivos tradicionales, pueblos originarios.

rurales y campesinas, por ejemplo, en los valles centrales de Oaxaca existe una alta demanda de diversos tipos de chile, habiendo preferencias por los chiles regionales (Castellon-Martínez *et al.*, 2012). Según la SAGARPA (2017), a partir del 2013 la producción de chile en México se ha incrementado más del 5%, por lo que es un cultivo con potencial de comercialización local y nacional, y durante 2016 las ventas de chiles y pimientos ocuparon el quinto lugar entre los principales productos agroalimentarios comercializados en el extranjero.

En términos sociales los cultivos de chile y jitomate son parte de las tradiciones en la mayoría de las poblaciones campesinas, la cual produce una parte importante de los alimentos destinados al autoconsumo, y al mismo tiempo en diversas regiones dichas actividades agropecuarias van vinculadas con prácticas tradicionales ligadas a muchas raíces culturales y de expresión de la identidad nacional (Delgado y Carvallo, 2014). No obstante pesar de que las formas de cocinar y alimentarse favorecen la conservación de las variedades de chile en algunas regiones los acervos genéticos de algunas especies se están perdiendo (Castellon-Martínez *et al.*, 2012).

Consideramos que es importante conocer las prácticas tradicionales en el cultivo de estas dos especies de solanáceas en una región con una población mayoritariamente indígena, en la cual convergen dos culturas (nahua y totonaku) con la finalidad de tener más elementos para desarrollar proyectos que incentiven las economías agrícolas regionales y que permita mantener las razas tradicionales y las variedades

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) y el jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Solanaceae) son hortalizas de alto consumo en México, especialmente en las zonas rurales como los municipios pertenecientes a la región nororiental poblana. Son importantes para el país desde el punto de vista agronómico, ya que en el caso del género *Solanum* (jitomate) se tienen registradas más de siete especies relacionadas, siendo Veracruz y Puebla la región con mayor diversidad, incluso se consideran estos estados el centro de domesticación, aunque su centro de origen se cree que es la región andina (Long, 1995). Asimismo el chile, también originario de México, presenta una alta diversidad de especies, lo cual permite que se distribuya ampliamente, adaptándose a diferentes climas y tipos de suelo (Aguirre y Muñoz, 2015).

En cuanto a su importancia económica, tanto el chile como el jitomate forman parte de los alimentos más comercializados, sobre todo en las zonas

des silvestres de los sitios en donde son originarios. El objetivo del estudio fue conocer la importancia económica y cultural del chile y jitomate mediante entrevistas en tres comunidades nahuas y dos totonaku, evaluando los nombres en las lenguas originarias, las prácticas tradicionales asociadas al cultivo, así como la finalidad de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para seleccionar los sitios en los que se realizó el estudio se consideraron aquellas comunidades en las que se tenga trabajo previo con agricultores locales, se consideraron poblaciones de la Sierra Nororiental Poblana en las que se habla de manera regular la lengua originaria. Se seleccionaron tres comunidades nahuas (San Miguel Tzinacapan y San Andrés Tzicuilan en Cuetzalan del Progreso, y Tatocac en Zacapoaxtla) y dos totonaku (Santiago Ecatlán en Jonotla y Tuxtla en Zapotitlán de Méndez), cuya ubicación se muestra en la Figura 1. Las comunidades cuentan con una población aproximada de 450 familias, de las cuales alrededor del 70% se dedican a la agricultura (SEDESOL, 2013).

El tamaño de la muestra se calculó con la propuesta de Sukhatme (1962)

$$n = \left(\frac{Z^2 q}{e^2 p} \right) / 1 + \frac{1}{N} \left[\left(\frac{Z^2 q}{e^2 p} \right) - 1 \right]$$

donde n es el tamaño de la muestra, N es el tamaño de la población a muestrear, Z la confiabilidad, e el error estándar, p y q las probabilidades de éxito y fracaso respectivamente (Soriano, 1991).

La selección de la muestra fue parcialmente aleatoria, considerando los hogares accesibles, las encuestas se aplicaron durante la tarde para aumentar las probabilidades de que las personas dedicadas a los labores del campo estuviesen presentes.

Antes de la aplicación de la encuesta se preguntó sobre la actividad principal de las jefas o jefes de familia para verificar que pertenecen a la población de estudio, se realizaron las preguntas a la persona de mayor edad que se encontró en el domicilio (Figura 2).

Con la información recabada se hizo una base de datos a la cual se le aplicó un análisis descriptivo para conocer el porcentaje de personas que realizan determinada actividad relacionada con el cultivo de chile y jitomate.

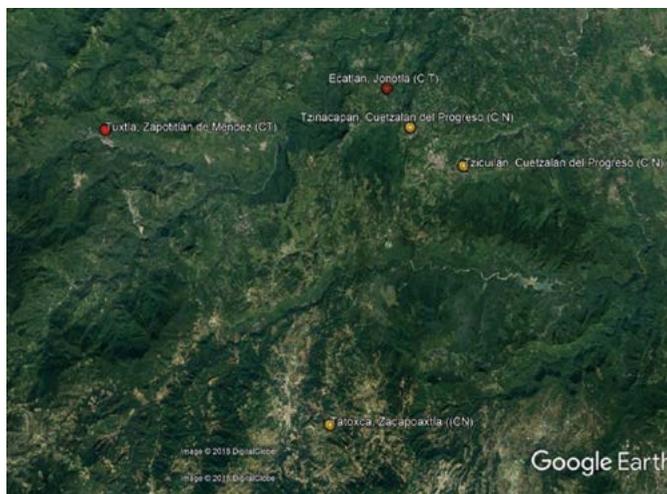


Figura 1. Ubicación geográfica de las comunidades nahuas (CM) y totonaku (CT), ubicadas en la Sierra Nororiental Poblana, en las cuales a realizó el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cálculo del tamaño de muestra se obtuvieron valores entre 20 y 43 familias. Lo datos para cada comunidad se muestran en el Cuadro 1. Se consideró un valor Z de 1.95 ($\alpha=0.05$), $e=0.1$, $p=0.5$ y $q=0.5$.

Después de la aplicación de las encuestas con base en el tamaño de muestra se hizo un análisis descriptivo y se

encontró que en nahuat puede haber hasta dos denominaciones al jitomate pero solamente una a ambos tipos de chile. Mientras que en totonaku solamente se tiene un nombre (excepto en el chile serrano). El Cuadro 2 resume la información de las denominaciones en ambas lenguas.



Figura 2. Mujer campesina de Tzicuilan (comunidad nahuat) en el municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla, México, a la que se le solicitó que contestara la encuesta.

Las lenguas originarias tienen vocablos específicos para los cultivos más tradicionales, en el caso del chile por ejemplo se sabe que el grado de pungencia permite clasificar las variedades dando nombre específicos para cada variedad (Aguirre y Muñoz, 2015). En el caso de los nombres que se utilizan en las comunidades de estudio encontramos que existe mayor relación con la forma de los frutos que con el sabor, por ejemplo para la palabra chiltecpin, la terminación tekpin hace referencia a lo pequeño (tekpin es pulga en nahuatl); lo mismo para el jitomate, la primera parte de la palabra (mil, xoloch y cital) hacen referencia a la forma o al sitio en el que regularmente se les encuentra, y no al sabor, por ejemplo xoloch significa arruga en español (Figura 3), mil que hace referencia a la tierra, cital significa estrella. Para el caso de la lengua totonaku también las características de los frutos son consideradas para el nombre, denominaciones como stakgna indican el color (stakgni significa verde), o Stilapkin que indica chile pequeño o polvoriento (García, 2007).

En la Figura 4 se muestran cuáles son las finalidades de producción en cada comunidad, debe tomarse en cuenta que una misma familia puede producir para uno, dos o las tres finalidades. Se considera que el generar las economías de escala en la producción y comercialización más eficiente que permita competir con el contexto de globalización, impulsando al mismo tiempo la economías productivas regionales (Galindo y Sainz, 2014).

En cuatro de las localidades la mayoría de las familias se

Cuadro 1. Cálculo del tamaño de muestra (n) para las comunidades nahuas y totonaku estudiadas.

Comunidad	Tzinacapan	Ecatlán	Tzicuilan	Tuxtla	Tatoxcac
Familias totales	604	210	286	461	600
70% de familias (población de estudio)	423	147	200	323	420
n	43	15	20	33	42

Cuadro 2. Denominaciones en la lengua originaria totonaku (Ecatlán y Tuxtla) y nahuatl (Tzicuilan, Tzinacapan y Tatoxcac) a las diferentes variedades de jitomate y chile.

Nombre común en español	Nombre en totonaku	Nombre en nahuatl
Jitomate riñón	Parchs	Miltomat Xolochtomat
Jitomate estrella	NA	Citaltomat
Jitomate bola	Paklchu Palchs	Xitomat Tomat
Chiltepin	Stilapkin	Chiltecpin
Chile serrano	Pin Stakgna	Chil



Figura 3. Jitomates riñón o xolochtomat producidos en la región nororiental de Puebla, México.

dedican a la producción destinada al autoconsumo, entre el 40 y el 60% producen para la venta local además del autoconsumo y me-

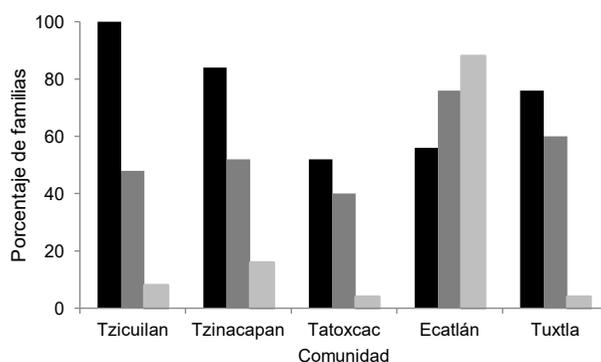


Figura 4. Finalidad de producción de chile y jitomate en las cinco comunidades localizadas la región nororiental de Puebla, México: autoconsumo (■), venta local (■) y venta foránea (■).

nos del 20% destinan sus excedentes para venta foránea, excepto en Ecatlán, en donde existe una alta producción asociada a la milpa (Figura 5) y el porcentaje de familias que producen para venta foránea es mayor que aquellas que se dedican al autoconsumo o venta local.

Es importante mencionar que en las comunidades donde aún se conservan las prácticas de producción para el autoconsumo se deben reforzar la conservación de tradiciones ya que en algunos sitios a pesar de que las formas de cocinar y alimentarse favorecen la conservación de las variedades de cultivos (como el chile) en algunas regiones los acervos genéticos de algunas especies se están perdiendo (Castellon-Martínez *et al.*, 2012).

La población rural en México produce prácticamente la totalidad de los alimentos y es depositario de muchas raíces culturales y de expresión de la identidad de cada

pueblo (Delgado y Carvalho, 2014), por lo que las prácticas agrícolas en las comunidades campesinas (especialmente los pueblos originarios) están estrechamente relacionadas con prácticas tradicionales religiosas o místicas que al parecer consolidan los vínculos sociales y económicos. En la figura 6 se puede ver que solamente en Tzicuilan más del 50% de las familias realizan ceremonias religiosas (bendición de semillas, ofrendas antes y después del cultivo, misas etc.); y solo en Tuxtla un porcentaje alto (76%) hace laboreo que incluye abono con gallinaza, limpieza de terreno con azadón, quema de materiales orgánicos, etc.



Figura 5. Campesino de la región de Ecatlán Jonotla (comunidad totonaku) en la región nororiental de Puebla, México, labrando en milpa donde se produce jitomate como cultivo asociado.

A pesar de que existen estudios en los que se documenta la influencia de las fases lunares en el desarrollo de los cultivos (Martínez et al., 2012; Higuera-Moros, 2002), la sincronía con fases lunares solamente es utilizada en las comunidades de Tatoxcac y Ecatlán por un porcentaje de familias no mayor al 30%.

Desde un punto de vista de territorialidad y preservación de la cultura es preocupante que en las comunidades de estudio no se encontró una fuerte asociación entre prácticas culturales (religiosas o no) y el cultivo del chile y jitomate ya que puede influenciar en la permanencia de las prácticas agrícolas. En otras regiones la producción a pequeña escala es muy diversificada e importante para la economía familiar campesina, generalmente es realizada por los trabajadores de cada familia, con técnicas rudimentarias, para fines de autoconsumo o la comercialización, sobre todo en los mercados locales (Saquet, 2016).

Consideramos que la región cuenta con un acervo tradicional y cultural que

permitiría conservar no solamente las variedades de chile y jitomate sino aspectos técnicos que se han conservado por muchos años a lo largo de muchas generaciones. Existe una preocupación sobre la preservación biológica y cultural pues en algunos sitios se ha optado por sustituir las variedades criollas o nativas por variedades mejoradas, no obstante esto pone en riesgo el germo-

plasma en las diferentes regiones de origen por lo que se requieren estrategias para la conservación de manejo y aprovechamiento de los cultivos tradicionales (Aguirre y Muñoz, 2015).

Esta información permite tener una primera aproximación del estado sociocultural en torno al cultivo de chile y jitomate en la región nororiental poblana, esto debe ser considerado al momento de establecer políticas públicas en cuanto a la agricultura de la región.

CONCLUSIONES

En las comunidades se producen tres variedades de jitomate (bola, riñón y estrella) y tres de chile (chiltepín, serrano y cera) cuya denominación común es en la lengua originaria de la comunidad. Los nombres se relacionan con las características morfológicas del fruto en ambas lenguas. Ambos cultivos son importantes en términos alimenticios, la mayoría de las familias los cultivan para

el autoconsumo o la venta local, solamente en Ecatlán (comunidad totonaku) se produce para venta foránea. Las prácticas culturales en torno al cultivo de ambos alimentos son diversas, en Tzicuilan más del 70% realiza ceremonias religiosas, en Tuxtla el 76% hace laboreos tradicionales no religiosos, solamente en Tatoxcac y Ecatlán se encontraron personas que realizan las actividades en función de las fases lunares.

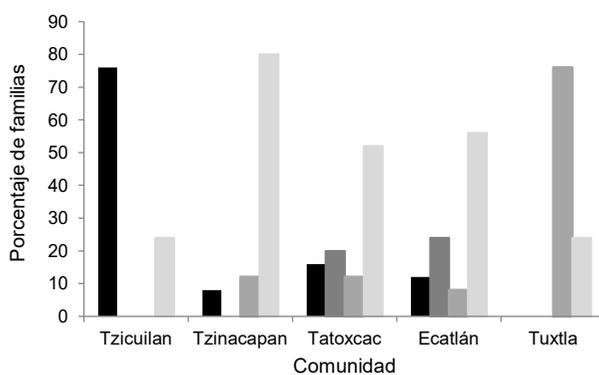


Figura 6. Prácticas tradicionales para el cultivo de chile y jitomate en las diferentes comunidades estudiadas. Ceremonias religiosas (■), sincronía con fases lunares (■), laboreo (■) y ninguna (■).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de Secretaría de Educación Pública a través de la Dirección para la Superación Académica por el financiamiento del proyecto "Microorganismos nativos como biofertilizantes de cultivos regionales en la Sierra Nororiental Poblana" para el Cuerpo Académico en Formación (CAEF): Interacciones mutualistas para el uso y manejo de la Biodiversidad (Registro: ITESZACA-CA-3), a través de la convocatoria Fortalecimiento de Cuerpos Académicos 2017

Asimismo al Técnico Sadot Mora Ortigoza de la académica de la Licenciatura en Biología del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla

LITERATURA CITADA

- Aguirre, H. E., y Muñoz, O. V. (2015). El Chile como alimento. Ciencia, 16-23. Recuperado de: www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Chile.pdf
- Castellón-Martínez, É., Chávez-Servia, J. L., Carrillo-Rodríguez, J. C., y Vera-Guzmán, A. M. (2012). Preferencias de consumo de chiles (*Capsicum annum* L.) nativos en los valles centrales de Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 35(SPE5), 27-35.
- Delgado, J. M., y Carvallo F. (2014). Sistema de Financiamiento Integral. Financiamiento para el Desarrollo Rural. En: G. Torres Salcido., y Morales Ibarra M. (Editores), El agro y las áreas rurales en el México del siglo XXI (pp. 57-80). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Galindo-Olguín, M. A., y Sainz-Acosta J. G. (2014). El agro mexicano en el siglo XXI En: G. Torres Salcido., y Morales Ibarra M. (Editores), El agro y las áreas rurales en el México del siglo XXI (pp. 19-35). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García Ramos, C. (2007). Diccionario básico: Totonaco-Español, Español-Totonaco. Xalapa: Academia Veracruzana de las Lenguas Indígenas (AVELI).
- Higuera-Moros, C. (2002). Efecto de las fases lunares sobre la incidencia de insectos y componentes de rendimiento en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Revista científica UDO Agrícola, 2(1), 54-63.
- Long, T. J. (1995). De tomates y jitomates en el siglo XVI. Estudios de cultura náhuatl, 25, 239-252.
- Martínez, L. F., Mejía, F. M., Bello, G. L., y Lazo, E. G. (2012). Influencia de las fases lunares sobre el rendimiento del maíz (*Zea Mays* Variedad NB6). Ciencia e Interculturalidad, 10(1), 131-147.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación). (2017). Recuperado de <https://www.gob.mx/sagarpa/sanluispotosi/es/articulos/crece-42-por-ciento-produccion-de-chile-verde-hecho-en-mexico?idiom=es>
- Saquet, M. A. (2016). Territorios rurales y perspectivas de desarrollo territorial con autonomía: la agricultura campesina (agro) ecológica. 10:57-76. <https://doi.org/https://doi.org/10.17141/eutopia.10.2016.2410>.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). (2013). Informe Anual sobre la situación de pobreza y rezago social. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/288964/Puebla.pdf>
- Soriano, R. R. (1991). Guía para realizar investigaciones sociales. Plaza y Valdés.
- Sukhatme, P. V., Flores, A. M., y de Pacual, J. N. (1962). Teoría de encuestas por muestreo con aplicaciones. Fondo de Cultura Económica.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MASTER'S PROGRAMME IN DAIRY TECHNOLOGY FOR RURAL MICROENTREPRENEURS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS LÁCTEOS PARA MICROEMPRESARIOS RURALES

Bucio-Galindo, A.^{1*}; Pérez-Pacheco, F.¹; Macias-Lopez, A.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, km 3.5 carretera Cardenas- Huimanguillo, Cardenas, Tabasco. CP 86500. ²Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. C. P. 7276.

*Autor para correspondencia: adbucio@colpos.mx

ABSTRACT

Aim: To describe the design and implementation of a master's programme in dairy technology for rural microentrepreneurs

Design/methodology/approximation: A description is written of a master's project in dairy technology for cheese producers and academics staff from three universities in the river area in the state of Tabasco. The teachers belong to the academic staff from several campuses of the Colegio de Postgraduados, the Technological University of the Usumacinta, and other institutions of the region. The courses were taught at the Usumacinta Technological University in three modules: Science and technology of milk production; Dairy science and Technology III) Dairy industry agribusiness results:

Results: Fifteen students were registered, eight of whom graduated with their dissertation. Five of them are professors and three of them work with the society of producers of poro cheese pore. His /her dissertations covered the three areas of the modules.

Limitations of the study/implications: To be able continue with another generation of students it is necessary to obtain more financial resources.

Findings/Conclusions: The Master's in dairy products was an opportunity to expand the skills and knowledge of cheese producers and academic staff from universities in the region. The latter allowed them access to better jobs. Being a weekend plan, it allowed to combine the work activity with the professional development. In addition, it improved the relationship between the academic sector and the cheese producers was promoted.

Key words: cheese; Artisan, milk, education.

RESUMEN

Objetivo: Hacer una descripción sobre el diseño e implementación de una maestría en tecnología de productos lácteos para microempresarios rurales.

Diseño/metodología/aproximación: Se hace una descripción de un proyecto de Maestría en Tecnología de Productos Lácteos para productores de queso poro, y académicos de tres Universidades de la Zona de los Ríos en Tabasco, México. Los docentes fueron académicos de varios campus del Colegio de Postgraduados, la Universidad Tecnológica del Usumacinta, y otras instituciones de la región. Los cursos se impartieron en la Universidad Tecnológica del Usumacinta en los módulos: Ciencia y tecnología de producción de leche; II) Ciencia y tecnología de productos lácteos III) Agronegocios de la industria láctea.

Resultados: Se inscribieron 15 estudiantes, de los cuales ocho se graduaron presentando tesina. Cinco de ellos son catedráticos y tres trabajan con la Sociedad de Productores de Queso Poro, e incluyeron en su trabajo las tres áreas de los diplomados.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Para continuar con otra generación de alumnos es necesario conseguir más recursos financieros.

Hallazgos/conclusiones: La Maestría en Productos Lácteos fue una oportunidad para expandir las habilidades y conocimientos de productores de queso y personal académico de universidades de la región. A estos últimos les permitió acceder a mejores puestos de trabajo, combinando la actividad laboral con el desarrollo profesional. Adicionalmente, mejoro la relación entre el sector académico y los productores de queso.

Palabras clave: queso; artesanal, leche, educación.

Muchas comunidades rurales de países desarrollados y subdesarrollados se enfrentan a los desafíos de la baja densidad y tamaño de la población, el aislamiento geográfico y la pérdida de jóvenes cuando abandonan las áreas rurales para buscar educación u otro interés profesional y no regresan. Las características comunes en esos lugares son una fuerza de trabajo poco educada, no calificada, y débil cultura empresarial. Además, las políticas públicas a nivel federal y estatal tienden a centrarse en los intereses de la agroindustria a gran escala, dejando pocos constituyentes organizados para ayudar y abogar por los empresarios rurales (Cranwell *et al.*, 2005).

Se estima que dentro del sector alimentario; el lácteo genera el mayor número de empleos en México (Poméon y Escoto, 2012); sin embargo, hay muchos aspectos que necesitan mejorar dentro del sector lácteo. Uno de los desafíos que enfrenta el sector está relacionado con el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos para la leche cruda PROYNMX-F-700-COFOCALEC-2012 (Fuentes-Coto *et al.*, 2013), así como de la inocuidad de los productos procesados (NOM-243-SSA1-2010). Existen otros aspectos que también deben considerarse para la mejora integral del sector, tales como el manejo productivo de los hatos ganaderos, salud de los animales, buenas prácticas de ordeño, inocuidad, mejoras en tecnologías de fabricación de queso y productos lácteos, así como estrategias de comercialización (FACEnetwork, 2016).

Es necesario que los productores de lácteos y quesos actualicen su conocimiento y tecnología para

INTRODUCCIÓN

Según Spreer (1998), la tecnología es la ciencia y la aplicación del conocimiento científico, económico, sociológico y legal para la producción de materias primas y su posterior procesamiento a productos listos para consumo. Las empresas lácteas rurales generalmente son empresas familiares que fabrican productos con valor local y métodos de procesamiento basadas en conocimientos tradicionales y específicos. Algunas empresas que elaboran quesos tienen sus propias vacas lecheras y otras recolectan leche de los ganaderos locales que es utilizada para la fabricación de quesos y otros productos lácteos en pequeños asentamientos, ambos siguiendo los métodos tradicionales (FACEnetwork, 2016). Esas prácticas tradicionales de fabricación de queso, incluyen el uso de leche cruda, que se acidifica por microbiota adventicia presente en la leche y que da cierta vida útil a los productos lácteos al generar un bajo pH (Pacheco y Bucio, 2010). Las empresas rurales crean empleos, aumentan los ingresos y generan riqueza, mejoran la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos de la comunidad, y ayudan a sus comunidades a participar en la economía (Cranwell *et al.*, 2005). La iniciativa empresarial también es un vehículo para mejorar la calidad de vida de las personas, las familias y las comunidades y mantener una economía y entorno saludable.

superar los retos. Además, es necesario generar nuevos conocimientos y tecnologías *ad hoc* a los procesos y productos locales. Una de las estrategias para cumplir con tales expectativas, es la actualización académica de los actores involucrados en la producción quesera. Los productores generalmente producen o reciben la leche, la transforman a quesos y también llevan a cabo la comercialización de los mismos. Algunos actores, hacen también gestión de proyectos, escritura de documentos y presentaciones orales. En esta propuesta, se consideró que era necesario ofrecer un programa académico que respondiese a las necesidades de aprendizaje teórico y práctico en los temas mencionados externadas previamente por los productores y académicos de las universidades locales.

Muchas personas del sector rural involucradas en el sector productivo generalmente no pueden asistir a las universidades donde se imparten programas de postgrado debido a limitaciones geográficas, económicas o de tiempo (Cranwell et al., 2005). Una solución a esa problemática es impartir los programas de postgrado en las cercanías del área de producción. Es menos costoso, porque solo se tiene que invertir en el transporte y la estadía de los maestros, y no se gasta en el transporte de alumnos. Algunas ventajas para el sector académico y productivo es que los maestros aprenden del entorno rural; y de los problemas y oportunidades de la industria local. Por ello, se hizo un programa de estudios de la maestría teniendo en cuenta los objetivos de aprendizaje de los estudiantes y en particular el contexto de los productores de "Quesos de poro genuinos de Balancán Tabasco SPR de RL de CV. ".

La historia de la Maestría en Tecnología de Productos Lácteos

En México existen diferentes opciones para recibir una beca para asistir a un programa de posgrado con el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Esta organización ofrece una oportunidad para que la comunidad con un grado de educación superior, pueda aspirar a un postgrado. Algunas nuevas políticas incluyen apoyar programas de postgrado vinculados al sector industrial. Sin embargo, muy pocos de esos programas se han establecido, particularmente relacionados con la industria alimentaria. El único activo es la "Maestría en procesamiento de tequila" (<http://www.uag.mx/maestria/maestria-en-procesos-del-tequila/>).

La maestría en Tecnología de productos Lácteos, es un proyecto de colaboración entre el Colegio de Postgraduados, "Quesos de poro genuinos de Balancán", CONACyT y la Universidad Tecnológica del Usumacinta, donde se impartieron la mayoría de los cursos, que se localiza en el área de influencia de la zona de los ríos, una de las regiones de México con los quesos más valorados de la zona tropical húmeda de México, que han sido seleccionados para participar en varios concursos de quesería nacionales e internacionales, tal como el World Cheese Awards en Londres, Inglaterra.

Como antecedente al surgimiento del proyecto de maestría en tecnología de productos lácteos, la Asociación Regional de productores de Queso "Quesos de poro genuinos de Balancán Tabasco SPR de RL de CV." (<https://es-la.facebook.com/quesosdeporogenuino/>) fue financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (CONACYT) y el Gobierno del Estado de Tabasco para hacer una Alianza Estratégica con 5 universidades e instituciones de investigación de México. El objetivo de la alianza era generar información y tecnología para mejorar los sistemas locales de producción de queso. Se financiaron proyectos de investigación, en el que participaron alumnos de licenciatura y postgrado de Instituciones fuera del estado de Tabasco. A la mitad del avance del proyecto de la Alianza Estratégica, los productores de queso exteriorizaron la necesidad de aumentar los recursos humanos locales calificados. La Asociación de productores de queso hizo una solicitud al Colegio de Postgraduados (COLPOS) para hacer un convenio de colaboración para establecer una Maestría en Tecnología de Productos Lácteos, que sería financiada con fondos de la alianza estratégica. Tiempo después, la Maestría en Tecnología de Productos Lácteos (MTPL) fue aprobada por las autoridades académicas y administrativas como un programa de postgrado profesionalizante.

La zona húmeda tropical del estado de Tabasco presenta grandes extensiones de pastizales y ganadería bovina de doble propósito. La producción de leche, además de agregar valor a la actividad ganadera, conduce al desarrollo de micro, pequeñas y medianas empresas que transforman la leche en varios productos lácteos. Hay varios problemas en la región, como el uso de leche no pasteurizada y el clima cálido y lluvioso, que es poco favorable para la conservación de la leche. Se elaboran productos lácteos como el queso poro, que es un queso muy valorado, manufacturado con leche

cruda acidificada a un pH por debajo de 4.7 y prensada para tener un bajo contenido de humedad; puede almacenarse sin refrigeración por hasta un mes. "Quesos de poro genuinos de Balancán Tabasco SPR de RL de CV" han solicitado al Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual (IMPI) obtener una indicación geográfica (IG) http://www.wipo.int/geo_indications/ en /, definida como un signo utilizado en productos con un origen geográfico específico y que poseen cualidades que se deben a dicho origen. Actualmente solo tienen una marca colectiva con región de origen.

El objetivo del programa de maestría fue capacitar a profesionales competentes para planificar, optimizar y dirigir el funcionamiento de las plantas de lácteos con una visión integral y con una comprensión del proceso general de producción de lácteos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo educativo se basó principalmente en la metodología de "Aprender haciendo", que Dewey (1997) fundamentó basado en la importancia de que los alumnos, en la escuela, desarrollen pensamientos para actuar y aumentar su conciencia del mundo, ligada a la práctica, para aplicar lo aprendido en la rea-

lidad y generar experiencia; lo cual se facilitó al no tener demasiados alumnos siguiendo el plan de estudios donde están las especificaciones sobre lo que los alumnos tienen que saber.

De igual manera se tomaron principios de la "Enseñanza Situada" donde se enfatiza la necesidad de incluir el contexto cultural y ambiental en el que tiene lugar la adquisición de habilidades intelectuales. La transferencia de este sistema busca unir, una situación de aprendizaje a un contexto real de aplicación (Barriaga, 2006). Los conocimientos teóricos y prácticos fueron enseñados mediante herramientas y técnicas (Cuadro 1).

Los cursos fueron impartidos presencialmente. Se dividieron en tres bloques o diplomados (Figura 1), descritos como; ciencia y tecnología de producción de leche; ciencia y tecnología de productos lácteos, y agronegocios de la industria láctea.

El plan de estudios fue revisado por el área de Ciencia de Alimentos e Ingeniería, por "Quesos de poro genuinos de Balancán Tabasco SPR de RL de CV" y por autoridades del COLPOS. Se firmó un convenio de colaboración con la Universidad

Sede que es la Universidad Tecnológica del Usumacinta, que se localiza a 195 km del Campus Tabasco. Dicha universidad facilitaría el uso de las instalaciones y equipos de las mismas para la impartición de clases y realizar prácticas de laboratorio y de planta piloto para la producción de productos lácteos para facilitar la logística de impartir clases e incorporar estos acuerdos al plan general de estudios. objetivos generales, financiamiento, instalaciones etc. y para el otorgamiento de becas para que algunos de sus profesores, se incluyeran como alumnos y algunos otros como profesores. Se delineó el perfil de los aspirantes a ingresar en la maestría, los criterios de evaluación, créditos etc. Una vez realizado lo anterior y después de haber hecho las correcciones y ajustes pertinentes se elaboró el plan de estudios definitivo de la maestría para su consolidación.

Se elaboró el perfil de los alumnos potenciales entre cuyos requisitos se consideró contar con grado de licenciatura o ingeniería en industria alimentaria, o afines, desempeñarse en alguna universidad o institución de educación superior, ser productor de quesos o productos lácteos, o incluso, trabajar dentro de "Quesos de poro genuinos de Balancán Tabasco SPR de RL de CV".

Cuadro 1. Herramientas y técnicas de la Enseñanza situada.

Herramientas y técnicas	Ejemplos
Aprendizaje centrado en el análisis y la solución de problemas que los estudiantes presentan como material de estudio.	Análisis de la calidad de la leche y quesos que los estudiantes llevan de sus empresas al laboratorio para análisis, o eventualmente análisis <i>in situ</i> de esos productos.
Prácticas situadas o aprendizajes <i>in situ</i> en escenarios reales.	Visitas a las empresas de los productores de quesos; visitas a centros de recolección de leche con buen nivel de tecnificación y buenas prácticas de ordeña, etc. Elaboración de productos lácteos en las queserías, y planta piloto.
Dinámicas grupales como lo son la lluvia de ideas, los diagramas de causa efecto y los análisis FODA para analizar problemáticas y soluciones específicas	Situaciones particulares en la industria láctea, como es el caso de la importación de leche en polvo en México y las consecuencias.

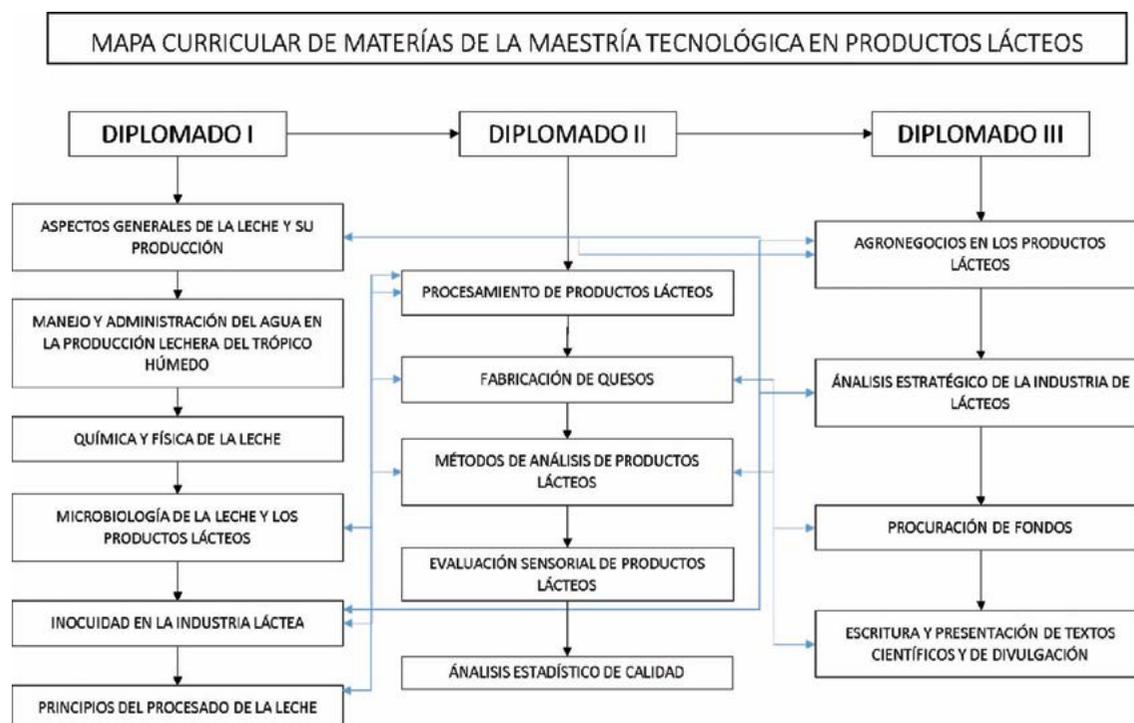


Figura 1. Mapa curricular de la Maestría en Tecnología de Productos Lácteos.

Descripción de los académicos de la maestría

El personal académico está formado mayormente por profesores con doctorado y algunos con maestría en ciencias de áreas de ganadería, ciencias de alimentos y agroindustria. La mayoría son investigadores activos, y han terminado estudios de doctorado en universidades de Australia, Francia, Países Bajos, España, Estados Unidos, Canadá y México. Participan, además, académicos de varios Campus del COLPOS, así como profesores de la Universidad Tecnológica de los Ríos, Universidad Juárez de Tabasco-Campus Tenosique, Universidad Autónoma de Chapingo, CUCBA, Universidad de Guadalajara, y Universidad Tecnológica del Usumacinta

Los estudiantes deben completar un mínimo de 24 créditos, de los cuales, 20 deben ser por cursos, y 4 para tesis. Un crédito consiste en 22 horas de clase. Los cursos se impartieron durante los fines de semana. Cada profesor de fin de semana fue a la Universidad sede para impartir sus clases. Los maestros hacen una cita para reservar un aula con un video proyector; y/o laboratorio para dar sus prácticas. Los materiales complementarios para las conferencias fueron documentos Power point, Word y archivos PDF. Algunos fueron entregados por correo electrónico. La comunicación con los profesores fue a través de foros de chat, mensajes y correo electrónico.

Algunos estudiantes y profesores asistieron al taller internacional sobre métodos de diagnóstico para la mastitis en vacas y control de mastitis organizado por el CUCBA de la Universidad de Guadalajara, la Universidad de Veracruz, y el Programa de intercambio de Alemania (DAAD).

El lugar donde se impartieron los cursos fue en la Universidad sede (Universidad Tecnológica del Usumacinta), quien cuenta con una planta piloto de productos lácteos con capacidad para procesar desde 300 a 1,000 litros de leche por lote (Figura 2). Entre los equipos, hay un intercambiador de calor de placas para pasteurizar leche,



Figura 2. Infraestructura de laboratorio y procesos lácteos.

una caldera, un homogeneizador de leche, tinas de cuajado, máquinas para hacer yogurt y prensas holandesas, marmitas, etc. También tienen laboratorios para el análisis químico y microbiológico. Algunos equipos portátiles de laboratorio son llevados desde el COLPOS al sitio de estudio; por ejemplo, equipos portátiles de prueba de leche, como el contador celular Delaval para recuentos de células somáticas, analizador ultrasónico de leche, Delvotest para la detección de antibióticos en la leche y el desnatador de leche. A todos los estudiantes se les brindó el servicio de biblioteca electrónica COLPOS, con acceso a varias editoriales como Sciencedirect, Springer, Wiley, entre otros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La maestría fue diseñada originalmente solo para recibir estudiantes de la organización "Quesos de poro genuinos de Balancán". Sin embargo, el programa se amplió para recibir el personal académico de la Universidad tecnológica, pero permitió el acceso al personal académico de otras universidades de toda el área. Realmente fue una oportunidad para los profesionales que no pueden dejar sus trabajos para estudiar una maestría en tecnología, trayendo educación a personas que anteriormente no habrían podido asistir a una universidad y cursar un posgrado debido a restricciones geográficas o de tiempo. Los estudiantes son parte del personal académico de las universidades locales, y otros son productores del sector lácteo. El costo total del proyecto fue \$660,000 pesos que sirvió para educar a 15 estudiantes, lo que equivale a \$44,000 pesos por estudiante, que corresponde a unos \$14,600 por diplomado. Todos los estudiantes fueron financiados por "Quesos de poro genuinos de

Balancán Tabasco SPR de RL de CV", quien a su vez tenía financiamiento de CONACYT.

Graduación

Para la graduación, los estudiantes escribieron una tesina sobre un tema que podría ser de interés para resolver problemas o aprovechar oportunidades para el sector lácteo local. La escritura se basó en estudios de campo y trabajo de laboratorio. Los estudiantes fueron supervisados por un profesor de COLPOS y profesores de otras Universidades. Para los estudiantes en general, fue una oportunidad para ampliar las habilidades y el conocimiento de la ciencia y la tecnología de productos lácteos y los principios de la agroindustria. Los estudiantes que fueron personal académico lograron sus objetivos para elevar su nivel académico para un mejor puesto de trabajo. La maestría permitió combinar la actividad laboral con el desarrollo profesional. Para COLPOS, fue una oportunidad para expandir los programas de educación para fortalecer el flujo de valor lácteo y generar relaciones con los otros campus y las universidades. Para los productores de queso, fue una oportunidad para avanzar y hacer que la asociación de productores de queso sea más competitiva.

En la primera generación de la maestría se inscribieron 15 estudiantes, de los cuales 14 completaron los cursos, y ocho se graduaron presentando su tesina. Cinco de ellos son catedráticos en escuelas de la región y tres trabajan o tienen relación directa con la Sociedad de Productores de Queso Poro. Sus tesinas incluyeron las tres áreas de los diplomados. Actualmente el programa está registrado en la SEP y en la Secretaría Académica del Colegio

de Postgraduados. Se cuenta con personal académico y productores, capacitados para resolver distintos problemas del sector lechero de la región y continuar trabajando en mejorar la producción de lácteos.

CONCLUSIONES

La Maestría en Productos Lácteos fue una oportunidad para expandir las habilidades y conocimientos de los productores de queso y del personal académico de universidades de la región. A estos últimos les permitió acceder a mejores puestos de trabajo. Al ser de plan fin de semana, permitió combinar la actividad laboral con el desarrollo profesional. Adicionalmente, mejoró la relación entre el sector académico y los productores de queso que estrecharon sus relaciones en el transcurso de su postgrado. El modelo educativo de enseñanza situada, y aprender haciendo, fue fundamental para alcanzar los resultados, al usar un enfoque dedicado a enseñar sobre problemas locales que enfrentan los productores de lácteos de la región, combinando teoría y práctica de forma integral para optimizar el aprendizaje e intercambio de experiencias. Todo esto basado en el intercambio de ideas que ocurrió desde la fase de planificación de la maestría.

LITERATURA CITADA

- Barriga D., Arceo, F. 2006. Enseñanza Situada: Vínculo entre la escuela y la vida. McCraw-HILL/Interamericana Editores, S.A. DE C.V. <https://www.uv.mx/rmipe/files/2016/08/Ensenanza-situada-vinculo-entre-la-escuela-y-la-vida.pdf>
- Cranwell MR, Kolodinsky JM, Donnelly CW, Downing DL., & Padilla-Zakour OI. 2005. A model food entrepreneur assistance and education program: The Northeast Center for Food Entrepreneurship. *Journal of Food Science Education*, 4(4), 56-65.

- FACEnetwork 2016. (Farm house and Artisan and Dairy Producers European Network). European Guide for Good Hygiene Practices in the production of artisanal cheese and dairy products. Farm house and artisan cheese & Dairy Producers European Network. https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/biosafety_fh_guidance_artisanal-cheese-and-dairy-products.pdf
- Fuentes-Coto, G., Ruiz-Romero, R. A., Sánchez-Gómez, J. I., Ávila-Ramírez, D. N., & Escutia-Sánchez, J. 2013. Análisis microbiológico de leche de origen orgánico: atributos deseables para su transformación. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 10(4), 419-432.
- Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5160755&fecha=27/09/2010. Fecha de consulta 20 de mayo de 2015.
- Pacheco FP, Bucio GA. Microbial safety of raw milk cheeses traditionally made at a pH below 4.7 and with other hurdles limiting pathogens growth. 2010. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, 2, 1205-1216. 2010. https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiqmvXMxbLXAhUU8mMKHZplAVAQFggNMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.formatex.info%2Fmicrobiology2%2F1205-1216.pdf&usg=AOvVaw0y381Ak2rQ4KU15lq_Lhm1
- Petrin, T., & Gannon, A.. Rural development through entrepreneurship. REU Technical Series (FAO). (1997). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4329.2005.tb00063.x/epdf>
- Poméon T, y Escoto IC. El sector lechero y quesero en México de 1990 a 2009: entre lo global y local (No. Folleto 841 v. 89.). Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma de Chapingo. Secretaría de Economía 2012. Análisis del sector lácteo en México. Dirección general de industrias básicas. http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdfSeries (FAO).
- Spreer E. *Milk and Dairy Product Technology* (Vol. 83). CRC Press. 1998.



THE ROLE OF WOMEN IN AGROECOSYSTEM AND ITS CONTRIBUTION TO FOOD PRODUCTION

EL ROL DE LA MUJER EN EL AGROECOSISTEMA Y SU APOORTE A LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

Rosales-Martínez, V.¹; Leyva-Trinidad, D.A.^{2*}

¹Cátedras-CONACyT. Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Carretera Haltuchén-Edzná km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México. C. P. 24450. México. ²Cátedras-CONACyT. Centro de Investigación y Desarrollo en Agrobiotecnología Alimentaria (CIDEA). Ciudad del Conocimiento y la Cultura, Blvd. Circuito La Concepción 3, San Agustín Tlaxiaca, Pachuca, Hidalgo, México. C. P. 42162.

*Autor de correspondencia: leyva.doris@cidea.mx

ABSTRACT

Objective: Carry out a reflection on the contribution of women in the agroecosystem, in the specific context of the complexity of the rural environment, of the decisive factors of integration or separation between home and exploitation.

Design/methodology/approach: A review of the literature on the agroecosystem was carried out, from how the concept arises with the theory of systems until it is considered as a complex system, and the role that women have played in the production of food.

Results: Women have played a crucial and preponderant role in society, as well as in agroecosystems, related to food processes more linked to self-consumption, in the context of traditional agriculture. In Mexico, it has been identified, from the origins of agriculture, in various tasks such as plowing the land, harvesting crops and caring for animals. 50% of the food consumed throughout the world is grown by women in rural areas.

Limitations on study/implications: If women had the same access as men to productive resources, they could increase their harvests by 20-30%, which would mean an increase in total agricultural production in developing countries of between 2.5 and 4. %.

Findings/conclusions: Women have managed to develop essential tasks in agroecosystems, however, not in all cases these advances correspond to the measures adopted nor are they aimed at achieving equality between men and women as a fundamental objective.

Keywords: Systems theory, food security, gender, agriculture.



RESUMEN

Objetivo: Realizar una reflexión sobre el aporte de la mujer en el agroecosistema, en el contexto específico de la complejidad del medio rural, de los factores decisivos de integración o de separación entre el hogar y la explotación.

Diseño/metodología/aproximación: Se realizó una revisión de literatura sobre el agroecosistema, desde sus orígenes como concepto, con la teoría de sistemas hasta considerarlo como un sistema complejo, y el papel que ha desempeñado la mujer en la producción de alimentos dentro de éste.

Resultados: La mujer ha desempeñado un papel crucial y preponderante en la sociedad, así como en los agroecosistemas, relacionada a los procesos alimentarios más vinculados al autoconsumo, en el contexto de una agricultura tradicional. En México, se le ha identificado, desde los orígenes de la agricultura, en diversas labores como arar la tierra, recoger las cosechas y atender a los animales. El 50 % de los alimentos que se consumen en todo el mundo son cultivados por las mujeres de las zonas rurales. Limitaciones del estudio/implicaciones: Si las mujeres tuvieran el mismo acceso que los hombres a los recursos productivos, podrían incrementar sus cosechas entre un 20 y 30 %, lo que supondría un aumento de la producción agrícola total de los países en desarrollo de entre un 2.5 y un 4%.

Hallazgos/conclusiones: La mujer ha logrado desarrollar tareas imprescindibles en los agroecosistemas, sin embargo, no en todos los casos estos avances corresponden con las medidas adoptadas ni están dirigidos a la consecución de la igualdad entre hombres y mujeres como objetivo fundamental.

Palabras clave: Teoría de Sistemas, Seguridad alimentaria, Género, Agricultura.

en diversas labores. Desde el origen de la agricultura, a la mujer se relegó a las tareas del hogar, como a la preparación de alimentos, hacer la ropa, cuidar a los hijos y en labores agrícolas como a arar la tierra, recoger las cosechas y a atender a los animales. La diferenciación que existe entre hombres y mujeres es más un factor social que un factor natural. En América Latina y el Caribe la mujer se ha insertado cada vez más en el mercado laboral, pero el porcentaje aún es bajo, ya que la actividad económica femenina alcanza poco menos del 50 %, y en cuanto a la participación en la actividad agrícola solo pertenece al 20 % de la población, siendo solo el 48 % mujeres (Martínez y Baeza, 2017).

Es por esto, que la agricultura familiar es, sin duda, la cuna de la gran mayoría de las mujeres rurales, debido a que en ella perpetúan su historia y su cultura. En todos los países de la región, las mujeres contribuyen con su trabajo a la producción de alimentos, a la generación de bienestar, riqueza y desarrollo; también a la conservación y resguardo del medioambiente. Su participación, tanto en el ámbito productivo como en el reproductivo, permite a millones de personas mejorar su calidad de vida en los territorios y en la sociedad en su conjunto (Namdar-Irani *et al.*, 2014).

El objetivo del presente trabajo es realizar una reflexión sobre el aporte de la mujer en el agroecosistema, en el contexto específico de la complejidad del medio rural, de los factores decisivos de integración o de separación entre el hogar y de la explotación.

MATERIALES Y MÉTODO

Se realizó una revisión de literatura sobre el concepto de agroecosistema

INTRODUCCIÓN

El agroecosistema (AES) es considerado un modelo conceptual de la realidad agrícola, que en su forma concreta puede ser una finca, una parcela, un sistema ganadero, un sistema acuícola, etc., (Martínez y Casanova, 2018), principalmente para la producción de alimentos.

En el AES, no existe equidad de género en la propiedad de la tierra, esta inequidad y la violencia familiar son dos factores de origen social que afectan negativamente el empoderamiento de las mujeres rurales, ya que limitan la construcción de sus propios espacios, tanto productivos como emotivos. En los diversos tipos de agroecosistemas presentes, es en el AES huerto familiar donde más representación social tiene la mujer, ya que genera mayor actividad con su conocimiento agrícola. Por lo tanto, esta situación debe ser considerada en la investigación y planeación para el trabajo e investigación comunitaria (Chávez-García *et al.*, 2009).

Durante la historia, a las mujeres se les ha asociado solo como compañeras del hombre, por lo que han adoptado un papel de colaboración y apoyo a él

y el papel que ha desempeñado la mujer dentro de él. Los artículos revisados fueron de temas sobre la génesis del concepto de agroecosistema desde sus distintas vertientes y aquellos relacionados a las intervenciones que ha tenido la mujer en sus hogares y en sus sistemas de producción.

Agroecosistema como modelo conceptual de la realidad agrícola

En México, los agroecosistemas surgieron hace unos 9000 años, a partir de los procesos de domesticación y adaptación de plantas a condiciones locales ambientales, climáticas, sociales y culturales (González, 2007), como una forma de comprender y estudiar a profundidad las interrelaciones que se desarrollan dentro de la agricultura, por lo tanto, surge en los años 70, el concepto de agroecosistema, originado a partir de la agroecología (Gliessman, 2005). No obstante, desde la antigüedad diversos filósofos como Platón y Sócrates hicieron alusión al concepto *Systema*, elemento del que deriva el concepto de AES, ya que este último hunde sus raíces en el pensamiento sistémico, desarrollado a partir de aportaciones teóricas desde diferentes disciplinas emergidas en su mayoría a partir de la mitad del siglo XX (Lilienfeld, 1984; Bertalanffy, 1986; Casanova-Pérez *et al.*, 2016).

Martínez y Casanova (2018) hacen alusión en sus múltiples obras considerando al AES como un modelo conceptual para representar a la realidad agrícola actual. Sin embargo, con lo anterior surge una segunda interrogante, ¿para qué definir a un agroecosistema como un modelo conceptual? la respuesta está en que el AES como abstracción o modelo (no es real), contiene lo cotidiano, lo cual es la *Doxa*, y en la realidad representaría a los cultivos, las plantaciones y a un sistema ganadero, por mencionar algunos ejemplos; por lo tanto, la ventaja de que el AES sea un modelo, radica en la posibilidad de modelar la estructura y el funcionamiento del diseño de ese AES en una computadora y predecir la ocurrencia de fenómenos en un tiempo y espacio determinado (Cisneros-Saguilán *et al.*, 2015; Martínez y Casanova, 2018).

El AES se considera también, como un sistema clausurado en sus operaciones (Casanova-Pérez *et al.*, 2016), y abierto, debido a que tiene relación permanente con su entorno mediante el intercambio de energía, materia, información e interacción constante entre el sistema y el ambiente (Chiavenato, 1997); presenta estructura, componentes, límites, función e interacción entre compo-

ponentes, entradas (inputs), salidas (outputs) y retroalimentación; con un objetivo definido (Hart, 1985). Los límites del AES los define el hombre, quien funciona como controlador, modificado de acuerdo con su objeto de estudio, como puede ser la obtención de alimentos, materias primas y servicios (Casanova-Pérez *et al.*, 2016). No obstante, el AES existe gracias a la demanda existente en el entorno, si no existe quien consuma o demande los productos derivados de él, el AES no existiría en la realidad.

Es de esta manera, que en los últimos años el pensamiento sistémico ha evolucionado hacia la complejidad, al considerar el enfoque agroecológico (Altieri, 1995; Gliessman, 2005; Gallardo *et al.*, 2011) y a las características socioculturales y sociopolíticas (Cisneros-Saguilán *et al.*, 2015; Casanova-Pérez *et al.*, 2016; Martínez y Casanova, 2018). No obstante, falta prestar mayor atención a las diferentes funciones y sistemas de conocimiento en posesión de hombres y mujeres, es decir, falta considerar las cuestiones de género en el AES, ya que la mayoría de los estudios se centran en el papel que el hombre ha fungido dentro de él, sin otorgar la importancia de la función de la mujer dentro de estos espacios productivos.

El papel de la mujer en los agroecosistemas

Estimaciones de la FAO muestran que las mujeres, principalmente mayores de 15 años, representan una proporción sustancial de la fuerza de trabajo agrícola, como productoras de alimentos o trabajadoras en este ámbito, y que aproximadamente dos tercios de la fuerza de trabajo femenina de los países en desarrollo participa en el trabajo agrícola (FAO, 2003). Contribuyendo de manera sustancial a las actividades económicas agrícolas y rurales (Dorrego-Carlón, 2015).

Si bien, las mujeres juegan un papel importante en la agricultura y la seguridad alimentaria de los hogares y comunidades, paradójicamente, enfrentan enormes restricciones económicas, políticas y sociales. Schutter en sus informes (2008-2014), afirma que las mujeres afrontan diversas situaciones que les son privativas: falta de acceso a la tierra y al capital, la doble carga de trabajo, la nula participación en la toma de decisiones, bajos salarios, desigualdad y discriminación y, menor acceso a los apoyos de gobierno (Guereña, 2017). Aunado a ello, la escasa incorporación de las cuestiones de género en los proyectos para el desarrollo agrícola, es decir, que el papel de la mujer en muchos es subvalorado.

Según un estudio del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), el 50 % de los alimentos que se consumen en todo el mundo son cultivados por las mujeres de las zonas rurales (UNICEF, 2011), principalmente productoras de los cultivos básicos como el arroz, el trigo y el maíz; es decir, el trabajo de ellas representa al menos la mitad de la producción de alimentos a nivel mundial. Si las mujeres tuvieran el mismo acceso a los recursos productivos que los hombres, podrían incrementar el rendimiento de sus explotaciones agrícolas en un 20-30 %, lo que permitiría reducir el número de personas hambrientas en el mundo entre un 12 y un 17 % (FAO, 2011).

A nivel mundial, la agricultura continúa siendo la principal actividad económica y productiva de la población rural y las mujeres aportan en promedio el 43 % de la fuerza laboral agrícola en los países en desarrollo. El mayor aporte de ingreso económico de las mujeres rurales a los hogares agrícolas se manifiesta en los países como Paraguay, Perú, Ecuador y Bolivia. Por su parte, el Fondo de Desarrollo de las Naciones Unidas para la Mujer (UNIFEM) señala que países como Bolivia, Honduras, Guatemala, Nicaragua, El Salvador, México y Brasil, existen mayores aportes de las mujeres en los hogares rurales, estableciéndose que su contribución es clave en la subsistencia de las familias, producción de alimentos, seguridad alimentaria y desarrollo económico de la región y por consiguiente disminución de la pobreza (UNIFEM, 2011).

A nivel familiar, la mujer,

juega un rol importante no solo en la agricultura, sino también en el hogar. Gracias al cúmulo de conocimientos relacionados con el manejo de la diversidad animal y vegetal, las prácticas agrícolas, los sistemas de producción y estrategias de supervivencia de la unidad familiar (Dorrego-Carlón, 2015), las mujeres alimentan y conservan al mundo. Aproximadamente el 20 % de los hogares rurales tienen como cabeza de familia a una mujer, que asume la total responsabilidad de la producción agrícola. En algunos casos las familias rurales e indígenas de México, realizan ciertos "arreglos familiares", en donde la mujer, en situaciones de migración, sustituye al hombre de manera temporal en las decisiones del hogar y de las actividades agrícolas.

Es a partir, que, desde la infancia, las mujeres experimentan una división social del trabajo por género (García-Guzmán, 2007). Sembrar, controlar malezas, aplicar fertilizantes y plaguicidas, cosechar y recolectar son algunas de las actividades que realizan las mujeres en pro de la agricultura en los AES (Figura 1); por lo que las convierte en administradoras del medio ambiente (Camppillo, 1994).



Figura 1. Mujer indígena de Ocotil Texizapan colectando leña en el agroecosistema milpa.

En la agricultura de traspatio, cumplen una función clave para la seguridad alimentaria de las familias, a través de la producción de granos, hortalizas y otros alimentos básicos para la familia (Ballara *et al.*, 2012) (Figura 2). Ellas, son encargadas también de criar y engordar pequeños animales como aves de corral, cerdos y cabras; si se trata de explotación animal a gran escala, generalmente son responsables del suministro de agua, de la higiene de los establos y de la ordeña (Ballara *et al.*, 2012). Desde su relación directa con las plantas y animales, las mujeres han realizado prácticas agroecológicas, como la polinización, la selección y cruce de semillas, cría de animales, conservación de recursos naturales y gestión de la biodiversidad local, así como el establecimiento de agroecosistemas, como el huerto y la milpa, todo ello en función de sus necesidades, aspiraciones y experiencia, con la finalidad de salvaguardar la salud y asegurar la sobrevivencia de la familia (Cruz-Yáñez, 2016).

Sin embargo, en el actual contexto económico, político y social, las mujeres son discriminadas, realizan más trabajo doméstico no remunerado, reciben menores salarios por el mismo trabajo, son más vulnerables a la inseguridad alimentaria y tienen menor acceso a la tierra, a la tecnología y al apoyo por parte del gobierno, lo que en parte se debe a políticas e instituciones patriarcales capitalistas (Uyttewa, 2015). De acuerdo con Thrupp y Mayorga (2005), el papel de las mujeres en la gestión de la biodiversidad y los recursos biológicos debe ser reconocido, y su participa-



Figura 2. Grupo de mujeres preparando la siembra de hortalizas en la comunidad de Santo Domingo Kesté, Champotón, Campeche.

ción en la toma de decisiones es fundamental para asegurar la óptima administración de los recursos naturales y materiales, y el desarrollo de políticas encaminadas al desarrollo rural sustentable (Iniesta-Arandia *et al.*, 2014); sin embargo, muchos programas y proyectos no han reconocido la contribución de la mujer como productoras y generadoras de ingresos, lo cual puede ser un factor determinante que los ha conducido al fracaso (Thrupp y Mayorga, 2005). Por su parte la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2016) sostiene que la mujer es la pieza clave para resolver problemas como pobreza y desnutrición, ya que ellas son responsables de la alimentación en el hogar; incluso se ha demostrado que cuando las mujeres tienen mayor acceso a servicios y recursos, se incrementa de manera proporcional el bienestar de toda la familia. Si las mujeres tuvieran el mismo acceso que los hombres a los recursos productivos, podrían incrementar sus cosechas entre un 20 y 30 %, lo que supondría un aumento de la producción agrícola total de los países en desarrollo de entre un 2,5 y un 4% (Castaño, 2015) logrando la seguridad alimentaria y nutricional tanto a nivel familiar y nacional, y a la vez, reducir los problemas de hambre y pobreza.

CONCLUSIONES

En México, el papel de la mujer tiene un gran aporte en la subsistencia económica, social y agrícola del país. De esta manera, la mujer ha logrado desarrollar tareas imprescindibles en los agroecosistemas, sin embargo, no en todos los casos estos avances corresponden con las medidas adoptadas ni están dirigidos a la consecución de la igualdad de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres como objetivo fundamental.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo forma parte del proyecto No. 2181 Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria de los productores rurales de Campeche (Cátedras CONACyT) del cual es integrante el primer autor. Se agradece al colegio de Postgraduados campus Campeche por su apoyo.

LITERATURA CITADA

- Altieri M. (1995). El agroecosistema: determinantes, recursos, procesos y sustentabilidad.
- En: Altieri M.A. (Ed.), Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Santiago de Chile: CLADES. Pp: 22-31.
- Ballara, M., Damianović, N. y Valenzuela R. (2012). Mujer, agricultura y seguridad alimentaria: una mirada para el fortalecimiento de las políticas públicas en América Latina. The Heart of the Post-2015 Development Agenda and the Future We Want for All. Global Thematic Consultation. 15p.
- Bertalanffy L. Von. (1986). Teoría general de sistemas. Fundamentos, desarrollo y aplicaciones. México DF: Fondo de Cultura Económica.
- Campillo F. (1994). Género y desarrollo rural: Una relación desigual. Pontificia Universidad Javeriana. Maestría en desarrollo rural e instituto de estudios rurales, memorias del seminario Taller-Internacional: El desarrollo rural en América Latina hacia el siglo XXI, Tomo 1 ponencias. Editorial presencia. Pág. 27. Colombia.
- Casanova L., Martínez J., López S., López G. (2016). De von Bertalanffy a Luhmann: Deconstrucción del concepto "agroecosistema" a través de las generaciones sistémicas. Revista MAD 35: 60-74. doi: 10.5354/0718-0527.2016.42797
- Castaño T. (2015). Las mujeres rurales y la agricultura familiar. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Ministerio de Salud y Protección Social, Comisión Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CISAN). BOLETÍN No. 001/2015. 24p. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/Boletin-01-2015-Mujeres-rurales-agricultura-familiar.pdf>
- Chávez-García E. (2009). Mujer y agroecosistema: el papel del género en el manejo del huerto familiar en una comunidad del Plan Chontalpa, Tabasco, México. Rev. Bras. De Agroecología 4 (2): 4038-4041.
- Chiavenato I. (1997). Introducción a la teoría general de la administración. Bogotá: McGraw Hill.
- Cisneros-Saguilán P., Gallardo-López F., López-Ortiz S., Ruiz-Rosado O., Herrera-Haro J.G. and Hernández-Castro E. (2015). Current epistemological perceptions of sustainability and its application in the study and practice of cattle production: a review. Agroecology and Sustainable Food Systems 39(8): 885-906. <https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1050148>
- Cruz-Yáñez L.A. (2016). El papel de las mujeres en los huertos familiares. Revista Alternativas en psicología, 3: 46-60. <http://www.alternativas.me/attachments/article/134/EI%20papel%20de%20las%20mujeres%20en%20los%20huertos%20familiares.pdf>
- Dorrego-Carlón A. (2015). Construcción de la sostenibilidad en Bolivia: Propuesta agroecológica de las mujeres. En: LEISA: Revista de agroecología, 31(4): 13-15. <http://www.rapaluruaguay.org/organicos/MujeresruralesAgroecologia.pdf>

- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2011). Desnutrición infantil: Causas, consecuencias y estrategias para su prevención y tratamiento. 21p. <https://www.unicef.es/sites/unicef.es/files/Dossierdesnutricion.pdf>
- Fondo de Desarrollo de las Naciones Unidas para la Mujer (UNIFEM). (2011). Mujeres rurales colombianas: Aporte de ingreso económico de las mujeres rurales a sus hogares. FAO, Roma, Italia. 30 p.
- Gallardo L.F., Rodríguez C.M.A., Martínez G.S.E., Chalate M.H. y Cisneros S.P. (2011). Agroecosistema como sistema complejo. *In*: memorias del IV coloquio sobre agroecosistemas y sustentabilidad - San Luis Potosí, México. 8-16.
- García-Guzmán B. (2007). Cambios en la división del trabajo familiar en México. Papeles de población 13, (53): 23-45.
- Gliessman S. (2005). Sin la agroecología no se puede concebir un desarrollo sostenible. *Sustrai*, 71, 4-9.
- González J.A. (2007). Agroecosistemas mexicanos: Pasado y presente. En: Itinerarios. Revista de estudios lingüísticos, literarios, históricos y antropológicos 6: 55-80.
- Guereña A. (2017). Kuña ha yyy. Desigualdad de género en el acceso de a la tierra en Paraguay. Informe de investigación. OXFAM, ONU MUJERES; Asunción, Paraguay. 92p.
- Hart R. (1985). Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Iniesta-Arandia I., Concepción Piñeiro., C. M. and Martín López B. (2014). Women and the conservation of agroecosystems: an experiential analysis in the Río Nacimiento region of Almería (Spain) / Mujeres y conservación de agroecosistemas. Análisis de experiencias en la comarca almeriense del río Nacimiento, *Psychology*, 5:2-3, 214-251. doi: 10.1080/21711976.2014.942516
- Lilienfeld R. (1984). Teoría de sistemas. Orígenes y aplicaciones en ciencias sociales. México DF: Trillas.
- Martínez D.J.P., Casanova-Pérez L. (2018). Agricultural extension in Latin America: Limiting factors. *Agricultural Research & Technology* 14: 1-2. Doi: 10.19080/ARTOAJ.2018.14.555916
- Martínez M.I. y Baeza L.M. (2017). Enfoques de género en el papel de la mujer rural en la agricultura cubana. *Revista Prolegómenos-Derechos y Valores* 20(39): 29-38. doi: <http://dx.doi.org/10.18359/prole.2721>
- Namdar-Irani M., Parada S., y Rodríguez K. (2014). Las mujeres en la agricultura familiar. Capítulo 5. En: FAO (Organización de las Naciones Unidas). 2014. Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de política. Por Salcedo, S., y Guzmán, L., Santiago, Chile. Pp.101-122.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). La alimentación y la agricultura: Claves para la ejecución de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. FAO, Roma, Italia. 32p. <http://www.fao.org/3/a-i5499s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2011). Cerrar la brecha de género en la agricultura. Noticias FAO. <http://www.fao.org/news/story/es/item/52182/icode/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2003). Gender, Key to Sustainability and Food Security. Plan of Action: Gender and Development. FAO, Roma, Italia. 18p. <http://www.fao.org/3/a-y3969e.pdf>
- Thrupp L. & Mayorga, A. (2005). Mujeres y gestión de recursos. <http://www.prodiversitas.bioetica.org/mujergestion.htm>
- Uyttewaal K. (2015). Feminismos y agroecología Un entrelazamiento esencial. En: LEISA: Revista de agroecología, 31(4): 5-7. <http://www.rapaluruaguay.org/organicos/MujeresruralesAgroecologia.pdf>



CHARACTERIZATION OF SOILS CULTIVATED WITH COFFEE (*Coffea* L.) IN SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MEXICO

CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CULTIVADOS CON CAFÉ (*Coffea* L.) EN LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MÉXICO

López-Báez W.^{1*}; Reynoso-Santos R.¹; Camas Gómez R.¹; Santos-Clemente E. C.²

¹Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP. Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, km 3, A. P. Núm. 1, C. P. 29140. Ocozocoautla, Chiapas. Tel: 01 96 86 88 29 11. ²Prestador de servicios profesionales independiente.

*Autor para correspondencia: lopez.walter@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To study the physical and chemical characteristics of soils cultivated with coffee (*Coffea* sp.) in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico.

Design/methodology/approximation: 100 plots were analyzed, in which a composite sample of soil at 0-30 cm was obtained. The determinations of pH, organic matter (MO), interchangeable cations (CIC), texture, phosphorus and micronutrients were analyzed and interpreted according to NOM-021-SEMARNAT-2000.

Results: The pH of 5.7 (± 0.43) indicates a generalized acidity. The average MO was 10.3% (± 5.33). The CIC value was 14.67 (± 7.10) meq/100g and is influenced by the pH ($R^2=0.2843$). 60% of the cases were below the critical limit of 15 mg kg⁻¹ phosphorus. The 18, 14 and 19% of the analyzed sites were located in the classes of low and very low content for Ca, Mg and K respectively. 100, 97 and 81% of the cases presented adequate levels of Fe, Cu and Zn respectively. Boron was deficient in 87% of the cases.

Limitations of the study/implications: It is important to evaluate alternative solutions to the limitations found and to carry out studies of extraction of nutrients by the crop.

Findings/conclusions: The acidity could be limiting the mineralization of the MO and the CIC. In 67, 60 and 87% of the cases there could be a response from coffee to the application of nitrogen, phosphorus and boron. In 22%, 9% and 63% of the cases are required to raise the saturation level of the CIC by Ca, Mg and K respectively, to optimum levels.

Keywords: Services ecosystem, protected natural area, livelihoods



RESUMEN

Objetivo: Estudiar las características físicas y químicas de los suelos cultivados con café (*Coffea* sp.) en la Sierra Madre de Chiapas, México.

Diseño/metodología/aproximación: Se analizaron 100 parcelas, en las cuales se obtuvo una muestra compuesta de suelo a 0-30 cm. Las determinaciones de pH, materia orgánica (MO), cationes intercambiables (CIC), textura, fósforo y micronutrientes se analizaron e interpretaron según la NOM-021-SEMARNAT-2000.

Resultados: El pH de 5.7 (± 0.43) indica una acidez generalizada. El promedio de MO fue de 10.3 % (± 5.33). El valor de CIC fue de 14.67 (± 7.10) meq/100g y es influenciada por el pH ($R^2=0.2843$). El 60% de los casos estuvo por debajo del límite crítico de 15 mg kg⁻¹ de fósforo. El 18, 14 y 19% de los sitios analizados se ubicaron en las clases de bajo y muy bajo contenido para Ca, Mg y K respectivamente. El 100, 97 y 81% de los casos presentaron niveles adecuados de Fe, Cu y Zn respectivamente. El Boro resultó deficiente en 87% de los casos.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Es importante evaluar alternativas de solución a las limitantes encontradas y realizar estudios de extracción de nutrientes por el cultivo.

Hallazgos/conclusiones: La acidez podría estar limitando la mineralización de la MO y la CIC. En el 67, 60 y 87% de los casos podría haber respuesta del café a la aplicación de nitrógeno, fósforo y boro. En el 22%, 9 y 63% de los casos se requiere elevar a niveles óptimos el % de saturación de la CIC por Ca, Mg y K respectivamente.

Palabras claves: Servicios ecosistémicos, área natural protegida, medios de vida

de la roya en los últimos años, han incentivado a los productores a mejorar sus prácticas de manejo, especialmente la fertilización (Castiaux *et al.*, 2014). El objetivo de este estudio fue analizar las principales características físicas y químicas de los suelos cafetaleros como un primer insumo para diseñar un programa de nutrición que coadyuve a mejorar de manera sustentables los niveles de productividad y rentabilidad en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

Los suelos cafetaleros analizados se ubican en las localidades de Toluca, Río Negro, Monte Virgen, Puerto Rico y Vista Alegre, Reforma, Palenque y Nuevo Palenque, todas pertenecientes al municipio de Montecristo de Guerrero (Figura 1. Ubicación de las localidades estudiadas (Elaboración propia, 2018) y ubicadas dentro del polígono de la REBITRI. La precipitación oscila entre 2,300-2,600 mm anuales en altitudes de entre 1000 a 2600 m (Palacios, 2012). El café es el principal medio de vida de la población y representa más del 95% del ingreso familiar. De acuerdo a la información edafológica de la serie II, 1: 250,000 (INEGI, 2006), en el área predominan los suelos clasificados como Leptosoles del tipo mólico (producto de material calcáreo meteorizado), caracterizados por ser muy someros sobre roca continua y extremadamente gravillosos y/o pedregosos con menos de 20% (en volumen) de tierra fina y con alta susceptibilidad a la erosión (FAO, 2014).

Toma de muestras

En 100 parcelas de café se analizaron los suelos a una profundidad de 0-30 cm, estrato en el que se

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea* sp.) en Chiapas, México, es un cultivo muy importante en términos económicos, sociales, culturales y ambientales. Se cultiva en 83 de los 118 municipios de la entidad con alrededor de 186 mil productores en una superficie de 260,129.43 ha y una producción de 402,099.78 t de café cereza (SAGARPA, 2014). Con aproximadamente 12,000 ha, es la principal actividad económica dentro del polígono de la Reserva de la Biósfera El Triunfo (REBITRI) ubicada en la Sierra Madre de Chiapas en donde representa la principal fuente de ingresos de la población y también la principal amenaza de la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a esta área natural protegida (López *et al.*, 2011).

El café dentro de la REBITRI se cultiva en pequeñas áreas (80% de los productores tienen superficies menores a 2 ha) con pendientes mayores de 30 grados. Las plantaciones se caracterizan por edad avanzada, variedades susceptibles al ataque de roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome), pocas prácticas de manejo y rendimientos bajos y variables con una media de 12 Qq ha⁻¹ (± 7.7) y totalmente dependientes de la fertilidad natural complementada con la humificación y mineralización de la materia orgánica de la hojarasca proveniente de las mismas plantas de café y árboles de sombra. La minoría de productores que fertilizan, carecen de sustento técnico para determinar los nutrientes, cantidades, épocas y las fuentes adecuadas. Los daños severos

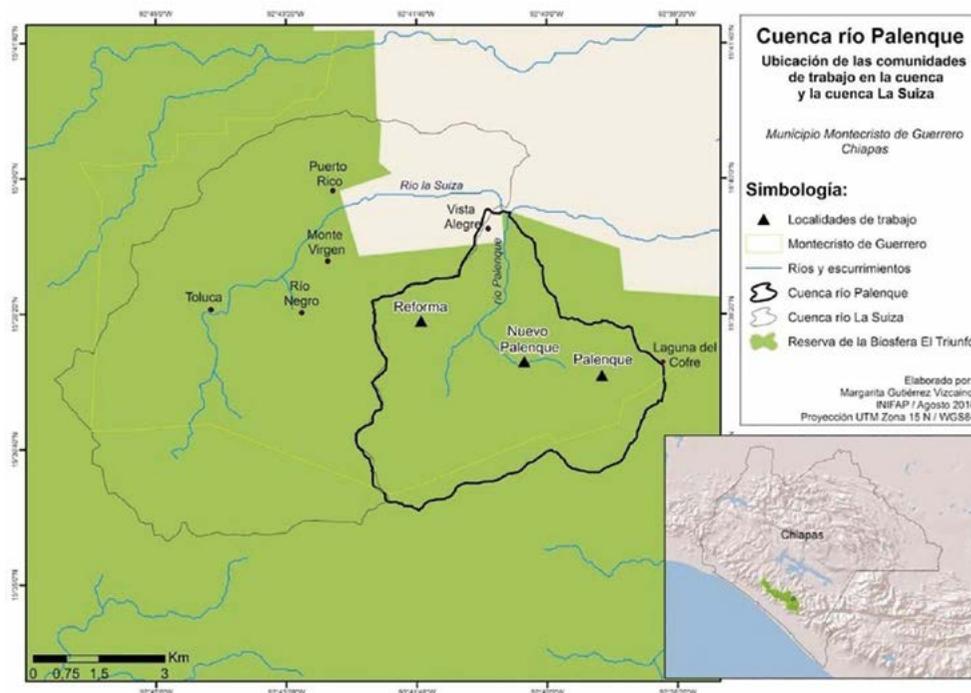


Figura 1. Ubicación de las localidades estudiadas (Elaboración propia, 2018).

encuentra el 86% de las raíces absorbentes de la especie (Carvajal et al., 1969). En cada predio se obtuvo una muestra compuesta de suelo a partir de la mezcla de cinco submuestras.

Métodos analíticos

Se determinaron de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT 2000 (DOF, 2002), las siguientes propiedades: % de arena, limo y arcilla (Bouyoucus), pH en agua (1:2), % de materia orgánica y carbono total (Walkley-Black), P Bray (colorimetría Olsen), capacidad relativa de fijación de fósforo (P) (saturación del suelo con 24 mg P 100 ml⁻¹, colorimetría con amarillo de vanadato), K, Ca, Na, Mg (NH₄OAc 1 N pH 7) y acidez intercambiable (Volumetría-KCl 1N) en cmoles+Kg⁻¹ y micronutrientes B, Zn, Mn, Cu y Fe en mg kg⁻¹ por DTPA. La interpretación de las propiedades de los suelos de manera general se realizó de acuerdo a lo señalado a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002) y en específico para el café en IPNI (1990), Bertsch (1998) y Valencia (1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 presenta un resumen de las estadísticas básicas de cada una de las variables analizadas. Se observa que el pH y componentes de la textura del suelo son las determinaciones que presentaron menor variabilidad entre los suelos estudiados; por el contrario, el contenido de P, Na, Zn, Al³⁺ e H⁺ presentaron alta

variabilidad entre sitios con coeficientes de variación superiores al 100%.

Acidez del suelo

El valor promedio de pH fue 5.7 (±0.43) con un valor mínimo de 4.4 y un máximo de 6.8. El bajo coeficiente de variación indica una acidez generalizada en los suelos. En el 16% de los casos el pH fue inferior a 5.3, considerado como idóneo para la presencia de Al³⁺ en la solución del suelo (Espinosa y Molina, 1999). De acuerdo a NOM-021-SEMARNAT-2000, el 99% de los sitios presentan problemas de acidez, y de éstos, 8% fueron fuertemente ácidos

con valores inferiores a 5.0, y el 91% como moderadamente ácidos.

Los suelos ácidos, especialmente cuando el pH es menor de 5.3, pueden presentar problemas de infertilidad debido a toxicidad por Al³⁺, manganeso, y deficiencia de Ca⁺² o Mg⁺² (Espinosa y Molina, 1999). Según Molina (1988), el mejor criterio para diagnosticar problemas de acidez es el porcentaje del complejo de intercambio catiónico que está ocupado por Al³⁺ e H⁺. Aunque cada cultivo tiene su grado de tolerancia, generalmente ningún cultivo soporta más de 60% y el valor deseable para la mayoría de plantas oscila entre 10 y 25%. Aunque 61% de las parcelas presentaron acidez intercambiable, el porcentaje promedio de saturación de la CIC sólo fue 6.39% (±9.9) y; sólo en cinco de ellas la saturación de Al³⁺ superó el 25%, considerado como el límite crítico para el cultivo de café (Espinosa y Molina, 1999) y (Bertsch, 1998). El bajo valor de saturación indica que la principal causa de la acidez es el H⁺ en la solución del suelo producto de la descomposición de la MO.

Valencia (1998), señala que si la fuente de la acidez es solamente el H⁺ en la solución del suelo, las plantas de café pueden crecer normalmente en pH relativamente bajos entre 3.5 y 4.0. Sin embargo, aunque los iones H⁺ sólo son tóxicos para las plantas en concentraciones extremadamente altas, hay que tener presente el efecto negativo debido a la influencia del pH ácido en

Cuadro 1. Estadísticas básicas de las determinaciones realizadas en los suelos.

Determinación	Casos	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv. Est.	Coefficiente de variación (%)
Ph	100	5.7	4.4	6.8	0.43	7.45
Materia Orgánica (%)	100	10.30	2.61	23.19	5.33	51.77
P Bray (mg kg ⁻¹)	100	20.00	0.00	140.60	23.36	116.80
K (meq/100 g)	100	0.58	0.11	1.80	0.31	53.11
Ca (meq/100 g)	100	11.34	1.71	38.79	6.46	57.01
Mg (meq/100 g)	100	2.40	0.28	6.66	1.18	49.37
Na (meq/100 g)	100	0.09	-0.03	0.99	0.13	144.51
Fe (mg kg ⁻¹)	100	68.39	10.72	230.55	37.62	55.01
Cu (mg kg ⁻¹)	100	0.98	0.07	3.63	0.65	66.69
Zn (mg kg ⁻¹)	100	2.85	0.10	20.30	3.34	117.12
Mn (mg kg ⁻¹)	100	42.70	42.70	211.00	39.70	92.96
B (mg kg ⁻¹)	100	0.46	0.00	1.50	0.29	61.91
Arena (%)	71	41.22	12.88	72.52	11.11	26.95
Limo (%)	71	29.23	9.28	45.08	5.82	19.90
Arcilla (%)	71	29.53	13.12	54.40	7.74	26.22
Acidez Interc. (meq/100 g)	100	0.26	0.00	2.33	0.44	168.04
Al interc. (meq/100 g)	44	0.19	0.00	1.32	0.25	130.24
H interc. (meq/100 g)	44	0.15	0.00	1.01	0.23	149.08
CIC (meq/100 g)	100	14.67	4.11	46.97	7.10	48.42
Retención de fosforo (t ha ⁻¹)	93	8.56	0.00	17.20	3.63	42.40

la disponibilidad de los nutrientes minerales y actividad microbiana en el suelo (Anzorena, 1995) y (López *et al.*, 2018).

Materia orgánica

El contenido promedio de materia orgánica (MO) fue de 10.30 (±5.33). De acuerdo a los criterios de la NOM-021-SEMARNAT-2000 y considerando que los suelos del área son de origen volcánico (DOF, 2016), sólo el 22% de los sitios se ubican en las clases bajo y muy bajo con contenido inferiores a 4%, mientras que 44% se ubicó en las clases medio (6.1-10.9 %), el 13% en alto (11-16 %) y el 21% en muy alto (>16%). En las parcelas con contenidos medios y altos de MO, la acidez podría estar limitando el desarrollo de las bacterias y abatiendo el proceso de mineralización (Noriega *et al.*, 2014). En particular para el cultivo de café se esperaría una respuesta a la aplicación de nitrógeno en el 67% de las parcelas que presentan menos de 11.4% de MO considerado valor mínimo para este cultivo (Valencia, 1998). La MO proviene de la hojarasca del cultivo de café y los árboles de sombra en cantidades estimadas de 1 kg planta⁻¹ de café y de 1.5 kg árbol⁻¹ de los árboles de sombra (Farfán y Urrego, 2007).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC)

El valor promedio de la CIC en los 100 sitios analizados fue de 14.67 (±7.10) meq/100g, con una variabilidad 48.42%. De acuerdo a los criterios de la NOM-021-SEMARNAT-2000, el 57% de los sitios se ubicó en las categorías de bajo y muy bajo con valores menores a 15 meq/100 g, el 39% en la categoría media (15-25 meq/100 g), 3% en el alta (25-40 meq/100 g) y 1% en la de muy alta (>40 meq/100 g).

Debido a que la CIC es uno de los parámetros más importante de la fertilidad del suelo debido a su papel como almacén de K, Mg y Ca fácilmente disponibles, pero protegidos contra el proceso de lixiviación (Chavez, 2012; Benzing, 2001; Arcila y Farfán, 2010), se deduce que los sitios con baja y muy baja CIC tienen limitaciones para retener e intercambiar cationes (Foth y Ellis (1996).

Se observó que el pH (R²=0.2843) es la variable que tiene mayor influencia sobre la CIC en comparación con el contenido de arcilla (R²=0.1022) y de MO (R²=0.00001).

Conforme aumenta el pH se generan nuevas cargas negativas en el complejo de cambio y es reportada por

Anzorena (1995) y Benzing (2001), como CIC variable, la cual es más común en la CIC proveniente de la MO, que, en los suelos minerales con bajo contenido de MO, en donde la influencia del pH sobre la CIC es mínima. El 53.5% (n=38) de los sitios analizados se ubican en el rango de MO entre 6.1-10.9% y de arcilla entre 25-35%, en los cuales la CIC oscila entre 15.3-16.4 meq/100g.

El contenido de Fósforo (P)

El promedio general fue de 20 mg kg⁻¹ (±23.36), con un coeficiente de variación de 51.77%. Considerado los criterios de NOM-021-SEMARNAT-2000 e International Plant Nutrition Institute (2017), en el 60% de los casos se podría esperar respuesta a la aplicación de fertilizante fosfatado al presentar contenidos inferiores del límite crítico de 15 mg kg⁻¹; el 40% restante presentó niveles medios (15-30 mg kg⁻¹) y altos de P (>30 mg kg⁻¹). Se observó que el contenido de MO (R²=0.586) tiene una marcada influencia sobre la retención del fósforo en el suelo y en una menor proporción la acidez intercambiable (R²=0.3055) y el pH (R²=0.1224); la influencia de estos factores ha sido reconocida desde hace tiempo por Sanguino (1961).

Los cationes básicos

El Cuadro 1 presenta las estadísticas de los cationes básicos en donde resalta la alta variabilidad de los contenidos entre los suelos analizados, con coeficientes de variación de 57, 53, 49 y 144% para el Ca, K, Mg y Na. De acuerdo a los criterios de la NOM-021-SEMARNAT-2000, sólo el 18, 14 y 19% de los sitios analizados se ubicaron en las clases de bajo y muy bajo contenido para Ca, Mg y K respectivamente. Considerando los criterios del IPNI (1990) y Valencia (1998), 19% de los sitios presentaron un porcentaje óptimo de saturación de la CIC por Ca con valores entre 65-75% y el 59% superiores a 65%. Esta alta saturación de la CIC por Ca tiene una marcada influencia en la baja presencia de iones H y Al en los coloides del suelo, y mayor presencia de cationes metálicos (FAO, 2014). Sólo en 22% de los casos se requiere la aplicación de cal agrícola para elevar a 65% la participación del Ca en la CIC. De igual manera en el 9 y 63% de los casos se requieren tratamientos para elevar a niveles óptimos el % de saturación del Mg y K respectivamente. De acuerdo a Chávez (2012), las relaciones catiónicas es otro criterio de apoyo en la interpretación de análisis de suelos, particularmente entre las bases. En este contexto y con base a los criterios sugeridos por Bertsch (1998) se realizó un análisis de las proporciones entre las bases intercambiables:

- La relación Ca/Mg se encuentra en óptimas condiciones en el 71% de los casos con valores entre 2 y 6. En un 25% de los sitios el valor de la relación es mayor que 6, resaltando el alto contenido de Ca.
- En la relación Ca/K, el 61% de los sitios son superiores al rango óptimo (10-15), debido al alto contenido de Ca que está ocupando la mayoría de cargas en la CIC.
- En la relación Mg/K, el 72% de los casos es superior al rango óptimo (2-3), resaltando el bajo porcentaje de saturación de la CIC por el K.
- Con respecto a la relación Ca+Mg/K, en el 41% de los sitios el valor es mayor al óptimo (20-30).

Los micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn y Zn)

El 100, 97 y 81% de los casos presentaron niveles adecuados de Fe (>4.5 mg kg⁻¹), Cu (>0.2 mg kg⁻¹) y Zn (>1.0 mg kg⁻¹) respectivamente. El Zinc se registró deficiente en 19% de los casos. Sin embargo, el micronutriente en mayor deficiencia fue el Boro, ya que el 87% de los casos analizados, se ubicaron en las categorías de bajo contenido con valores menores a 0.79 mg kg⁻¹, inclusive, en el 43% de los sitios el valor fue menor a los 0.39 mg kg⁻¹. La deficiencia de B en los suelos en gran parte puede ser debida a la formación de los suelos sobre rocas ígneas y lixiviación por la lluvia especialmente en suelos ácidos y de textura gruesa (Violic, 2001). La deficiencia de B provoca en las plantas de café la presencia de entrenudos cortos, hojas pecunias y deformadas, muerte de las yemas terminales y súper brotación (IPNI, 2012).

CONCLUSIONES

Aunque los suelos presentan una acidez generalizada, sólo en cinco casos el % de saturación de la CIC por Al superó el límite crítico de 25% establecido para el cultivo de café, evidenciando que la principal causa de acidez es el H⁺ de cambio en la solución del suelo producto de la descomposición de la MO. En las parcelas con contenidos elevados de MO, las condiciones de acidez podrían estar restringiendo el proceso de mineralización. Es posible que el cultivo de café responda a la aplicación de nitrógeno en el 67% de las parcelas que presentan contenidos menores a 11.4% de MO considerado valor mínimo para este cultivo. En el 60% de los casos se podría esperar respuesta a la aplicación de fertilizante fosfatado al presentar contenidos por debajo del límite crítico de 15 mg kg⁻¹. La baja capacidad para retener nutrientes en alrededor del 50% de los sitios podría estar influenciada por la acidez presente en el suelo. En el 22%, 9 y 63% de los casos se

requieren tratamientos para elevar a niveles óptimos el % de saturación de la CIC por Ca, Mg y K respectivamente. El exceso de Ca en 59% de los sitios podría estar limitando la relación con los cationes K y Mg. El micronutriente más deficiente en 87% de los casos fue el Boro.

LITERATURA CITADA

- Arcila P. J., Farfán, V. F. 2010. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en la producción de la finca. En Sistema de producción de café en Colombia. Capítulo 9. Pp. 202-232.
- Benzing, A. 2001. Agricultura orgánica. Fundamentos para la región Andina. Neckar-Verlag. Villingen-Schwenningen. Alemania. 682 p.
- Bertsch. F. 1998. Potasio, calcio y magnesio en el sistema suelo-café. Curso regional sobre nutrición mineral del café. San José Costa Rica. Programa Cooperativo para la Producción y Modernización de la Cafeticultura (PROMECAFE). Pp. 83-88.
- Castiaux M., Crossman K., Jurjonas M., Mondragón R. L. 2014. Diagnóstico participativo para la planeación de la producción de café en la microcuenca la Suiza de Chiapas, México. Resumen Ejecutivo. 26 p.
- Foth D. N., Ellis B. G. 1996. Soil Fertility. Second edition. CRC Press LLC. 282 p.
- IPNI 1990. Manual de fertilidad de suelo: porcentaje de saturación de bases intercambiables. The postash and phosphate institute. Pp12.
- López B. W., Salinas C. E., Santos R. R. 2011. Conectividad hídrica entre municipios, cuencas y Reserva de la Biósfera El Triunfo. Potencial para la creación de un mercado local de agua. Libro Técnico No. 10. Campo Experimental Centro Chiapas, INIFAP. 80 p.
- Molina, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo, ACCS, San José, Costa Rica. 45 p.
- Palacios, B. 2012. Análisis participativo de la oferta, amenazas y estrategias de conservación de los servicios ecosistémicos (SE) en áreas prioritarias de la subcuenca "La Suiza"-Chiapas México. Tesis de Maestría en Ciencias. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 118 p.
- Farfán V. F., Urrego J. B. 2007. Descomposición de la hojarasca y liberación de nutrientes de *Coffea arabica*, *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis*, en sistemas agroforestales con café. CENICAFE 58(1):20-39.
- Carvajal, J. F.; Acevedo, A. and López, C. A. 1969. Nutrient uptake by the coffee tree during a yearly cycle. Turrialba. 19 (1):13-20.
- Anzorena M. N. 1995. El suelo en la agricultura y el medio ambiente. Fertilidad del suelo: acidez y complejo de cambio. Revista Sustrai, 36 (1er. Trimestre): 40-44.
- Chavez S. M. 2012. Relaciones catiónicas y su importancia para la agricultura. Revista Ventana Lechera. 18:11-20
- Espinosa J., Molina E. 1999. La acidez y encalado de suelos. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ecuador. 42 p.
- López B. W., Urbina H. L., Reynoso S. R., Martínez S. J. 2018. Efecto del encalado en suelo ácido cultivado con café (*Coffea arabica* L.) en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México. Agroproduktiv. Vol. 11. No. 4. Pp. 55-60.
- Noriega A. G., Cárcamo R. B, Gómez C. M. A., Schwentesius R. R., Cruz H. S., Leyva B. J., García de la R. E., López R. U. I y Martínez Hernández1 2014. Intensificación de la producción en la agricultura orgánica: caso café. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.5 Núm.1 1 de enero - 14 de febrero, 2014. Pp. 163-169.
- Sanguino S. E. 1961. Influencia del pH sobre la fijación de Fósforo y su relación con la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada. Acta Agronómica. Vol. XI. No. 3 y 4. Julio-diciembre de 1961. Pp. 187-209.
- International Plant Nutrition Institute. 2017. Características del suelo y sus Interpretaciones. En: [Http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/\\$webindex/article=69FC4C5285256E1B001455BC6500B0](http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/article=69FC4C5285256E1B001455BC6500B0). Instituto Internacional de Nutrición de las Plantas.
- SAGARPA. 2014. Servicio de información agroalimentaria y pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. En: <http://www.siap.gob.mx/>
- FAO 2014. Propiedades del suelo. Propiedades químicas. Consultado el 7/11/2018 en <http://fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-químicas/es/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2006. Edafología; conjunto de datos vectorial edafológica escala 1:2500 serie II. Disponible en http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/edafologia/vectorial_serieii.aspx
- Violic A. D. 2001. Manejo integrado del Cultivo. En el maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. FAO. Roma. Consultado el 01/11/2017 en: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s00.htm#toc>
- DOF. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación del 31/12/2002. En: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&. Consultado el 06/11/2017.
- DOF. 2016. Resultado de los Estudios Técnicos de Aguas Nacionales Subterráneas del Acuífero Frailesca, clave 0706, en el Estado de Chiapas, Región Hidrológico-Administrativa Frontera sur. Diario Oficial de la Federación del 27/04/2016. En: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5434780&. Consultado el 27/04/2018
- IPNI. 2012. Nutri-verdades. Información agronómica sobre nutrientes para los cultivos. Consultado el 7/11/2018 en: <http://nla.ipni.net/article/NLA-3009>

DISTRIBUTION OF *Crocodylus moreletii* Dumeril & Bibron IN TAMAULIPAS, MEXICO

DISTRIBUCIÓN DE *Crocodylus moreletii* Dumeril & Bibron EN TAMAULIPAS, MÉXICO

Cedillo-Leal, C.N.¹; Requena-Lara, G.²; Martínez-González, J.C.³; Vázquez-Loya, D.A.³; Cienfuegos-Rivas, E.G.^{3*}

¹Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas A.C., División de Estudios de Posgrado e Investigación. Tampico, Tamaulipas, México. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Instituto de Ecología Aplicada, México. ³Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, División de Estudios de Posgrado e Investigación, México.

*Autor de correspondencia: ecienfue@docentes.uat.edu.mx

ABSTRACT

Objective: Determine and evaluate the current status of the swamp crocodile in the state of Tamaulipas, Mexico.

Design/methodology/approach: Maps of spatial distribution were made as a contribution to the management and conservation plans of crocodile. Hundred and twenty-three documents were reviewed, and 41 were selected (nine books, 12 scientific articles, three theses, five official pages, four project reports and eight documents from specialist groups). Field visits were carried out with the support of the fire department and civil protection to monitor the population of crocodiles in the area. Geo-referenced maps were prepared with the documented records and sightings in the distribution area.

Results: It was found that *C. moreletii* has expanded its distribution to the north of the State and in the south region there are sightings in 14 new bodies of water where they had not been reported. The above could be an indicator that the crocodile population is recovering, and conservation plans should be proposed before the conflict with the human population has a negative effect on this species so important for aquatic ecosystems.

Limitations on study/implications: In the State of Tamaulipas there is not enough information about the presence and location of crocodiles in the different bodies of water in the region. The capture of animals is difficult due to the proximity to the human population and due to the insecurity prevailing in the region.

Findings/conclusions: The crocodile population is expanding to bodies of water where they were not documented within the registered distribution for this species.

Keywords: Crocodile, swamp, conservation, reptile.

RESUMEN

Objetivo: Determinar y evaluar el estado actual del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii* Duméril & Bibron) en Tamaulipas, México.



Diseño/metodología/aproximación: Se hicieron mapas de distribución espacial como contribución a los planes de manejo y conservación del cocodrilo. Se revisaron 123 documentos y se seleccionaron 41 (nueve libros, doce artículos científicos, tres tesis, cinco páginas oficiales, cuatro informes de proyectos y ocho documentos de grupos de especialistas). Se realizaron visitas de campo con el apoyo del cuerpo de bomberos y protección civil para monitoreo de la población de cocodrilos en la zona. Se elaboraron mapas georeferenciados con los registros documentados y los avistamientos en la zona de distribución.

Resultados: Se encontró que *C. moreletii* ha expandido su distribución al norte del estado y en la región sur hay avistamientos en 14 nuevos cuerpos de agua donde no se habían reportado. Lo anterior indica que la población de cocodrilos se está recuperando, y los planes de conservación deben proponerse antes de que el conflicto con la población humana tenga un efecto negativo en esta especie, tan importante para los ecosistemas acuáticos.

Limitaciones del estudio/implicaciones: En el estado de Tamaulipas no existe información suficiente sobre la presencia y ubicación de estos cocodrilos en los diferentes cuerpos de agua de la región. La captura de animales es difícil debido a la proximidad a la población humana y debido a la inseguridad que prevalece en la región.

Hallazgos/conclusiones: La población de cocodrilo se está expandiendo a cuerpos de agua donde no se tenían documentados dentro de la distribución registrada para esta especie.

Palabras clave: Cocodrilo, pantano, conservación, reptil.

INTRODUCCIÓN

El cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii* Dumeril & Bibron) se distribuye sobre la vertiente del Golfo de México y el Caribe hasta Guatemala y Belice (Platt y Thorbjarnarson, 2000; Álvarez del Toro y Sigler, 2001). En México su distribución abarca desde Tamaulipas hasta Quintana Roo (Hinojosa, 2003) y humedales interiores de San Luis Potosí y norte de Chiapas (Cifuentes y Cupul, 2004). Esta especie fue cazada indiscriminadamente desde 1930 a 1970, por lo que se declaró una veda estatal en 1954 y posteriormente en 1970 el gobierno mexicano decretó una veda nacional (SEMARNAP, 1999). En la NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT (NOM, 2010) está sujeta a protección especial (Pr) y catalogada bajo protección especial; en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) es clasificada en Menor Riesgo/Dependiente de Conservación (LR/cd) y en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres con cupo nulo para los especímenes silvestres (CITES, 2015). El Estado de Tamaulipas es la distribución más norteña de la especie

para México y para toda su distribución (Domínguez, 2005; Platt et al., 2010; IUCN, 2012; Muñiz y López-Segurajáuregui, 2018) (Figura 1).

Aun cuando se cuenta con registros de poblaciones de *C. moreletii*, desde la década de 1860 (Bocourt, 1869), la población de cocodrilos de Tamaulipas es una de las menos estudiadas (Platt et al., 2010). La mayoría de los registros son solo reportes de avistamientos, capturas ocasionales y algunos sobre estudios poblacionales que en su mayoría no han sido difundidos científicamente, por lo que se desconoce con precisión la situación poblacional del *C. moreletii* en el Estado. Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue realizar un análisis de la información científica con el fin de determinar y evaluar el estado actual del cocodrilo de pantano en Tamaulipas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Registros Históricos de

C. moreletii en Tamaulipas

La especie *C. moreletii* recibió su nombre en homenaje al naturalista francés P.M.A. Morelet (1809-1892), quien describió científicamente a la especie de un ejemplar recolectado

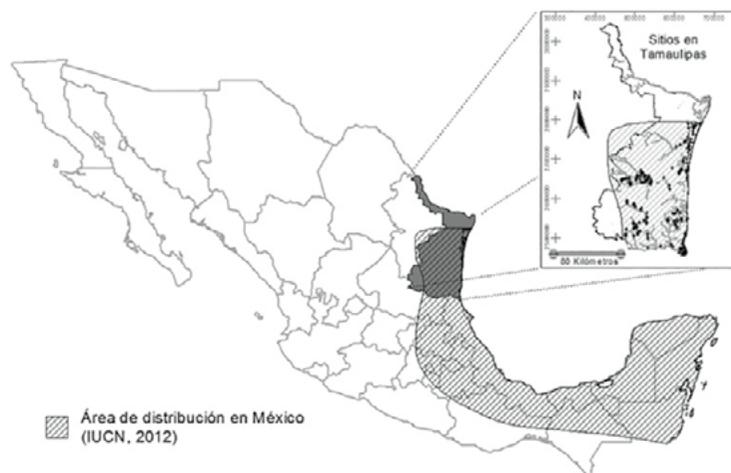


Figura 1. Mapa de distribución de *Crocodylus moreletii* en México (Adaptado de, IUCN (2012).

en el Lago Itzá en los bosques de Peten de Guatemala en 1850 (Morelet, 1871). Posteriormente, Duméril y Duméril (1851) y Duméril y Bibron (1851) describen a *C. moreletii* por primera vez en México de un ejemplar capturado en el lago Flores en Yucatán (Ross, 1987). Años más tarde y en forma independiente, Bocourt (1869) publicó la descripción de dos ejemplares de cocodrilo recolectados en Tampico Tamaulipas, el primero donado por el Sr. M. Montluc (2.03 m) y el segundo por un donador anónimo (0.79 m) llamándolos *Crocodylus mexicanus*; registro que fue modificado a *C. moreletii* hasta el siglo XX por Ross y Ross (1987). Desde Bocourt (1869) no hubo estudios del cocodrilo de pantano en Tamaulipas, sino hasta 1910, que el gobierno del Estado hace un listado faunístico de vertebrados e invertebrados silvestres e introducidos de Tamaulipas, donde se incluye al *C. moreletii* (Argüelles, 1910). Ese año hubo confusión sobre si esta especie era *C. acutus* o *C. rhombifer* como lo indicaron Platt et al. (2010). Posteriormente, Schmidt (1924) describió un ejemplar juvenil de cocodrilo depositado en el Field Museum of Natural History de Chicago que fue recolectado en 1903 por S.E. Meek al noreste de Tampico, considerando en ese momento a ese lugar como la distribución más norteña para cocodrilos en el Golfo de México; este autor tenía dudas sobre si era *C. acutus* o *C. moreletii* pero años después este ejemplar fue catalogado como *C. moreletii* por Dunklen (1935) basándose en la descripción hecha por Duméril y Bibron (1851).

En la década de los años cincuenta, Smith y Taylor (1950) reportaron la presencia de *C. mexicanus* en Tampico Tamaulipas, al utilizar la descripción hecha por Bocourt (1859). Posteriormente, Martin (1958) reportó ejemplares de *C. moreletii* en el Río Frio en el municipio de Gómez Farías, y Baker y Weeb (1966) en el Río Soto la Marina, lo cual amplió su distribución hacia el norte del estado. En la década de los años setenta, Powell (1973) reportó (aun cuando no registró ningún avistamiento), que pobladores locales afirmaron que existía una población de esta especie en el Río Soto la Marina; y habitantes de mayor edad indicaron que en 1930 había cocodrilos en abundancia en cuerpos de agua de los municipios de Padilla y Abasolo. Este mismo año, Guzmán (1973) registró una población de *C. moreletii* en el Río Purificación la cual se consideró la distribución más norteña en esa época. Después de 25 años de no generarse ningún reporte o información sobre *C. moreletii* en Tamaulipas se publicó el libro "Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Crocodylia en México" (SEMARNAP, 1999), donde se hizo mención del escaso conocimiento de las poblaciones silvestres de *C. moreletii* en el Estado y en su zona de distribución a lo

largo del Golfo de México (Platt et al., 2010) (Figura 2).

Registros recientes de *Crocodylus moreletii*

El primer trabajo del siglo XXI fue realizado por Hinojosa y Lavín (2001a; 2001b) quienes realizaron una recopilación sobre la distribución de poblaciones silvestres de *C. moreletii* en 14 municipios de Tamaulipas, y determinaron su límite más norteño en la Laguna Madre en el Municipio de San Fernando. Posteriormente en el año 2002, se tuvo

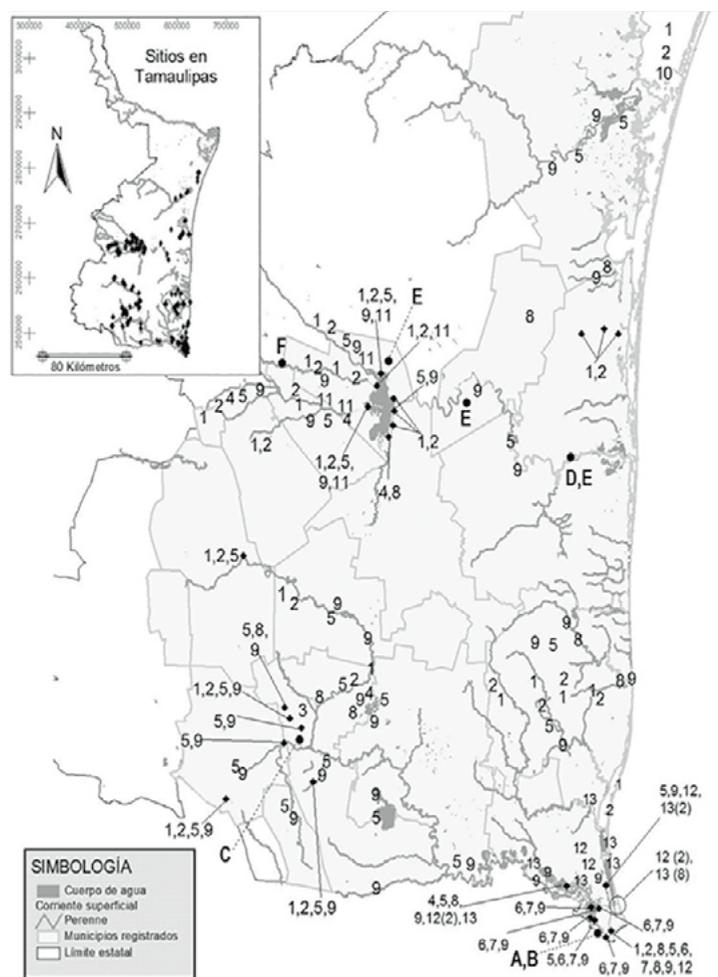


Figura 2. Mapa de registros históricos (letras) y registros recientes (números) de *Crocodylus moreletii* en el estado de Tamaulipas. Autores de registros históricos: A) Bocourt (1869), B) Schmidth (1924) y Dunklen (1935), C) Martin (1958), D) Baker y Weeb (1966), E) Powell (1973), F) Guzmán (1973). Autores de registros recientes: 1) Hinojosa y Lavín (2001a), 2) Hinojosa y Lavín (2001b), 3) Hinojosa (2002), 4) Sigler et al. (2002), 5) Hinojosa (2003), 6) Proyecto Tampico (2004), 7) Carrera (2004), 8) Domínguez (2005), 9) Carrera e Hinojosa (2006), 10) Salatino (2010), 11) Villegas y Reynoso (2013), 12) Nuevos registros.

el primer documento científico publicado sobre *C. moreletii* para Tamaulipas (Sigler *et al.*, 2002), donde se hace referencia a los datos del proyecto CO-PAN y registran la presencia de esta especie en los canales de riego del Río Frio en Gómez Farías (Hinojosa, 2002).

En el 2003, se reportó la presencia de *C. moreletii* en 16 municipios más (Hinojosa, 2003), y en el 2006 se dio un listado de 17 municipios similares al listado del 2003, agregando al municipio de Abasolo (Carrera e Hinojosa, 2006), y en cuyo listado se menciona que la Laguna del Chairel en Tampico era la distribución más sureña para Tamaulipas, y la Laguna Madre de San Fernando la más norteña para la especie.

En la zona sur, se hicieron reportes sobre el Sistema Lagunario Pánuco-Tamesí en el municipio de Tampico abarcando diferentes lagunas (Carrera, 2004; Gobierno Municipal Tampico, 2004). En el 2007 se concluyó que aun cuando la distribución más norteña de *C. moreletii* fue San Fernando, se tienen avistamientos no comprobados de *C. moreletii* más al norte (Sigler *et al.*, 2007). Posteriormente se registró *C. moreletii* en los ríos Purificación, Corona y Pilón y sus desembocaduras en la Presa Vicente Guerrero (Salatino, 2010).

El estudio más reciente sobre *C. moreletii* para Tamaulipas fue el realizado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad en el proyecto denominado "Programa de monitoreo del Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*) México-Belice-Guatemala", del año 2011 al 2015, donde se observó una recuperación en la población a nivel nacional (Sánchez-Herrera *et al.*, 2011). Sin embargo, Tamaulipas siguió representando un hueco en la información debido a la falta de monitoreos en la mayor parte del estado por cuestiones de seguridad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde el año 2012 al 2017 se trabajó con autoridades de protección civil y bomberos de Tampico, Cd. Madero y Altamira, y se registraron capturas de ejemplares de *C. moreletii* en las cercanías o dentro de lagunas ya conocidas con poblaciones de esta especie (Laguna del Carpintero y del Chairel); además, se identificaron nuevas lagunas que, aunque están dentro de la distribución reportada (IUCN, 2012) no se tenían registros oficiales de esta especie. Se contabilizaron 14 lagunas con nuevos registros (Figura 3) las cuales pertenecen a los municipios de Aldama (1), Ciudad. Madero (6) y Altamira (7). En

Aldama se identificó la Laguna San Andrés, en Ciudad. Madero las lagunas la Ilusión, el Chipus, Contadero, de los Patos, 15 de mayo y Las Malvinas. En Altamira se identificaron las lagunas: de la Puerta, El Chango, El Sauz, Medrano, San Javier, Las Marismas, así como, el Río Barberena. Además de diversos avistamientos y capturas de ejemplares de todas las tallas en canales fluviales a cielo abierto pertenecientes a los tres municipios de la zona conurbada.

Una de las grandes dificultades para plantear Programas de conservación y estrategias de aprovechamiento del *C. moreletii* es conocer el estado actual de la población de esta especie (García-Grajales y López-Luna, 2010; Platt *et al.*, 2010), el potencial de distribución (Sigler y Gallegos, 2017; Muñiz y López-Segurajáuregui, 2018) y el impacto que se tiene por la interacción hu-

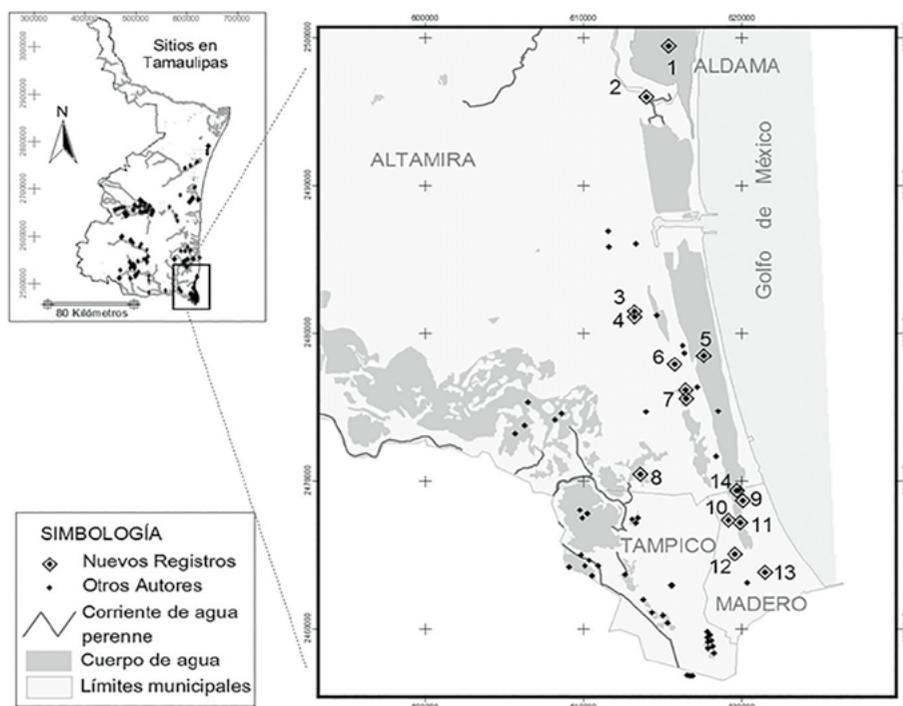


Figura 3. Mapa de nuevos registros de poblaciones de *Crocodylus moreletii* en la zona sur de Tamaulipas. Municipio de Aldama: 1) Laguna San Andrés; municipio de Altamira: 2) Río Barberena, 3) Laguna San Javier, 4) Laguna Medrano, 5) Las Marismas 6) Laguna El Sauz, 7) Laguna El Chango, 8) Laguna de la Puerta; y municipio de Ciudad Madero: 9) Ejido Contadero, 10) Laguna 15 de mayo, 11) Laguna El Chipus, 12) Laguna La Ilusión, 13) Laguna de los Patos y 14) Las Malvinas.

mano-cocodrilo (García-Grajales, 2013). Lo anterior es muy importante, porque esta especie tiene preferencia por hábitats de agua fresca como marismas, estanques y lagunas los cuales son abundantes en Tamaulipas (INEGI, 2017). En la Laguna del Carpintero, donde se tiene la mayoría de los avistamientos, se ha observado que los juveniles tienen preferencia por hábitats con vegetación acuática y los adultos por las zonas de manglares (Villegas y Reynoso, 2013). Esto y la cercanía del cocodrilo con la mancha urbana resalta la necesidad de más investigación sobre esta especie (Sánchez-Herrera et al., 2011), por el desconocimiento que se tiene sobre los beneficios económicos y ecológicos en zonas costeras, donde la cercanía del hábitat del cocodrilo y las actividades antropogénicas es estrecha (Escobedo, 2004).

CONCLUSIONES

Aunque existen algunos reportes, informes y estudios sobre poblaciones y ejemplares de *C. moreletii*, es necesario realizar un estudio poblacional para corroborar algunos reportes de personas que comentan la existencia de poblaciones de cocodrilos en cuerpos de agua cercanos a ejidos, comunidades y poblaciones en Tamaulipas. El incremento de la zona de distribución y la recuperación de las poblaciones tamaulipecas de esta especie genera cada vez más la probabilidad de una interacción humano-cocodrilo, lo cual puede convertirse en un problema de salud pública que afecte a esta especie tan importante para los ecosistemas acuáticos.

LITERATURA CITADA

- Álvarez del Toro M., & Sigler L. (2001). Los Crocodylia de México. Primera edición. IMERNAR, PROFEPA. México.
- Argüelles A. J. (1910). Reseña del Estado de Tamaulipas. Oficina Tipográfica del Gobierno del Estado. México.
- Baker R. H., & Webb R.G. (1966). Notas acerca de los anfibios, reptiles y mamíferos de la pesca, Tamaulipas. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Tomo XXVII: 179 – 190.
- Bocourt F. M. (1869). Descriptions de quelque reptiles et poissons nouveaux appartenant à la faune tropicale de l’Amérique. Nouvelles Archives du Muséum D’Histoire Naturelle de Paris. 5:19-24.
- Carrera M. (2004). Manejo integral de las poblaciones de cocodrilos en el municipio de Tampico. Memorias de la VI Reunión del Subcomité Técnico Consultivo COMACROM, Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Carrera M., & Hinojosa O. (2006). Informe final de actividades, Proyecto de Investigación: Cocodrilos de Tamaulipas. Fundación Produce Tamaulipas A.C., México
- Cifuentes J. L., & Cupul F.G. (2004). ¿Los terribles cocodrilos?. Primera edición. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=Pzp>
- kCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&ots=HWW0TLgCu1&sig=9E-eZKs_XFc9rBDDsbH72kDEYq8#v=onepage&q&f=false
- CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). (2015). Appendix I, II and III valid from October 4 2017. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/eng/app/2017/E-Appendices-2017-10-04.pdf>.
- Domínguez L. J. (2005). Determinación del estado de las poblaciones silvestres del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en México y evaluación de su estatus en la CITES. Instituto de Historia Natural y Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS009. México D. F. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfCS009.pdf>
- Duméril A., & Bibron G. (1851). Sauriens ou Lézards. In: Duméril, M. C. and A. Duméril. 1851. Catalogue méthodique de la collection des reptiles. Paris.
- Duméril M. C., & Duméril A. (1851). Catalogue méthodique de la collection des reptiles. Paris.
- Dunkle D. H. (1935). Note on *Crocodylus moreletii* A. Duméril from Mexico. COPEIA 4:182.
- Escobedo-Galván A.H. (2004). Avances en el conocimiento y el estado actual de conservación del Cocodrilo de Tumbes (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807). Revista Peruana de Biología 11(2): 203-208.
- García-Grajales J., & López-Luna M. A. (2010). Análisis bibliográfico del conocimiento de los cocodrilos en México. Revista Latinoamericana de Conservación 1(2): 25-31.
- García-Grajales J. (2013). El conflicto hombre-cocodrilo en México: Causas e implicaciones. Interciencia 38(12): 881-884.
- Gobierno Municipal de Tampico. (2004). Informe final del proyecto Manejo integral de las poblaciones de cocodrilos en el municipio de Tampico. México. 54p.
- Guzmán A. M. (1973). Biología e Importancia Económica de los Cocodrilos Mexicanos. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. México.
- Hinojosa F. O., & Lavín P. A. (2001a). La distribución de *Crocodylus moreletii* en Tamaulipas. Memorias del I Taller Trinacional para el Manejo y Conservación del *Crocodylus moreletii*, Estación biológica Las Guacamayas, Petén, Guatemala.
- Hinojosa F. O., & Lavín P. A. (2001b). Los Crocodylia en Tamaulipas: información preliminar. Memorias de la Tercera Reunión de Trabajo de la COMACROM. Culiacán, Sinaloa.
- Hinojosa F. O. (2002). Análisis del efecto de cambio de uso de suelo sobre la herpetofauna en el Rancho El Huasteco, en Gómez Farías, Tamaulipas. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria.
- Hinojosa F. O. M. (2003). La distribución de *Crocodylus moreletii* en Tamaulipas. Memorias de la V Reunión del Subcomité Técnico Consultivo COMACROM, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas. 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094928.pdf.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). (2012). *Crocodylus moreletii*. In: IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.1

- Martin P. S. (1958). A biogeography of reptiles and amphibians in the Gomez Farías region, Tamaulipas, México. Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan 101:1-15.
- Morelet A. (1871). Travels in Central America: Including Accounts of Some Regions Unexplored Since the Conquest. Leypoldt, Holt & Williams. Disponible en: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015028957606;view=1up;seq=211>
- Muñiz C. M., & López-Segurajáuregui G. (2018). Antecedentes. pp. 15-26. In: Barrios, G. y Cremieux, J. (Comp.). Protocolo de rancheo para cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México. Disponible en: <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/14198.pdf>.
- NOM (NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT). (2010). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Disponible en: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf.
- Platt S. G., & Thorbjarnarson J. B. (2000). Population Status and Conservation of Morelet's Crocodile. Biological Conservation 96: 21-29.
- Platt S. G., Sigler L., & T. R. Rainwater. (2010). Morelet's crocodile *Crocodylus moreletii*. pp: 79-83. In: Crocodiles. Status, Surveys and Conservation Action Plan. 3rd Ed. Crocodile Specialist Group Darwin, Australia.
- Powell J. (1973). Crocodylians of Central America, including Mexico and the West Indies: Developments since 1971. In: Crocodiles. Proceedings 2nd Working Meeting of Crocodile Specialist Group. IUCN and The World Conservation Union, Morges, Suiza, p. 27-31.
- Ross C. A. (1987). *Crocodylus moreletii*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 407.1-407.3.
- Ross C. A., & Ross F. D. (1987). Identity of *Crocodylus mexicanus* Bocourt 1869 (Reptilia: Crocodylidae). Proceedings of the Biological Society of Washington.100:713-716
- Salatino F. E. (2010). Análisis morfométrico de una población de *Crocodylus moreletii* (Dumeril y Bibron, 1951) en el centro de Tamaulipas, México. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. 194 p.
- Sánchez-Herrera O., Segura-Jauregui G. L., Ortiz A. N., & Benítez-Díaz H. (2011). Programa de monitoreo del Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*). México, Belice y Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Schmidt K. P. (1924). Notes on Central American crocodiles. Field Museum of Natural History Publication (220). Zoological Series 12(6):79-92.
- SEMARNAP. (1999). Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los Crocodylia en México (COMACROM). INE/SEMARNAP. México, D.F. 107 p.
- Sigler L. F., León O., Domínguez J., López L., Lavín P., & Hinojosa O. (2002). Monitoring wild populations of Morelet's crocodile, *Crocodylus moreletii*, in several states in México. 16th Meeting of Crocodile Specialist Group of UINC, Gainesville, Florida.
- Sigler L., Thorbjarnarson J. B., Hinojosa F. O., & Henley B. (2007). Searching for the northern and southern distribution limits of two crocodylian species: Alligator mississippiensis and *Crocodylus moreletii* in South Texas, USA, and Northern Tamaulipas, Mexico". Crocodile Specialist Group Newsletter. 26(3):6-7. Disponible en: <file:///C:/Users/ecienfue/Downloads/Searchingforthenorthernandsoutherndistributionoftwocrocodylian.pdf>
- Sigler L., J. & Gallegos M. (2017). El conocimiento sobre el cocodrilo de Morelet *Crocodylus moreletii* (Duméril y Duméril 1851) en México, Belice y Guatemala. México, D.F. 216pp.
- Smith H. M., & Taylor H. (1950). Type Localities of Mexican Reptiles and Amphibians. University of Kansas Science Bulletin XXXIII(8): 313-380.
- Villegas A., & Reynoso V. H. (2013). Relative abundance and Habitat preference in isolated populations of Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*) along the coast of the Gulf of Mexico. Herpetological Conservation and Biology 8(3):571-580.

2iP AND BRASINOSTEROIDS PROMOTE SOMATIC EMBRYOGENESIS INDUCTION IN *Theobroma cacao* L.

2iP Y BRASINOSTEROIDES PROMUEVEN LA INDUCCIÓN DE LA EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA EN *Theobroma cacao* L.

Iracheta-Donjuan, L.^{1*}; Cruz-López, L.A.¹; López-Gómez, P.¹; Avendaño-Arrazate, C.H.¹; Ortiz-Curiel, S.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rosario Izapa, km 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán, C.P. 30870, Tuxtla Chico, Chiapas, México.

*Autor de correspondencia: iracheta.leobardo@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of explant type, phytohormones and brassinosteroid in somatic embryos induction in *Theobroma cacao* L. genotypes.

Design/methodology/approach: Completely randomized design with factorial arrangement 3x4x2x2 was used. Three genotypes were evaluated (Carmelo, H13xUF-273 and PA-169xUF-273), four combinations of phytohormones (4.52 μ M 2,4-D/ 1.16 μ M Kinetin; 4.52 μ M 2,4-D/0.02 μ M 2ip; 4.52 μ M 2,4-D/0.02 μ M TDZ; 4.52 μ M 2,4-D/3.91 μ M 2,4,5-T), two explants (petal/staminodium) and absence and presence of 0.02 μ M of 24-epibrassinolide. Forty-eight treatments were incubated in darkness for 63 days. Percentage of explants with callus, explants with embryos and embryos per explant were evaluated.

Results: For explants with callus, only genotype factor had significant differences, so H13xUF-273 induced highest percentages (87%); for explants with embryos, culture medium with 2,4-D (4.52 μ M)/2ip (0.02 μ M) presented highest values for somatic embryos induction (n=44). In treatment of staminodium with 2,4-D/2ip and epibrassinolide, Carmelo genotype induced one embryo per explant; while H13xUF-273 in treatment of petals with 2,4-D/2ip and without epibrassinolide induced 1.7 embryos per explant. In PA-169xUF-273, 0.5 embryos were obtained per explant with staminodes in 2,4-D/kinetin and epibrassinolide.

Limitations on study/implications: In three genotypes, petal explants without epibrassinolide were more prone to develop roots of the initially formed callus.

Findings/conclusions: Genotypes evaluated have different embryogenic capacity, although the combination of 2iP with epibrassinolide improves the induction of embryos and obtaining complete plants.

Keywords: Cocoa, micropropagation, 24-epibrassinolide, 2-isopentenyladenine.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto del tipo de explante, fitorreguladores y brasinoesteroide en la inducción de embriones somáticos en genotipos de *Theobroma cacao* L.

Diseño/metodología/aproximación: Se evaluaron los genotipos Carmelo, H13xUF-273 y PA-169xUF-273, con cuatro combinaciones de fitorreguladores (2,4-D 4.52 μ M/ Kinetina 1.16 μ M; 2,4-D 4.52 μ M/2ip 0.02 μ M; 2,4-D 4.52 μ M/TDZ 0.02 μ M; 2,4-D 4.52 μ M/2,4,5-T 3.91 μ M), dos explantes (pétalo/estaminodio) y la ausencia/presencia de 0.02 μ M de 24-epibrasinólida. Los 48 tratamientos se incubaron en oscuridad durante 63 d. Fue evaluado el porcentaje de explantes con callo, explantes con embriones y embriones por explante.

Resultados: Respecto al porcentaje de explantes con callo, solo el factor genotipo propició diferencias significativas, donde H13xUF-273 indujo los porcentajes más elevados (87%); mientras que para explantes con embriones, el medio DKW con 2,4-D 4.52 μ M/2ip 0.02 μ M registró mayor inducción de embriones somáticos (n=44). Carmelo, generó la aparición de un embrión por explante en el tratamiento de estaminodio con 2,4-D/2ip y epibrasinólida; mientras el H13xUF-273 con pétalos en 2,4-D/2ip y sin epibrasinólida indujo 1.7 embriones por explante. En PA-169xUF-273 se lograron 0.5 embriones por explante con estaminodios en DKW con 2,4-D/kinetina y epibrasinólida.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 1, enero. 2019. pp: 65-70.

Recibido: octubre, 2018. **Aceptado:** diciembre, 2018.

Limitaciones del estudio/implicaciones: En los tres genotipos, los explantes de pétalo sin epibrasinólida fueron más propensos a desarrollar raíces del callo inicialmente formado.

Hallazgos/conclusiones: Los genotipos evaluados presentan diferente capacidad embriogénica, aunque la combinación de 2iP con epibrasinólida mejora la inducción de embriones y la obtención de plantas completas.

Palabras clave: Cacao, micropropagación, 24-epibrasinólida, 2-isopenteniladenina.

INTRODUCCIÓN

La producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en México ha disminuido en la última década; de tal forma que en la actualidad se cuenta con 59,920 ha, de las cuales se cosechan 23,763 t, con escasamente un promedio de 0.404 t ha⁻¹ (SIAP 2017). Lo anterior es debido al derribo de plantaciones y cambio de uso de suelo, provocados por la llegada en el 2005 de la moniliasis *Moniliophthora roreri* Cif & Par. En este sentido, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha logrado el desarrollo de nuevos genotipos criollos con alta calidad, así como nuevas variedades y genotipos élites con diferente grado de tolerancia a moniliasis (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2018). No obstante, los genotipos élites requieren ser propagados vegetativamente para conservar las características seleccionadas.

Las técnicas *in vitro* son una alternativa importante para la regeneración de plantas libres de enfermedades en espacios reducidos (Quainoo y Dwomo, 2012). La embriogénesis somática (ES) es una alternativa para la producción de estructuras vegetativas con dos polos de crecimiento (vástago y raíz) similares a los embriones gaméticos. Existen reportes relacionados con la inducción, multiplicación a gran escala y regeneración exitosa de cacao por ES (Maximova *et al.*, 2002; Guiltinan y Maximova, 2010). Una limitante es que los genotipos no siempre responden de igual forma a la inducción de la ES. Lo anterior se debe a la condición recalcitrante de la especie, causada por la liberación de compuestos fenólicos que provoca que algunas células embriogénicas no se diferencien a embriones somáticos (Alemanno *et al.*, 2003), así como a las necesidades ambientales *in vitro* particulares para cada genotipo. De tal forma que el éxito en la formación de embriones somáticos primarios, dependerá de múltiples factores, tales como el genotipo, sales inorgánicas, agentes osmóticos, metales pesados, pH, temperatura, oxigenación y el balance de reguladores del crecimiento (Iracheta-Donjuan, 2009; García *et al.*, 2018).

Con base a lo anterior, la etapa de inducción de embriones primarios es de especial interés, ya que sin ésta no es posible ninguna de las etapas posteriores. Esto último puede ser posible mediante la formación de callo embriogénico con mayor potencial para la formación de embriones en medios líquidos (Guillou *et al.*, 2018). Por tal motivo es importante la búsqueda de combinaciones de reguladores del crecimiento que induzcan un balance hormonal interno y externo que favorezca la ES, sobre todo en genotipos

con poca capacidad morfogénica *in vitro*. Al respecto, Monsalve *et al.* (2005) reportaron el efecto de la kinetina y el BAP en la formación de embriones de cacao; registrando que la kinetina generó mayor número de embriones promedio, con 2.2 embriones por callo. Quainoo y Dwomo (2012) reportan que la combinación de bajas concentraciones del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y tidiazuron (TDZ) generan mayor proporción de embriones somáticos normales en un genotipo de cacao. Por su parte, el uso de brasinosteroides para la inducción de la ES primaria en cacao, no ha sido abordado, por lo cual se desconoce si en interacción con citocininas, es capaz de mejorar la frecuencia embrionaria. Recientemente, para *Coffea arabica* L., se ha reportado que la adición de 24-epibrasinólida al medio de cultivo con citocininas, mejora la diferenciación de la ES, e incluso mejora la estructura morfo-histológica de los embriones (Chone *et al.*, 2018). Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tipo de explante, fitorreguladores y brasinosteroides en la inducción de embriones somáticos en tres genotipos de *T. cacao*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material biológico consistió en botones florales de los genotipos Carmelo, H13×UF-273 y PA-169×UF-273, en anthesis entre 5 y 7 mm, los cuales fueron asperjados con fungicida azoxystrobin 50% a 1.5 g L⁻¹ durante 10 d previo al establecimiento *in vitro*. Se seleccionaron únicamente botones libres de oxidación, enfermedades o ataque de insectos. Los botones florales fueron lavados con detergente común y agua corriente para eliminar impurezas. En condiciones

asépticas fueron desinfectadas superficialmente con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) a una concentración de 2% (v/v) durante 15 min, posteriormente se enjuagaron con agua destilada esterilizada por tres ocasiones.

Se evaluaron ocho medios de cultivo producto de cuatro diferentes combinaciones de fitorreguladores [4.52 μM de ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)/1.16 μM de Kinetina; 4.52 μM de 2,4-D/0.02 μM de isopenteniladenina (2ip), 4.52 μM de 2,4-D/0.02 μM de tidiazurón (TDZ), 4.52 μM de 2,4-D/3.91 μM de 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T)] y la presencia o ausencia de 0.02 μM de 24-epibrasinolida. Se utilizó como medio basal el DKW (Driver y Kuniyuki, 1984), con un pH de 5.7, gelificado con Gelrite (3 g L⁻¹). Los diferentes medios de cultivo se esterilizaron a 121 °C 15 lb por 20 min, al término de lo cual se vaciaron 10 mL en caja Petri de 60×15 mm en condiciones asépticas.

Por cada genotipo se evaluaron 16 tratamientos, producto de la combinación de ocho medios de cultivo y dos tipos de explante; pétalo/estaminodio. Cada tratamiento con 10 repeticiones, la unidad experimental fue una caja Petri con cinco explantes de pétalos y estaminodios.

Los explantes sembrados y herméticamente sellados se incubaron durante 21 d en los tratamientos ya mencionados; al término de este tiempo fueron transferidos en su totalidad al medio de expresión, consistente en el medio DKW sin reguladores del crecimiento donde permanecieron 42 d más. Durante los 63 d que duró el experimento, los explantes se mantuvieron en condiciones de oscuridad a 26±1 °C. Se evaluó

el porcentaje de explantes con callo, porcentaje de explantes con embriones, número de embriones y porcentaje de explantes con raíces.

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial y el análisis de varianza se realizó con la ayuda del paquete estadístico SAS versión 9.0 y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con una significancia de 0.05.

Una muestra de embriones cotiledonares generados en los tratamientos fueron transferidos al medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) con 0.57 μM de ácido giberélico y 0.05 μM de ácido naftalenacético, 1.0 μM de 2iP y 3.7 μM de ácido absísico, lo anterior con el fin de completar su maduración. Posteriormente, los embriones fueron transferidos para su enraizamiento hasta la formación de plántulas con al menos un par de hojas expandidas. Las plántulas obtenidas fueron aclimatadas en un sustrato de turba de esfagno en condiciones de invernadero, dentro de charolas con domo de plástico transparente con 90% de humedad relativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis factorial, los efectos más importantes se observaron de forma individual en los factores y sus niveles. Para el porcentaje de callogénesis se registraron diferencias significativas para el factor genotipo, donde el cruzamiento H13×UF-273 indujo los porcentajes más elevados de explantes con formación de callo, comparado con los otros dos genotipos. Sin embargo, el tipo de combinación de reguladores en el medio de cultivo, así como el tipo de explante y presencia de epibrasinólida no indujeron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la formación de callo (Cuadro 1). No obstante, la mayor o menor producción de callo por los tratamientos, no estuvo correlacionada con la formación de embriones o raíces. Aunque la producción de embriones puede ocurrir de forma directa a partir del tejido somático original, o a partir de callo, es deseable que éste último sea de tipo embriogénico, situación que no siempre ocurre durante la producción de embriones primarios (Guillou *et al.*, 2018).

Para las variables embriogénesis y embriones por explante no se registraron diferencias significativas entre genotipos, tipo de explante y epibrasinólida; aun y cuando el porcentaje de explantes con embriones fue entre 2.6 y 3 veces mayor en ambos cruzamientos que el genotipo Carmelo; así como de 2.2 a 2.7 veces más embriones en estos mismos cruzamientos respecto a Carmelo (Cuadro 1).

Las diferencias estadísticas registradas indican que los genotipos utilizados tienen diferente capacidad morfogénica *in vitro* y, por lo tanto, diferente grado de competencia celular para tomar la ruta de la ES. Aun y cuando ambos cruzamientos están emparentados, ya que comparten al progenitor UF-273, es notoria una segregación en la respuesta de ambos para las variables estudiadas. Resultados similares fueron reportados por Quainoo y Dwomo (2012), quienes, en 16 genotipos de cacao, solo cuatro de ellos presentaron alta frecuencia en formación de embriones. Maximova *et al.* (2002), consideran que aparte de los factores asociados con el genotipo, la

baja inducción de ES puede deberse al estado fisiológico de los botones.

Para el factor tipo de regulador adicionado al medio DKW con 4.52 μM de 2,4-D; tanto el porcentaje de explantes con embriones como el número de embriones totales inducidos por cada regulador, presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Si bien la adición de 1.16 μM de Kinetina y 0.02 μM de 24-epibrasinólida, indujeron mayor actividad embriogénica que el TDZ y 2,4,5-T, la adición al medio de 2iP elevó la respuesta embriogénica de manera general (Cuadro 1). Lo anterior difiere del reporte de Quainoo y Dwomo (2012), donde el medio con TDZ y 2,4-D fue la mejor combinación para la inducción de la ES en al menos cuatro genotipos de cacao. Por su parte Guiltinan y Maximova (2010), consignan para la inducción de embriones primarios en cacao, el uso de TDZ y 2,4-D (medio PCG) durante 14 d, para después subcultivar y mantenerlos por 14 d en un medio con BAP y 2,4-D (medio SCG). Mientras que, en el presente trabajo, la combinación de TDZ y 2,4-D, propició baja producción de callo y nula formación de embriones. Sin embargo, los resultados de las investigaciones de Chone *et al.* (2018) son similares a las re-

portadas en este trabajo, pues señalan que el cultivo de hojas de *Coffea arabica*, en medio MS con 24-epibrasinólida en asociación con 2iP produce 6.8 veces más embriones somáticos que los explantes solo con 2,4-D.

Para las tres variables señaladas hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. Por lo tanto, en los constituidos por el genotipo Carmelo (T1 al T16), no se registraron diferencias estadísticas entre ellos. Aun y cuando los tratamientos T6, T13 y T14 fueron los únicos en generar 10% de explantes con embriones, solo el tratamiento T14 (estaminodio con 2iP y epibrasinólida) mejoró el número de embriones totales (Cuadro 2 y Figura 1 A, B).

En el caso del genotipo H13xUF-273 (T17 al T32), los tratamientos T18 (pétalo con 2iP) y T22 (pétalo con 2iP y epibrasinólida), indujeron mayor actividad embriogénica de forma significativa con respecto al testigo T17 (pétalos con Kinetina), mientras que en el cruzamiento PA-169xUF-273, los tratamientos T45 (estaminodio con Kinetina y epibrasinólida) y T46 (estaminodio con 2iP y epibrasinólida) solo numéricamente superaron al testigo T41 (estaminodio con Kinetina), en el porcentaje de explantes con embriones; pero no para el número de embriones totales; ya que éste (testigo) indujo mayor cantidad de embriones, con 3.4 a 5.6 veces más respecto al T45 y T46. Es importante señalar que en dicho tratamiento testigo los embriones fueron en su totalidad globulares y con alto grado de presencia de tricomas (Figura 2 E). Incluso, después de concluido el experimento, tales embriones con tricomas no tuvieron capacidad para completar su desarrollo hasta la formación de cotiledones, por lo que tendieron a oxidarse y a desdiferenciarse en callo.

Los resultados anteriores indican que la presencia de 2iP en combinación con el 2,4-D, que fue constata para todos los tratamientos, pero principalmente la combinación de 2iP con epibrasinólida favorece la competencia, determinación y diferenciación celular de los explantes para tomar la ruta morfogénica de la ES (Figura 2 A, B, C y D), ya que los embriones formados fueron capaces de madurar y desarrollar plantas normales completamente aclimatadas (Figura 2 F y G).

En los tres genotipos se apreció variabilidad de respuesta entre tratamientos para la formación de raíces adventicias (Cuadro 2). Para cada uno de los genotipos, los tratamientos con explantes de pétalo fueron los

Cuadro 1. Efecto de los factores genotipo, medio de cultivo y presencia de brasinoesteroides en la respuesta morfogénica de explantes foliares de tres genotipos de *Theobroma cacao* L., 63 días después del establecimiento.

Factor	Explantes con callo (%)	Explantes con embriones (%)	Número de embriones
Genotipo			
Carmelo	75.62 b	1.87 a	12.8 a
H13xUF-273	87.50 a	5.62 a	35.2 a
PA-169xUF-273	75.75 b	5.00 a	28.8 a
Regulador (DKW+2,4-D)			
KIN	75.66 a	5.00 ab	30.0 ab
2ip	81.33 a	10.83 a	44.4 a
TDZ	77.66 a	0.00 b	0.0 b
2,4,5-T	83.33 a	0.83 b	2.4 b
Tipo de explante			
Pétalo	79.41 a	4.16 a	31.2 a
Estaminodio	79.83 a	4.16 a	43.2 a
Epibrasinólida			
Ausencia	82.50 a	2.08 a	33.6 a
Presencia	76.75 a	6.25 a	43.2 a
C.V.	25.41	7.68	24.97

† Letras diferentes por columna son significativamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). Los grupos estadísticos corresponden al análisis después de aplicar la transformación de los datos con la fórmula $\sqrt{x+1}$ C.V.= Coeficiente de variación.

Cuadro 2. Respuesta morfogénica *in vitro* de explantes de *Theobroma cacao* L., sometidos al medio DKW+2,4-D con diferentes combinaciones de reguladores y 24-epibrasinólida. Datos después de 63 días del establecimiento.

Tratamiento	Explantos con embriones (%)	Número de embriones	Explantos con raíces (%)
1. Carmelo/P/KIN	0 c [†]	0 c [†]	30 defg [†]
2. Carmelo/P/2ip	0 c	0 c	60 abcd
3. Carmelo/P/TDZ	0 c	0 c	10 fg
4. Carmelo/P/2,4,5-T	0 c	0 c	30 defg
5. Carmelo/P/KIN/Epbr	0 c	0 c	30 defg
6. Carmelo/P/2ip/Epbr	10 bc	1.0 bc	60 abcd
7. Carmelo/P/TDZ/Epbr	0 c	0 c	10 fg
8. Carmelo/P/2,4,5-T/Epbr	0 c	0 c	50 bcde
9. Carmelo/E/KIN	0 c	0 c	0 g
10. Carmelo/E/2ip	0 c	0 c	10 fg
11. Carmelo/E/TDZ	0 c	0 c	0 g
12. Carmelo/E/2,4,5-T	0 c	0 c	0 g
13. Carmelo/E/KIN/Epbr	10 bc	2.0 bc	20 efg
14. Carmelo/E/2ip/Epbr	10 bc	10.0 ab	10 fg
15. Carmelo/E/TDZ/Epbr	0 c	0 c	10 fg
16. Carmelo/E/2,4,5-T/Epbr	0 c	0 c	0 g
17. H13×UF-273/P/KIN	0 c	0 c	70 abc
18. H13×UF-273/P/2ip	40 a	17.0 a	80 ab
19. H13×UF-273/P/TDZ	0 c	0 c	80 ab
20. H13×UF-273/P/2,4,5-T	0 c	0 c	90 a
21. H13×UF-273/P/KIN/Epbr	10 bc	5.0 bc	0 g
22. H13×UF-273/P/2ip/Epbr	30 ab	9.0 abc	20 efg
23. H13×UF-273/P/TDZ/Epbr	0 c	0 c	0 g
24. H13×UF-273/P/2,4,5-T/Epbr	0 c	0 c	0 g
25. H13×UF-273/E/KIN	0 c	0 c	0 g
26. H13×UF-273/E/2ip	0 c	0 c	30 defg
27. H13×UF-273/E/TDZ	0 c	0 c	0 g
28. H13×UF-273/E/2,4,5-T	0 c	0 c	10 fg
29. H13×UF-273/E/KIN/Epbr	0 c	0 c	0 g
30. H13×UF-273/E/2ip/Epbr	10 bc	5.0 bc	40 cdef
31. H13×UF-273/E/TDZ/Epbr	0 c	0 c	10 fg
32. H13×UF-273/E/2,4,5-T/Epbr	0 c	0 c	20 efg
33. PA-169×UF-273/P/KIN	0 c	0 c	0 g
34. PA-169×UF-273/P/2ip	0 c	0 c	0 g
35. PA-169×UF-273/P/TDZ	0 c	0 c	10 fg
36. PA-169×UF-273/P/2,4,5-T	0 c	0 c	50 bcde
37. PA-169×UF-273/P/KIN/Epbr	10 bc	1.0 bc	20 efg
38. PA-169×UF-273/P/2ip/Epbr	0 c	0 c	10 fg
39. PA-169×UF-273/P/TDZ/Epbr	0 c	0 c	10 fg
40. PA-169×UF-273/P/2,4,5-T/Epbr	0 c	0 c	30 defg
41. PA-169×UF-273/E/KIN	10 bc	17.0 a	0 g
42. PA-169×UF-273/E/2ip	0 c	0 c	0 g
43. PA-169×UF-273/E/TDZ	0 c	0 c	0 g
44. PA-169×UF-273/E/2,4,5-T	0 c	0 c	0 g
45. PA-169×UF-273/E/KIN/Epbr	20 abc	5.0 bc	0 g
46. PA-169×UF-273/E/2ip/Epbr	30 ab	3.0 bc	0 g
47. PA-169×UF-273/E/TDZ/Epbr	0 c	0 c	0 g
48. PA-169×UF-273/E/2,4,5-T/Epbr	10 bc	3.0 bc	0 g
C.V.	7.68	24.97	12.29

[†] Letras diferentes por columna son significativamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). Los grupos estadísticos corresponden al análisis después de aplicar la transformación de los datos con la fórmula $\sqrt{x+1}$. C.V.=Coeficiente de variación. P=pétalo. E=estaminodio. Epbr=24-epibrasinólida.

más propensos a desarrollar raíces directamente del callo previamente formado. Sin embargo, en los tratamientos T17 a T20, correspondientes a pétalos del H13×UF-273 con los cuatro reguladores sin epibrasinólida, fueron los que generaron los mayores porcentajes de rizogénesis.

Al respecto se ha reportado que el desarrollo del eje embrionario y raíces, son eventos mutuamente excluyentes a pesar de existir ambos polos meristemáticos (Iracheta-Donjuan, 2009); aunque en este trabajo es necesario precisar que las raíces formadas no provenían de los embriones somáticos; por lo que no afectó la formación de embriones, ya que incluso tratamientos con alta producción de embriones tuvieron elevada producción de raíces adventicias.

CONCLUSIONES

La capacidad morfogénica de los explantes de pétalo y estaminodios de los genotipos evaluados, fue afectada de forma diferente de acuerdo al tipo de regulador del crecimiento utilizado y a la presencia de la 24-epibrasinólida. El medio de cultivo con 2,4-D, cuando es adicionado con la citocinina 2iP, mejora la competencia y determinación celular de los explantes para tomar la ruta de la embriogénesis somática. La adición de epibrasinólida al medio con 2,4-D y 2iP, promueve no solo la embriogénesis somática, sino que también propicia la generación de embriones capaces de continuar las etapas de desarrollo hasta la formación de plantas completas.

LITERATURA CITADA

Alemanno, L., Ramos, T., Gargadenc, A., Andary, C., Ferriere N. (2003). Localization and identification of phenolic

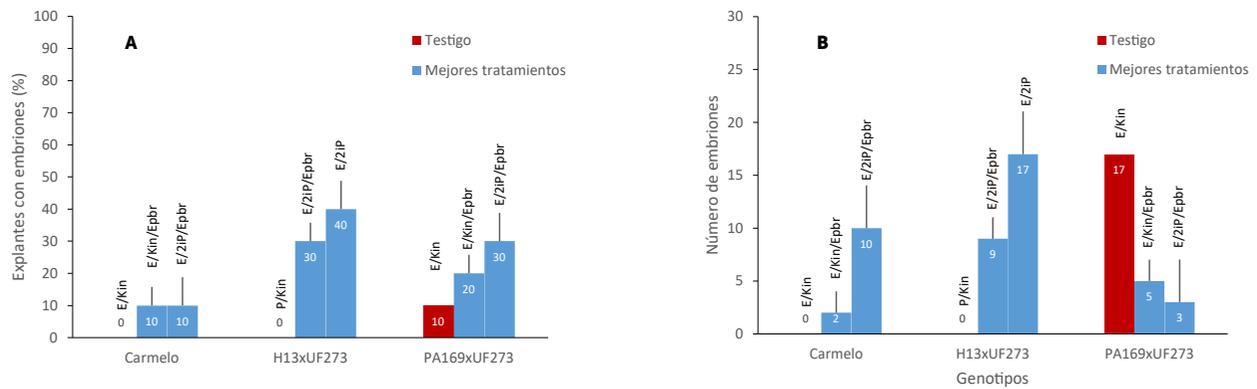


Figura 1. Comparación de los mejores tratamientos con respecto al testigo con el explante de estaminodio (E) o pétalo (P) en el medio adicionado solo con kinetina (Kin). A: Comparación del porcentaje de explantes con embriones, y B: comparación de tratamientos para el número de embriones totales. Datos a los 63 días después del establecimiento, ± error estándar.

compounds in *Theobroma cacao* L. somatic embryogenesis. *Annals Botany*. 92:613-23. doi: 10.1093/aob/mcg177

Avendaño-Arrazate, C.H., Guillén-Díaz, S., Hernández-Gómez, E. (2018). "Regalo de Dios": clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) tolerante a *Moniliophthora roreri* Cif & Par, para la renovación de las zonas cacaoteras de México. *Agroproductividad* 11:173-176.

Chone, R.M.S., Rocha, D.I., Monte-Bello, C.C., Pinheiro, H.P., Dornelas, M.C., Haddad, C.R.B., Almeida, J.A.S. (2018). Brassinosteroid increases the cytokinin efficiency to induce direct somatic embryogenesis in leaf explants of *Coffea arabica* L. (Rubiaceae). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 135(1):63-71. doi.org/10.1007/s11240-018-1443-4

Driver, D., Kuniyuki, D. (1984). *In vitro* propagation of paradox walnut rootstock. *Journal of Horticultural Science* 19:507-509.

García, C., Marelli, J.-P., Motamayor, J.C., Vilella, C. (2018). Chapter 15. Somatic embryogenesis in *Theobroma cacao* L. In V. M. Loyola-Vargas and N. Ochoa-Alejo (Eds.), *Plant cell culture protocols, methods in molecular biology*, (pp:227-24) 5vol. 1815, ©Springer Science+Business Media, LLC. doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4_15

Guillou, C., Fillodeau, A., Brulard, E., Breton, D., De-Faria-Maraschin, S., Verdier, D., Simon, M., Ducos, J.P. (2018). Indirect somatic embryogenesis of *Theobroma cacao* L. in liquid medium and improvement of embryo-to-plantlet conversion rate. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*. doi.org/10.1007/s11627-018-9909-y

Guiltinan, M.J., Maximova, S. (2010). Integrated system for vegetative propagation of cacao. *Protocol Book*. Versin 2.1. November 17, 2010. American Cacao Research Institute. United States Department of Agriculture. The Pennsylvania State University. Recuperado de http://www.personal.psu.edu/mjg9/Guiltinan_Lab_Website/Protocols_files/Cacao%20tissue%20culture%20protocol%20-V2.1.pdf

Iracheta-Donjuan, L. 2009. Propagación. En M. Alonso-Báez y J.F. Aguirre-Medina (Eds), *Manual de producción de cacao* (pp: 87-90). Primera edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo

Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. Maximova, S., Alemanno, L., Young, A., Ferriere, N., Traore, A., Guiltinan, M. (2002). Efficiency, genotypic variability and cellular origin of primary and secondary somatic embryogenesis of *Theobroma cacao* L. *Cell. Dev. Biol. Plant* 38:252-259. doi:10.1079/IVP2001257

Monsalve, G. L., García, R. C. Y., Sigarroa, R. A. K. (2005). Obtención de embriones somáticos primarios de *Theobroma cacao* en clones de interés regional para el departamento norte de Santander, Colombia. *Revista de la Universidad Francisco de Paula Santander*. Año 10 (1):21-29. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5555264.pdf>

Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Hort Science* 27:450-452.

Quinoo, A.K., Dwomo, B.I. (2012). The effect of TDZ and 2, 4-D concentrations on the induction of somatic embryo and embryogenesis in different cocoa genotypes. *Journal of Plant Studies* 1:72-78. doi:10.5539/jps.v1n1p72

SIAP. (2017). Sistema de Información Agrícola y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado de www.gob.mx/siap.

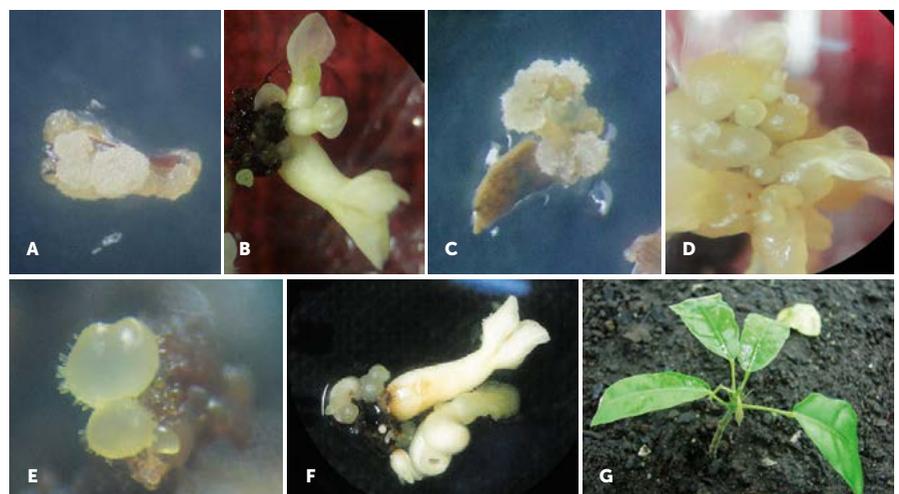


Figura 2. Respuesta morfogénica *in vitro* de explantes de *Theobroma cacao* L. y la regeneración de plantas completas. A: Estaminodio de genotipo Carmelo con callo. B: Producción de embriones de Carmelo en medio con 2iP+Epibrasinólida. C: Pétalo con callo de H13xUF-273. D: Embriones múltiples de genotipo H13xUF-273 en medio con 2iP. E: Embriones globulares con tricomas de PA-169xUF-273 en medio con Kinetina. F: Embriones cotiledonares en maduración con embriones secundarios. G: Plántula regenerada y aclimatada.