

Primer reporte de  
**bacterias**  
 termo alcalófilas del  
 manantial "Los Baños  
 del Carmen", Venustiano  
 Carranza, Chiapas, México

pág. 33

Año 12 • Volumen 12 • Número 4 • abril, 2019

Rendimiento de la canal de pollos (*Gallus gallus domesticus* L.) sometidos a pastoreo con *Canavalia ensiformis* L. 3

La exposición de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) a nanopartículas de plata afecta la expresión de genes multifuncionales NAC 9

Dieta de herbívoros: técnica, importancia e implicaciones en el manejo de fauna silvestre 17

Estimación de biomasa aérea de forrajes de invierno bajo riego a través de un dron 25

Digestión anaerobia de estiércol de ovino para producir biogás y bioabono 39

Situación económica y social de la población de San José del Carmen, San Cristóbal de las Casas, Chiapas 45

y más artículos de interés...

CONTENIDO

3	Performance of the chickens ( <i>Gallus gallus domesticus</i> L.) carcass subjected to grazing with <i>Canavalia ensiformis</i> L. / Rendimiento de la canal de pollos ( <i>Gallus gallus domesticus</i> L.) sometidos a pastoreo con <i>Canavalia ensiformis</i> L.
9	Exposure of rice plants ( <i>Oryza sativa</i> L.) to silver nanoparticles affects the expression of NAC multifunctional genes / La exposición de plantas de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) a nanopartículas de plata afecta la expresión de genes multifuncionales NAC
17	Diet of herbivores: technique, importance and implications in the wildlife management / Dieta de herbívoros: técnica, importancia e implicaciones en el manejo de fauna silvestre
25	Estimation of aerial biomass of winter forages in irrigation through a drone / Estimación de biomasa aérea de forrajes de invierno bajo riego a través de un dron
33	First report of thermo alcalophilic bacteria in "Los Baños del Carmen" Venustiano Carranza, Chiapas, Mexico / Primer reporte de bacterias termo alcalófilas del manantial "Los Baños del Carmen", Venustiano Carranza, Chiapas, México
39	Anaerobia digestion of sheep manure to produce biogas and biofertilizer / Digestión anaerobia de estiércol de ovino para producir biogás y bioabono
45	Economic and social situation of the population of San Jose del Carmen, San Cristobal de las Casas, Chiapas, Mexico / Situación económica y social de la población de San José del Carmen, San Cristóbal de las Casas, Chiapas
53	Influence of <i>Rhizophagus intraradices</i> in interaction with dose of fertilization in the growth of <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf / Influencia de <i>Rhizophagus intraradices</i> en el crecimiento de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf en interaccion con dosis de fertilizacion
61	Varietal characterization of chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.) var. Rosita / Caracterización varietal del chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.) var. Rosita
67	Childhood belonging to Agroecotourism in the community of Tepexilotla, in Chocamán, Veracruz, Mexico / La pertenencia infantil del Agroecoturismo en la comunidad de Tepexilotla, en Chocamán, Veracruz, México
75	The project cycle in business / El ciclo del proyecto en los negocios
81	Glycerol metabolism in ruminants / Metabolismo del glicerol en rumiantes
87	Field schools and production of organic vegetables in a Tzotzil community / Escuelas de campo y producción de hortalizas orgánicas en una comunidad Tzotzil

## Comité Científico

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

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

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

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

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

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

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

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

## Comité Editorial

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

## Directrices para Autores/as

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

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

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



ZOOLOGICAL RECORD®



Master Journal List

Año 12, Volumen 12, número 4, abril 2019, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. 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 abril 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, Texcoco, 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.

**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.

## Performance of the chickens (*Gallus gallus domesticus* L.) carcass subjected to grazing with *Canavalia ensiformis* L.

### Rendimiento de la canal de pollos (*Gallus gallus domesticus* L.) sometidos a pastoreo con *Canavalia ensiformis* L.

Reyes-Pérez Roel<sup>1</sup>; González-Cortés Nicolás<sup>2\*</sup>; Jiménez-Vera Román<sup>2</sup>; Guzmán-Ceferino Juan<sup>2</sup>; Estrada-Lievano Juan Martín<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Programa de Ingeniería en Alimentos; <sup>2</sup>Programa Desarrollo Agropecuario Sustentable Campus Tenosique, Carretera Tenosique-Cascadas de Reforma km 1, Col. Solidaridad Tenosique, Tabasco, México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chiapas Facultad Maya de Estudios Agropecuarios Carretera Catazajá-Palenque km 4, Catazajá, Chiapas, México.

\*Autor para correspondencia: nicolas.gonzalez@ujat.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** Analyze the performance of the chicken carcass finished in grazing with canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) under edaphoclimatic conditions of the humid tropic of Mexico.

**Design/methodology/approximation:** A total of n=40 Cobb-500 line chickens of 22 d of age and a weight of  $1.45 \pm 0.17$  kg were used. Chickens were divided into two groups under a completely randomized design: A) chickens fed canavalia plus concentrated feed and ground yellow corn (*Zea mays* L.) (ratio 1: 1), and B) confined chickens fed concentrate and ground yellow corn (ratio 1: one); both groups were fed in the morning for 20 d. The data were analyzed by means of an ANOVA ( $P < 0.05$ ) and comparison of means by the Tukey method.

**Results:** Grazing chickens had the same carcass weight performance as chickens in stabled. However, the grazing chickens consumed 30% less concentrated feed, in addition they presented less fat in breast and abdominal.

**Limitations of the study/implications:** Do not use the plant of canavalia more than 120 d of cultivation, because the content of protein in the leaves decreases.

**Findings/Conclusions:** With the grazing in canavalia, it is reduced up to 50% of fat in breast and a saving of 30% of concentrated food and ground corn without affecting the yield of meat.

**Key words:** backyard poultry, sustainable poultry, grazing



Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 4, abril. 2019. pp: 3-8.

Recibido: octubre, 2018. Aceptado: marzo, 2019.

## RESUMEN

**Objetivo:** evaluar el rendimiento de la canal de pollo finalizados en pastoreo con canavalia (*Canavalia ensiformis* L.), en condiciones edafoclimáticas del trópico húmedo de México.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se utilizó n=40 pollos línea Cobb-500 de 22 d de edad y un peso de  $1.45 \pm 0.17$  kg. Los pollos se distribuyeron en dos grupos bajo un diseño completamente al azar: A) pollos alimentados con canavalia más alimento concentrado y maíz amarillo molido (*Zea mays* L.) (relación 1:1), y B) pollos confinados alimentados con concentrado y maíz amarillo molido (relación 1:1); ambos grupos fueron alimentados por la mañana durante 20 d. Los datos fueron analizados mediante un ANOVA ( $P < 0.05$ ) y comparación de medias por el método de Tukey.

**Resultados:** Los pollos en pastoreo tuvieron el mismo rendimiento de peso canal que los pollos estabulados. Sin embargo, los de pastoreo consumieron 30% menos alimento concentrado, además presentaron menos grasa en pechuga y abdominal.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** No utilizar la planta de canavalia de más de 120 d de cultivo, porque el contenido de proteína en las hojas disminuye.

**Hallazgos/conclusiones:** Con el pastoreo de canavalia se reduce hasta el 50% de grasa en pechuga y se ahorra 30% de alimento concentrado y maíz molido sin afectar el rendimiento de carne.

**Palabras clave:** avicultura de traspatio, avicultura sustentable, avipastoreo.

ridos en el mercado. Uno de los ingredientes tropicales para piensos que potencialmente podría ser utilizado como fuente de proteína es la canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) es una planta anual, resistente a plagas, enfermedades, a sequías, se adapta a diferentes tipos de suelos y se desarrolla en la regiones tropicales y subtropicales. Esta leguminosa erecta es de crecimiento rápido y produce abundante forraje. La producción promedio de granos seco es de  $1.66 \text{ t ha}^{-1}$  y una producción de forraje que va desde  $3.23$  a  $4.04 \text{ t ha}^{-1}$  de materia seca (Sheahan, 2012). Datos reportados por Estupiñán *et al.* (2007) indican que las hojas contienen 14% de proteína, 52.3% de fibra detergente neutro (FDN), 37.6% de fibra detergente ácido (FDA), 56% de digestibilidad de la FDN y 49.5% de digestibilidad de la FDA por lo que este insumo puede aprovecharse como fuente de alimento para animales de traspatio. Pero se debe considerar que el uso de esta especie (Fabaceae) como pienso puede verse limitada por la presencia de factores anti nutricionales que reducen su valor de uso y afecta a los animales de diversas maneras. Los factores anti nutricionales predominantes en el cultivo de canavalia son la concavalina A, aminoácidos no proteicos (canavanina y canalina), saponinas, glucósidos cianogénicos y polifenoles (Akande 2016). Sin embargo, se ha evidenciado que los animales de corral pueden catalizarlo y aprovechar muy bien los otros nutrientes, además los pollos de engorda pueden tolerar ingestas diarias de hasta 100 mg de concavalina A durante seis semanas sin afectar el crecimiento (Méndez *et al.*, 1998). Sívoli *et al.* (2005) indican que la canavanina es catabolizada a canalina en el riñón de las aves, lo cual

## INTRODUCCIÓN

La avicultura de traspatio es una actividad muy importante porque contribuye significativamente en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales de México. Esta actividad pecuaria se caracteriza por ser fuente proveedora de aminoácidos esenciales contenidos en la carne y huevo que no pueden ser reemplazados por proteína de origen vegetal, adicionalmente esta actividad tiene como objetivo ser un aporte económico para las familias rurales por la venta de estos productos en el mercado. La avicultura de traspatio se caracteriza principalmente por tener una dieta a base de maíz (*Zea mays* L.) (molido, quebrado o entero) por lo que este tipo de dietas afectan de forma negativa la salud y el crecimiento de las aves reflejándose en un menor desempeño productivo, caso contrario, cuando las aves son alimentadas con concentrados comerciales se incrementan el desempeño productivo de los pollos, pero se aumentan significativamente los costos de producción. Para los avicultores el rubro de alimentación es un costo muy oneroso ya que alrededor del 70% de los costos totales operativos son asignados a la alimentación, por lo tanto, es necesario encontrar insumos alternativos fácil de obtener, disponible y con nutrientes adecuados (Sudarman *et al.*, 2018). Siriwan *et al.* (2012) y Sotelo *et al.* (2014) mencionan la importancia de valorar los forrajes tropicales ambientalmente sostenibles como fuente de proteínas para la alimentación de las aves de corral, con el objetivo de reducir la dependencia del maíz y de los concentrados de proteínas adqui-

podiera representar una vía metabólica para la degradación de este metabolito anti nutricional. El objetivo de este estudio fue valorar la finalización de pollos de engorda (*Gallus gallus domesticus* L.) a libre pastoreo en el cultivo de canavalia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, localizada en el municipio de Tenosique Tabasco, México. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con temperatura media anual de 30.5 °C. La precipitación es de 3,286 mm con un promedio máximo mensual de 400 mm en el mes de septiembre y un mínimo mensual de 50 mm en el mes de abril. Las mayores velocidades del viento se registran en los meses de noviembre, con velocidades que alcanzan los 30 km h<sup>-1</sup>.

El trabajo se inició con n=40 pollitos macho (*Gallus gallus domesticus* L.) de la línea Cobb-500 de 3 d de edad, los cuales se confinaron en jaula metálica sin luz artificial durante la noche. El programa de alimentación estuvo con acceso libre solo de día (11 h luz), y durante 22 d se alimentaron con alimento concentrado comercial con el 20% de proteína, recomendado para pollitos en

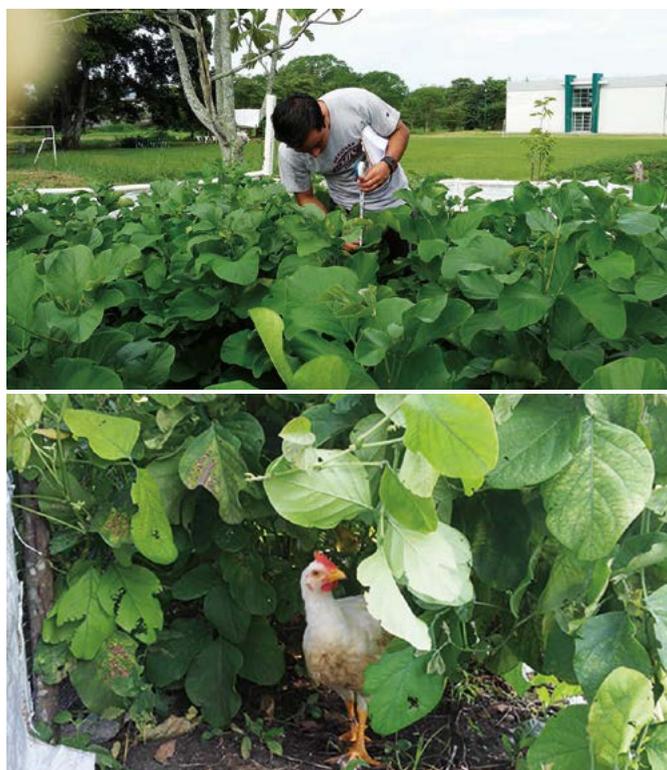
engorda en etapa inicial, el cual contiene todos los nutrientes requeridos por que los pollitos logren un excelente crecimiento, y es recomendado por el fabricante desde el día uno hasta los 21 d de vida.

Posteriormente, los pollos con 25 d de edad y un peso de 1.45±0.17 kg, se seleccionaron al azar para distribuirlos en dos grupos: Grupo A) pollos alimentados con canavalia más alimento concentrado y maíz amarillo molido (*Zea mays* L.) (relación 1:1) colocado en comederos especiales dentro del cultivo y Grupo B) pollos confinados alimentados en jaula de metal sin luz artificial y alimentados con concentrado y maíz amarillo molido (relación 1:1); ambos grupos fueron alimentados por la mañana durante 20 d (Cuadro 1).

La actividad de pastoreo se realizó en un área de 30 m<sup>2</sup> de cultivo de canavalia de 90 días de siembra en condiciones de trópico húmedo de México, realizando dos rotaciones durante los 20 d experimentales Figura 1. Previamente a la siembra de la canavalia, se

adicionó al suelo 4 kg m<sup>-2</sup> de composta, y no se aplicó ningún agroquímico y se mantuvo siempre el cultivo libre de malezas.

A los 20 d del experimento, se sacrificaron las aves, y se calcularon 17 variables de respuesta: 1) Supervivencia (%): número de aves vivas por tratamiento, 2) y 3) peso promedio antes del experimento y al finalizar el experimento: se pesó los pollos de cada uno de los tratamientos en basculas Torrér<sup>®</sup> de capacidad de 0.002 a 15 kg. 4) y 5) ganancia de peso (kg) durante el tiempo (días) que tardo el experimento, se determinó por



**Figura 1.** Pastoreo en cultivo de *Canavalia ensiformis* L., en el trópico húmedo de México.

**Cuadro 1.** Composición nutrimental de la mezcla de alimento concentrado y maíz amarillo (*Zea mays* L.) (relación 1:1).

Nombre del alimento	Cantidad (%)	FC (%)	EM (Kcal kg <sup>-1</sup> )	PC (%)
Maíz amarillo	50	1.73	3290	7.9
Alimento finalizador aves	50	3.7	2851*	18
Aporte nutrimental				
FC %	2.71			
EM kcal/kg	3070.5			
PC %	12.95			

FC=fibra cruda, EM=energía metabolizable, PC=proteína cruda. \*La energía metabolizable se estimó a partir de la ecuación propuesta por Tablas Brasileñas para aves y cerdos (2017).

operaciones aritméticas, 6) peso de la canal (kg): fue el peso de la canal, eliminando vísceras, paras y cabeza, 7) peso de pechuga (kg): se realizaron los cortes adecuados para tener la pieza completa, 8) rendimiento de pechuga (kg) se determinó por aritmética en relación al peso de la canal. 9) y 10) El contenido (g) y el porcentaje de grasa en pechuga se determinó en función al peso de la pechuga con y sin grasa. 11) el contenido de grasa abdominal (g) se determinó pesando la grasa acumulada en vísceras y el área de la cloaca, 12) grasa en pechuga/abdominal con relación a peso de canal (%), 13) consumo de alimento (kg de alimento por ave) de los veinte días que tardo el experimento, 14) y 15) conversión alimenticia, en función a la cantidad promedio de alimento consumido por ave, 16) determinación del costo bruto (pesos) por alimentación con alimento concentrado más maíz amarillo molido (1:1) y 17) relación beneficio/costos bruto, esta variable se determinó en función al precio (\$) de la canal del pollo en el mercado nacional y los costos (\$) por concepto del precio alimento consumido. Los datos fueron analizados mediante un ANOVA ( $P < 0.05$ ) y comparación de medias por el método de Tukey con el paquete estadístico de Olivares (2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la información se conoce que los pollos criados a campo abierto su carne es más saludable y aceptable, en comparación con los pollos en confinamiento (García y Eduardo, 2008). Las aves son omnívoras y se alimentan de gran variedad de plantas, semillas e insectos que suelen estar en los ecosistemas. Las semillas como las de los cereales les proporcionan calorías, mientras que especies de la familia Fabaceae, son fuente de proteína; la combinación de estas fuentes es importantes para el crecimiento y engorda de las aves de corral. Los resultados de este estudio demostraron que los pollos finalizados con maíz molido más alimento concentrado (relación 1:1) y pastoreo en cultivo de canavalia durante 20 d no presentaron diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) en cuanto ganancia de peso, rendimiento de la canal y peso de pechuga que el grupo de pollos confinados. En relación a la ganancia de peso. Ponte *et al.* (2008) indican una ganancia de peso de 36 a 42 d sin restricción de alimento de  $31.7 \text{ g d}^{-1}$ , mientras que con acceso de pastura de fabáceas, una ganancia de peso 33.14. Lo anterior es menor a lo registrado en el presente trabajo, donde la ganancia de peso del día 22 a 42 registró ganancia de peso promedio de  $51.5 \text{ g d}^{-1}$ . Se registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en cuanto al consumo de alimento, observan-

do disminución del consumo de alimento de casi 30% en los pollos en pastoreo con respecto a los confinados atribuido al consumo de alimento de canavalia. Los datos reportados en relación al consumo de concentrado y forraje de animales en pastoreo son similares a los reportados por Rivera-Ferrel *et al.* (2007) en donde indican que animales en pastoreo tienen un consumo de concentrado de  $115 \text{ g d}^{-1}$  por ave y un consumo de pastos de  $10.7 \text{ g d}^{-1}$  de materia seca. Bassler (1997) encontró que existe una reducción en la cantidad de concentrado de hasta 15% con un consumo de forraje superior a  $30 \text{ g animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$  debido a que la ingesta de forraje en pastoreo disminuye el consumo de concentrado. Ponte *et al.* (2008) indican que la proporción de forraje consumido se incrementa con un nivel de restricción de concentrado alcanzando niveles de consumo que va desde 1.6 a 4.9% de materia seca del total de alimento consumido por las aves, por lo que la disminución en el consumo de concentrado está asociado a mayor consumo de forraje de canavalia. Los datos del presente estudio, concuerdan que lo planteado por Belmar y Morris (1994) quienes mencionan que la inclusión de hasta 30% de harina de canavalia no afecta el crecimiento y la utilización de proteínas en los pollos. Esto se ve relacionado por lo encontrado por Vargas *et al.* (2001) donde el rendimiento productivo de los pollos en pastoreo no se ve afectado y que se reduce el consumo de concentrado en 10%, sin verse afectado la ganancia de peso y conversión (Figura 2).

En relación al rendimiento de la canal el presente estudio no presento diferencia significativa ( $P > 0.05$ ); sin embargo, en comparación con resultados de Ponte *et al.* (2008) quienes registraron un rendimiento de la canal de 63.12% para pollos alimentados con concentrado y 64.72% de pollos alimentados con suplemento comercial más forraje de fabáceas, en esta investigación fue de 66.5%. Es importante señalar que existió diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en relación a la cantidad de grasa en la pechuga ( $A = 21.6 \pm 7^b$ ,  $B = 43 \pm 8^a$ ) y abdominal ( $A = 73 \pm 15^b$ ,  $B = 147 \pm 25^a$ ). Como se puede observar la disminución del contenido de grasa pudo estar asociada a una reducción en el consumo del concentrado, lo cual implica una reducción en la cantidad de energía consumida por día. Esto concuerda con lo reportado por Rosa *et al.* (2007) quienes indican que un mayor consumo de energía promueve mayor deposición de grasa, por lo que dietas bajas en energía promueven un bajo contenido de grasa y mayor deposición de proteína, pero se debe enfatizar que un bajo consumo de



**Figura 2.** Determinación de peso de canal de pollos (*Gallus gallus domesticus* L.). A) Pollos finalizados en pastoreo con *Canavalia ensiformis* más alimento concentrado y maíz amarillo molido (*Zea mays* L.) (relación 1:1), B) Pollos confinados y alimentados con alimento concentrado y maíz amarillo molido (relación 1:1).

energía podría afectar el desempeño productivo del animal.

El consumo de canavalia en pastoreo canavalia puede reducir los costos de alimentación, considerando que según datos del SIIIM (2018) el precio del kilogramo de maíz amarillo quebrado es de \$5.75 y el precio de alimentos concentrados es de \$8.00 pesos el kilogramo. Por tanto, la relación beneficio/costo (B/C) bruto en alimentación, considerando el precio de la canal de 43

pesos (SIIIM, 2018) se tiene que para pastoreo fue de 1: 3.93 y para confinamiento de 1: 2.95. En el Cuadro 2, se muestran los resultados de las 17 variables analizadas.

Los datos presentados concuerdan con lo planteado por Tufarelli et al. (2018) quienes mencionan la importancia de la inclusión de forrajes en las raciones para la generación de una alimentación integral con la finalidad de obtener mayor valor y éxito para la producción avícola local en muchas regiones del mundo. Esto concuerda con lo

**Cuadro 2.** Resultados del rendimiento de carne de pollos finalizados en pastoreo con *Canavalia ensiformis* L., en el trópico húmedo de México.

Variable	Unidad	Pastoreo	Estabulado (control)	Diferencia
Sobrevivencia	%	100	100	0
Peso vivo promedio inicial	Kg	1.45±0.17	1.45±0.17	0
Peso vivo promedio final	Kg	2.46±0.21 <sup>b</sup>	2.50±0.15 <sup>a</sup>	0.2
Ganancia de peso de 22 a 42 d	Kg	1.028±12 <sup>a</sup>	1.052±18 <sup>a</sup>	0.024
Ganancia de peso promedio por día	G	50.5	52.5	1.82
Peso en canal (sin vísceras, pata y cabeza)	Kg	1.60±0.12 <sup>a</sup>	1.71±0.18 <sup>a</sup>	0.24
Peso de pechuga	G	410±11 <sup>a</sup>	450±27 <sup>a</sup>	40
Rendimiento de pechuga/canal	%	28	26	2
Grasa en pechuga	G	21.6±7 <sup>b</sup>	43±8 <sup>a</sup>	21.4
Grasa/pechuga	%	5.2	9.5	4.3
Grasa abdominal	G	73±15 <sup>b</sup>	147±25 <sup>a</sup>	74
Grasa en pechuga/abdominal con relación a peso de canal	%	5.8	11.11	5.2
Consumo de alimento de 22 a 42 d	kg/ave	2.50±12 <sup>b</sup>	3.55±18 <sup>a</sup>	1.01
Conversión alimenticia bruta del día 22 a 42		1: 2.47 <sup>b</sup>	1: 3.38 <sup>a</sup>	
Consumo de alimento promedio por día por animal	G	125	178	46
Costo bruto por alimentación (alimento concentrado más maíz amarillo molido, 1:1)	\$	17.5	24.85	7.35
Relación beneficio/costos bruto	\$/	1: 3.93	1: 2.95	0.98

<sup>ab</sup> Letras distintas en cada fila indican medias diferentes por el método de Tukey (P<0.05).

reportado por Vivas (2014) donde la inclusión de forrajes de fabáceas mejoró su digestibilidad cuando se utiliza en pollos de engorde en finalización que, en crecimiento, por lo que recomienda esta tecnología en sistemas de producción campesina.

## CONCLUSIONES

El efecto de someter a pastoreo con canavalia a pollos de engorde de finalización reduce el consumo de concentrado, esto disminuye el aporte de energía impactando en disminución del contenido de grasa en la canal sin afectar el rendimiento productivo de las aves en relación a los pollos de engorda en confinamiento. El consumo de follaje de canavalia en pastoreo de pollos de engorda en finalización resulta útil para reducir la dependencia de concentrados y producir una canal más saludable sin afectar el comportamiento productivo de los pollos.

## AGRADECIMIENTO

Al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el financiamiento del proyecto "Desarrollo de modelos agroalimentarios sustentables en comunidades con alto grado de marginación en Tenosique, Tabasco" con clave: UJAT-CA-227.

## LITERATURA CITADA

Akande, K.E. (2016). Effects of Anti-nutritive Constituents of Unprocessed Jack Bean (*Canavalia ensiformis*) (L) (DC) Seed Meal on Poultry Performance. AJEA, 10(6): 1-10. DOI: 10.9734/AJEA/2016/21980.

Bassler, A. (1997). Prospects of keeping laying hens on grass/clover pasture – an introductory study on a mixed dairy-poultry farming system. MSc thesis Wageningen University, Wageningen, 102 pp.

Belmar, C. R., Morris, T.R. (1994). Effects of the inclusión of treated Jack beans (*Canavalia ensiformis*) and the amino acid canavanine in chicks diets. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 123: 393-405.

Estupiñán, K., Vasco, D., Duchi, N. (2007). Digestibilidad de los componentes de la pared celular del forraje de *Canavalia ensiformis* (L) DC en diferentes edades de corte. Revista Tecnológica ESPO, L 20: 223-228.

Méndez, A., Vargas, R.E., Michelangeli, C. (1998). Effects of concanavalin A, fed as a constituent of jack bean (*Canavalia ensiformis* L.) seeds, on the humoral immune response and performance of broiler chickens. Poult Sci. 77(2): 282-9.

Olivares, S.E. (2015). Paquete estadístico Versión 1.6. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Ponte, P.I.P., Prates, J.A.M, Crespo, J.P., Crespo, D.G., Mourão, J.L., Alves, S.P, Bessa R.J.B., Chaveiro-Soares, M.A., Gama, L.T., Ferreira, L.M.A., Fontes, C.M. G. A. (2008). Restricting the Intake of a Cereal-Based Feed in Free-Range-Pastured Poultry: Effects on Performance and Meat Quality. Poultry Science 87:2032–2042. doi:10.3382/ps.2007-00522.

Rivera-Ferre, M.G., Lantinga, E.A., Kwakke, R.P. (2007). Herbage intake and use of outdoor area by organic broilers: effects of vegetation type and shelter addition. NJAS 54-3. Pp 279-291.

Rosa, P.S., Faria-Filho, D.E., Dahlke, F., Vieira, B.S., Macari, M., Furlan, R.L. (2007). Effect of Energy Intake on Performance and Carcass Composition of Broiler Chickens from Two Different Genetic Groups. Brazilian Journal of Poultry Science. 9(2); 117-122.

Sheahan, C.M. (2012). Plant guide for jack vean (*Canavalia ensiformis*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May Plant Materials Center, Cape May, NJ. [https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg\\_caen4.pdf](https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_caen4.pdf). (accesado el 14 de octubre, 2018).

SIIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). (2018) Información de pollo por pieza en México: precios al mayoreo en centros de distribución. Disponible en: <http://www.economia-sniim.gob.mx/2010prueba/PolloPza.asp> (accesado el 14 de octubre, 2018)

Siriwan, D., Martens, T., Tiemann, T., Bindelle, J., Peters, M., Lascano, C.E. (2012). Alternative plant protein sources for pigs and chickens in the tropics nutritional value and constraints: a review. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics. 113(2); 1-23.

Sívoli, R.L., Méndez, O.A., Michelangeli, B.C. (2005). Toxicidad del aminoácido no proteínico l-canavanina en pollos de engorde. Revista Científica, XV (2);155-158.

Sotelo, M., Vivas, Q.N.J., Martens, S., Muñoz, L.S., Vivas, O.E.A., Cuchillo, H.M. (2014). *Canavalia brasiliensis* forage meal in broilers' finishing diets: *in vivo* digestibility and animal performance. Prague, Czech Republic, Tropentag, 17-19.

Tablas brasileñas para aves y cerdos: composición de alimentos y requerimientos nutricionales (2017). Editor: Rostag H.S.; Autores: Rostagno H:S. Departamento de Zootecnia, UFV. 488p.

Tufarelli, V., Ragni, M., Laudadio, V. (2018). Feeding Forage in Poultry: A Promising Alternative for the Future of Production Systems. Agriculture, 8 (81);1-10.

Valdivié, M., Elías, A. (2006). Posibilidades del grano de *Canavalia ensiformis* fermentado con caña (Sacchacavalia) en pollos de ceba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 40(4); 459-464.

Vargas, R.R.A., Taylor, R., Okumoto, S. (2001). Producción de pollos de engorde bajo un sistema de pastoreo en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis de licenciatura. Universidad Earth. 82 p.

Vivas, Q.N.J. 2014. Caupí (*Vigna unguiculata*) y canavalia (*Canavalia brasiliensis*) como materias primas no convencionales en alimentación de pollos de engorde. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias Posgrados.

# Exposure of rice plants (*Oryza sativa* L.) to silver nanoparticles affects the expression of NAC multifunctional genes

## La exposición de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) a nanopartículas de plata afecta la expresión de genes multifuncionales NAC

Vilchis-Zimuta, Robert<sup>1</sup>; Gómez-Merino, Fernando Carlos<sup>1\*</sup>; Bello-Bello, Jericó Jabín<sup>2</sup>;  
Alcántar-González, Gabriel<sup>1</sup>; Trejo-Téllez, Libia Iris<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P.

<sup>2</sup>Cátedra CONACYT-Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

\*Autor para correspondencia: fernandg@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** We aimed to evaluate the effect of silver nanoparticles (AgNPs) on the expression of 17 NAC genes in rice plants (*Oryza sativa* L.) under greenhouse conditions.

**Methodology:** Twelve-d-old rice seedlings were transferred to a hydroponic system. Fourteen days after the transplant, the following treatments were applied through the nutrient solution: 0, 20, 40 and 80 mg L<sup>-1</sup> AgNPs. Each solution had six repetitions which were distributed in a completely randomized experimental design. From the treated and control plants, total RNA was extracted from stems, from which cDNA was synthesized and a measurement of gene expression was performed by the qRT-PCR technique. The elongation factor 1 $\alpha$ , which showed greater stability, was taken as the reference gene. The relative expression of the genes was determined using the 2<sup>- $\Delta\Delta$ Ct</sup> method, with a differential expression value of 2.

**Results:** It was found that the AgNPs induced the expression of four NAC genes (*Os02g56600*, *Os07g04560*, *Os12g43530* and *Os06g5107*) by at least one dose of AgNPs tested, and one gene (*Os08g10080*) showed repression of expression by the presence of these nanoparticles in the nutrient solution. In the *Os07g04560* gene, the expression was dependent on the concentration of AgNPs, that is, the higher the concentration of AgNPs in the medium, the greater the expression of the gene.

**Limitations:** In further studies, it would be necessary to explore the expression of more NAC genes in different tissues and phenological stages of the plant.

**Conclusions:** It is concluded that silver nanoparticles differentially affect the expression of NAC genes in rice, which confirms the multifunctionality of these genes in plants.

**Keywords:** Gene expression, qRT-PCR, NAC genes.

## RESUMEN

**Objetivo:** El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de las nanopartículas de plata (AgNPs) en la expresión de 17 genes *NAC* en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en invernadero.

**Metodología:** Plántulas de arroz de 12 d de edad se trasladaron a un sistema hidropónico. Catorce días después del trasplante se aplicaron los siguientes tratamientos a través de la solución nutritiva: 0, 20, 40 y 80 mg L<sup>-1</sup> AgNPs. Cada tratamiento tuvo seis repeticiones en un diseño experimental completamente al azar. De las plantas tratadas y del testigo se extrajo RNA total de vástago, a partir del cual se sintetizó cDNA y se realizó una medición de la expresión génica por la técnica de qRT-PCR. Como gen de referencia se tomó el *Factor de elongación 1α*, que mostró mayor estabilidad. La expresión relativa de los genes se determinó utilizando el método 2<sup>-ΔΔCt</sup>, con un valor de expresión diferencial de 2.

**Resultados:** Se encontró que las AgNPs indujeron la expresión de cuatro genes *NAC* (*Os02g56600*, *Os07g04560*, *Os12g43530* y *Os06g5107*) por al menos una dosis de AgNPs probada, y un gen (*Os08g10080*) mostró represión de la expresión por la presencia de estas nanopartículas en la solución nutritiva. En el gen *Os07g04560*, la expresión fue dependiente de la concentración de AgNPs, esto es, a mayor concentración de AgNPs en el medio, mayor expresión del gen.

**Limitaciones:** En este estudio no fue posible analizar la expresión de genes *NAC* en respuesta a AgNPs en otros tejidos y en otras etapas fenológica.

**Conclusiones:** Las nanopartículas de plata afectan diferencialmente la expresión de genes *NAC* en arroz, lo que corrobora la multifuncionalidad de estos genes en plantas.

**Palabras clave:** Expresión génica, qRT-PCR, genes *NAC*.

crecimiento de raíces (Pittol *et al.*, 2017). De acuerdo con Cox *et al.* (2016), las AgNPs afectan germinación, crecimiento y actividad fotosintética, mediante estrés oxidativo, citotoxicidad y genotoxicidad, y la magnitud del efecto depende del tamaño de la nanopartícula, la forma, su encapsulado, el uso de acarreadores, el genotipo de planta y las condiciones experimentales.

A nivel molecular se ha estudiado poco el efecto de la aplicación de AgNPs, en particular los efectos que tienen en la inducción o represión de factores de transcripción de genes de la familia *NAC*. Estos genes constituyen una familia única en plantas (Pei *et al.*, 2013), y son considerados multifuncionales, pues participan en el control de procesos, tales como el crecimiento, desarrollo, y respuesta a factores de estrés biótico y abiótico (Shao *et al.*, 2015). El objetivo de esta investigación fue analizar los efectos que concentraciones crecientes de AgNPs aplicadas a plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de hidroponía en invernadero, tienen en la regulación de la expresión de genes *NAC* en vástago.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se utilizaron semillas de arroz cv. Morelos A-98 (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Zacatepec, Morelos, México, (18° 39' N, 99° 12' O, a 910 m de altitud). Las semillas fueron desinfectadas con etanol al 70% por 10 min, después se lavaron tres veces con agua destilada estéril y se sumergieron por 1 h en NaClO al 5% al cual se le adicionó Tween® 20 al 0.08% (Hycel; Zapopan, Jalisco, México).

## INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas de plata (AgNPs) tienen propiedades únicas especialmente como agentes antimicrobiales (Li *et al.*, 2009; Lubick, 2008). Actualmente, en la agricultura las AgNPs, han abierto una ventana de oportunidades en la estimulación del crecimiento y la protección vegetal (Ávalos *et al.*, 2013). De acuerdo con Pallavi *et al.* (2016), las aplicaciones de AgNP a concentraciones de 50 mg kg<sup>-1</sup> en *Vigna sinensis*, y 75 mg kg<sup>-1</sup> en *Brassica juncea* estimularon algunas variables de crecimiento. En *Phaseolus vulgaris*, Das *et al.* (2018) reportaron que la aplicación de 25 a 50 mg AgNPs kg<sup>-1</sup> aumentó el índice de área foliar, número de hojas, contenido de clorofilas, actividad nitrato reductasa y el rendimiento. En *Nicotiana tabacum* las AgNPs promovieron el enraizamiento de explantes en condiciones *in vitro* (Thangavelu *et al.*, 2018). En *Saccharum* spp., Bello-Bello *et al.* (2017) reportaron que las AgNPs incrementan la concentración de especies reactivas de oxígeno y la peroxidación lipídica en concentraciones de 0, 25, 50, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>, aunque a concentraciones de 25 a 50 mg AgNPs L<sup>-1</sup>, se estimula el crecimiento e incrementa la concentración de nitrógeno en tejido vegetal; sin embargo, las AgNPs pueden tener efectos adversos en algunas especies. En *Allium cepa*, expuestas a 0.001 mg AgNPs L<sup>-1</sup> mostraron inhibición del

Las semillas desinfectadas, se colocaron y secaron sobre papel filtro estéril. Posteriormente las semillas se depositaron en frascos de vidrio cuyo interior contenían medio MS (Sigma-Aldrich; Steinheim, Alemania) con 3% de sacarosa (J. T. Baker; Center Valley, PA, EEUU) y 0.8% de agar (Merck; Darmstadt, Alemania). Posteriormente los frascos se colocaron en oscuridad a 28 °C por 3 d, después fueron expuestos a luz natural por 11 d.

Una vez que las plántulas alcanzaron 14 d de edad se transfirieron a un sistema hidropónico en condiciones de invernadero a una temperatura promedio de 28 °C/15 °C (día/noche), humedad relativa de 60% con 16 h luz a 159  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y 8 h oscuridad. Se usaron recipientes plásticos de 8 L con solución nutritiva Yoshida (Yoshida et al., 1976), que tiene la siguiente composición: 1.43 mM  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 1.00 mM  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 1.64 mM  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 1.32 mM  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 320  $\mu\text{M}$   $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , 100  $\mu\text{M}$  Fe-EDTA, 7.99  $\mu\text{M}$   $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 0.15  $\mu\text{M}$   $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.15  $\mu\text{M}$   $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 0.08  $\mu\text{M}$   $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  y 1.39  $\mu\text{M}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Catorce días después del trasplante se aplicaron los siguientes tratamientos a través de la solución nutritiva: 0, 20, 40 y 80 mg AgNPs  $\text{L}^{-1}$ . La solución nutritiva fue renovada cada ocho d. El pH de la solución se ajustó a 5.5 utilizando  $\text{H}_2\text{SO}_4$  o NaOH 1 N. A los 32 d después de haber iniciado los tratamientos (plantas de 46 d de edad) las plantas fueron cosechadas, enjuagadas con agua destilada estéril y divididas en vástago y raíz. Las muestras de vástagos fueron almacenadas a  $-80$  °C, para su posterior procesamiento.

### Extracción de RNA y síntesis de cDNA

De las muestras de vástago identificadas, almacenadas a  $-80$  °C, se extrajo de RNA, utilizando Trizol (Invitrogen; Carlsbad, CA, EEUU), siguiendo el protocolo de la casa comercial. Se adicionó DNasa (Promega; Madison, WI, EEUU), a fin de digerir restos de DNA interfiriente en la reacción de qRT-PCR. Se cuantificó RNA total utilizando un nanoespectrofotómetro (NanoDrop 2000, Thermo Scientific; Wilmington, DE, EEUU), el un gel de agarosa al 1% se corrió en un equipo Mini-Sub Cell GT Systems (Bio-Rad; Hercules, CA, EEUU), y se visualizó la cantidad y calidad de las moléculas en un equipo foto documentador (ChemiDoc XRS+ Imaging System, Bio-Rad; Hercules, CA, EEUU). Se comparó la relación entre absorbancias 260/280 y 260/230, y sus de bandas en gel de electroforesis. El RNA total se diluyó a 625 ng  $\mu\text{L}$ , y se procedió con la síntesis de 5000 ng de cDNA, en un volumen final de reacción de 20  $\mu\text{L}$ ,

usando el kit SuperScript<sup>®</sup>III First-Strand Synthesis SuperMix for qRT-PCR (Invitrogen; Carlsbad, CA, EEUU), siguiendo el protocolo de la casa comercial.

### Selección de genes NAC, genes de referencia e iniciadores usados

Las secuencias de los iniciadores de los genes NAC y los genes de referencia (Cuadro 1), fueron seleccionados con base en Caldana et al. (2007), Riaño-Pachón et al. (2007) y Pérez-Rodríguez et al. (2009). Del total de 57 genes NAC depositados en la base de datos Plant Transcription Factors DabaBase (<http://plntfdb.bio.uni-potsdam.de/v3.0/>), para este estudio se seleccionaron 17 que mostraron la mayor reproducibilidad en estudios previos bajo nuestras condiciones experimentales. Los genes de referencia usados fueron *Actina* (*Os03g50890*), *Actina 1* (*Os05g36290*), *Factor de elongación 1 $\alpha$*  (*Os03g08020*) y  *$\beta$ -tubulina* (*Os01g59150*).

La mezcla de PCR contenía 2  $\mu\text{L}$  de cDNA a una concentración de 10 ng  $\mu\text{L}^{-1}$ , 7.5  $\mu\text{L}$  de 2X SYBR Green PCR Master Mix (Applied Biosystems; Carlsbad, CA, EEUU), y 1.9  $\mu\text{L}$  de cada iniciador de los genes a 2  $\mu\text{M}$ , en un volumen final de 15  $\mu\text{L}$ . También se llevaron a cabo reacciones por triplicado de PCR para cada gen de referencia. La reacción qRT-PCR se realizó con base a Caldana et al. (2007), García-Morales et al. (2014) y Moreno-Alvarado et al. (2017), en un detector de secuencia ABI Prism 7900 HT (Applied Biosystems). Los valores de estabilidad de expresión (M) de los genes de referencia se calcularon de acuerdo con Vandesompele et al. (2002). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y seis repeticiones. El perfil de expresión génica fue analizado con el método  $2^{-\Delta\Delta\text{Ct}}$  descrito por Livak y Schmittgen (2001) y Schmittgen y Livak (2008). Se tomó un valor de 2 para determinar si los genes eran inducidos (+2) o reprimidos (-2) respecto al gen de referencia establecido.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El RNA total extraído, fue de calidad y en cantidad suficiente como se observa en el Cuadro 2. El índice de pureza  $A_{260}/A_{280}$  (Cuadro 2), presentó valores superiores a 2.0 y las relaciones  $A_{260}/A_{230}$  fueron superiores a 1.8, lo que indica que el RNA es de buena calidad.

### Selección de genes de referencia

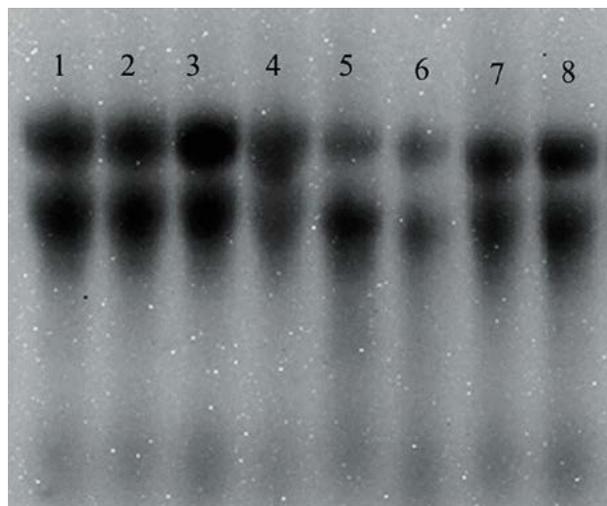
En este estudio se calculó la estabilidad de la expresión (M) de los genes de referencia con base en Vandesompele

**Cuadro 1.** Lista de iniciadores específicos usados para el análisis qRT-PCR de factores de transcripción NAC de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) en respuesta a tratamientos de AgNPs.

TIGR v5.0	Nombre del gen	Forward Primer (5'-3')	Reverse Primer (5'-3')
Os02g56600	<i>NAM protein, putative</i>	TACCAGATGTGGCGAAGCTG	TACTTGCAGTTCGCGGAA
Missing annotation	<i>NAM protein, putative</i>	GGAAGAGAAATCCTCCTGCCT	TGCTCTGGTTGCACGGTTT
Os01g66490	<i>NAM protein, putative</i>	GCCGGCAGCCACAACATATAG	TTGGTTGATGCGACGACG
Os01g15640	<i>NAM protein, putative</i>	TGCAAAGTGCGATGTTCCAA	ATGGCTCGATCCTTTCCAGTG
Os07g04560	<i>Hypothetical protein</i>	GCAACGTGAACGGTGGCTAC	GCTGCTACTGTTCCATTGCTCC
Os09g32040	<i>Similar to NAM-like protein 7</i>	CGGAAAATCAGATGTTGCGG	GCGCACGTATTCTCTGCCAT
Os12g43530	<i>NAM protein, putative</i>	GATTTTCATCCGACGGATCAAGA	TCACCTTTGGAAGATCCCAGG
Os06g51070	<i>NAM-like protein</i>	CATTTCCCACACCATGCAAT	CCTTCCGGTAGACCTTGCGAGA
Os09g33490	<i>Similar to NAC</i>	TCGTCGTCGAGCTGTGTCA	CCTCTCTTTGAGAGGCAGATGG
Os11g31330	<i>NAM protein, putative</i>	AAATACCTCTACCCCGTGCTTT	CAACATCGGTGATGATCGCA
Os04g35660	<i>NAM protein, putative</i>	ATTGAATGGTAAAGCACTCCAATCC	GTCTGCGTCGCATGACTGAA
Missing annotation	<i>NAM protein, putative</i>	GGTCGAGATCGGCCTCAAATA	ACACAGAACAAGCTCGTCGGAG
Os03g59730	<i>NAM protein, putative</i>	GTATCGCATCCCGCAGTTTC	TGTAAGCAGGCGGTTTGAATC
Os07g13920	<i>NAM protein, putative</i>	CGATCAGAACCAACAGGATTGG	AGTCATCGCCATCACACAGA
Os10g21560	<i>Putative transcription factor</i>	GGAATGACCATAACGCAGCTG	CAAAACCTTGTTGAGGTGGACT
Os04g40130	<i>Salt-inducible protein</i>	TTACACGGACGAAACGGACCT	AGTGTGATCCCCATCCACCC
Os08g10080	<i>NAC domain protein NAC1</i>	CCTCTCCACCTCAAGGTGAAGACA	CGCAATCCGAACGAAGAACAACAA
Os03g50890	<i>Actin</i>	CTCCCCCATGCTATCCTTCG	TGAATGAGTAACCACGCTCCG
Os05g36290	<i>Actin 1</i>	ATCCTTGATGCTAGCGGTGCGA	ATCCAACCGGAGGATAGCATG
Os03g08020	<i>EF1α</i>	GTCATTGGCCACGTCGACTC	TGTTTCATCTCAGCGGCTTCC
Os01g59150	<i>β-Tubulin</i>	GGAGTCACATGCTGCCTAAGGTT	TCACTGCCAGCTTACGGAGG

**Cuadro 2.** Indicadores de cantidad y calidad del RNA total extraído de vástago plantas de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) expuesto a diferentes concentraciones de AgNPs en condiciones hidropónicas en invernadero.

Tratamiento	Concentración de RNA total ( $\mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$ )	Relación 260/280	Relación 260/230
Control	1032.9	2.08	1.94
20 mg L <sup>-1</sup> AgNPs	1257.5	2.03	1.88
40 mg L <sup>-1</sup> AgNPs	2088.0	2.12	2.23
80 mg L <sup>-1</sup> AgNPs	1132.4	2.08	1.85



**Figura 1.** Electroforesis en gel al 1% de agarosa que ilustra la corrida de las muestras de RNA total extraídas de vástagos de plantas de *Oryza sativa* L. ssp. *indica* expuestas a 0, 20, 40 y 80 mg AgNPs L<sup>-1</sup> condiciones hidropónicas en invernadero. Carriles 1-2: Control; 3-4: 20 mg L<sup>-1</sup> AgNPs; 5-6: 40 mg L<sup>-1</sup> AgNPs; 7-8: 80 mg L<sup>-1</sup> AgNPs.

et al. (2002) (Cuadro 3). De acuerdo con esta fuente, entre más bajo es el valor de M, mayor estabilidad representa el gen de referencia para tomarlo como base para estudios de expresión génica.

El Factor de elongación 1α (*EF1α*; *Os03g08020*) presentó el menor valor de M, por lo que se tomó como gen de referencia para los análisis de expresión génica de los genes NAC evaluados en este estudio.

**Cuadro 3.** Valores de estabilidad de la expresión (*M*) de los genes de referencia probados para el análisis de qRT-PCR en vástagos de arroz en respuesta a AgNPs, con base en Vandesompele et al. (2002).

Gen	Locus Identifier	Estabilidad de expresión ( <i>M</i> )		
		Repetición 1	Repetición 2	Media
<i>Actina</i>	<i>Os03g50890</i>	0.111	0.130	0.121
<i>Actina 1</i>	<i>Os05g6290</i>	0.130	0.145	0.137
<i>Factor de elongación 1<math>\alpha</math></i>	<i>Os03g08020</i>	0.095	0.107	<b>0.101</b>
$\beta$ -tubulina	<i>Os01g59150</i>	0.104	0.173	0.139

### Cuantificación de la expresión génica de factores de transcripción NAC

La cuantificación de la expresión de genes NAC por qRT-PCR se muestra en la Figura 2. Es posible observar que hubo cuatro genes NAC (*Os02g56600*, *Os07g04560*, *Os12g435030* y *Os06g5107*) cuya expresión fue estimulada por al menos una dosis de AgNPs probada, y un gen NAC (*Os08g10080*) cuya expresión fue reprimida por la presencia de estas nanopartículas en la solución nutritiva.

El gen de referencia tomado como base para hacer los cálculos de expresión génica de los genes NAC fue el *Factor de elongación 1 $\alpha$*  (*EF1 $\alpha$* ; *Os03g08020*), el cual mostró el menor valor de *M*, y por tanto, la mayor estabilidad para propósitos

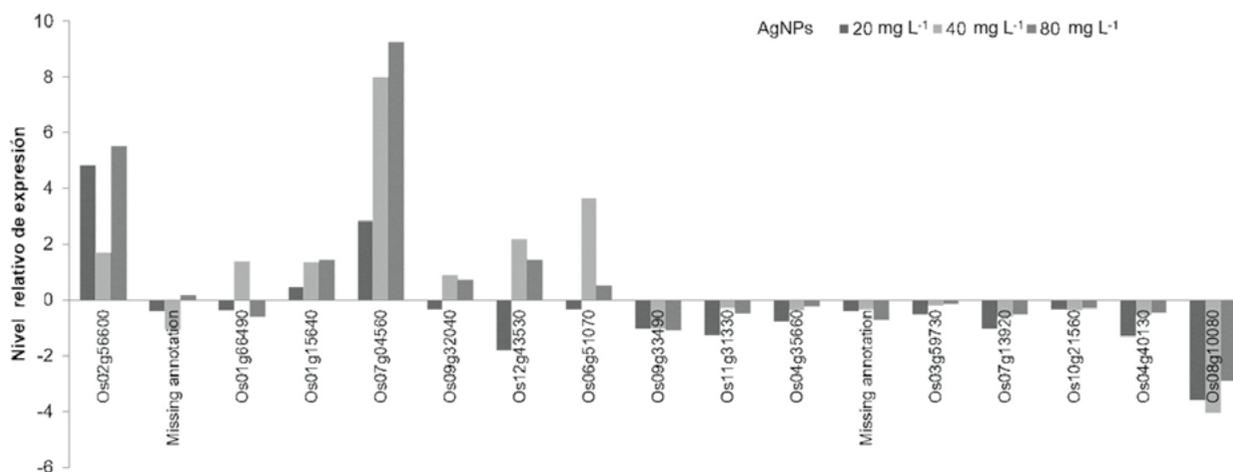
de este estudio. De los cuatro genes NAC inducidos por las nanopartículas de plata se observa que el gen *Os02g56600* muestra inducción de la expresión en plantas expuestas a 20 y 80 mg AgNPs L<sup>-1</sup>, pero no a 40 mg AgNPs L<sup>-1</sup>. El gen que mostró mayor inducción fue el *Os07g04560*, en los tres niveles de AgNPs probados. Fue importante notar que el nivel de inducción de este gen se incrementó a medida que la concentración de las nanopartículas se aumentaba en la solución nutritiva.

A 40 mg AgNPs L<sup>-1</sup>, los genes *Os12g43530* y *Os06g5107* también mostraron inducción en respuesta a la exposición de las plantas a AgNPs, pero no a concentraciones de 20 y 80 mg AgNPs L<sup>-1</sup>. Por el contrario, el gen *Os12g4353* mostró represión

de su expresión en plantas tratadas con 20 mg AgNPs L<sup>-1</sup>.

El único gen NAC que mostró represión en su expresión fue *Os08g10080*, en las tres dosis de AgNPs probadas. En este caso, los niveles de expresión fueron muy similares entre los tratamientos de AgNPs probados.

En *Arabidopsis thaliana* se identificaron 286 genes inducidos y 81 genes reprimidos en respuesta a la aplicación de 5 mg AgNPs L<sup>-1</sup> con tamaño de 20 nm por 10 d. Los genes inducidos estuvieron asociados a toxicidad por metales y estrés oxidativo, en tanto que los reprimidos se asociaron a respuestas a patógenos y a estímulos hormonales (Kaveh et al., 2013). En nuestro estudio, coincidentemente hubo un mayor número de genes inducidos que reprimidos.



**Figura 2.** Niveles de expresión relativa de genes NAC en vástagos de plantas de arroz expuestas a diferentes niveles de nanopartículas de plata (AgNPs) en solución nutritiva en condiciones de hidroponía en invernadero.

Syu *et al.* (2014) reportaron en *A. thaliana* que la exposición a AgNPs indujo la expresión de genes relacionados con la síntesis de ácido indolacético (indoleacetic acid protein 8; IAA), actividad oxigenasa (9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase; NCED3), y deshidratación (dehydration-responsive RD22). Lo anterior demuestra que estas nanopartículas actúan como inhibidores de la percepción de etileno y que pueden interferir en la biosíntesis de esta fitohormona, además de que inducen la acumulación de ROS, promueven el crecimiento de raíces, y activan la expresión de genes involucrado en diferentes procesos celulares como proliferación, metabolismo, y rutas de señalización hormonal.

Hasta el momento no existen en la literatura estudios que demuestren que algún tipo de factores de transcripción como son los NAC respondan a AgNPs, por lo que esta investigación es pionera. Para conocer más a detalle estas respuestas inducidas por AgNPs en arroz, será necesario realizar mayores análisis a nivel fisiológico, bioquímico y molecular.

## CONCLUSIONES

De los 17 genes NAC probados en este estudio, cinco de ellos mostraron expresión diferencial en plantas tratadas con AgNPs respecto a plantas control. De estos cinco genes expresados diferencialmente en las condiciones experimentales evaluadas, cuatro de ellos mostraron inducción, y uno de ellos mostró represión de su expresión en presencia de AgNPs. Además, dentro de los cuatro genes sobre-expresados, uno mostró represión de su expresión con la menor dosis de AgNPs probada. Es importante destacar que este es un estudio pionero que por primera vez demuestra que los genes NAC también responden a la presencia de AgNPs.

## LITERATURA CITADA

- Ávalos, A., Haza, A.I., Mateo, D., and Morales, P. (2013). Silver nanoparticles: Applications and toxic risks to human health and environment. *Revista Complutense de Ciencias Veterinaria*, 7, 1-23.
- Bello-Bello, J.J., Chavez-Santoscoy, R., Lecona-Guzmán, C., Bogdanchikova, N., Salinas-Ruiz, J., Gómez-Merino, F.C., Pestryakov, A. (2017). Hormetic response by silver nanoparticles on *in vitro* multiplication of sugarcane (*Saccharum* spp. cv. Mex 69-290) using a Temporary Immersion System. *Dose-Response*, 15(4), 62-72.
- Caldana, C., Scheible, W.R., Mueller-Roeber, B., Ruzicic, S. (2007). A quantitative RT-PCR platform for high-throughput expression profiling of 2500 rice transcription factors. *Plant Methods*, 3, 1-9.
- Cox, A., Venkatachalam, P., Sahi, S., Sharma, N. (2016). Silver and titanium dioxide nanoparticle toxicity in plants: A review of current research. *Plant Physiology and Biochemistry*, 107, 147-163.
- Das, P., Barua, S., Sarkar, S., Karak, N., Bhattacharyya, P., Raza, N., Kim, K., Bhattacharya, S. (2018). Plant extract-mediated green silver nanoparticles: Efficacy as soil conditioner and plant growth promoter. *Journal of Hazardous Materials*, 346, 62-72.
- García-Morales, S., Gómez-Merino, F.C., Trejo-Téllez, L.I. (2014). NAC transcription factor expression, amino acid concentration and growth of elite rice cultivars upon salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(7), 1927-1936.
- Kaveh, R., Li Y., Ranjbar, S., Tehrani, R., Brueck, C., van Aken, B. (2013). Changes in *Arabidopsis thaliana* gene expression in response to silver nanoparticles and silver ions. *Environmental Science and Technology*, 47(18), 10637-10644.
- Li, W., Xie, X., Shi, Q., Zeng, H., Ou-Yang, Y., Chen, Y. (2009). Antibacterial activity and mechanism of silver nanoparticles on *Escherichia coli*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(4), 1115-1122.
- Livak, K., Schmittgen, T. (2001). Analysis of Relative Gene Expression Data Using Real-Time Quantitative PCR and the  $2^{-\Delta\Delta CT}$  Method. *Methods*, 25(4), 402-408.
- Lubick, N. (2008). Nanosilver toxicity: ions, nanoparticles-or both? *Environmental Science and Technology*, 42(23), 8617-8617.
- Moreno-Alvarado, M., García-Morales, S., Trejo-Téllez, L. I., Hidalgo-Contreras, J., Gómez-Merino, F.C. (2017). Aluminum enhances growth and sugar concentration, alters macronutrient status and regulates the expression of NAC transcription factors in rice. *Frontiers in Plant Science* 8: 73.
- Pallavi, Mehta, C.M., Srivastava, R., Arora, S., Sharma, A.K. (2016). Impact assessment of silver nanoparticles on plant growth and soil bacterial diversity. *Biotech* 6: 254.
- Pei, H., Ma, N., Tian, J., Luo J., Chen, J., Li J., Zheng, Y., Chen, X., Fei, Z., Gao, J. (2013). An NAC transcription factor controls ethylene-regulated cell expansion in flower petals. *Plant Physiology*, 163(2), 775-791.
- Pérez-Rodríguez, P., Riaño-Pachón, D., Corrêa, L., Rensing, S., Kersten, B., Mueller-Roeber, B. (2009). PlnTFDB: updated content and new features of the plant transcription factor database. *Nucleic Acids Research*, 38, D822-D827.
- Pittol, M., Tomacheski, D., Simões, D.N., Ribeiro, V. F., Santana, R.M.C. (2017). Macroscopic effects of silver nanoparticles and titanium dioxide on edible plant growth. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 8 (2017), 127-133.
- Riaño-Pachón, D., Ruzicic, S., Dreyer, I., Mueller-Roeber B. (2007). PlnTFDB: an integrative plant transcription factor database. *BMC Bioinformatics*, 8(1), 42.
- Schmittgen, T.D., Livak, K.J. (2008). Analyzing real-time PCR data by the comparative CT method. *Nature Protocols*, 3, 1101-1108.
- Shao, H., Wang, H., Tang, X. (2015). NAC transcription factors in plant multiple abiotic stress responses: progress and prospects. *Frontiers in Plant Science*, 6, 902.
- Syu, Y., Hung, J., Chen, J., Chuang, H. (2014). Impacts of size and shape of silver nanoparticles on *Arabidopsis* plant growth and gene expression. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 57-64.
- Thangavelu, R.M, Gunasekaran D., Jesse M.I., Sundarajan D.S.U.M., Krishnan K. (2018). Nanobiotechnology approach using

plant rooting hormone synthesized silver nanoparticle as "nanobullets" for the dynamic applications in horticulture – An *in vitro* and *ex vitro* study. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(1), 48-61.

Vandesompele, J., De Preter, K., Pattyn, F., Poppe, B., van Roy, N., D+de Paepe, A., Speleman, F. (2002). Accurate normalization of real-time quantitative RT-PCR data by geometric averaging of multiple internal control genes. *Genome Biology*, 3(7), Research0034.

Yoshida, S, Forno, DA, Cock, JA, Gomez, KA. (1976). *Laboratory Manual for Plant Physiological Studies of Rice*. 3rd. Ed. International Rice Research Institute. Manila, Philippines.





## Diet of herbivores: technique, importance and implications in the wildlife management

### Dieta de herbívoros: técnica, importancia e implicaciones en el manejo de fauna silvestre

Gastelum-Mendoza, Fernando I.<sup>1</sup>; Serna-Lagunes, Ricardo<sup>2</sup>; Salazar-Ortiz, Juan<sup>3\*</sup>;  
Cantú-Ayala, César M.<sup>1</sup>; González-Saldívar, Fernando N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Forestales, Carretera Nacional Linares-Reynosa, Km. 145, 67700, Linares, Nuevo León, México. <sup>2</sup>Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba; Josefa Ortiz de Domínguez S/N, Col. Centro, 94945, Peñuela, Municipio de Amatlán de Los Reyes, Veracruz, México. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Maestría en Paisaje y Turismo Rural. Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, 94946, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz.

\*Autor para correspondencia: salazar@colpos.mx.

#### ABSTRACT

**Objective:** To review the contributions and implications of the microhistological technique in the management of wild herbivores and to provide recommendations for diet studies.

**Design/methodology/approach:** A meta-analysis was carried out on diet subjects in wild cervids and bovines in North America, in order to know the approaches of diet studies in the management of these species. These works are described and discussed and recommendations are given to adequately perform the microhistological technique.

**Results:** The microhistological technique is a fundamental tool in diet studies in wild herbivores. It has been used to evaluate the carrying capacity of species of hunting interest such as bighorn sheep. The use of sodium hypochlorite as a method of thinning has been questioned, however, it allows to identify cell structures efficiently, as long as the thinning time is not excessive. Dietary studies should be accompanied by an evaluation of forage availability. The stool collection must take place at least during the four seasons of the year and the number of samples must not be less than 50 samples per season.

**Limitations of the study/implications:** The use of the microhistological technique assumes that all plant species have the same percentage of digestibility. However, it allows to determine the diet in fecal samples, which is indispensable in evaluations of carrying capacity for wild herbivores.

**Findings/Conclusions:** The microhistological technique in the study of bighorn sheep using sodium hypochlorite has been an adequate method of thinning plant samples, to determine the availability of forage and in the determination of the diet are two aspects intimately linked for evaluations of habitat of this wild herbivore.

**Keywords:** Plant cells; stomata; bighorn sheep; ungulates; loading capacity

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 4, abril. 2019. pp: 17-23.

**Recibido:** julio, 2018. **Aceptado:** marzo, 2019.

## RESUMEN

**Objetivo:** Revisar los aportes e implicaciones de la técnica microhistológica en el manejo de herbívoros silvestres y brindar recomendaciones para realizar estudios de dieta.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se realizó un meta-análisis en temas de dieta en cérvidos y bóvidos silvestres en Norteamérica, con la finalidad de conocer los enfoques de los estudios sobre dieta en el manejo de estas especies. Se describen estos trabajos, discuten, y brindan recomendaciones para realizar adecuadamente la técnica microhistológica.

**Resultados:** La técnica microhistológica es una herramienta fundamental en estudios de dieta en herbívoros silvestres. Ha sido utilizada para evaluar la capacidad de carga de especies de interés cinegético como el borrego cimarrón. El uso de hipoclorito de sodio como método de aclareo ha sido cuestionado; sin embargo, permite identificar las estructuras celulares eficazmente, siempre y cuando el tiempo de aclareo no sea excesivo. Los estudios de dieta deben estar acompañados de una evaluación de disponibilidad de forraje. La recolecta de heces debe realizarse al menos durante las cuatro estaciones del año y número de muestras debe ser superior a 50 por estación.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** El uso de la técnica microhistológica asume que todas las especies vegetales tienen el mismo porcentaje de digestibilidad. Permite determinar la dieta en muestras fecales, lo cual es indispensable en evaluaciones de capacidad de carga para herbívoros silvestres.

**Hallazgos/conclusiones:** La técnica microhistológica en el estudio del borrego cimarrón usando el hipoclorito de sodio ha resultado un adecuado método de aclareo de muestras vegetales y determinar la disponibilidad de forraje y con ello definir la dieta, aspectos íntimamente ligados para evaluaciones de hábitat de este herbívoro silvestre.

**Palabras clave:** Células vegetales; estomas; borrego cimarrón; ungulados; capacidad de carga.

ción ganadera en conjunto con el manejo de fauna silvestre, conocido inicialmente como ganadería diversificada. El objetivo la ganadería diversificada, es que la vegetación natural se maneje de forma sustentable, y sea utilizada tanto para los animales domésticos como para la fauna silvestre (SEMARNAP, 1997).

Conocer la preferencia alimenticia de ambos grupos de ruminantes es indispensable en el manejo óptimo del hábitat, y para ello la técnica microhistológica ha sido fundamental en los estudios sobre dieta de herbívoros silvestres y domésticos. La selección del alimento, está influenciada por el ambiente natural en el que un herbívoro pastorea (Neira y Habib, 1980). En este sentido, la dieta está delimitada a la disponibilidad de plantas que ofrece el hábitat. Conocer los requerimientos alimenticios de las especies animales silvestres susceptibles de manejo, puede determinarse a través de un análisis de dieta (González *et al.*, 2003; Valdez *et al.*, 2006). Con base en lo anterior, se describe el proceso para identificar la dieta de herbívoros, haciendo énfasis en el borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana* Shaw) y las implicaciones y aplicaciones de los estudios de dieta sobre el manejo del hábitat; así como revisar los aportes de la técnica microhistológica en el manejo de herbívoros silvestres y brindar recomendaciones para realizar estudios de dieta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de esta revisión se basó en un meta-análisis, cuya finalidad es la búsqueda sobre temas relacionados con la técnica microhistológica aplicada en estudios de dieta de herbívoros silvestres (Ávila-Nájera *et al.*, 2018). Los resultados que se

## INTRODUCCIÓN

**En México** desde del año 1650, la cría de ganado bovino para exportación representa una de las actividades económicas más rentables. Por más de 350 años mediante el pastoreo libre, se ha generado un impacto ecológico negativo a la cubierta vegetal natural; y aunado a esto, existe tendencia a la baja en la productividad ganadera, afectando la rentabilidad de las empresas, debida a la pérdida de forraje natural (Villarreal, 1999). Las tierras donde se pastorea el ganado, constituyen un recurso natural renovable, pero históricamente no se han aprovechado de forma sustentable con el medio ambiente (INE, 2000). Uno de los efectos más dramáticos que el humano causa en los ecosistemas silvestres es el cambio en la distribución natural de las especies nativas. El uso de ecosistemas naturales como agostaderos, causa pérdida de la cubierta vegetal y erosión del suelo (Elevitch, 2002). Bajo este panorama, en el noreste de México, se implementó un modelo de produc-

presentan son descriptivos clasificados en tres temáticas; adicionalmente se presentan resultados de un estudio sobre la dieta del borrego cimarrón realizado por el primer autor de este artículo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Importancia de la dieta de herbívoros

Los herbívoros silvestres son considerados selectivos: de la vegetación disponible, solo consumen algunas plantas, y específicamente algunas de sus partes, tales como las hojas, frutos y semillas. Esto ocasiona mayor presión o limitación en el desarrollo de las especies vegetales, modificando su dinámica y haciendo más evidente la dominancia de las especies de plantas menos consumidas (Laca y Demment, 1996). En el contexto del manejo de fauna silvestre, conocer los hábitos alimenticios es de gran relevancia para poder identificar sitios potenciales de reintroducción, hábitos forrajeros e identificar diferencias en el forrajeo entre sexos y entre edades de los animales. Esto permite evaluar nutrientes disponibles, capacidad de carga y aplicar herramientas de mejora del hábitat para el aumento de la productividad animal o en la suplementación animal (Geist, 1971; Fulbright y Ortega-Santos, 2006).

En Estados Unidos, las principales especies de interés cinegético como el borrego cimarrón (Figura 1), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y venado bura (*Odocoileus hemionus*), son las más estudiadas, en relación a su dinámica poblacional, comportamiento social y sus hábitos alimenticios (Tarango et al., 2002). Se conoce que la dieta del borrego cimarrón está compuesta por arbustivas (50%), herbáceas (35%), poáceas (11%) y suculentas (4%), siendo la dieta similar en machos y hembras a lo largo del año; a excepción del invierno, donde las herbáceas prevalecen más en las dietas de machos. Con esta información, se asume la amplia capacidad de adaptación del borrego a climas extremos, aunque las plantas suculentas no aparecieron en gran



**Figura 1.** Ejemplares de borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana* Shaw) en la UMA Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, México (Fotografía: F. González-Saldívar).

porcentaje en la dieta, son especies “amortiguadoras” en las épocas más secas (Leopold y Krausman, 1991).

En Arizona, Estados Unidos, la dieta del borrego cimarrón fue similar durante los años de sequía y de lluvia. En contraste, la composición de la dieta de corderos fue independiente de los niveles de lluvia, pero el traslape de dietas entre y dentro de los grupos de edad fue más alta durante los años más lluviosos. Estos estudios, ayudan a comprender cómo la cantidad y distribución de la lluvia incide directamente en la composición de la dieta, permitiendo tener un panorama amplio de la preferencia alimenticia del borrego cimarrón, recomendando la propagación de las especies consumidas para evitar el sobrepastoreo (McKinney et al., 2003).

El análisis de dieta en ungulados silvestres se ha realizado para conocer cómo es el traslape en la selección del alimento. En Nuevo México, Estados Unidos, se reportan trabajos de traslape de dieta entre venado bura (*Odocoileus hemionus eremicus*) y el elk (*Cervus canadensis*), se encontró que ambos ciervos consumen tres de las cinco especies forrajeras más importantes como el roble (*Quercus* sp.), pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) y barbasco (*Verbascum thapsus*), con un traslape de dieta de 64%, se ha sugerido su reforestación para aumentar la carga animal (Smith y Lecount, 1979).

En México, se ha evaluado la disponibilidad de alimento y la competencia interespecífica para cuatro especies de interés cinegético en el estado de Tamaulipas: venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado Sika (*Cervus nippon*), ciervo rojo (*Cervus elaphus*) y antílope eland (*Taurotragus oryx*). En este estudio, se encontró que, en verano, el venado cola blanca tiene con el antílope la mayor competencia en la selección de plantas (42%), mientras que en otoño se presentó una similitud con el venado sika (45%), y en invierno se identificó la mayor similitud en la preferencia de plantas con

el ciervo rojo y el eland (43 y 55% respectivamente). La introducción de ciervos exóticos trae consigo el aumento en el consumo de plantas del ecosistema, que en el mediano plazo puede llevar a la extinción de las mismas (Olguín *et al.*, 2005).

En otro contexto, el conocimiento acerca de la dieta de algunos herbívoros silvestres se ha aplicado para tener una aproximación del comportamiento social, relacionado con la segregación sexual, la cual ocurre cuando hembras y machos ocupan sitios diferentes en época no reproductiva. Trabajos realizados en Kansas, EE.UU. sobre dieta en bisonte (*Bison bison*), indican que los machos contienen concentraciones más altas de C<sub>4</sub> en comparación con las hembras, juveniles y corderos. Diferencias en tamaño corporal fueron atribuibles al mayor requerimiento de energía por los machos y, en consecuencia, mayor consumo de forraje. Esta información fue el resultado de una comparación entre nutrientes de la dieta de machos, hembras, juveniles y corderos (Post *et al.*, 2001). Tarango *et al.* (2002), realizaron un estudio sobre dieta y segregación sexual del borrego cimarrón en el Desierto Sonorense en México, asumiendo que la dieta de grupos de machos y hembras segregados es diferente, ya que estos ocupan distintos sitios y por consiguiente tienen acceso a una amplia variedad de especies forraje; sin embargo, mediante un análisis de dieta, reportaron que no existe diferencia significativa entre estos grupos. Cabe mencionar que este trabajo es uno de los pocos reportados para México en relación a la dieta de especies de interés cinegético y se han basado en la técnica microhistológica, la cual consiste en identificar estructuras celulares

vegetales en muestras fecales (Main y Coblenz, 1990).

### Descripción del análisis de la dieta de herbívoros

El objetivo principal de un estudio básico de dieta es la determinación cuantitativa de las especies vegetales que la conforman; y para lograrlo, se hace uso de varias técnicas, siendo la técnica microhistológica la más utilizada y en la que se centra este trabajo. En términos generales, esta técnica consiste en identificar y cuantificar fragmentos epidérmicos vegetales en muestras estomacales o fecales (Baumgartner *et al.*, 1939). Otras técnicas se basan en la observación directa del forrajeo de los animales; la separación manual de las especies presentes en muestras de excrementos; de contenido estomacal y la espectroscopia. Sin embargo, se ha criticado el uso de la identificación directa en muestras de contenido estomacal, porque es complicado identificar las especies de plantas; en la observación directa se interfiere en el forrajeo de los animales generando un sesgo en el forrajeo y la espectroscopia no permite diferenciar algunas estructuras vegetales (Holechek, 1982).

En forma general, los pasos a seguir para conocer las preferencias alimenticias de un herbívoro silvestre son:

- Caracterizar el ecosistema y definir los tipos de vegetación presentes.
- Recolecta botánica de las especies presentes en el ecosistema y recolección de las heces fecales de la especie de estudio.
- Identificación taxonómica de las especies vegetales presentes dentro del área de estudio y elabo-

ración de un catálogo de referencia.

- Secar las heces en estufas de aire a una temperatura de 70 °C durante 24 h. Una vez secas, las heces se muelen en un molino con una malla calibre 40.
- En laboratorio, siguiendo la metodología de Sparks y Malechek (1968), modificada por Peña y Habib (1980), se identifican y comparan las especies vegetales encontradas en las heces con las determinadas en el catálogo de referencia.
- Se cuantifica el número de especies vegetales en función de la edad y sexo de los ejemplares muestreados.

### La técnica microhistológica

La técnica consiste en identificar y comparar las estructuras vegetales (Figura 2) tamaño, forma y disposición de las células, estomas, tricomas, glándulas, cristales, paredes celulares, células de silicio, etc.) en los fragmentos vegetales presentes en una muestra procesada de materia fecal comparada con las de un catálogo de referencia, para posteriormente estimar el aporte cuantitativo de éstas. Originalmente fue empleada como método cualitativo (Baumgartner y Martin, 1939). Posteriormente, fue perfeccionándose a través de su uso en una amplia variedad de estudios. El aporte más significativo en el desarrollo de esta técnica fue la contribución de Sparks y Malechek (1968), quienes desarrollaron el procedimiento para estimar el consumo de manera cuantitativa; también conocida como microtécnica, la cual se basa en la identificación y cuantificación de tejidos epidérmicos vegetales presentes en muestras fistulares, estomacales o fecales. Las características de las células epidérmicas presentan



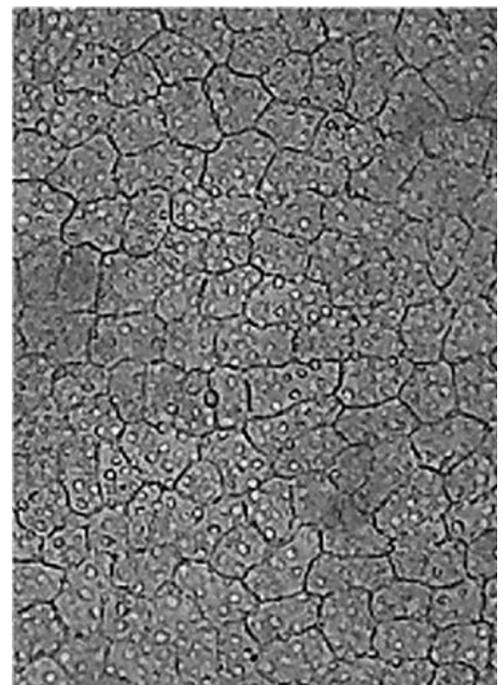
**Figura 2.** Epidermis de *Chamaecrista greggii* Pollard ex A. Heller, tomada a 40X, con hipoclorito de sodio como medio de aclareo.

distintos patrones entre diferentes géneros o especies de plantas; y usando claves taxonómicas, se identifican los patrones de las estructuras epidérmicas para asignar el nombre científico del ejemplar de la planta y con ello crear el catálogo de referencia (Dearden *et al.*, 1975). La identificación de fragmentos vegetales en las heces es posible debido a la resistencia que ofrecen los tejidos epidérmicos ricos en lignina, que superan el proceso digestivo. Sin embargo, varios autores han objetado que algunas plantas, particularmente anuales, suculentas, o los pétalos, son prácticamente digeridos en su totalidad, lo cual impide encontrar residuos identificables en el material digerido; a pesar de esta desventaja, la técnica es relativamente confiable, económica y rápida cuando se tiene premura de conocer lo que hace falta para incrementar el peso animal (Holkechek y Gross, 1981, Provenza *et al.*, 2007).

Para el empleo de esta técnica, el microscopista no necesita ser un experto en anatomía vegetal y realizar la identificación microhistológica; sin embargo, sí requiere de un entrenamiento para poder “leer” las muestras (Peña y Habib 1980). Dicho entrenamiento debe estar concentrado en los siguientes puntos indispensables para un análisis de la dieta de herbívoros silvestres a partir de heces, como los que se han encontrado como resultados preliminares en borrego cimarrón realizado por el primer autor de este trabajo:

- Disposición celular: en gimnospermas y monocotiledóneas presentan una disposición lineal, mientras que las dicotiledóneas presentan un patrón irregular (Figuras 2 y 3).
- Estomas: en la mayoría de las monocotiledóneas las células oclusivas de la estoma son planas y alargadas y siempre con dos células acompañantes bien definidas. Por su parte, la mayoría de las dicotiledóneas las células oclusivas tienen forma de “riñón” y la forma y número de células acompañantes varía de acuerdo a la planta.
- Tricomas: generalmente son unas de las estructuras epidérmicas de mayor utilidad para identificar dicotiledóneas, en estos se debe de tomar en cuenta su forma, tamaño, número de células, así como las características de su base y articulaciones (Figura 4).
- Glándulas: ofrecen olor característico a las especies vegetales. Estos organelos pueden ser bicelulares, oblongas y generalmente de doble pared.

- Drusas: cristales de oxalato de calcio de apariencia redondeada, presentes en muchas familias de dicotiledóneas, su tamaño, textura y periferia son características que deben de tomarse para la identificación taxonómica de las plantas, pero hay que ser cuidadosos ya que muchas especies presentan drusas iguales.
- Cristales bialinos: cristales pequeños y generalmente hexagonales.
- Conductos vasculares: típicamente observadas poáceas (antes gramíneas).
- Células de sílice: exclusivas de especies poáceas, presentándose generalmente en todas especies de desarrollo en verano; generalmente tiene forma de paréntesis, hueso o mancuerna.
- Parejas celulares: también exclusivas de poáceas y contiene una célula de sílice. Su forma, distribución y abundancia varían de acuerdo a la especie.
- Paredes celulares: la forma, grosor y textura de la pared puede



**Figura 3.** Epidermis de *Guaiacum angustifolium* a 40X tratada con hipoclorito de sodio como medio de aclareo.

llegar a ser clave para la identificación de algunas poáceas. En zacates, las paredes celulares varían mucho dentro de la misma especie.

### Conclusiones e implicaciones de manejo

Conocer la composición de la dieta permite identificar cuáles son los nutrientes limitantes o excedentes para el animal. En un escenario donde los bajos niveles de Ca se reflejan en el estado corporal, eficiencia reproductiva y principalmente en el bajo desarrollo de cornamenta o astas, la sugerencia sería suministrar este elemento ya sea de manera natural o artificial, para mejorar la productividad animal. El conocimiento de la composición botánica de la dieta de herbívoros domésticos y silvestres, es fundamental a fin de elaborar pautas de manejo tendientes a detener los procesos de degradación del hábitat, mantener la biodiversidad vegetal en áreas frágiles, degradadas o sobrepastoreadas.

Las consideraciones antes de realizar un análisis básico de dieta son i) tener presente que la dieta está condicionada a las características que el hábitat ofrece, ii) si el pastoreo es demasiado intenso o no se considera otro herbívoro que esté compitiendo con el herbívoro sujeto de estudio, se estará subestimando la composición de la dieta. Asimismo, si existe sobrepastoreo sobre algunas especies de plantas, estas tienden a desaparecer y suelen ser reemplazadas por otras de menor valor nutritivo, iii) un análisis de la dieta debe considerar un tiempo de muestreo de 2 a 3 años.

La técnica microhistológica es una herramienta cuyos resultados ayudan a comprender el funcionamien-

to de una parte del sistema alimenticio. Algunos autores no recomiendan utilizar hipoclorito de sodio como método de aclareo de tejidos vegetales. Sin embargo, la mayoría de los trabajos en dieta, utilizan esta sustancia de aclareo, por su eficiencia y fácil acceso. Se sugiere que el investigador utilice el método de aclareo que le brinde mejor visibilidad de las estructuras vegetales y el arreglo celular, y que le facilite la identificación en las muestras fecales.



**Figura 4.** Tricoma de *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville, tomada a 40X, con hipoclorito de sodio como medio de aclareo.

En síntesis, no hay preferencia por algún método de aclareo. En cuanto a la toma de muestras, se recomienda recolectar no menos de cinco grupos fecales por animal, sexo y mes. En el caso de que el objetivo sea distinguir la composición botánica entre especies, es recomendable recolectar más de 10 muestras por animal por especie y mes. Un análisis bromatológico complementario de las muestras fecales, brindará los niveles de proteína, fibra y minerales para identificar los niveles bajos o excedentes de nutrientes, que en cierta medida se podrán suministrar para complementar el valor nutricional que requieren los ungulados silvestres, para evitar la competencia y sobrepastoreo con los ungulados domésticos.

### CONCLUSIONES

**Conocer** la dieta de herbívoros silvestres es indispensable para entender el complejo nutricional, comportamiento forrajero, y así estar en condiciones de formular dieta con los elementos nutrimentales que el hábitat no le proporciona, lo anterior es fundamental para poder alcanzar objetivos de conservación y aprovechamiento sustentable de especies de interés cinegético, aunado a la conservación del hábitat en el cual se alimenta y se distribuyen de manera natural. Por último, realizar una evaluación del hábitat complementaría el conocimiento de la disponibilidad del forraje para compararlo con los resultados obtenidos en la evaluación de la dieta.

### LITERATURA CITADA

- Ávila-Nájera, D. M., Mendoza, G. D., Villarreal, O., & Serna-Lagunes, R. (2018). Uso y valor cultural de la herpetofauna en México: una revisión de las últimas dos décadas (1997-2017). *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie). 34(1): 1-15.
- Baumgartner, L.T., & Martin, A.C. (1939). Plant histology as an aid in squirrel food-habitat studies. *Journal of Wildlife Management*. 3: 266-268.
- Dearden, B.L., Pegau, R.E., & Hnusen, R.M. (1975). Precision of microhistological estimates of ruminant food habits. *Journal of Wildlife Management*. 39: 402-407.
- Elevitch, C.W.K. (2002). *Animals in agroforestry. Micro livestock: little-known small animals with a promising economic future.* National Academy Press, Washington, D.C.
- Fulbright, T.E., & Ortega-Santos, J.A. (2006). *White-tailed deer habitat: ecology and management on rangelands.* Texas A & M University Press. EE.UU. 256 p.

- Geist, V. (1971) Mountain sheep: a study in behavior and evolution. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- González, R., Montes-Pérez, R., & Flores, J.S. (2003) Caracterización de las unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de fauna silvestre en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2: 13-21.
- Holechek, J.L. (1982). Sample preparation techniques for microhistological analysis. *Journal of Range Management*. 35:267-269.
- Holechek, J.L., & Gross, B.D. (1982). Training needed for quantifying simulated diets from fragmented range plants. *Journal of Range Management*. 35: 644-647.
- Instituto Nacional de Ecología [INE]. (2000). Estrategia Nacional para la Vida Silvestre. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (INE-SEMARNAT). 212 p.
- Laca, E.A., & Demment, W.W. (1996). Foraging strategies of grazing animals. In: J Hodgson and AW Illius (Eds.). *The Ecology and Management of Grazing Systems*, CAB International, Wallingford. 137-155 pp.
- Leopold, B.D., & Krausman, P.R. (1991). Factors influencing desert mule deer distribution and productivity in southwestern Texas. *Southwestern Naturalist*. 36: 67-74.
- Main, M.B., & Coblenz, B.E. (1990). Sexual segregation among ungulates: a critique. *Wildlife Society Bulletin*. 18: 204-210.
- Mckinney, T., Boe, S.R., & Devos Jr., J.C. (2003). GIS based evaluation of escape terrain and desert bighorn sheep populations in Arizona. *Wildlife Society Bulletin*. 31:1229-1236.
- Olguín, C.A., González, F.N., Cantú, C.M., Domínguez, L., Uvalle, J.I., & Marmolejo, J.G. (2005). Determinación de la competencia alimentaria entre el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Zimmermann 1780) y tres herbívoros exóticos en el Rancho "Los Ébanos", Matamoros, Tamaulipas. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Peña, N.J.M., & Habib, R. (1980) La técnica microhistológica; un método para determinar la composición botánica de la dieta de herbívoros. Serie Técnico Científica Vol. 1, N° 6. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 82 p.
- Post-Diane, M., Armbrust, T.S., Horne & Goheen. (2001). Sexual segregation results in differences in content and quality of bison (*Bos bison*) diets. *American Society of Mammalogists. Journal of Mammalogy*. 82(2): 407-413.
- Provenza, F.D., Villalba, J.J., Haskell, J.H., Macadam, J.A., Griggs, T.C., & Wiedmeier, R.D. (2007). The value to herbivores of plant physical and chemical diversity in time and space. *Crop Science*. 47: 382-398.
- Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca [SEMARNAP]. (1997). Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva del sector rural: 1997-2000. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D. F.
- Smith, R.H., & Lecount, A. (1979). Some factors affecting survival of desert mule deer fawns. *Journal of Wildlife Management*. 43: 657-665.
- Sparks, D.R., & Malechek, J.C. (1968). Estimating percentage dry weight in diets using a microscope technique. *Journal of Range Management*. 21: 264-265.
- Tarango, L.A., Krausman, P.R., Valdez, R., and Kattnig, R.M. (2002). Research observation: Desert Bighorn Sheep Diets in Northwestern Sonora, Mexico. *Journal of Range Management*. 55: 530-534.
- Valdez, R., Guzmán-Aranda, J.G., Abarca, F.J., Tarango-Arámula, L.A., & Clemente-Sánchez, F. (2006.) Wildlife conservation and management in Mexico. *Wildlife Society Bulletin*. 34(2): 270-282.
- Villarreal, G.J. (1999). Venado cola blanca, manejo y aprovechamiento cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México.





## Estimation of aerial biomass of winter forages in irrigation through a drone

### Estimación de biomasa aérea de forrajes de invierno bajo riego a través de un dron

Botello-Aguillón, César; Gavi-Reyes, Francisco\*; Tijerina-Chávez, Leonardo;  
Galvis-Spíndola, Arturo; Roblero-Hidalgo, Rodrigo

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Posgrado en Hidrociencias. Km. 36.5 Carretera  
México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56230

\*Autor para correspondencia: gavi@colpos.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** To develop a procedure to estimate biomass with digital images captured from drone and 3D modeling (ID-Dron-3D) applicable in forage alfalfa (*Medicago sativa* L.) and oats (*Avena sativa* L.).

**Design/methodology/approach:** With a digital camera coupled to the drone, images were obtained before harvesting the crops, which were processed with software to then estimate biomass volume. In each crop, height of the plant and harvested area, apparent and real volume of biomass, and weight of fresh and dry biomass were measured.

**Results:** Based on the regression analysis, linear models were obtained at one  $p < 0.05$  to predict: fresh biomass in oats ( $R^2 = 0.70$ ) and alfalfa ( $R^2 = 0.47$ ); and dry biomass in oats ( $R^2 = 0.78$ ) and in alfalfa ( $R^2 = 0.31$ ) by ID-Dron-3D.

**Limitations on study/implications:** Considering the  $R^2$  of the models obtained, the results in the forage oats were better, compared to those detected in alfalfa, which may be due to the greater variability of the plant cover, since, in some sampling units, the plants of alfalfa did not completely cover the soil.

**Findings/conclusions:** The yield of fresh and dry biomass of both crops was significantly correlated with their respective apparent volume, which was estimated with digital images taken from a drone and its 3D processing (ID-Dron-3D).

**Keywords:** 3D modeling; linear regression; precision agriculture; remote sensing; sensors.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Desarrollar un procedimiento para estimar biomasa con imágenes digitales captadas desde un dron y modelación 3D (ID-Dron-3D) aplicable en alfalfa (*Medicago sativa* L.) y avena forrajera (*Avena sativa* L.).

**Diseño/metodología/aproximación:** Con una cámara digital acoplada al dron se obtuvieron imágenes antes de la cosecha de los cultivos, que fueron procesadas con software para luego estimar volumen de biomasa. En cada cultivo se midió altura de la planta y área cosechada, volumen aparente y real de biomasa, y peso de biomasa fresca y seca.

**Resultados:** Con base en el análisis de regresión se obtuvieron modelos lineales a una  $p < 0.05$  para predecir: biomasa fresca en avena ( $R^2 = 0.70$ ) y alfalfa ( $R^2 = 0.47$ ); y biomasa seca en avena ( $R^2 = 0.78$ ) y en alfalfa ( $R^2 = 0.31$ ) mediante ID-Dron-3D.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Considerando las  $R^2$  de los modelos obtenidos, los resultados en la avena forrajera fueron mejores, respecto a los detectados en alfalfa, lo cual se puede deber a la mayor variabilidad de la cobertura vegetal, ya que, en algunas unidades de muestreo, las plantas de alfalfa no cubrían completamente el suelo.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 4, abril. 2019. pp: 25-31.

**Recibido:** julio, 2018. **Aceptado:** marzo, 2019.



**Hallazgos/conclusiones:** El rendimiento de biomasa fresca y seca de ambos cultivos se correlacionó significativamente con su respectivo volumen aparente, el cual fue estimado con imágenes digitales tomadas desde un dron y su procesamiento 3D (ID-Dron-3D).

**Palabras clave:** agricultura de precisión; modelado 3D; regresión lineal; sensores; teledetección.

## INTRODUCCIÓN

**Algunos** autores indican que la biomasa es la cantidad total de materia viviente, que se encuentra en un área determinada y se expresa en toneladas por unidad de superficie (Martínez-Romero y Leyva-Galán, 2014).

El método del cuadrante es el más certero para estimar la biomasa (Holchek *et al.*, 2004). Sin embargo, su utilidad práctica está limitada al área de la investigación como herramienta de calibración de otros métodos (Mannetje, 2000).

En la actualidad, la fotografía digital se ha convertido en un método común y económico para documentación y presentación de imágenes por parte de la comunidad científica (Karcher y Richardson, 2003). El análisis computacional de imágenes digitales para la estimación de la cobertura vegetal es relativamente reciente en la literatura agronómica, pero con gran potencial por ser una técnica confiable.

Los rasgos geométricos de un cultivo, tales como altura de la planta y su cobertura entre otros, pueden estimarse con base en un modelo digital de superficie (MDS) o un modelo digital de elevación (MDE) y el análisis de clasificación de imágenes tomadas desde drones (Li *et al.*, 2015). Asimismo, conociendo la altura se puede estimar la producción de biomasa aplicando modelos de regresión.

Nuevas metodologías de caracterización digital, que utilizan modelos digitales 3D, tal como la que emplea laser-escáner, cámaras de profundidad o sistemas basados en luz estructurada, han creado modelos muy cercanos a la realidad que permiten el estudio detallado de las características morfológicas de cada planta (Andújar *et al.*, 2017).

Los modelos 3D de cultivo pueden obtenerse a partir de imágenes superpuestas capturadas desde un dron, también conocido como vehículo aéreo no tripulado (VANT) o de sensores proximales unidos a vehículos terrestres (Schirrmann *et al.*, 2017).

Existe escasa información sobre la determinación de biomasa de forrajes mediante el uso de cámaras digitales montadas en VANT, lo cual puede ser una opción cuando no se cuenta con imágenes multi espectrales o tecnología LiDAR, ya que actualmente tanto los VANT como las cámaras digitales, se usan más debido a que son equipos más baratos que en el pasado. Lo anterior es la motivación del presente estudio, junto con el interés en contribuir con una

metodología alternativa en dicha tarea. El objetivo fue desarrollar un procedimiento para estimar el rendimiento de biomasa de los cultivos forrajeros *Medicago sativa* L. (alfalfa) y *Avena sativa* L. (avena forrajera) bajo riego, mediante imágenes digitales tomadas desde un VANT y su modelación 3D.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La fase de campo se llevó a cabo en las parcelas experimentales del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en Carretera México-Texcoco km. 36.5 Montecillo, Texcoco. Los muestreos de *A. sativa* (marzo de 2018) y *M. sativa* (mayo de 2018) se realizaron en n=17 unidades de muestreo 1.05×1.05 m, previamente delimitadas para cada cultivo, tratando de captar la variabilidad del rendimiento a lo largo del dosel.

Se utilizó el dron DJI Phantom 4, equipado con una cámara de 12 Megapíxeles con un tamaño de píxel en el sensor de 0.00156192 mm de ancho por 0.00156192 mm de alto y una distancia focal de 3.61 mm, capaz de producir fotografías de 4000 píxeles de ancho por 3000 píxeles de alto (DJI Technology, 2018). El software empleado fue Agisoft PhotoScan para procesar las imágenes digitales (Agisoft, 2018) y AutoCAD Civil 3D para estimar el volumen de biomasa a partir de los modelos de superficie obtenidos de las imágenes digitales (Autodesk, 2017) (Figura 1).

Para la obtención de imágenes, se programó para cada parcela de forraje el vuelo con el software del VANT. Se inició con la activación de la aplicación, cuya interfaz muestra la vista satelital del terreno donde está la superficie a reconocer

(parcela cultivada con las unidades de muestreo marcadas) y la altura del vuelo (30 m), datos previamente ingresados a la aplicación, considerando el tiempo de vuelo menor a 10 min (duración útil de la batería) y una distancia de muestreo del terreno menor a 1 cm por píxel.

Se verificó la distancia calculada de muestreo del terreno o GSD (por sus siglas en inglés ground sampling distance), con ayuda de una calculadora GSD descargada de internet (Pix4D, 2018.), donde se añadieron los datos de ancho y alto del sensor de la cámara en mm, la altura de vuelo en m, el tamaño en píxeles del ancho y alto de las imágenes. De este modo se obtuvo un GSD de 0.75 cm por píxel que cumplió con las características requeridas para el presente estudio. Las imágenes tomadas por la cámara digital montada en el dron, una vez terminado el vuelo se guardaron en la memoria extraíble del dron y se procesaron estadísticamente (Figura 2).

## Variables

**Volumen aparente.** En cada una de las unidades de muestreo marcadas en las parcelas, se midió la altura de la planta más alta de cada celda con la ayuda de una malla (1.05 m×1.05 m) con celdas de 15 cm×15 cm. La suma de la altura de planta en cada unidad, por el área de ésta, dio como resultado el volumen aparente de la unidad de muestreo, que se expresó en m<sup>3</sup>.

**Biomasa.** Se cortó el forraje de cada unidad de muestreo a 5 cm del nivel del suelo para simular el paso de la cortadora de forraje, y se pesó en una báscula digital

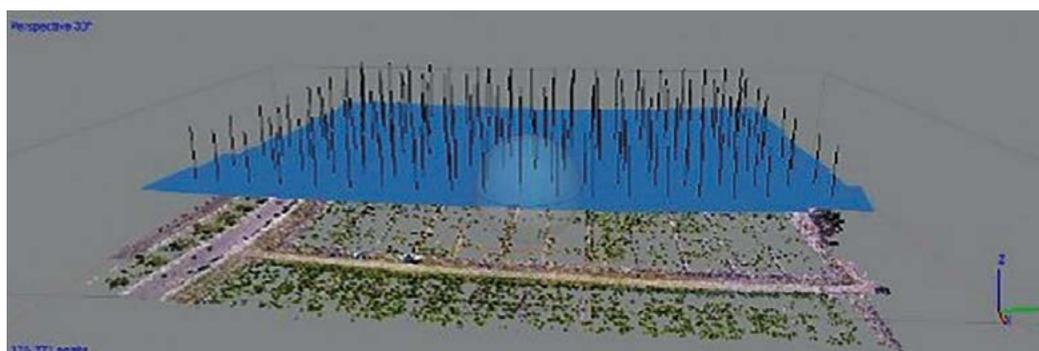


**Figura 1.** Dron DJI Phantom 4, equipado con una cámara de 12 Megapíxeles con un tamaño de píxel en el sensor de 0.00156192 mm de ancho por 0.00156192 mm de alto y una distancia focal de 3.61 mm.

(+1 g), con lo cual se obtuvo la biomasa fresca, que se expresó en kg por unidad de área. De la biomasa fresca se tomó una muestra, que fue pesada y posteriormente secada en un horno de ventilación forzada a 70 °C por 48 h. La muestra seca fue pesada y la fracción de materia seca (MS) se obtuvo al dividir el peso seco entre el peso fresco. La biomasa seca se determinó multiplicando MS por la biomasa fresca.

**Volumen real.** El forraje de cada unidad de muestreo cortado y pesado, se colocó dentro de un recipiente de plástico de 20 L, el cual, previamente se llenó de agua y midió el volumen de agua desplazado (mL). Bajo el principio de Arquímedes que dice que la fuerza flotante sobre un objeto inmerso en un fluido es igual al peso del fluido desplazado por el objeto (Giancoli, 2006), se obtuvo el volumen del forraje sumergido en mL.

**Volumen aparente ID-Dron-3D.** Se utilizaron las imágenes obtenidas por el dron, se creó un fichero en computadora para cada cultivo, se guardaron las imágenes correspondientes y se utilizó Agisoft PhotoScan Pro para construir un ortomosaico y una nube de puntos de la cobertura del forraje. Para esto, en el software se creó un nuevo proyecto por cultivo para hacer la alineación de la cámara que consistió en que PhotoScan encontrara puntos comunes en fotografías y las comparara, así como también encontrara la posición de la cámara en cada imagen, y con ello, generar la nube de puntos dispersos y el conjunto de posiciones de cámara. Posteriormente se creó un ortomosaico de la



**Figura 2.** Proceso fotogramétrico para la generación del mosaico digital.

superficie volada con el dron en el cual estuvieron identificadas las unidades de muestreo. La nube de puntos densa y el ortomosaico se archivaron con extensiones “.las” y “.TIFF”, respectivamente, georreferenciados en coordenadas UTM zona 14 Norte con datum WGS84 (World Geodetic System).

En un nuevo archivo de civilCAD 3D se configuró el mismo sistema de coordenadas de la nube de puntos y ortomosaico para cargar los archivos en él. Con ayuda del ortomosaico se identificaron las unidades de muestreo y delimitaron con un polígono, además se localizaron unos puntos marcados en campo a nivel del suelo que se representaron con puntos en el software, y con ayuda de la nube de puntos densa se creó una superficie de red de triángulos irregulares (TIN) que representó la superficie de la cobertura del cultivo. Con los puntos a nivel del suelo se generó otra superficie TIN, pero esta vez representó la topografía del terreno que ayudó a darle una altura a los polígonos ubicados en las unidades de muestreo. Con la superficie TIN de la cobertura vegetal y los polígonos con la propiedad de altura, se realizó un balance de volumen entre ellos para obtener el volumen aparente en metros cúbicos de cada unidad de muestreo y lo que fue llamado volumen aparente ID-Dron-3D para diferenciarlo del volumen aparente obtenido a partir de las alturas de planta.

Se realizó un análisis de correlación para las variables para determinar si existía correlación significativa entre ellas; en especial del volumen aparente ID-Dron-3D con el volumen real y rendimiento de biomasa de los cultivos bajo estudio. Con base en el análisis de regresión se generó un modelo para predecir rendimientos de biomasa de los cultivos a partir del volumen aparente ID-Dron-3D. Para verificar la validez de los modelos, se revisó que cumplieran los supuestos de Independencia, Homocedasticidad y Normalidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La medición de biomasa es una tarea importante durante la cosecha para fines de alimentación del ganado, ya sea mediante el autoconsumo en la granja o para su comercialización. Los procedimientos manuales destructivos en campo han sido muy usados, pero requieren de gran labor y pueden incrementar los costos de producción. Como alternativa a ello se ha propuesto el uso de índices para estimar la biomasa de forma indirecta y sin destruirla (Mónaco *et al.*, 2015, 2017). La correlación de volúmenes de cada cultivo se presenta en el Cuadro 1.

Los valores de correlación resultantes en el presente estudio pueden compararse con aquellos obtenidos con otros procedimientos más complejos y que ocupan drones e imágenes con mayor información espectral (Bendig *et al.*, 2015; Yue *et al.*, 2017; Christiansen *et al.*, 2018).

### Volumen contra Biomasa

Para la creación de un modelo, donde a partir de una variable independiente (volumen aparente ID-Dron-3D) se conozca el valor de una variable dependiente (rendimientos de biomasa fresca o seca) se necesita verificar si existe una correlación entre estas dos variables (Cuadro 2).

### Modelos de regresión para estimar biomasa

Los datos estadísticos de los modelos de regresión lineal obtenidos se presentan en el Cuadro 3.

Considerando las  $R^2$  de los modelos obtenidos en materia fresca, los resultados en la avena forrajera (Figura 3) fueron mejores, respecto a los detectados en alfalfa (Figura 4), lo cual se puede deber a la mayor variabilidad de la cobertura vegetal, ya que, en algunas unidades de muestreo, las plantas de alfalfa no cubrían completamente el suelo; en otros estudios se ha reportado esto como un factor de interferencia en las estimaciones (Castañeda-Ibáñez *et al.*, 2015).

**Cuadro 1.** Correlación entre volúmenes obtenidos en los cultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y avena forrajera (*Avena sativa* L.).

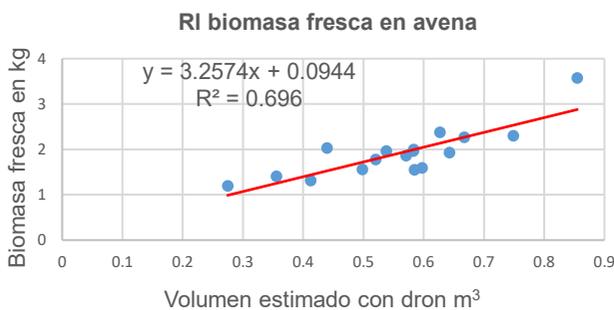
Cultivo	Variable 1	Variable 2	R	P Value
Avena	Volumen Real	Volumen Aparente	0.89	1.90E-06
Avena	Volumen aparente ID-Dron-3D	Volumen Real	0.82	4.56E-05
Avena	Volumen Aparente	Volumen aparente ID-Dron-3D	0.90	9.69E-07
Alfalfa	Volumen Real	Volumen Aparente	0.68	0.0055
Alfalfa	Volumen Dron	Volumen Real	0.75	0.0014
Alfalfa	Volumen Aparente	Volumen Dron	0.81	0.0002

**Cuadro 2.** Correlación entre el volumen aparente ID-Dron-3D y biomasa fresca y seca en los cultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y avena forrajera (*Avena sativa* L.).

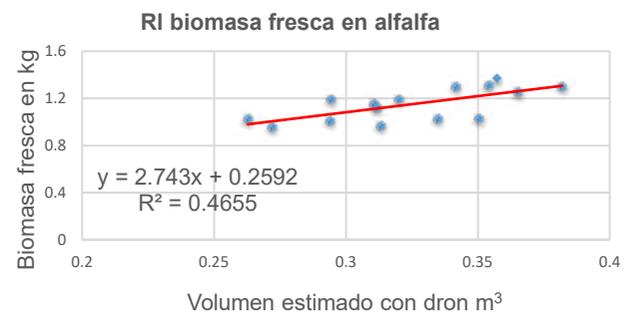
Cultivo	Variable 1	Variable 2	R <sup>2</sup>	P value
Avena	Biomasa Fresca	Volumen aparente ID-Dron-3D	0.83	3.14E-05
Avena	Biomasa Seca	idem	0.88	2.72E-06
Alfalfa	Biomasa Fresca	idem	0.68	5.10E-03
Alfalfa	Biomasa Seca	idem	0.56	0.0309

**Cuadro 3.** Características de regresión de volumen aparente ID-Dron-3D en comparación a biomasa fresca y seca.

Cultivo	Regresión Lineal	n	R <sup>2</sup>	P Value
Biomasa Fresca				
Avena	Y=3.257xVolumen+0.0944	17	0.70	3.14E-05
Alfalfa	Y=2.743xVolumen+0.259	15	0.46	0.0051
Biomasa Seca				
Avena	Y=0.748xVolumen+0.0540	17	0.78	2.72E-06
Alfalfa	Y=0.577xVolumen+0.093	15	0.31	0.0309



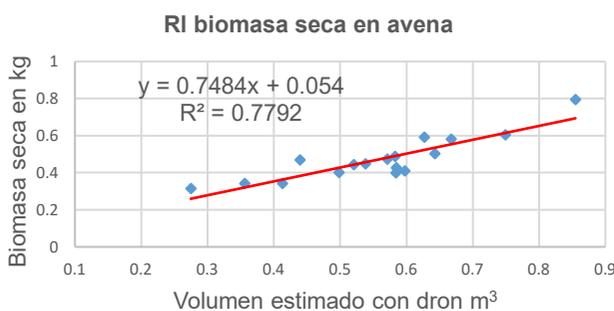
**Figura 3.** Modelo para estimar biomasa fresca en avena (*Avena sativa* L.) a partir del volumen aparente ID-Dron-3D.



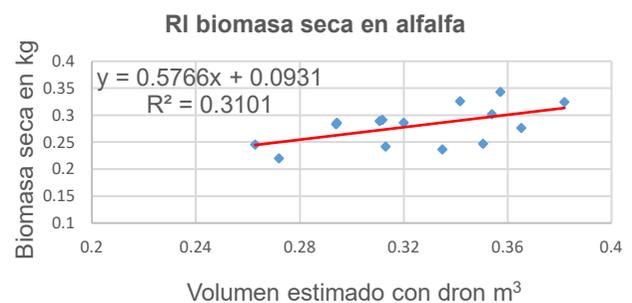
**Figura 4.** Modelo para estimar biomasa fresca en alfalfa (*Medicago sativa* L.) a partir del volumen aparente ID-Dron-3D.

Las mismas observaciones se presentaron en el caso de los modelos de regresión en materia seca; El modelo de la avena (Figura 5) registró mayor correlación respecto al modelo de la alfalfa (Figura 6).

Las pruebas necesarias para garantizar que se cumplieran los supuestos del modelo fueron la prueba de Shapiro-Wilk; prueba de Durbin-Watson, y la prueba de conteo de varianza no constante (Cuadro 4).



**Figura 5.** Modelo para estimar biomasa seca en avena (*Avena sativa* L.) a partir del volumen aparente ID-Dron-3D.



**Figura 6.** Gráfica del modelo para estimar biomasa seca en alfalfa (*Medicago sativa* L.) a partir del volumen aparente ID-Dron-3D.

**Cuadro 4.** Pruebas realizadas para verificar supuestos de los modelos obtenidos.

Variable	Independencia		Normalidad		Homocedasticidad	
	Durbin-Watson	P- Value	Shapiro-Wilk	P- Value	Non-Constant Variance Score	P- Value
Avena						
Biomasa Fresca	1.8735	0.421	0.9553	0.546	3.4085	0.065
Biomasa Seca	1.5068	0.619	0.9618	0.665	0.99692	0.325
Alfalfa						
Biomasa Fresca	1.6257	0.185	0.9341	0.314	0.3562	0.551
Biomasa Seca	1.5068	0.1269	0.9200	0.192	0.575	0.448

Este método de estimación de rendimiento de biomasa, que usa drones, imágenes digitales y modelación 3D, en la medida que el equipo aéreo, cámara digital y software sea más accesibles económicamente, será más fácil de adoptar, con un grado de precisión aceptable (Liaghat y Balasundram, 2010). El presente estudio cumplió con el objetivo de generar un procedimiento para estimar el rendimiento de biomasa aérea de forrajes de invierno bajo riego, mediante imágenes captadas a través de un dron y su modelación 3D. El desarrollo de estas aplicaciones agrícolas usando drones contribuyen al desarrollo de la Agricultura de Precisión (Best *et al.*, 2014), ya que con la presente propuesta metodológica también se pueden elaborar mapas de rendimiento en tiempo real, en el futuro cercano. El procedimiento propuesto requiere ser automatizado, mediante un software, que permita durante el vuelo del dron enviar la información de las imágenes digitales a una computadora que procese la información y en tiempo real estime la biomasa.

## CONCLUSIONES

Se determinó una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) entre los volúmenes de biomasa en los cultivos forrajeros de avena y alfalfa. El rendimiento de biomasa fresca y seca de ambos cultivos se correlacionó significativamente con su respectivo volumen aparente estimado con imágenes digitales tomadas desde un dron y su procesamiento 3D (ID-Dron-3D). Es factible predecir el rendimiento de biomasa de los cultivos forrajeros a partir del volumen aparente ID-Dron-3D. Los modelos obtenidos mediante regresión para estimar rendimiento de biomasa a partir del volumen aparente ID-Dron-3D resultaron significativos ( $p < 0.05$ ) y cumplieron con los criterios de validez: independencia de residuos, homocedasticidad y normalidad. En el cultivo de avena los  $R^2$  fueron de 0.70 para biomasa fresca y de 0.78 para biomasa seca. En el cultivo de alfalfa los  $R^2$  fueron de 0.46 para biomasa fresca y de 0.31 para biomasa seca.

## LITERATURA CITADA

- Agisoft LLC. (2018). Agisoft PhotoScan. St Petersburg, Russia. Consultado el 5 de marzo 2018 en [www.agisoft.com](http://www.agisoft.com).
- Andújar, D., Calle, M., Peña, J. M., Ribeiro, Á., Fernández-Quintanilla, C., & Dorado, J. (2017). Modelización 3D de malas hierbas en cultivos de maíz mediante fotogrametría digital automatizada. En XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. Pamplona-Iruña, España. Consultado el 11 de abril de 2019 en <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/27194/O4.6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Autodesk, Inc. 2017. Civil 3D. New Jersey, EE. UU. Consultado el 5 de marzo de 2018 en [www.agisoft.com](http://www.agisoft.com).
- Bendig, J., Yu, K., Aasen, H., Bolten, A., Bennertz, S., Broscheit, J. & Bareth, G. (2015). Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 39, 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.02.012>.
- Best, S., León, L. Méndez, A., Flores, F., Aguilera, H. (2014). Adopción y desarrollo de tecnologías en agricultura de precisión. *Boletín Digital N° 3*. Progap-INIA, 100p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- Giancoli, D.C. (2006). Física. Principios con aplicaciones. Volumen I (6a edic.). Naucalpan, México: Pearson Educación. Traducción al español por Víctor Campos Olguín.
- Castañeda-Ibáñez, C. R., Martínez-Menes, M., Pascual-Ramírez, F., Flores-Magdaleno, H., Fernández-Reynoso, D. S., & Esparza-Govea, S. (2015). Estimación de coeficientes de cultivo mediante sensores remotos en el distrito de riego río Yaqui, Sonora, México. *Agrociencia*, 49(2), 221-232.
- Christiansen, M. P., Laursen, M. S., Jørgensen, R. N., Skovsen, S., & Gislum, R. (2018). Ground vehicle mapping of fields using LiDAR to enable prediction of crop biomass. In *Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture* (unpaginated, online). Monticello, IL: International Society of Precision Agriculture. Consultado el 5 de marzo de 2018 en <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1805/1805.01426.pdf>.
- DJI Technology Inc. (2018). Phantom 4. Shenzhen, China. Consultado el 5 de marzo de 2018 en <https://djistoremexico.com/>.
- Holchek, J. L., Pieper, R. D., & Herbal, C. H. (2004). *Range management: Principles and practices*. New Jersey: Prentice Hall.
- Karcher, D. E. & Richardson, M. D. (2003). Quantifying turfgrass color using digital image analysis. *Crop Science*, 43(3), 943-951.

- Li, J. W., Zhang, F., Qian, X. Y., Zhu, Y. H., & Shen, G. X. (2015). Quantification of rice canopy nitrogen balance index with digital imagery from unmanned aerial vehicle. *Remote Sensing Lett.* 6, 183–189.
- Liaghat, S., & Balasundram, S. K. (2010). A review: The role of remote sensing in precision agriculture. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5(1), 50-55.
- Martínez-Romero, A. & Leyva-Galán, A. (2014). La biomasa de los cultivos en el ecosistema. Sus beneficios agroecológicos. *Cultivos Tropicales*, 35(1), 11-20. Recuperado en 11 de abril de 2019, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362014000100002&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000100002&lng=es&tlng=es).
- Mónaco, N., Rosa, M. J., Santa, V., Aufrán, V., & Heguiabehere, A. (2015). Utilización de estimadores para determinación de biomasa a campo. *European Scientific Journal*, ESJ, 11(33).
- Mónaco, N., Santa, V., Rosa, M. J., & Aufrán, V. (2017). Evaluación de métodos indirectos para estimar biomasa en un pastizal natural del sur de Córdoba (Argentina Central). *European Scientific Journal*, ESJ, 13(36).
- Pix4D. (2018). Ground sampling distance calculator. Lausanne, Suiza. Consultado el 10 de mayo 2018 en <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202560249#gsc.tab=0>.
- Schirrmann, M., Hamdorf, A., Giebel, A., Gleiniger, F., Pflanz, M., & Dammer, K. H. (2017). Regression kriging for improving crop height models fusing ultra-sonic sensing with UAV imagery. *Remote Sensing*, 9(7), 665.
- Mannetje, L. t. (2000). Measuring biomass of grassland vegetation. In Mannetje and Jones, R.M. (eds.). *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*, pp. 151-177. Wallingford, UK: CABI publishing.
- Yue, J., Yang, G., Li, C., Li, Z., Wang, Y., Feng, H., & Xu, B. (2017). Estimation of winter wheat above-ground biomass using unmanned aerial vehicle-based snapshot hyperspectral sensor and crop height improved models. *Remote Sensing*, 9(7), 708.





# First report of thermo alcalophilic bacteria in "Los Baños del Carmen" Venustiano Carranza, Chiapas, Mexico

## Primer reporte de bacterias termo alcalófilas del manantial "Los Baños del Carmen", Venustiano Carranza, Chiapas, México

Ortiz-Cortés, Lourdes Y.<sup>1</sup>; Valseca-Ozuna, Stephany E.<sup>1</sup>; Macal-de la Cruz, Fadia del R.<sup>1</sup>;  
Ventura-Canseco, Cristina<sup>1</sup>; Abud-Archila, Miguel<sup>1</sup>; Porras-Ruiz, Laura, Álvarez-Gutiérrez, Peggy E.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29050. <sup>2</sup>CONACyT-Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29050.

\*Autor para correspondencia: pealvarezgu@conacyt.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To isolate and to characterize extremophile microorganism from hot spring manantial "Baños del Carmen" Venustiano Carranza, Chiapas, México.

**Design/methodology/approach:** The samples were collected in three points of the main pit of the site called "Los Baños del Carmen". Serial dilutions were made and plated in LB medium and nutrient agar. Reseed colonies were isolated with different colonial morphology to obtain axenic cultures. Micro and macroscopic morphological characterization of the isolates and a biochemical characterization with the API 20E kit were carried out.

**Results:** Three alkaline thermophilic bacterial strains were successfully found: YEFP-C-ITTG, YEPF-J-ITTG, and YEPF-P-ITTG. All strains were Gram-negative and ability to grow at pH 8-10 and 50 °C. Also, all them have a fermentative metabolism of carbohydrates and beta-galactosidase activity.

**Limitations on study/implications:** The strategy used was limited to heterotrophic aerobic organisms; however, it is likely that there is a diversity of other types of prokaryotes and eukaryotes on the site.

**Findings/conclusions:** There are extremophile organisms in hot spring "Los Baños del Carmen", and this work is the first report with scientific evidence.

**Keywords:** biocatalytic bacteria, thermal water, microbiota

### RESUMEN

**Objetivo:** Aislar y caracterizar microbiológicamente bacterias extremófilas del manantial "Baños del Carmen" Venustiano Carranza, Chiapas, México.

**Diseño/metodología/aproximación:** Las muestras fueron recolectadas en tres puntos de la fosa principal del sitio. Se realizaron diluciones seriadas y se sembraron en medio LB y agar nutritivo. Se llevaron a cabo resiembras de colonias aisladas con diferente morfología colonial hasta obtener cultivos axénicos. Se llevó a cabo una caracterización morfológica micro y macroscópica de los aislados y una caracterización bioquímica con el kit API 20E.

**Resultados:** Tres cepas bacterianas termo alcalófilas fueron encontradas: YEPF-C-ITTG, YEPF-J-ITTG, y YEPF-P-ITTG. Todas las cepas fueron Gram negativas y registraron crecimiento en medios con pH de 8.0 a 10.0 y 50 °C. Además, todas las cepas tienen metabolismo fermentativo de carbohidratos y actividad beta galactosidasa.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** La estrategia utilizada se limitó a organismos aerobios heterotróficos; sin embargo, es probable que exista una biodiversidad de otro tipo de organismos procariones eucariotes en el sitio.

**Hallazgos/conclusiones:** Existe vida bacteriana extremofila en el manantial "Los Baños del Carmen". Este es el primer reporte con evidencia científica.

**Palabras clave:** bacterias biocatalíticas, agua termal, microbiota

dos gradientes quimiosintéticos y se exhiben estructuras químicas únicas que soportan nuevos conjuntos de bacterias y arqueas (Inskeep *et al.*, 2015). Este tipo de microorganismos resultó ser de interés biotecnológico debido a su capacidad de producir termozimas de interés industrial. La importancia de éstas radica en su aplicación en la industria alimentaria química, farmacológica y biotecnológica, debido a que este tipo de industrias requiere de proteínas de carácter enzimático que tengan la capacidad de llevar a cabo reacciones de catálisis a temperaturas superiores a 45 °C (Kumar, Awasthi, & Singh, 2011). Estas comunidades termófilas también han despertado interés, debido a que a partir de ellas se ha desarrollado la clonación y expresión de sus genes en hospedantes heterólogos, aumentando así la cantidad de transformaciones impulsadas por enzimas en productos químicos, alimentos, aplicaciones farmacéuticas y otras aplicaciones industriales (Aanniz *et al.*, 2015; Egorova & Antranikian, 2005; Sarmiento, Peralta, & Blamey, 2015; Sharma, Kawarabaysi, & Satyanarayana, 2012).

En el estado de Chiapas, México, uno de los ambientes extremos que ha sido estudiado en los últimos años es el lago-cráter del Volcán El Chichón. En 2015, se identificaron bacterias termófilas pertenecientes al género de *Geobacillus*, registrando actividad lipasa. Las condiciones que se reportaron en este lago-cráter fue una temperatura de 71.5 °C y valores de pH de 2 a 5.5 (Meza-Flores, 2015). También se han identificado algunas especies de bacterias, tales como *Burkholderia*, *Bacillus*, *Pantonea* y *Stenotrophomonas* (Rincón-Molina *et al.*, 2018). Otro ambiente extremo localizado en el estado de Chiapas son "Los Baños

## INTRODUCCIÓN

Los microorganismos extremófilos tienen como hábitat natural ambientes que antiguamente se consideraban demasiado hostiles para permitir la supervivencia de organismos vivos. Se clasifican en base a la condición física o química extrema del ambiente donde se desarrollan los termófilos (temperatura óptima de crecimiento superior a 45 °C); y dentro de éstos se encuentran los hipertermófilos (temperatura óptima de crecimiento superior a 80 °C) y psicrófilos (temperatura óptima de crecimiento inferior a 10 °C). Existen también aquellos microorganismos acidófilos (pH óptimo de crecimiento inferiores a 5) y alcalófilos (pH óptimo de crecimiento superior a 8), así como los halófilos (habitan en medios hipersalinos, de 5% a 30% de sal); osmófilos (viven a altas presiones osmóticas); radiófilos (resisten altos niveles de radiación); metalófilos (toleran altas concentraciones de metales pesados); piezófilos (antes llamados barófilos, requieren o toleran presión hidrostática de 40 atm a 60 atm) (Ramírez, Serrano, & Sandoval, 2006). Existen diferentes hábitats donde viven los microorganismos extremófilos los cuales incluyen manantiales calientes, sistemas hidrotermales submarinos poco profundos o sistemas de aberturas termales abisales, tierras y mares polares fríos y glaciares alpinos; lagos salinos y ambientes con valores de pH extremos, que pueden ser ácidos (zonas de solfataras, minas) o alcalino (fuentes carbónicas, tierras y lagos alcalinos); y con relativa frecuencia en zonas que combinan dos o más factores extremos, como alta temperatura y condiciones ácidas, en los manantiales ácidos y calientes de zonas volcánicas, o baja temperatura y alta presión, en los fondos marinos (Antranikian, Vorgias, & Bertoldo, 2005). El interés por los microorganismos termófilos empezó a explorarse desde 1980 siendo el lago-cráter de Yellowstone, Estados Unidos (Barns, Fundyga, Jeffries, & Pace, 1994), uno de los primeros lugares donde se encontraron comunidades termófilas cuyos atributos funcionales se correlacionan con pronuncia-

termales del Carmen”, los cuales se localizan en Venustiano Carranza (–92.711944 N, 16.417222 O). Este lugar se caracteriza por presentar aguas termales azufradas, lo cual lo convierte en posible fuente de comunidades termófilas; sin embargo, a la fecha no se han encontrado estudios microbiológicos en este ambiente, es por ello que el objetivo de este trabajo fue identificar bacterias termófilas de este sistema, así como evidenciar la presencia de actividades fermentativas y termozimas del metabolismo general, producidas por estos microorganismos por métodos bioquímicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Toma de muestras.** La obtención de muestras se realizó mediante una recolecta en los “Baños del Carmen” (16.4145307 N, 92.7202742 O) ubicado en Venustiano Carranza, Chiapas. La toma de muestra se llevó a cabo en tres puntos de la primera fosa “río arriba” donde está el manantial principal. Las muestras de agua (20-30 mL) fueron colocadas en tubos cónicos de polipropileno estériles de 50 mL y fueron transportadas en un baño de hielo al laboratorio de Microbiología del Polo Tecnológico del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Posteriormente se realizó un aislamiento en diferentes medios de cultivo hasta obtener cultivos axénicos. Estas muestras fueron codificadas como YEFP-C-ITTG, YEPF-J-ITTG, y YEPF-P-ITTG.

### Aislamiento de bacterias

De las muestras recolectadas se tomó 1 mL y se transfirió a un tubo cónico de propileno de 15 mL con 9 mL de agua destilada estéril, estos tubos se homogenizaron y colocaron 24 h en una agitadora orbital a 45 °C. Se realizaron diluciones seriadas  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ , e inocularon con 1 mL del tubo anterior. Posteriormente, de éstos se transfirieron 300  $\mu$ L a los medios sólidos y líquidos LB (Extracto de levadura 5 g, peptona de caseína 10 g, NaCl 5 g) y caldo/agar nutritivo (Bioxón®) y se procedió a hacer una siembra en placa por extensión con una varilla de vidrio “L”. Las cajas fueron incubadas por 48 h a 50 °C. Una vez observado el crecimiento se realizó el aislamiento de las colonias en diversos medios de cultivo hasta obtener cultivos axénicos.

### Condiciones de crecimiento y caracterización microbiológica

Las bacterias aisladas se cultivaron en medios sólidos y líquidos LB (Extracto de levadura 5 g, peptona de caseína 10 g, NaCl 5 g) y caldo/agar nutritivo (Bioxón®) a 50 °C y pH 7-9. En los cultivos líquidos se utilizaron tubos de

polipropileno cónico de 15 a 50 mL, o bien en matraces Erlenmeyer de 250 mL. En todos los casos el volumen del medio de cultivo no fue mayor a una tercera parte de la capacidad del tubo o matraz. La caracterización microbiológica se llevó a cabo mediante la observación directa de los cultivos crecidos en medios sólidos y observación en microscopio óptico con tinción Gram.

### Caracterización bioquímica (API)

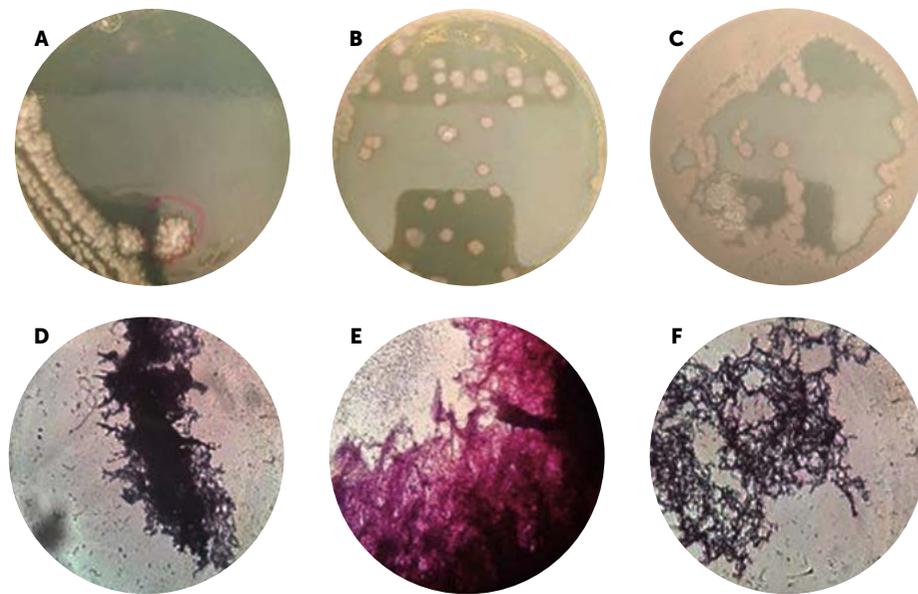
Se inoculó cada una de las galerías del kit comercial API E (Biomereux, France®) de acuerdo a las instrucciones del proveedor con modificaciones. Se tomaron 300  $\mu$ L de una suspensión celular ( $A_{600nm}$  0.400-0.800), posteriormente se incubó a 50 °C y se monitoreó el cambio de color de una a 24 h. El control negativo fue agua y medio de cultivo sin inocular tratado en las mismas condiciones del ensayo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cultivos axénicos de las cepas bacterianas YEFP-C-ITTG, YEPF-J-ITTG, y YEPF-P-ITTG aisladas del manantial en estudio, presentaron crecimiento en el medio de cultivo LB líquido a pH 8 a una temperatura de 50 °C. Las Figuras 1 A, B y C muestran la morfología colonial de las bacterias aisladas, las cuales presentaron forma irregular con un borde ondulado, con una elevación convexa y superficie plana, además de consistencia cremosa y coloración amarillo-crema. Las tres cepas crecen formando aglomerados. En los cultivos sumergidos sin agitación crecen sobre la superficie formando una capa. Las bacterias aisladas fueron Gram negativas (Figura 1 D, E y F). Las condiciones de crecimiento fueron de alta temperatura (50 °C) y rangos de pH de 7.0, 8.0 y 9.0 en cultivo sumergido, por lo que las tres cepas se consideran termófilas alcalófilas.

Respecto a las capacidades fermentativas, la Figura 2 muestra algunas actividades bioquímicas de las cepas YEFP-C-ITTG, YEPF-J-ITTG, y YEPF-P-ITTG. Todas las cepas fueron positivas para la prueba ONPG lo que sugiere presencia de la termozima beta galactosidasa. En cuanto al metabolismo fermentativo ambas cepas fueron capaces de fermentar diversos carbohidratos, tales como la glucosa, manosa, sorbitol, amilosa y arabinosa; además la cepa YEFP-C fermentó inositol.

Los hábitats extremos del estado de Chiapas son numerosos; sin embargo, han sido poco estudiados. Uno de ellos es el manantial de agua llamado “Los Baños del Carmen” ubicado en el manantial a 460 m de altitud.



**Figura 1.** Características microbiológicas de las cepas YEFP-C-ITTG (A y D), YEFP-J-ITTG (B y E) y YEFP-P-ITTG (C y F). Morfología colonial en agar nutritivo cultivadas a pH 8 50 °C (A, B y C) y tinción Gram (D,E y F).

Cuatro afluentes nacen ahí, con tal equilibrio que dos son de agua fría y dos de agua termal (INEGI, 2017).

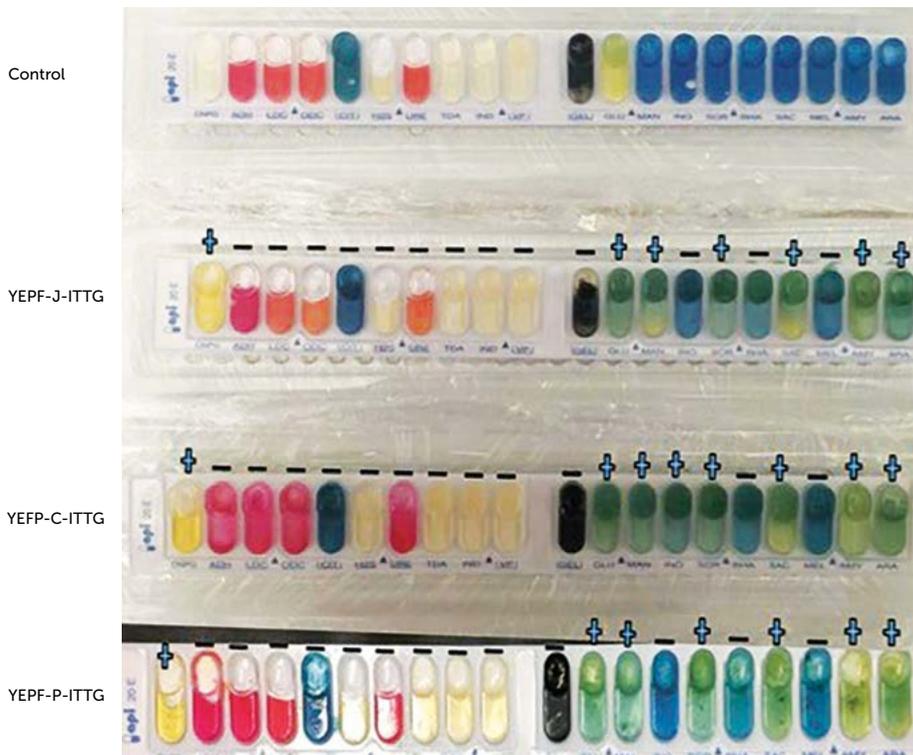
De acuerdo a Ulukanli & Rak (2002), los organismos que son capaces de crecer en medios con valores

de pH mayores a 9, se denominan alcalófilos; y en este caso estas las cepas estudiadas corresponden a esta clasificación. Las características microbiológicas de las tres cepas coincidieron con la formación de biopelículas o aglomerados flocula-

res (datos no mostrados), y probablemente pueden deberse a la secreción de exopolisacáridos ya que se ha reportado que la formación de flóculos puede estar directamente relacionada con la respuesta a pH en bacterias alcalófilas (Charles *et al.*, 2017). La caracterización de estos exopolímeros es una línea de investigación que requiere ser estudiada en estas cepas.

La caracterización bioquímica permitió explorar de forma presuntiva las características fermentativas de las cepas. A este respecto, las cepas indicaron que tienen un metabolismo aerobio capaz de utilizar carbohidratos simples, esta prueba también permitió encontrar polimorfismos en el metabolismo de carbohidratos que indican que las cepas son diferentes. El metabolismo fermentativo de las tres cepas indicó que no son capaces de reducir H<sub>2</sub>S. Los organismos que viven en manantiales de aguas azufradas no necesariamente tienen la capacidad de reducir azufre, pues la diversidad de este tipo de ambientes extremos incluye microorganismos no relacionados con el ciclo del azufre, tal como se reportó recientemente para el manantial de aguas azufradas en Michoacán, llamado "Los Azufres" (Brito *et al.*, 2014).

El estudio de organismos termófilos es importante desde el punto de vista científico pues se contribuye al conocimiento de la fisiología de la vida en ambientes extremos y desde el punto de vista tecnológico porque representan una fuente de termozimas. Las termozimas son importantes porque a diferencia de sus homologas mesófilas presentan termoestabilidad y resistencia a cambios de pH, por esta razón es indispensable continuar con el estu-



**Figura 2.** Resultados de caracterización bioquímica, prueba API 20E. Control medio de cultivo sin inocular.

dio de los microorganismos termófilos, y es importante evaluar las propiedades biocatalíticas de estos organismos termoestables.

## CONCLUSIONES

A pesar de la activa influencia antropogénica, el manantial de agua evaluado, es un reservorio de microbiota de interés científico. Este trabajo constituye el primer reporte de la vida microbiana en el sitio. Las cepas YAFP-C-ITTG, YAFP-J-ITTG, y YAFP-P-ITTG son alcalófilas y termófilas, Gram negativas y capaces de fermentar azúcares simples.

## LITERATURA CITADA

- Aanniz, T., Ouadghiri, M., Melloul, M., Swings, J., Elfahime, E., Ibjibjen, J. & Amar, M. (2015). Thermophilic bacteria in Moroccan hot springs, salt marshes and desert soils. *Brazilian Journal of Microbiology*. <https://doi.org/10.1590/S1517-838246220140219>
- Antranikian, G., Vorgias, C. E., & Bertoldo, C. (2005). Extreme environments as a resource for microorganisms and novel biocatalysts. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/b135786>
- Barns, S. M., Fundyga, R. E., Jeffries, M. W., & Pace, N. R. (1994). Remarkable archaeal diversity detected in a Yellowstone National Park hot spring environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <https://doi.org/10.1073/pnas.91.5.1609>
- Brito, E. M. S., Villegas-Negrete, N., Sotelo-González, I. A., Caretta, C. A., Goñi-Urriza, M., Gassie, C., & Guyoneaud, R. (2014). Microbial diversity in Los Azufres geothermal field (Michoacán, Mexico) and isolation of representative sulfate and sulfur reducers. *Extremophiles*. <https://doi.org/10.1007/s00792-013-0624-7>
- Charles, C. J., Rout, S. P., Patel, K. A., Akbar, S., Laws, A. P., Jackson, B. R., & Humphreys, P. N. (2017). Floc formation reduces the pH stress experienced by microorganisms living in alkaline environments. *Applied and Environmental Microbiology*. <https://doi.org/10.1128/AEM.02985-16>
- Egorova, K., & Antranikian, G. (2005). Industrial relevance of thermophilic Archaea. *Current Opinion in Microbiology*. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2005.10.015>
- INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Sinaloa 2017. In INEGI, c2017. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78701-5>
- Inskeep, W. P., Jay, Z. J., Macur, R. E., Clingenpeel, S., Tenney, A., Loyalvo, D., & Nealson, K. (2015). Geomicrobiology of sublacustrine thermal vents in Yellowstone Lake: Geochemical controls on microbial community structure and function. *Frontiers in Microbiology*, 6(OCT). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01044>
- Kumar, L., Awasthi, G., & Singh, B. (2011). Extremophiles: A novel source of industrially important enzymes. *Biotechnology*. <https://doi.org/10.3923/biotech.2011.121.135>
- Meza-Flores R. (2015). Aislamiento e identificación de bacterias aerobias termófilas productoras de lipasas del lago-cráter del volcán Chichón. Tesis. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
- Ramirez, N., Serrano, J. A., & Sandoval, H. (2006). Microorganismos extremófilos. Actinomicetos halófilos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas*.
- Rincón-Molina, C. I., Hernández-García, J. A., Rincón-Rosales, R., Gutiérrez-Miceli, F. A., Ramírez-Villanueva, D. A., González-Terreros, E., & Ruiz-Valdiviezo, V. M. (2018). Structure and Diversity of the Bacterial Communities in the Acid and Thermophilic Crater-Lake of the Volcano "El Chichón", Mexico. *Geomicrobiology Journal*. <https://doi.org/10.1080/01490451.2018.1509158>
- Sarmiento, F., Peralta, R., & Blamey, J. M. (2015). Cold and Hot Extremozymes: Industrial Relevance and Current Trends. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 3. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2015.00148>
- Sharma, A., Kawarabayasi, Y., & Satyanarayana, T. (2012). Acidophilic bacteria and archaea: Acid stable biocatalysts and their potential applications. *Extremophiles*. <https://doi.org/10.1007/s00792-011-0402-3>
- Ulukanli, Z., & Rak, M. D. I. (2002). Alkaliphilic Micro-organisms and Habitats. *Turk J Biol*.





## Anaerobia digestion of sheep manure to produce biogas and biofertilizer

### Digestión anaerobia de estiércol de ovino para producir biogás y bioabono

Amante-Orozco, Alejandro<sup>1</sup>; Martínez-Esquivel, R.<sup>2</sup>; Rössel-Kipping, E. Dietmar<sup>1</sup>;  
Pimentel-López, José<sup>1\*</sup>; García-Herrera, E. Javier<sup>1</sup>; Gómez-González, Adrián<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73. Salinas de Hgo., San Luis Potosí. México. <sup>2</sup>Maestría Tecnológica en Producción Sustentable de Bioenergéticos. Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí.

\*Autor de correspondencia: josep@colpos.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** To test three different sheep manure management to produce biogas and biofertilizer.

**Design/methodology/approach:** A 2.51 m<sup>3</sup> membrane reactor was used and three ways of preparing the manure were evaluated: fresh crushed, fresh without treatment and dry ground. Each treatment was evaluated for one month and the daily production of biogas, the ambient temperature and the pH of the effluent and the flowing were recorded. The nutritional content of the digest was analyzed.

**Results:** The highest production of biogas (1.20 m<sup>3</sup> día<sup>-1</sup>) was obtained with fresh crushed manure, and was statistically higher than that generated with fresh untreated manure (0.86 m<sup>3</sup> día<sup>-1</sup>) and dry ground manure (0.75 m<sup>3</sup> día<sup>-1</sup>). These yields were from 0.05 to 0.08 m<sup>3</sup> of biogas per kg of manure fed. The liquid effluent showed a low content of nutrients, however, about 56 liters were obtained daily. The mud, on the other hand, presented important contents of nutrients that makes it a material with high potential as a biofertilizer.

**Limitations on study/implications:** During the evaluation of untreated fresh manure and dry ground manure the ambient temperature was higher, but the biogas production was lower.

**Findings/conclusions:** It was demonstrated that good production of biogas and biofertilizers can be obtained from sheep manure by means of their anaerobic digestion in a tubular biodigester.

**Keywords:** Tubular biodigesters, biofuels, organic waste treatment.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar tres diferentes manejos de estiércol de ovino para producir biogás y bioabono.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se usó un reactor de geomembrana de 2.51 m<sup>3</sup> y se evaluaron tres formas de preparar el estiércol de ovino: fresco triturado, fresco sin tratamiento y seco molido. Cada manejo se evaluó por un mes y se registró la producción diaria de biogás, la temperatura ambiente y pH del afluente y del efluente. Se analizó el contenido nutrimental del digerido.

**Resultados:** La mayor producción de biogás (1.20 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>) se obtuvo con el estiércol fresco triturado, y fue estadísticamente mayor al generado con estiércol fresco sin tratar (0.86 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>) y con estiércol seco molido (0.75 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>). Estos rendimientos fueron de 0.05 a 0.08 m<sup>3</sup> de biogás por kg de estiércol alimentado. El efluente líquido mostró bajo contenido de nutrientes, no obstante diariamente se obtuvieron alrededor de 56 L. El lodo, en cambio, registró contenidos importantes de nutrientes que lo hace un material con alto potencial como bioabono.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Durante la evaluación del estiércol fresco sin tratamiento y seco molido la temperatura ambiente fue mayor, pero la producción de biogás fue menor.

**Hallazgos/conclusiones:** Se demostró que a partir del estiércol de ovino se puede obtener buena producción de biogás y bioabonos, mediante su digestión anaerobia en un biodigestor tubular.

**Palabras clave:** Biodigestores tubulares, biocombustibles, tratamiento de residuos orgánicos.

estiércol de ovino, del cual se evaluó su potencial para producir biogás en un biodigestor bajo tres formas diferentes de manejo: Fresco triturado, fresco sin tratar y seco molido. Al residuo utilizado se le realizó un análisis químico proximal.

El contenido de humedad se determinó por su eliminación en estufa de secado a 105 °C hasta peso constante (AOAC, 2002). Los sólidos totales se determinaron por diferencia entre el peso fresco de la muestra y su contenido de humedad. Las cenizas se determinaron mediante la norma NMX-Y-093-SCFI-2003, que se basa en la calcinación de la materia orgánica (MO) o sólidos volátiles, los cuales se determinaron por diferencia en el peso de la muestra calcinada. Para determinar el contenido de proteínas, primero se determinó el contenido de nitrógeno con el método de Dumas, el cual se multiplicó por el factor 6.25 para estimar el contenido de proteínas. Para determinar las grasas se empleó la norma NMX-F-089-S-1978. Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia, restando a los sólidos volátiles los contenidos de proteínas y grasas. También se determinó el carbono orgánico al multiplicar la MO por el factor 0.57, para obtener su relación carbono/nitrógeno (C/N).

Se utilizó un biodigestor tubular de geomembrana de 5 m de largo y 0.8 m de diámetro y un volumen de 2.5 m<sup>3</sup> (Figura 1 y 2), así como un reservorio para el biogás de 1 m<sup>3</sup> (Figura 3). El reactor se colocó en una pileta que en sus extremos cuenta con piletas menores, una para alimentar el sustrato (afluente) y otra para la salida del digerido (efluente). Se dio una pendiente de 5% en la salida para favorecer el flujo del sustrato.

## INTRODUCCIÓN

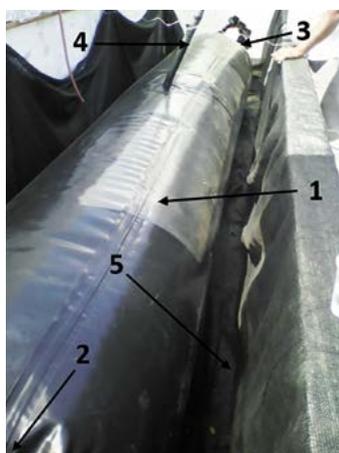
**Alrededor** del 90% de la energía que se consume en el planeta proviene de fuentes fósiles, con lo cual se emite grandes cantidades de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global (Avella, 1999), y a la par, grandes cantidades de residuos orgánicos se generan en la obtención y transformación de productos agropecuarios. Según FAO (2015), en México se desperdicia en promedio el 37% de los productos agropecuarios alimenticios, los cuales cuando no son bien manejados provocan problemas de contaminación y sanidad.

Una alternativa atractiva que coadyuve a la solución de esta problemática, consiste en la utilización y tratamiento de esos residuos para obtener biocombustibles mediante su digestión anaerobia en reactores (Abbasi *et al.*, 2012; Bohutskyi y Bouwer, 2013), con lo cual los residuos se revalorarían. Esta alternativa resulta aún más interesante en zonas rurales con alta marginación donde el suministro de energía convencional es nulo o muy deficiente, de ahí que la aplicación de esta biotecnología les proveería a sus habitantes de energía para su autoconsumo, además de obtener un bioabono de calidad con los beneficios socioeconómicos y ambientales que ello implica.

Uno de los residuos orgánicos de mayor disponibilidad en zonas rurales son los estiércoles, la mayoría de los cuales posee características que los hace susceptibles de ser usados para producir biogás mediante su fermentación anaerobia con el uso de biodigestores, además de responder muy bien a la codigestión con otros residuos agrícolas (Treviño-Amador *et al.*, 2013). Para condiciones de zonas rurales, los biodigestores deben ser sencillos de operar y de costo financiero accesible. En el mercado existen biodigestores tubulares de geomembrana con dichas características, y su mayor duración compensa su costo en relación a los fabricados con polietileno. En este trabajo, se utilizó estiércol de ovino para obtener biogás mediante su fermentación anaerobia en un biodigestor tubular de geomembrana, para lo cual se probaron tres formas diferentes de manejo del residuo antes de incluirlo al biodigestor y evaluar su efecto en la cantidad de biogás generado y subproductos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en Salinas de Hidalgo, SLP, México, donde la temperatura media anual oscila de 12 a 18 °C. Por su disponibilidad en la región se utilizó



**Figura 1.** Aspecto general del biodigestor tubular de geomembrana: 1: Cuerpo del biodigestor, 2: Alimentación del afluente, 3: Salida del efluente, 4: Salida del biogás al reservorio, 5: Pileta con cubierta.

kg mezclados con 42 L de agua, lo que representó un contenido de sólidos totales de 7.32%.

Se registró diariamente el valor del pH tanto del afluente como del efluente, la temperatura ambiental y la producción de biogás. Al afluente y efluente también se les determinaron los sólidos volátiles, esto una vez para cada uno de los manejos del estiércol. Asimismo, tanto al efluente como a los lodos de salida se les realizó una caracterización química para valorar su potencial como biofertilizantes o bioabonos. Para la producción de biogás se realizó un ANOVA para un diseño completamente aleatorio y una comparación de medias con la prueba de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta el análisis proximal del estiércol de ovino junto con los resultados reportados por otros autores. Los resultados obtenidos son similares a los encontrados por Belleza (2015) y en mayor grado diferentes a los indicados por Varnero (2011) en Sudamérica. Esta composición de los sólidos volátiles en el residuo utilizado, con alto predominio de carbohidratos, no es la óptima, ya que estos compuestos producen menor volumen de biogás por unidad de masa, lo opuesto a las grasas (Varnero, 2011).

El estiércol presentó contenidos de 45.3% y 1.7% de carbono orgánico y de

De acuerdo a la temperatura del lugar y según recomienda Varnero (2011) se estableció un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 40 d, y según Varnero y Arellano (1990) para este tipo de biodigestores, el sustrato se preparó con una relación agua:estiércol de 3:1. El biodigestor se operó con un volumen efectivo de 2.26 m<sup>3</sup>. Bajo estas condiciones se determinó una carga diaria de estiércol de 14

kg mezclados con 42 L de agua, lo que representó un contenido de sólidos totales de 7.32%.

Se registró diariamente el valor del pH tanto del afluente como del efluente, la temperatura ambiental y la producción de biogás. Al afluente y efluente también se les determinaron los sólidos volátiles, esto una vez para cada uno de los manejos del estiércol. Asimismo, tanto al efluente como a los lodos de salida se les realizó una caracterización química para valorar su potencial como biofertilizantes o bioabonos. Para la producción de biogás se realizó un ANOVA para un diseño completamente aleatorio y una comparación de medias con la prueba de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta el análisis proximal del estiércol de ovino junto con los resultados reportados por otros autores. Los resultados obtenidos son similares a los encontrados por Belleza (2015) y en mayor grado diferentes a los indicados por Varnero (2011) en Sudamérica. Esta composición de los sólidos volátiles en el residuo utilizado, con alto predominio de carbohidratos, no es la óptima, ya que estos compuestos producen menor volumen de biogás por unidad de masa, lo opuesto a las grasas (Varnero, 2011).

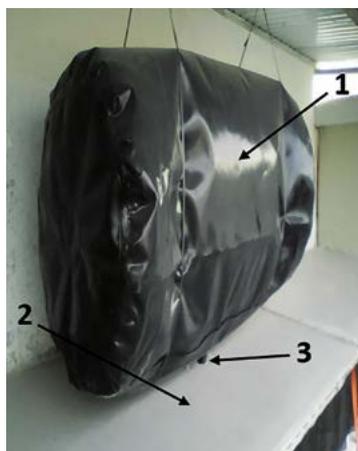
El estiércol presentó contenidos de 45.3% y 1.7% de carbono orgánico y de



**Figura 2.** Unión de los componentes del biodigestor: a: cuerpo del biodigestor con salida del biogás en la parte superior, b: cuerpo y reservorio unidos mediante un tramo de tubería de PVC.

nitrógeno, respectivamente, por lo que su relación C/N fue de 26:1, la cual está dentro del rango considerado como óptimo (20:1 a 30:1) para la fermentación anaerobia de residuos orgánicos (Varnero, 2011). Belleza (2015) obtuvo una relación de 21:1 para el estiércol de ovino, en tanto que Varnero (2011) reportó la relación 35:1. La producción diaria promedio de biogás fue mayor (1.20 m<sup>3</sup>) con el estiércol fresco triturado en relación a los otros manejos (Cuadro 2).

La producción de biogás durante la fermentación anaerobia se favorece con la temperatura (Varnero, 2011). No obstante que durante la evaluación del estiércol fresco sin tratar y seco molido la temperatura fue mayor, la producción de biogás fue menor, en condiciones similares de temperatura la diferencia pudo ser mayor.



**Figura 3.** Aspecto del reservorio para el biogás por encima de la pileta. 1: Reservorio de geomembrana, 2: Pileta cubierta con plástico para efecto invernadero, 3: Conexión al biodigestor para transmisión del biogás.

Para varios autores, como Varnero (2011), la digestión anaerobia actúa bien en un rango de pH de 6.0-8.0. El pH promedio del afluente, en el presente caso fue mayor (8.2-8.5) a este rango; sin embargo, no se observaron limitaciones en la generación de biogás. Es notable que el estiércol fresco que mostró el mayor pH en el afluente (8.5) resultó con el menor valor en el efluente (7.1).

En Bolivia, Martí (2008) reportó producción de biogás de 0.2 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> con biodigestores tubulares de 5 m<sup>3</sup> similares al usado en este trabajo, la cual resulta muy inferior a la obtenida en este

(2010) obtuvieron resultados exitosos en el uso de lodos y afirman que la mayor ventaja de la aplicación de los digeridos se debe a la presencia de nitrógeno en forma amónica, el cual es rápidamente convertido a nitrato y disponible para el cultivo.

Diariamente se producen alrededor de 56 ltros de efluente, lo que representa una fuente considerable de nutrientes. Stobbia *et al.* (2017), reportan que el uso de efluente a una concentración de 25% en agua, suministró nutrientes, proteínas, sustancias hormonales y bacterias biocontroladoras, que promovieron el poder germinativo y el crecimiento de plántulas de hortalizas, por lo que su uso representa una excelente alternativa que compite con los fertilizantes convencionales. Los contenidos en el lodo de los principales macronutrientes obtenidos en este trabajo, se encuentran dentro de los rangos reportados por otros autores para estiércoles (Cuadro 4). Los resultados obtenidos coinciden a los reportados por PROBIOGAS (2010) donde usaron una mezcla de estiércol de bovino y tabaco (*Nicotiana tabacum* L.).

La incorporación al suelo de sustratos orgánicos, como los lodos, permiten mejorar su estructura, lo que aminora los problemas de compactación y propensión a la erosión, a la vez que elevan su capacidad de retención de humedad. En ese sentido, Mandujano (1981) afirma que un metro cúbico de bioabono aplicado directamente, es capaz de suministrar hasta 200 kg de N, de los que las plantas podrán disponer entre 60 y 70 kg en el primer año.

### CONCLUSIONES

El estiércol fresco triturado produjo 1.2 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> de biogás, rendimiento

**Cuadro 1.** Análisis proximal realizado al estiércol de ovino referenciados bibliográficamente.

Variable (%)	Este trabajo	Varnero (2011)	Belleza (2015)
Humedad	70.7	55-68	73.5
Sólidos totales	29.3	32-45	26.5
Sólidos volátiles	79.0	75	81.8
Cenizas	21.0	25	18.2
Proteína <sup>1</sup>	10.9	3.75	14.3
Grasas <sup>1</sup>	1.1	6.3	4.1
Carbohidratos <sup>1</sup>	88.0	64	81.6

<sup>1</sup> en base seca.

**Cuadro 2.** Producción de biogás con los tres manejos del estiércol de ovino y condiciones de pH y temperatura durante su medición.

Manejo del estiércol	pH		Temperatura ambiente (°C)	Producción de biogás (m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup> )
	Afluente	Efluente		
Fresco triturado	8.5	7.1	19.0	1.20 a
Fresco sin tratar	8.2	7.6	22.5	0.86 b
Seco molido	8.2	7.4	20.3	0.75 b

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

trabajo (0.75-1.2 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>), aunque las temperaturas en Bolivia fueron menores de 10 °C, lo que explicaría estas diferencias. Varnero (2011) menciona un factor de producción de 0.05 m<sup>3</sup> de biogás por kg de estiércol fresco de ovino. Los factores de producción en este trabajo fueron de 0.05 a 0.08 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de estiércol fresco, que son iguales o mayores a los reportados por Varnero, los cuales se obtuvieron en Sudamérica, principalmente en Bolivia, donde las temperaturas son menores y la generación de biogás es menos eficiente.

En cuanto al potencial del digerido (efluente y lodos) para ser usados como biofertilizantes y bioabonos, se observaron cantidades significativamente mayores de macro y micro nutrientes en el lodo (Cuadro 3), el cual aún contiene alrededor de 12% de materia orgánica, lo que lo convierte en una fuente importante de nutrientes y un excelente abono para mejorar el suelo, sobre todo en aquellos empobrecidos con bajos contenidos de materia orgánica y baja fertilidad.

Stobbia *et al.* (2017), encontraron que el uso del lodo tiene es eficiente para mejorar los suelos y la retención de humedad. También en el proyecto PROBIOGAS

**Cuadro 3.** Conductividad eléctrica, pH, macro y micro elementos en efluente y lodos.

Variable	Efluente	Lodo
Cond. Eléctrica (dSm <sup>-1</sup> )	15.8	15.9
pH	7.4	8.9
* Nitrógeno total (%)	0.16	2.02
* Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	0.02	0.68
* Potasio (K) (%)	0.36	2.14
* Calcio (Ca) (%)	0.11	3.00
* Magnesio (Mg) (%)	0.04	0.58
* Sodio (Na) (%)	0.06	0.42
* Azufre (S) (%)	0.02	0.55
* Hierro (Fe) mg kg <sup>-1</sup>	24	2296
* Cobre (Cu) mg kg <sup>-1</sup>	0.5	16.5
* Manganeso (Mg) mg kg <sup>-1</sup>	3.8	204.0
* Zinc (Zn) mg kg <sup>-1</sup>	1.8	91.6
* Boro (B) mg kg <sup>-1</sup>	2.1	45.3

\* Resultados reportados en base húmeda.

**Cuadro 4.** Contenidos (porcentaje en base húmeda) de nutrientes en bioabonos reportados por varios autores.

Elemento	Este trabajo (lodo)	Varnero (2011)	Aso y Bustos (1991)	Botero y Preston (1987)	PROBIOGAS (2010)
N	2.02	2.0-3.0	1.55	2.6	2.28
P	0.68	1.0-2.0	2.92	1.5	0.85
K	2.14	1.0	0.74	1.0	2.39
Ca	3.00	-	3.20	-	-
Mg	0.58	-	0.57	-	-

superior estadísticamente al volumen producido con el estiércol fresco sin tratar de  $0.86 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$  y de  $0.75 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$  con el estiércol seco molido. En cuanto a los digeridos, los lodos mostraron mayor concentración de macro y micronutrientes, así como de materia orgánica, en relación a los efluentes, que los vuelve un subproducto de la digestión anaerobia con alto potencial como bioabono. Los efluentes, por su parte, aun cuando contienen cantidades menores de nutrientes, su producción es diaria y en cantidades apreciables, de tal manera que su valor potencial como biofertilizantes también resulta interesante. Los resultados obtenidos demuestran que a partir del estiércol de ovino se puede obtener buena producción de biogás y bioabonos de buena calidad.

## LITERATURA CITADA

- Abbasi, T., Tauseef, S.M., Abbasi, S.A. (2012). Biogas energy. SpringerBriefs in Environmental Science 2. New York: Springer.
- Association of Official Analytical Chemists International. (2002). Official methods of analysis of AOAC International. 16a edition. Mr., E.U.
- Aso, P.J., Bustos, N.V. (1991). Uso de residuos orgánicos, estiércol y cachaza, como abonos. Avance agroindustrial 44. Estación experimental agroindustrial. Tucumán, Argentina.
- Avella, J.C. (1999). La eficiencia energética y competitividad: Una visión empresarial. Ingeniería química, 31 (357),191-197.
- Belleza, J.C. (2015). Producción de biogás y biofertilizante a partir de residuos orgánicos de tuna de nopal (*Opuntia* spp.). Tesis profesional. Instituto Tecnológico de Oaxaca. México.
- Bohutskyi, P., Bouwer, E. (2013). Biogas production from algae and cyanobacteria through anaerobic digestion: A review, analysis, and research needs. In: Weifu, L.J. (ed.). Advanced biofuels and bioproducts Vol. 1. New York: Springer.
- Botero, B.R., Preston, R.T. (1987). Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas: Manual para su instalación, operación y utilización. Cali, Colombia.
- FAO. (2015). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y El Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Boletín 2.
- Mandujano, A.M.I. (1981). Biogás: Energía y fertilizantes a partir de desechos orgánicos. Manual para el promotor de la tecnología. Organización Latinoamericana de Energía. Cuernavaca, Morelos. México.
- Martí, H.J. (2008). Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. Cooperación Técnica Alemana (GTZ), Programa de Desarrollo Agropecuario (PROAGRO), Componente Acceso a Servicios Energéticos. La Paz, Bolivia.
- NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método soxhlet) en alimentos. Foodstuff-determination of ether extract (Sohxhlet). Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-Y-093-SCFI-2003. Alimentos para animales – Determinación de cenizas en alimentos terminados e ingredientes para animales – Método de prueba.
- PROBIOGAS. (2010). Desarrollo de un modelo sostenible de producción de biogás y obtención de otros compuestos valorizables a partir de cultivos energéticos autóctonos y no alimentarios (tabaco y chumbera). Recuperado de [http://213.229.136.11/bases/ainia\\_probiogas.nsf/0/40F10B203B986744C12579C3004D99D4/\\$FILE/SP7.pdf](http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/0/40F10B203B986744C12579C3004D99D4/$FILE/SP7.pdf)
- Stobbia, D., Viera, F.B., Dutto, J., Ledesma, A. (2017). Evaluación de biofertilizante líquido y sólido como residuos energéticos provenientes de la biomasa degradada por biodigestión en la producción de plantines hortícolas en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Córdoba, Argentina. 6th International Workshop Advances in Cleaner Production. Sao Paulo, Brazil. 5 p.
- Treviño-Amador, I.A., Méndez-Llorente, F., López-Carlos, M.A., Aguilera-Soto, J.I., Ramírez-Lozano, R.G., Núñez-González, M.A., Zuñiga, E.J.C., Fuentes-Rodríguez, J. (2013). Biogas production from *Opuntia ficus-indica* and dairy cattle manure. Proc. 7th International Congress on Cactus Pear and Cochineal. Acta Hort, 995, 339-342.
- Varnero, M.M.T. (2011). Manual de biogás. Gobierno de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y Agricultura. Santiago de Chile.
- Varnero, M.M.T., Arellano, J. (1990). Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Ministerio de Agricultura (FIA). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Informe Técnico. Santiago de Chile, 98 p.
- Zamora, F., Durán, N., Medina, M., Torres, D., Acosta, Y., Moreno, R., & Zamora, F. J. (2011). Comportamiento agronómico de cultivares de tártago (*Ricinus communis* L.) en el sector Cuabana, Falcón, Venezuela. Revista Multiciencias, 11(2), 129-135.



# Economic and social situation of the population of San Jose del Carmen, San Cristobal de las Casas, Chiapas, Mexico

## Situación económica y social de la población de San José del Carmen, San Cristóbal de las Casas, Chiapas

Salinas-Cruz, Eileen<sup>1</sup>; Martínez-Sánchez, Jesús<sup>1</sup>; Morales-Guerra, Mariano<sup>2</sup>; Vásquez-Ortiz, Romualdo<sup>3</sup>; Noriega-Cantú, David H.<sup>3</sup>; Cadena-Iñiguez, Pedro<sup>1</sup>; Contreras-Hinojosa, José R.<sup>2</sup>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; <sup>1</sup>Campo Experimental Centro de Chiapas. <sup>2</sup>Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. <sup>3</sup>Campo Experimental Iguala.

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

### ABSTRACT

**Objective:** To establish a baseline as a basis for the intervention of innovations through field schools and business plans.

**Design/methodology/approach:** The study was developed in San Jose del Carmen, San Cristobal de Las Casas, Chiapas. A survey was developed as an instrument to collect in the field information from local families in order to know their current situation. The locality of work was chosen using as criteria the populations that are within the National Crusade against hunger and in the classification of extreme poverty

**Results:** The locality of San José del Carmen is considered as highly marginalized, the population is bilingual, its main language is the Tzotzil, the average level of studies is up to the third year of primary school, the main productive activities are the planting of corn (*Zea mays* L.), beans (*Phaseolus vulgaris* L.), potatoes (*Solanum tuberosum* L.) and beans (*Vicia faba* L.) that are used mainly for self-consumption. They do not have potable water since their system is through the collection of rainwater or through a jagüey. Its main economic activities are the masonry by men and the sale of products such as: "pozol" (energy drink based on corn and cocoa (*Theobroma cacao* L.)), toast and some vegetables for part Women's. The toasts are produced in a traditional way with a process of double nixtamalization and sold in bags of 20 toast each, at a cost of MX\$ 10.00 in the markets of San Cristóbal de las Casas from one to two times per week around 40 bags per day of sale.

**Limitations of the study/implications:** The Zapatista affiliation of some of the inhabitants and the fact that some inhabitants do not speak Spanish, were factors that limited the 100% development of the study, however, it is considered that they have the necessary elements to establish the baseline of the situation of San José del Carmen.

**Conclusions:** The diagnosis will serve as a tool to establish an intervention through innovations and business plans in the community under study. Villagers have the necessary tools to obtain new knowledge that helps their production development. The language should not be a limitation for it.

**Keywords:** Poverty, production, income, marketing.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 4, abril. 2019. pp: 45-51.

**Recibido:** marzo, 2018. **Aceptado:** marzo, 2019.



## RESUMEN

**Objetivo:** Establecer una línea base como fundamento para la intervención e inducción de innovaciones a través de escuelas de campo y planes de negocios.

**Diseño/metodología/aproximación:** El estudio se desarrolló en San José del Carmen, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. Se elaboró una encuesta como instrumento para recabar en campo información de familias de la localidad con la finalidad de conocer su situación actual. La localidad de trabajo se eligió utilizando como criterio las poblaciones que se encuentran dentro de Cruzada Nacional contra el hambre y en la clasificación de la pobreza extrema

**Resultados:** La localidad de San José del Carmen es considerada como de alta marginación, la población es bilingüe, su principal lengua es el Tzotzil, el nivel de estudios promedio es hasta el tercer año de primaria, las principales actividades productivas son la siembra de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.) y haba (*Vicia faba* L.) que son utilizadas principalmente para autoconsumo. No cuentan con agua potable ya que su sistema es a través de la recaudación de agua de lluvia o a través de un jagüey. Sus principales actividades económicas son la albañilería por parte de los hombres, y venta de productos, tales como el pozol (bebida energética a base de maíz y cacao (*Theobroma cacao* L.)), tostadas y algunos vegetales por parte de las mujeres. Las tostadas son producidas en forma artesanal con un proceso de doble nixtamalización y vendida en bolsas de 20 tostadas cada una, a un costo de MX\$10.00 en los mercados de San Cristóbal de las Casas, una a dos veces por semana alrededor de 40 bolsas por día de venta.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** La afiliación zapatista de alguno de los pobladores y el hecho de que algunos habitantes no hablen español, fueron factores que limitaron desarrollar al 100% el estudio; sin embargo, se considera que se tienen los elementos necesarios para establecer la línea base de la situación de San José del Carmen.

**Conclusiones:** El diagnóstico servirá como una herramienta para establecer una intervención a través de innovaciones y planes de negocios en la comunidad de estudio. Los pobladores cuentan con herramientas necesarias para obtener nuevos conocimientos que ayuden a un desarrollo de su producción. El idioma no deberá de ser una limitante para ello.

**Palabras clave:** Pobreza, producción, ingreso, comercialización.

económicas, y de la misma manera que suceden con sus causas, sus consecuencias no son únicamente de órdenes físicas, psicológicas, sino también económicas y sociales (Arroyo y Ruiz, 2017). Los campesinos pobres están en desventaja por varias razones que se interrelacionan: la mayoría viven en áreas muy remotas, suelen tener mala salud y ser analfabetos; con familias numerosas, trabajos con puestos inseguros, siendo explotados y discriminados ya sea por su sexo o por su grupo étnico (Alvarado-Boirivant, 2007).

A escala mundial, más del 80% de los pequeños productores operan en mercados de alimentos locales o nacionales, en la escala territorial se siguen observando brechas profundas entre las entidades más urbanizadas e industrializadas del país, y las que cuentan con una población en su mayoría rural y dedicada a las actividades primarias (Ordoñez, 2018). Tal es el caso de la comunidad de San José del Carmen, localizada en el municipio de San Cristóbal de las Casas en el estado de Chiapas, México, con una población de más o menos 105 pobladores, con casas de madera muchas con piso de tierra, agua no potable, sin drenaje, donde su principal actividad económica es la albañilería y la venta de productos y su alimentación es a base de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), y otras especies de fabáceas (antes leguminosas) o tubérculos, su nivel educativo es hasta el tercer de primaria, y su idioma principal el tzotzil.

Como muchas localidades de México, esta comunidad complementa las características de pobreza extrema, producción para el autoconsumo y un nivel de ingresos bajo,

## INTRODUCCIÓN

**Históricamente** las familias indígenas han asegurado su subsistencia a través de lógicas productiva de autoconsumo, principalmente del cultivo de la tierra (García *et al.*, 2015) y las condiciones de marginación y pobreza afectan a la mayoría de la población (Balbuena *et al.*, 2018). México cuenta con gran población en situaciones de pobreza, principalmente ubicados en zonas rurales. La percepción de la pobreza tiene entre sus orígenes razones

con mala alimentación, entre otros. Se identificaron los elementos que permitan establecer una situación inicial de la localidad de San José del Carmen y sus pobladores; en aspectos económicos, tales como las actividades productivas y económicas, lenguaje, escolaridad, modos de vida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La Localidad de San José del Carmen se localiza en el municipio de San Cristóbal de las Casas, con un total de 105 habitantes de los cuales 51 son hombres y 54 mujeres; con un grado de marginación muy alto y un rezago social alto; el 93.75% de la población no cuenta con primaria completa; con una edad promedio de 35 años. Cuentan con energía eléctrica, agua sólo en jagüeyes o en captación de agua de lluvia sólo en algunas viviendas. El 93% de las viviendas tienen piso de tierra (CONAPO, 2011). Estadísticamente se tiene una media de 2.71 años de escolaridad para las personas encuestadas, y en la actualidad ningún habitante de San José del Carmen asistió o asiste a otra escuela para terminar su preparación escolar. Uno de los criterios considerados para la selección del área de trabajo fue establecer localidades que estuvieran incluidos en la Cruzada Nacional contra el hambre y en la clasificación de la pobreza extrema, además que debería de contar seguridad de acceso y circulación, aunado a que la población tuviera deseos de participar conjuntamente con organizaciones locales para establecer alianzas de trabajo.

Una vez seleccionada la localidad de trabajo, se realizó una reunión con los integrantes de la organización: Misión Integral para el Desarrollo de México, principal organización aliada, los cuales establecieron trabajos previos en la localidad de San José. Se realizó una primera visita a la localidad de San José del Carmen en donde se entrevistó con uno de los líderes de la localidad en donde se le dio a conocer el interés sobre el diagnóstico o línea base.

Como parte previa al desarrollo de las actividades, se inició con una línea base o diagnóstico, el cual serviría como punto de partida y conocer hábitat y entorno de la localidad, así como la forma de vida diaria de los pobladores. Se realizó una cedula de entrevista con 90 preguntas, con el objetivo de recabar información pertinente en aspectos de producción, agropecuaria, forestal entre otros, vivienda, gastos y alimentación en el hogar, migración y actividades económicas que generan ingresos.

Una vez aplicada la encuesta en campo se llenó una base de datos por cedula de entrevista y productor encuestado y se prosiguió a la obtención de estadísticas básicas a través del programa SPSS®.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

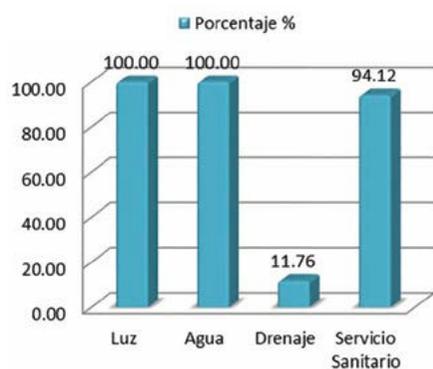
### Características generales de los hogares de San José del Carmen

De acuerdo al Índice de Desarrollo Humano, se considera que los individuos deberán contar con las condiciones básicas del desarrollo humano (vida prolongada y saludable, saber leer y escribir y contar con los recursos necesarios para tener una vida decente con participación comunitaria) (Navarro et al., 2016). De acuerdo a lo anterior, el análisis realizado en los pobladores de San José del Carmen, cuentan con terrenos propios con una superficie de 2.24 ha. Donde la producción se basa en maíz, frijol y en algunos predios haba y papa. En cuanto a su vivienda, es propia con paredes principalmente de madera (76.47%) y únicamente el 23.53% es de tabique; los techos son de lámina galvanizada, y sólo el 17.65% cuenta con pisos de cemento. De los servicios las viviendas tienen energía eléctrica, agua a través del sistema de captación de agua de lluvia y drenaje con un sistema de baños secos (Figura 1).

### Producción agropecuaria

En San José del Carmen, la producción agrícola está enfocada en cultivos básicos, las encuestas realizadas mostraron datos importantes observando los cultivos que son de mayor importancia en la localidad, formas de siembra, tipo de agricultura entre otros. Un gran número de agricultores con pequeñas porciones que generalmente producen para su propio consumo y con su participación marginal en el mercado agropecuario (Arellano, 2015); caracterizados además por usar semillas criollas y a veces alto uso de agroquímicos, presentando baja productividad, en gran parte por su bajo acceso a servicios financieros, asistencia técnica, innovaciones tecnológicas; con edad avanzada y baja escolaridad (FAO, 2018). Lo cual no se cumple esta última parte en esta comunidad dado que el promedio son 35 años.

Dentro de los cultivos agrícolas básicos el 82.35% de los agricultores cultiva maíz y frijol siendo los más importantes y le sigue la calabaza (*Cucurbita pepo* L.) con 5.88%, la siembra asociada de maíz y frijol es realizada por el 100% de los productores, únicamente un 5.88% de los agricultores realiza siembras en monocultivo.



**Figura 1.** Servicios de la vivienda en la localidad.

El tipo de agricultura que se usa en la comunidad es tradicional como revelan los datos tomados en campo, del cual se mantienen los tres cultivos ya mencionados que son maíz, frijol y finalmente calabaza en menor porcentaje, ya que de acuerdo con la llegada del modelo neoliberal, el abandono de la política proteccionista, los productores rurales optaron por la diversificación de sus cultivos (Chong *et al.*, 2015), al igual que en muchas regiones del país en medios rurales, es el caso de los productores de la localidad. El 100% de los productores coincidieron en la siembra variedades de semillas criollas nativas.

El porcentaje de productores que hacen selección de semillas en troje es de 82.35% para (maíz y frijol) y 17.65% no hace selección, el porcentaje de productores que hacen rotación de cultivos es muy bajo (5.88%). Los productores no hacen control de plagas para maíz, frijol y calabaza, el 6% de los encuestados fertilizan de manera orgánica sus cultivos, en las que la fuente de abonos orgánicos son el estiércol de burrego, estiércol de gallina y aserrín. Actualmente todos los productores de San José del Carmen hacen la limpia de sus terrenos mediante el empleo de herbicidas, utilizan dos ingredientes activos, Glifosato y Pa-

raquat. Los productores de San José no usan fertilizantes sintéticos para la nutrición de sus cultivos (Cuadros 1, 2 y 3).

La producción de milpa ocurre en una superficie de 2.24 ha en promedio, en un rango desde 0.25 ha,

hasta las 10 ha; lo que indica fuerte variación de las superficies cultivadas por los agricultores de la localidad. El maíz y frijol son las principales especies cultivadas, para maíz el rendimiento por hectárea 783.57 kg ha<sup>-1</sup> y para frijol, el promedio es de 208 kg ha<sup>-1</sup>, por lo que la mayoría

**Cuadro 1.** Insumos por actividad o insumos en maíz, frijol y hortalizas.

Preparación del terreno	Unidad de medida	<i>Zea mays</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Hortalizas
<b>Manual</b>				
Limpieza	Servicio	5.97	6.14	1.00
Cama de siembra	Servicio			1.00
<b>Material vegetativo</b>				
Semilla o material vegetativo	kg	13.64	8.43	0.32
<b>Combate de Maleza</b>				
Faena®	L	3.73		
Paraquat®	L	8.12	4.00	
Herbipol Amina®	L	4.00		
<b>Mano de obra</b>				
Siembra	Jornales	8.14	5.75	1.00
Combate de maleza	Jornales	9.41	5.20	2.00
Cosecha	Jornales	9.02	5.55	1.00

**Cuadro 2.** Costos totales por actividad o insumos en maíz, frijol y hortalizas.

Costos totales por actividad	<i>Zea mays</i> (\$ ha <sup>-1</sup> )	<i>Phaseolus vulgaris</i> (\$ ha <sup>-1</sup> )	Hortalizas (\$ ha <sup>-1</sup> )
Limpieza	826.04	895.83	130.00
Cama de siembra			130.00
Material vegetativo			
Semilla o material vegetativo	93.69	131.35	23.75
Combate de Maleza			
Faena	350.36		
Paraquat	667.46	360.00	
Herbipol Amina	388.00		
Mano de obra			
Siembra	1,052.76	740.31	130.00
Combate de maleza	1,215.76	676.00	520.00
Cosecha	1,166.55	717.54	130.00

**Cuadro 3.** Comparación de costos, ingresos y utilidad en maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y hortalizas.

Producto	Producción (\$ kg ha <sup>-1</sup> )	Costo (\$ ha <sup>-1</sup> )	Ingreso (\$ ha <sup>-1</sup> )	Utilidad (\$ ha <sup>-1</sup> )
Maíz	783.57	4,717.28	3,917.86	-799.42
Frijol	208.21	1,915.20	4,164.29	2,249.08
Hortalizas	8.33	584.58	83.33	-501.25

de los habitantes tienen la necesidad de comprar maíz y frijol para su consumo en el año, una de las situaciones que se presenta en gran parte del país. De acuerdo a González-Estrada (2009) la producción con mayor retraso técnico y económico, se asoció a la producción tradicional de maíz y frijol. Sin embargo, hay autores que apuestan a la pequeña producción familiar y fomento al mercado interno para lograr un crecimiento con equidad y desarrollo sustentable (De Grammont, 2010).

### Actividades económicas

Las principales actividades en la comunidad de San José del Carmen, son la albañilería, ventas de productos locales, tales como flores, pozol, verduras (principalmente nopales: *Opuntia* sp.), y la producción de maíz y frijol son para autoconsumo (Figura 2).

Otras actividades que se realizan dentro de la comunidad, es la producción de aves de traspatio, en promedio el productor cuenta con cinco gallinas, que comúnmente es para autoconsumo y cuatro vender el precio promedio es de MX\$200.00 por gallina. La mayoría de los hombres de la comunidad se dedican a parte de la agricultura a la albañilería como parte de las actividades que les generan ingresos, le dedican seis días a la semana con un costo por jornada de MX\$200.00 por día, y su trabajo es casi todo el año y se realiza principalmente en San Cristóbal de las Casas.

La producción de tostadas (tortilla de maíz rígida por calor) es realizada por algunas mujeres de la comunidad, elaborándose bajo procedimientos artesanales. Lo anterior mantiene un conocimiento ancestral promueve autoempleo (Díaz-Hernández et al., 2015), su venta es en San Cristóbal de las Casas, y se realiza tres veces a la semana, en el mercado José Castillo.

Su comercio se realiza en bolsas de MX\$10.00 con veinte tostadas, y en promedio venden de 30 a 40 bolsas por día, siendo un total de 90 a 120 por semana, lo que genera un ingreso de MX\$900.00 a MX\$1200.00

De las diferentes actividades productivas que se tiene en la comunidad los costos mayores los

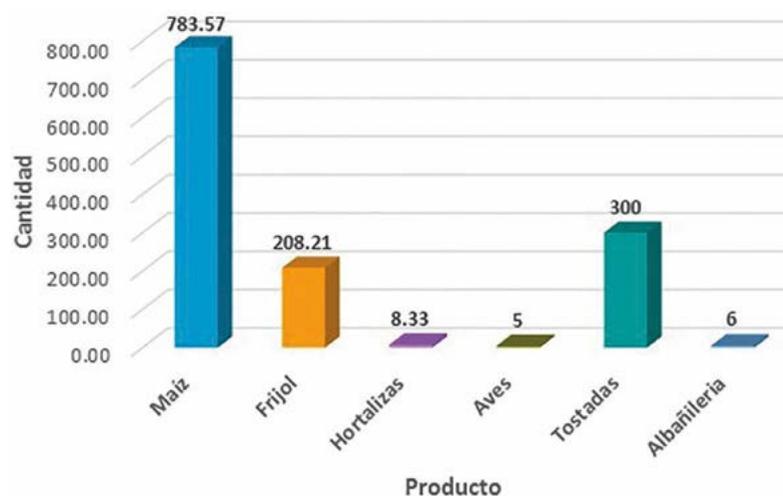


Figura 2. Principales actividades productivas en san José de Carmen.

generan la producción de maíz y frijol, seguido de las tostadas. Para el caso de la albañilería no se considera un costo ya que el traslado lo realizan caminando de la comunidad al lugar de trabajo (Figura 3).

Los costos generados por la producción de maíz son de MX\$4,717.28 con un ingreso de MX\$3,917.86; para el frijol el costo para producir una hectárea es de MX\$1,915.20, y un ingreso de venta de MX\$4,164.29; mientras que para la producción de hortalizas el costo es de MX\$584.58 y un ingreso de MX\$83.00; para las aves de corral se registran costos de MX\$348.76 e ingreso de MX\$1,000.00 por ciclo de producción. Mientras que para la producción de tostadas se calcula por semana y asciende a MX\$370.00 con un ingreso de MX\$3,000.00 y una producción de 300 bolsas de tostadas. En la albañilería el costo es nulo, y por las seis jornadas semanales se tiene un ingreso de MX\$1,200.00.

Con respecto a las utilidades o pérdidas de los diferentes productos generados, se tiene para el caso de maíz y hortalizas una pérdida de MX\$799.00 y MX\$501.00

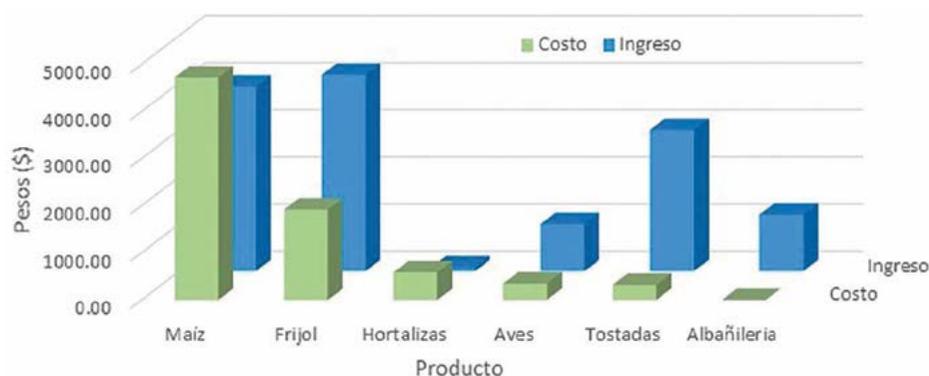


Figura 3. Comparativo de costos e ingresos de las actividades productivas.

respectivamente; mientras que en frijol y aves existe ganancia mínima de MX\$2249.00 y MX\$651.00 respectivamente, lo que supone que podrían ser productos que generan un ingreso a la familia, pero no cubren los gastos para la compra de consumibles dentro de la familia (Figura 4).

Mientras que, para las tostadas y la albañilería, la utilidad se calculó en forma anual y tendrían una ganancia de MX\$126,240.00 si la producción es constante con 300 bolsas por semana, y en el caso de la albañilería al año se tiene un ingreso de MX\$57,600.00 si la jornada se mantiene a seis días a la semana por los 350 días del año. Lo que puede ser redituable para las familias de la comunidad de estudio. Sin embargo, existen temporadas de escases de trabajo. La producción de tostadas podría generar un negocio redituable a las familias a través de planes de negocios (Salinas *et al.*, 2016; Andía-Valencia y Paucara-Pinto, 2013) y así tener aumentos en el ingreso familiar (Lonnqvist *et al.*, 2018).

### CONCLUSIONES

La producción en la comunidad se basa en maíz, frijol, algunas hortalizas y tubérculos para autoconsumo, pero se podría establecer mejoras en su producción a través de generar nuevo conocimiento en los productores para incrementar su producción. Las actividades económicas se centran principalmente en la albañilería, venta de productos locales (tostadas, pozol, nopal y otros); sin embargo, algunas de estas actividades podría ser un potencial para el desarrollo de planes de negocios. Para que los productores tengan mayor nivel de ingresos.

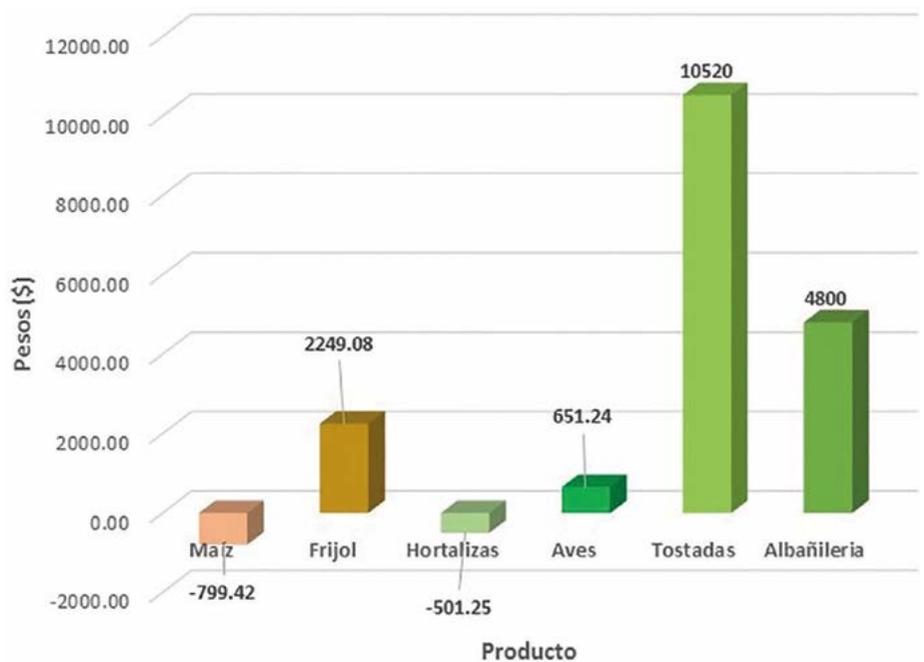


Figura 4. Ingreso por actividad productiva.

### LITERATURA CITADA

Alvarado-Boirivant, J. (2007). El sector agrícola en el combate de la pobreza rural. *Revista Reflexiones*. Vol. 86 (1): 167-178. [Fecha de consulta: 7 de febrero de 2019] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72920534012>> ISSN 1021-1209.

Andía-Valencia, W. y Paucara-Pinto, E. (2013). Los planes de negocios y los proyectos de inversión: similitudes y diferencias. *Revista Industrial Data*, Vol. 16(1): 80-84.

Arellano, JG. 2015. Efectos de los cambios en el programa Procampo en la economía rural del sureste mexicano. *Revista Economía, Sociedad y Territorio*, vol. XV, 48:363-395.

Arroyo-Mina, JS. Y Ruiz-Cardona. 2017. Pobreza subjetiva y reconocimiento étnico en Colombia: análisis para principales regiones, año 2013. *Revista Economía, Sociedad y Territorio*, vol. XVIII (53): 87-113.

Balbuena-Ramírez, J.; Ramírez-Valverde, B.; Bustamante-González, A.; Vargas-López, S.; Pérez-Magaña, M. 2018. Mujer, Agricultura y Pobreza: Estudio en dos comunidades de la montaña de Guerrero, México. *Agroproductividad*: vol. 11, núm. 10: 99-105.

Cadena-Iñiguez, P; y De la Cruz-Morales, F.R. 2012. Comidas y bebidas, mezcla de saberes y sabores zoques en Chiapas. *Rev. Agroproductividad* Vol.5 Núm 4. ISBN 0188-7394, pp 19-25.

Chong-González, E; Herrera-Tapia, F; Chávez- Mejía, F; y Sánchez-Plata, F. 2015. Mercado de trabajo rural y precarización: nuevas condiciones socioeconómicas en el sur del Estado de México. *Revista Región y Sociedad*. No. 63: 155-179.

Comité de seguridad Alimentaria mundial. 2015. Vinculación de los pequeños productores con los mercados. *Foro de Alto Nivel del CSA. Documento de antecedentes*. FAO. 8 p.

Díaz-Hernández, BM.; Ochoa-Fernández, MP.; Ramos-Maza, T.; y Cancino-Córdova, S. 20015. Trabajo, mercado y género: Mujeres chiapanecas productoras de tostadas de maíz. Primera edición, impreso en México, 144 p.

FAO. 2018. México rural del siglo XXI. Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura. Ciudad de México, 2018. Disponible en [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications).

García LM; García, JE; Hernández, LG; Loggia, S; Acevedo, E.; González, G, Rodríguez, C; Arteaga, E. y Reyes, E. 2006. Las mujeres indígenas de México: su contexto socioeconómico, demográfico y de salud. Instituto Nacional de las Mujeres. Primera Edición, Impreso en México. 115 p.

González-Estrada, A. 2009. Estimación de las estructuras agraria y económica de la producción de maíz y frijol en México. *Revista Mexicana de economía agrícola y de los recursos naturales*. Vol. 2 (1): 7-29.

- Grammont, HC. 2010. La evolución de la producción agropecuaria en el campo mexicano: concentración productiva, pobreza y pluriactividad. *Revista Andamios*, Vol. 7 (13): 85-117.
- Lonnqvist, L., Mier y Terán-Giménez, M., Tezac-Caamal N. y Bravo-Espinosa, Y. 2018. Morral de experiencias para la seguridad y soberanía alimentarias: Aprendizajes de organizaciones civiles en el sureste mexicano. Primera edición, 2018. El colegio dela frontera Sur. Impreso y hecho en México.
- Mazabel, D., Tamayo Ricárdez, V. y Patiño, T. 2014. "Estructura agraria, evolución del sector agrícola y crisis en el campo mexicano", en *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, N° 201. Texto completo en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2014/crisis-campo.html>
- Navarro-Chávez, JC; Ayvar-Campos, FJ.; y Giménez-García, VM. 2016. Generación de bienestar social en México: un estudio DEA a partir del IDH. *Revista Economía, Sociedad y Territorio*, vol. XVI (52): 591-621.
- Ordóñez- Barba, G. 2018. Discriminación, pobreza y vulnerabilidad: los entresijos de la desigualdad social en México. *Revista Región y Sociedad*. XXX, No 17: 1-30.
- Salinas-Cruz, E.; Cadena-Iñiguez, P.; Rodríguez-Hernández RF.; y Rendón-Medel, R. 2016. El uso de planes de negocios para la relación entre mercado y productores de alta y muy alta marginación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Pub. Especial núm. 15: 3129-3142.





## Influence of *Rhizophagus intraradices* in interaction with dose of fertilization in the growth of *Brachiaria decumbens* Stapf

### Influencia de *Rhizophagus intraradices* en el crecimiento de *Brachiaria decumbens* Stapf en interacción con dosis de fertilización

Aguirre-Medina, Juan F.<sup>1</sup>, Hidalgo-Bartolón Elmar Y.<sup>1</sup>; Martínez-Tinajero, Jaime J.<sup>1</sup>; Velasco-Zebadúa, María E.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV. Carretera Costera Entronque Estación Huehuetán, Huehuetán, Chiapas, México. CP 30660. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus II, Rancho San Francisco, Km 8.0 carretera Terán a Ejido Emiliano Zapata. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

\*Autor de correspondencia: mvelascoz@yahoo.com.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the growth of *Brachiaria decumbens* Stapf by allocation dry matter in its different yield components and the N and P content in the plant tissue by biofertilizing the seed with *Rhizophagus intraradices* and applying inorganic fertilization doses.

**Design/methodology/approximation:** The interaction between *R. intraradices* and different doses of fertilization on the growth of *B. decumbens* Stapf was evaluated, in a regosol soil. Six treatments were evaluated in four replicates in randomized blocks design. Four destructive samplings were carried out every 28 d and physiological performance variables were evaluated, in addition to the content of N and P in the plant tissue at the end of the study.

**Results:** It was found that the initial growth of the *B. decumbens* Stapf grass assigns more photosynthates for root and leaf blade and this effect is increased with the biofertilization of *R. intraradices*. In the last two samples, the biofertilized treatments plus the application of the chemical fertilization doses increased their biomass on average 20% more in relation to the control and similar to the highest fertilization dose.

The content of N increases with the biofertilization of *R. intraradices* in combination with the fertilization doses and the P decreases when the endomycorrhizal fungus is combined with the fertilization doses.

**Limitation of the study/implications:** The endomycorrhizal fungus must contain at least 40 spores.g of soil and be applied to the sowing.

**Findings/conclusions:** The allocation of biomass to the different components of the yield increased with the interaction between *R. intraradices* and the low and intermediate dose of chemical fertilization. The content of N was higher with *R. intraradices* with and without the application of fertilization doses, but was lower when applying the high dose of chemical fertilizer. The P increased with the biofertilization of *R. intraradices* and decreased in interaction with the different doses of chemical fertilization.

**Key words:** Endomycorrhiza, chontalpo grass, biomass, Nitrogen and Phosphorus

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el crecimiento de *Brachiaria decumbens* Stapf mediante la asignación de biomasa en sus componentes del rendimiento y el contenido de N y P en tejido vegetal al biofertilizar la semilla con *Rhizophagus intraradices* y aplicar dosis de fertilización inorgánica.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se evaluó la interacción entre *R. intraradices* y dosis de fertilización en el crecimiento de *B. decumbens* Stapf en un suelo regosol, con seis tratamientos y cuatro repeticiones en diseño bloques al azar. Se realizaron cuatro muestreos destructivos cada 28 d para determinar biomasa, y al final contenido de N y P.

**Resultados.** El crecimiento inicial de *B. decumbens* Stapf asignó más fotosintatos para raíz y lámina foliar, y su efecto aumenta con *R. intraradices*. En los dos últimos muestreos, *R. intraradices* más la aplicación de la fertilización incrementaron 20% su biomasa en promedio con relación al testigo y fue semejante a la fertilización más alta. *R. intraradices* incrementa el N en combinación con la fertilización y el P disminuye.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** El hongo endomicorrízico debe contener al menos 40 esporas  $g^{-1}$  de suelo y ser aplicado a la siembra.

**Hallazgos/conclusiones:** La biomasa en los componentes del rendimiento incrementó con la interacción entre *R. intraradices* y la dosis baja e intermedia de fertilización. El N fue superior con *R. intraradices* con y sin la aplicación de la fertilización, pero fue menor con la dosis alta de fertilizante. El P incrementó con *R. intraradices* y disminuyó en interacción con las dosis de fertilización.

**Palabras clave:** Endomicorriza, pasto chontalpo, biomasa, Nitrógeno y fósforo.

2000). La simbiosis micorrízica es considerada una de las más antiguas (Wang y Qiu, 2006) y la más común en la tierra; está presente en casi todos los ecosistemas (Strack *et al.*, 2003). Viven en la porción de suelo influenciado por las raíces y estimulan el crecimiento de las plantas e inducen efectos positivos en su desarrollo y supervivencia (Artursson *et al.*, 2006).

En las regiones tropicales, la mayoría de los pastos poseen alta dependencia micorrízica (Howeler *et al.*, 1987) y en simbiosis con la planta hospedante, estimulan su crecimiento, especialmente en suelos de baja y moderada fertilidad (Medina y Azcón, 2010).

*B. decumbens* presentó alto porcentaje de colonización radical e incremento de biomasa al asociarse con hongos endomicorrízicos provenientes de sistemas agroforestales (Prieto-Benavides *et al.*, 2011). En *B. brizantha* (Hochst. ex A. Rich) cv insurgente se demostraron los beneficios del mutualismo facultativo para el crecimiento de esta especie forrajera con diferentes hongos endomicorrízicos y *Pseudomonas* spp. (Lozano-Contreras *et al.*, 2013). Autores como González *et al.* (2007) resaltan la importancia de las micorrizas nativas, para mejorar su efectividad de las asociaciones micorrízicas en los agroecosistemas de pastizales.

La simbiosis permite que el crecimiento del micelio del hongo endomicorrízico se conforme como una extensión de la raíz que explora más volumen del suelo y transporta especialmente P y agua a la planta hospedante. Así, se han disminuido dosis de fertilización inorgánica en diversos cultivos anuales

## INTRODUCCIÓN

**El pasto** *Brachiaria decumbens* Stapf (Poaceae) se adapta a las condiciones de la región sureste de México (Pérez y Meléndez, 1980), y en Chiapas, México, existen grandes extensiones con características ambientales aptas para su establecimiento.

Tradicionalmente, el establecimiento y mantenimiento nutrimental de los pastos ha sido mediante la fertilización inorgánica. Sin embargo, en la actualidad se ha incrementado el interés por algunos mecanismos de acción que realizan los microorganismos de la rizosfera en favor de la nutrición de la planta hospedante.

Los microorganismos de la rizosfera constituyen un componente vital de los sistemas sostenibles. Crean un ambiente ecológicamente aceptable, además de favorecer la posibilidad de disminuir las cantidades de fertilizantes químicos, y a la vez, mejorar y hacer más eficientes, los nutrimentos disponibles en cada hábitat.

En este contexto, los hongos endomicorrízicos han sido un importante soporte en el sistema radical para la evolución de las plantas (Redecker *et al.*,

sin detrimento del rendimiento (Aguirre-Medina, 2006). Con estos antecedentes se evaluó el crecimiento de *Brachiaria decumbens* Stapf mediante la asignación de materia seca en sus diferentes componentes del rendimiento y el contenido de N y P en el tejido vegetal, comparando la inoculación con *Rhizophagus intraradices* y fertilización inorgánica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el invernadero de La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas (15° 00" y 15° 30" de N y 94° 30" y 94° O a una altitud de 35 m). El clima es cálido-húmedo con lluvias en verano y temperatura mínima de 20.9 °C, medias de 27.5 °C y máxima de 35.9 °C, con precipitaciones de 2,000 a 3,000 mm anuales (García, 1973).

El suelo se obtuvo a una profundidad de 0 a 25 cm en la comunidad El Triunfo, de Escuintla Chiapas (92° 33' O y 15° 19' N). Pertenece al grupo de los Regosoles (INEGI, 2005), y del mismo lugar se obtuvieron los esquejes de *B. decumbens* Stapf.

El sustrato de evaluación se conformó con una mezcla de suelo tamizado y arena de río lavada 1:1 (v/v) y el análisis físico-químico del sustrato indica: Arena: 80.76%, Limo: 13.35%, Arcilla: 5.88%, Textura: arena migajonosa (Hidrómetro de Bouyucos), 2.63% de materia orgánica (Walkley-Black), 0.13% de N (Micro-Kjeldhal), 14.12 mg kg<sup>-1</sup> de P (Colorimetría) 64.20 mg kg<sup>-1</sup> de K<sup>++</sup> (Espectrofotometría atómica), 102.50 mg kg<sup>-1</sup> de Na<sup>++</sup>, 58 mg kg<sup>-1</sup> de Mg<sup>++</sup>, 474 mg kg<sup>-1</sup> de Ca<sup>++</sup>, CIC Meq/100g: 3.47, pH: 5.78, 0.05 ds/m CE (Conductímetro).

Con el sustrato se llenaron bolsas de plástico (25×35) con capacidad de 6.0 kg, previamente perforadas en la parte inferior para favorecer el drenaje. Las bolsas se colocaron en bancales de madera para evitar contacto con el suelo. El inóculo fue a partir de micorriza elaborado con *Rhizophagus intraradices* por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y contiene 40 esporas por gramo de suelo más micelio y raicillas como fuente de inóculo (Datos incluidos en el producto).

Los esquejes se sembraron en cada maceta de acuerdo a su tratamiento. En el caso de los tratamientos que incluían *R. intraradices*, se agregaron 4.8 g del producto en el fondo del hoyo de siembra, momentos antes del trasplante del esqueje. Los fertilizantes químicos, N y P,

en las dosis correspondientes, se aplicaron una semana después de haber realizado el trasplante de los esquejes. Los tratamientos que se evaluaron fueron seis: Testigo, *R. intraradices*, *R. intraradices*+30<sub>N</sub>-15<sub>P</sub>, *R. intraradices*+60<sub>N</sub>-30<sub>P</sub>, *R. intraradices*+100<sub>N</sub>-50<sub>P</sub> y Testigo fertilizado 100<sub>N</sub>-50<sub>P</sub>. Los tratamientos fueron distribuidos en diseño bloques al azar con cuatro macetas como repeticiones. Además, se realizaron muestreos destructivos a los 28, 56, 84 y 112 días después de la siembra (dds) y en el muestreo final, se determinó el contenido de N y P en el tejido vegetal.

La biomasa seca de las estructuras, raíz, tallo, lámina foliar y vaina de la hoja, se obtuvo mediante la separación manual de las estructuras, y las mismas, se deshidrataron en estufa de aire forzado por 72 h a 75 °C. El peso de la estructura deshidratada se registró (g) en balanza semianalítica (Ohaus). En el caso de la biomasa radical fue separada de la parte aérea y después de remover la mayor cantidad de suelo, fue lavada con agua corriente. Para determinar el área foliar, una vez separada del tallo y la vaina de la hoja, se midió en cm<sup>2</sup> con un integrador (LI-COR, LI 3100) el mismo día de cada muestreo. El contenido de nitrógeno (N) y fósforo (P) se realizó en el laboratorio de suelos, agua y planta de la Facultad de Ciencias Agrícolas C-IV. El nitrógeno (N) por el método Microkjeldahl y el fósforo (P) por el método de Olsen/Espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific Modelo 400 1/4). Los resultados de la investigación se analizaron con el programa (SAS) versión 9.1 y las diferencias entre medias de tratamientos mediante Tukey (P≤0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La biomasa seca de la raíz del pasto insurgente presenta variaciones entre los tratamientos durante los cuatro muestreos (Cuadro 1). A los 28 dds se incrementó el sistema radical conforme se aumentó la dosis de fertilización. El menor crecimiento radical se presentó con el testigo. La disminución de la biomasa radical parece que es sustituida por la hifa del hongo (Azcón-G de Aguilar y Barea, 1980).

Los fertilizantes, como el fósforo incrementan el crecimiento de la raíz, así mismo el nitrógeno induce mayor crecimiento en el pasto. El segundo muestreo a los 56 dds, mostró la producción más alta de biomasa radical con el tratamiento únicamente fertilizado. Los muestreos realizados a los 84 y 112 dds presentaron valores estadísticamente más alto con *R. intraradices* más la dosis 100<sub>N</sub>-50<sub>P</sub>. En cambio, en frijol (*Phaseolus vulgaris*

**Cuadro 1.** Comparaciones de medias de biomasa seca de *B. decumbens* Stapf biofertilizado con *R. intraradices* y diferentes dosis de fertilizante inorgánico.

Tiempo (días)	Tratamientos	Biomasa (g planta <sup>-1</sup> )				
		Raíz	Tallo	Lámina foliar	Vaina de la hoja	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
28	Testigo	0,20 c*	0,05 d	0,21 c	0,12 c	119 d
	<i>R. intraradices</i>	0,34 a	0,13 a	0,43 a	0,24 a	239 a
	<i>R. intraradices</i> +30 <sub>N</sub> -15 <sub>P</sub>	0,27 b	0,08 bc	0,32 b	0,16 b	158 b
	<i>R. intraradices</i> +60 <sub>N</sub> -30 <sub>P</sub>	0,26 b	0,06 cd	0,25 bc	0,13 c	130 c
	<i>R. intraradices</i> +100 <sub>N</sub> -50 <sub>P</sub>	0,35 a	0,08 bc	0,29 bc	0,16 b	160 bc
	100 <sub>N</sub> -50 <sub>P</sub>	0,36 a	0,09 b	0,33 b	0,13 c	126 bc
	% de CV**	4,9	11,0	11,1	7,1	
56	Testigo	2,39 cd	4,03 de	4,47 c	2,57 cd	1500 d
	<i>R. intraradices</i>	4,36 b	5,40 c	6,06 b	3,22 c	1803 c
	<i>R. intraradices</i> +30 <sub>N</sub> -15 <sub>P</sub>	1,66 d	3,69 e	4,71 c	2,43 d	1674 cd
	<i>R. intraradices</i> +60 <sub>N</sub> -30 <sub>P</sub>	3,17 c	6,49 b	7,92 a	4,07 b	2342 b
	<i>R. intraradices</i> +100 <sub>N</sub> -50 <sub>P</sub>	1,63 d	4,68 cd	4,87 c	2,36 d	1685 cd
	100 <sub>N</sub> -50 <sub>P</sub>	9,08 a	9,31 a	8,73 a	4,85 a	2876 a
	% de CV	12,9	8,4	7,3	9,7	
84	Testigo	10,78 e	28,5 b	15,2 b	8,55 bc	3420 cd
	<i>R. intraradices</i>	17,23 b	24,3 c	16,3 b	8,30 c	3170 d
	<i>R. intraradices</i> +30 <sub>N</sub> -15 <sub>P</sub>	13,93 cd	31,6 a	26,1 a	10,90 a	4405 a
	<i>R. intraradices</i> +60 <sub>N</sub> -30 <sub>P</sub>	15,45 c	33,8 a	26,9 a	9,93 ab	3910 b
	<i>R. intraradices</i> +100 <sub>N</sub> -50 <sub>P</sub>	21,05 a	27,3 b	16,1 b	9,49 abc	3636 bc
	100 <sub>N</sub> -50 <sub>P</sub>	21,75 d	23,4 c	15,7 b	8,30 c	3241 d
	% de CV	5,0	4,2	7,3	7,3	
112	Testigo	16,68 c	24,5 c	13,8 e	10,4 ab	3011 c
	<i>R. intraradices</i>	16,88 c	28,2 bc	18,7 c	9,8 b	3267 c
	<i>R. intraradices</i> +30 <sub>N</sub> -15 <sub>P</sub>	14,90 cd	33,8 a	23,7 a	11,1 ab	4622 a
	<i>R. intraradices</i> +60 <sub>N</sub> -30 <sub>P</sub>	18,93 b	30,3 ab	21,0 b	9,9 b	3060 c
	<i>R. intraradices</i> +100 <sub>N</sub> -50 <sub>P</sub>	22,50 a	25,1 c	16,5 d	11,6 a	4562 a
	100 <sub>N</sub> -50 <sub>P</sub>	14,40 cd	30,6 ab	23,1 a	12,0 a	3621 b
	% de CV	5,2	3,8	4,0	6,7	

\* Valores con la misma letra dentro de cada factor y columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. \*\*CV: Coeficiente de Variación.

L.) biofertilizado con *R. intraradices* se promovió mayor crecimiento de la planta y rendimiento de grano en interacción con las dosis bajas de fósforo (Aguirre-Medina et al., 2017).

La biomasa del tallo a los 28 dds fue mayor con *R. intraradices* y estadísticamente diferente al resto de los tratamientos; sin embargo, a los 56 dds, el crecimiento aumentó con la dosis 100<sub>N</sub>-50<sub>P</sub>.

De los 84 a los 112 dds los tratamientos combinados con *R. intraradices* más las dosis 30<sub>N</sub>-15<sub>P</sub> expresó mayor incremento en la biomasa del tallo y el mismo fue

estadísticamente superior al resto de los tratamientos. En otros cultivos perennes como *Coffea arabica* L. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose, se registraron resultados semejantes, es decir, mayor crecimiento del tallo con la biofertilización de *A. brasilense* y *R. intraradices*, solos y combinados (Aguirre-Medina et al., 2011; Aguirre-Medina et al., 2014). La expresión anterior puede deberse a diversos beneficios que se han asociado a la simbiosis de los hongos endomicorrízicos, tanto en la absorción de agua como el transporte de nutrientes, que permite destinar menor cantidad de carbohidratos, producto de la fotosíntesis a la elaboración y mantenimiento del sistema radical, con el consiguiente

beneficio para el crecimiento aéreo de las plantas (Pereira et al., 2001).

La asignación de materia seca a la lámina foliar entre tratamientos presenta dinámica de crecimiento semejante al tallo, es decir, al inicio, se incrementó con la biofertilización sola de *R. intraradices* y en el segundo muestreo lo fue con la aplicación sola de la dosis 100<sub>N</sub>-50<sub>P</sub>. En cambio, en los muestreos a los 84 y 112 dds la mayor biomasa del tallo se obtuvo cuando se combinó la biofertilización de *R. intraradices* con la dosis 30<sub>N</sub>-15<sub>P</sub> y 60<sub>N</sub>-30<sub>P</sub>. En *Annona cherimola* Mill. con la aplicación de hongos micorrizicos y fertilizante foliar orgánico, se incrementó la producción de follaje en 56% 112 d después del trasplante, en comparación con el testigo (Manjarrez-Martínez et al., 2005).

La lámina de la hoja presenta el mismo comportamiento que el tallo y la lámina foliar durante los primeros tres muestreos. En el último a los 112 dds, la lámina de la hoja registró mayor peso con los tratamientos más altos y bajos de fertilización química con y sin *R. intraradices*.

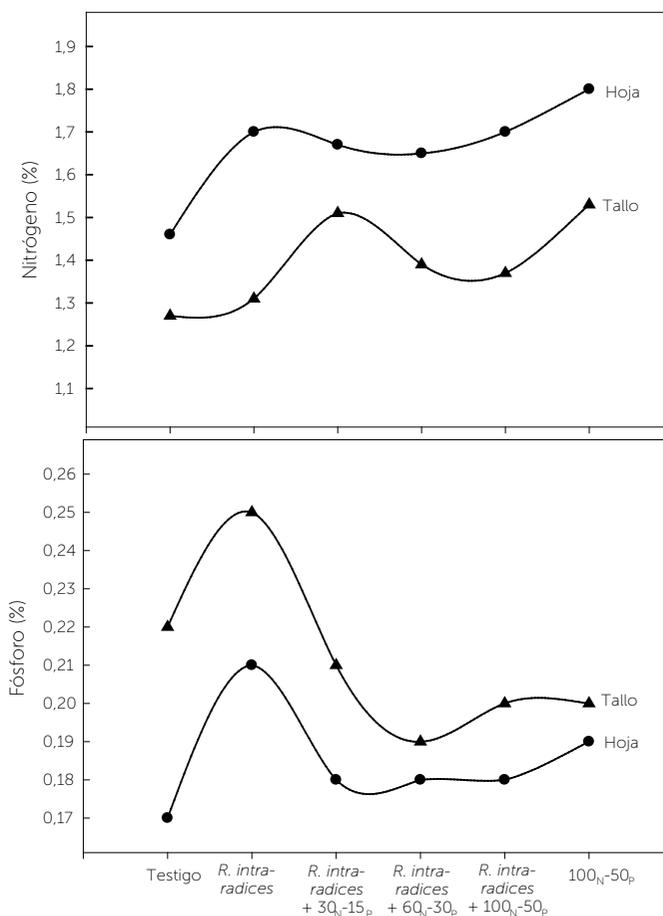
En *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) y *Clitoria ternatea* L la asignación de materia seca a tallo y lámina de la hoja tuvo respuesta diferente con los microorganismos *R. intraradices* y *A. brasilense* aplicados a la semilla (Zamora-Olivo et al., 2011), y en el presente caso, el área foliar se incrementó con *R. intraradices* y fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos a los 28 dds. En los muestreos siguientes, a los 56, 84 y 112 dds, los tratamientos con mayor área foliar fueron los biofertilizados con *R. intraradices* y en combinación con la dosis baja 30<sub>N</sub>-15<sub>P</sub> y alta de 100<sub>N</sub>-50<sub>P</sub>.

Los beneficios de la simbiosis micorrizica en inducir mayor área foliar en la planta hospedante se han encontrado en especies forestales, tales como *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Aguirre-Medina et al., 2014), *Eucalyptus camaldulensis* Dehnn (Pereira et al., 2001) y *Cedrela odorata* L. (Aguirre-Medina et al., 2014).

El Contenido de Nitrógeno en la hoja y el tallo de *B. decumbens* incrementó cuando el pasto fue biofertilizado con *R. intraradices* en comparación con el testigo (Figura 1). El mayor incremento se presentó con la dosis más alta de fertilizante químico. Muchos estudios han demostrado que las plantas micorrizadas absorben nitrógeno del suelo más eficientemente que las no colonizadas (Ngwene et al., 2010). En *Coffea arabica* L el con-

tenido de nitrógeno en el vástago se incrementó con *R. intraradices*+*A. brasilense* (Aguirre-Medina et al., 2011).

El contenido de fósforo presenta los valores más altos cuando se aplica solo el hongo endomicorrizico a *B. decumbens*. Diversos estudios demuestran que las plantas micorrizadas absorben P del suelo de manera más eficiente que las plantas no colonizadas (Andrade et al., 2009) mediante las hifas fúngicas que tienen mayor afinidad por el ion fosfato cuando su concentración es baja en la solución (Tajini y Drevon, 2012). En sistemas de producción de bajos insumos la actividad de la micorriza es más efectiva (Grant et al., 2005), con énfasis en suelos de baja fertilidad (Mudge, 2003). También se han documentado evidencias de mayor contenido de fósforo en la planta hospedante en diversos cultivos, como *Cedrela odorata* L. (Aguirre-Medina et al., 2014), *Theobroma cacao* L. (Aguirre-Medina et al., 2007), *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner (Ibarra-Puón et al., 2014).



**Figura 1.** Variación en el contenido de nitrógeno y fósforo en hoja y tallo del *B. decumbens* Stapf. biofertilizado con *R. intraradices* y diferentes dosis de fertilización. Los valores son promedios de cuatro repeticiones.

## CONCLUSIONES

La asignación de biomasa seca a los diferentes componentes del rendimiento se incrementó con la interacción entre *R. intraradices* y la dosis más baja e intermedia de fertilización química. El contenido de N fue superior con *R. intraradices* con y sin la aplicación de las dosis de fertilización, pero fue menor cuando se aplicó la dosis más alta de fertilizante inorgánico. El P en el tejido vegetal del pasto se incrementó con la biofertilización de *R. intraradices* y disminuyó en interacción con las diferentes dosis de fertilización química.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina, J. F. (2006). Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Retrieved from <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/3633>
- Aguirre-Medina, J. F., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J. & Avendaño-Arrazate, C. H. (2007). La biofertilización del cacao (*Theobroma cacao* L) en vivero con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia*, 32(8), 1-6. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932808>
- Aguirre-Medina, J. F., Moroyoqui-Ovilla, D. M., Mendoza López, A., Cadena-Iñiguez, J., Avendaño-Arrazate, C. H., & Aguirre-Cadena, J. F. (2011). Aplicación de *A. brasilense* y *G. intraradices* a *Coffea arabica* en vivero. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 1-10. Retrieved from [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v22n01\\_071.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v22n01_071.pdf)
- Aguirre Medina, J.F., Culebro Cifuentes, F., Cadena Iñiguez J. & Aguirre Cadena, J. F. (2014). Crecimiento de *Tabebuia donnell-smithii* (Rose) inoculada con hongos micorrizicos y *Azospirillum brasilense*. *Agrociencia*. 48 (3),331-345. <http://www.colpos.mx/agrocien/agrociencia.htm>
- Aguirre-Medina, J. F., Mina-Briones, F., Cadena-Iñiguez, O. J., Dardón-Zunun, J. D., & Hernández-Sedas, D. A. (2014). Crecimiento de *Cedrela odorata* L. biofertilizada con *Rhizophagus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en vivero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(3), 177-186. doi: 10.5154/r.rchscfa.2014.01.001
- Aguirre-Medina, J. F., Aguirre-Cadena, J.F., Cadena-Iñiguez, J., Arévalo-Galarza, M. de L., Rosas-Quijano, R. & Galvez-Lopez, D. (2017). Influence of *Rhizophagus intraradices* and phosphorus fertilization on growth, yield and N P content in grain of *Phaseolus vulgaris*. *Legume research*, 40(4):735-740. doi: 10.18805/lr.v0i0.8413.
- Aguirre-Medina, J.F., Gálvez-López, A.L., & Ibarra-Puón, J.C. (2018). Growth of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit biofertilized with arbuscular mycorrhizal fungi in the nursery. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(1): 49-58. doi: 10.5154/r.rchscfa.2017.07.043
- Andrade, S. A. L., Mazzafera, P., Schiavinato, M. A. & Silveira, A. P. D. (2009). Arbuscular mycorrhizal association in coffee. *Journal of Agricultural Science*, 147(2): 105-115.
- Artursson, V., Finlay, R. D. & Jansson, J. K. (2006). Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. *Environmental Microbiology*, 8(1), 1-10.
- Azcón-G. de Aguilar, C. & Barea, J.M. (1980). Micorrizas. *Investigación y Ciencia*, 47, 8-16.
- García, A. E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlas a las condiciones de la república mexicana (3a ed.). México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- González, P. J., Fernández, D., Plana R. & Crespo G. (2007). Efectos del antecedente cultural en las micorrizas nativas y la productividad del pasto *Brachiaria decumbens* cv. Señal. *Pastos y Forrajes*, 30 (1): 143-151.
- Grant, C., Bittman, S. M., Montreal, C. Plenchette y C. Morel. (2005). Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development. *Canadian Journal of Plant Science*, 85(1), 3-14.
- Howeler, R.H., Sieverding, E. & Saif, S.R. (1987). Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *Plant and Soil*. 100 (1-3), 249-283. doi.org/10.1007/BF02370945
- Ibarra-Puón, J. C., Aguirre-Medina, J. F., Ley-De Coss, A., Cadena-Iñiguez, J., & Zavala-Mata, A. (2014). Inoculación de *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner con *Rhizophagus intraradices* (Schenck et Sm.) Walker et Schuessler y *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Döbereiner en vivero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20(2), 201-213. doi: 10.5154/r.rchsh.2013.09.027.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2005). Marco geoestadístico municipal, versión 3.1. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Retrieved from <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21158.pdf>
- Lozano-Contreras, M.G., Rivas-Pantoja, F. & Castillo-Huchim, J. E. (2013). Crecimiento de plántulas de *Brachiaria brizantha* en respuesta a la aplicación de hongos micorrizógenos y bacterias diazotróficas. *Pastos y Forrajes*, 36 (2): 227-232
- Medina, A. & Azcón R. (2010). Effectiveness of the application of arbuscular mycorrhizal fungi and organic amendments to improve soil quality and plant performance under stress conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(3),354-372.
- Manjarrez-Martínez, M. J., Alarcón, A. & Ferrera-Cerrato, R. (2005). Fertilización foliar en plantas de *Annona cherimola* Mill. inoculadas con hongos micorrizicos arbusculares. *Terra*, 23(4), 553-562.
- Mudge, S. R., Smith, F. W. & Richardson, A. E. (2003). Root-specific and phosphate-regulated expression of phytase under the control of a phosphate transporter promoter enables *Arabidopsis* to grow on phytate as a sole P source. *Plant Science*, 165 (4):871-878.
- Ngwene B., George E., Claussen W. & Neumann E. (2010). Phosphorus uptake by cowpea plants from sparingly available or soluble sources as affected by N-form and arbuscular-mycorrhizal fungal inoculation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173, 353-359
- Pereira, G., Sánchez, M., Ríos, D. & Miguel, A.H. (2001). Micorrizas vesículo arbusculares y su incidencia en el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnn. *Bosque*, 22(2), 39-44.

- Pérez, P. J. & Meléndez N. F. (1980). Efecto de carga animal en la producción de pastos estrella africana fertilizado bajo condiciones de la Sierra de Tabasco. *Agricultura Tropical*, 2 (2), 152-159
- Prieto Benavides, O., Belezaca Pinargote, C., Mora Silva, W., Vallejo Zambrano, E., Gutiérrez Lara, V. y Pinargote Mendoza, E. (2011). Inoculación de *Brachiaria decumbens* con hongos formadores de micorriza arbuscular nativos del trópico húmedo Ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 4(2): 9-18
- Redecker, D., Kodner, R. & Graham, L.E. (2000). Glomalean fungi from the Ordovician. *Science*, 289,1920-1921,
- Strack, D., Fester, T., Hause, B., Schliemann, W., & Walter, M. H. (2003). Arbuscular mycorrhiza: biological, chemical and molecular aspects. *Journal of Chemical Ecology*, 29(9), 1955–1979.
- SAS (Statistical Analysis System). (1999-2000). SAS/STAT user's Guide: version 8.1. Cary NC, USA. SAS Institute Inc.
- Tajini, F. & Drevon, J. J. (2012). Phosphorus use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as related to compatibility of association among arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia. *African Journal of Biotechnology*, 11(58):12173-12182.
- Wang B. & Qiu Y.-L. (2006) Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16, 299–363. doi. 10.1007/s00572-005-0033-6.
- Zamora Olivo, M. A., Aguirre Medina, J.F., Cano García. M. A. & Martínez-Tinajero, J.J. (2013). Productividad de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) y *Clitoria ternatea* L. con biofertilizantes. *AGROproductividad*, 6 (6), 23-29. <http://www.colpos.mx/wb/index.php/agroproductividad#.VB9GcpR5N8E>





## Varietal characterization of chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita

## Caracterización varietal del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita

Castillo-Aguilar, Crescencio d. La C.<sup>1</sup>; López-Castilla, Lucero del C.<sup>1</sup>; Quej-Chi, Víctor H.<sup>1</sup>; Chiquini-Medina, Ricardo A.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados. Campus Campeche. Champotón, Campeche, México. <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chiná. Campeche, Campeche, México.

\*Autor para correspondencia: ricardochiquini@yahoo.com.mx

### ABSTRACT

**Objective:** Characterize the Rosita variety of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) as a variant landrace of the traditional habanero for conservation and genetic improvement purposes.

**Design/methodology/approach:** Fruits were collected from ten production units in 2015, reproducing and characterizing them. The varietal characterization was carried out *ex situ* under greenhouse and fertigation conditions based on the IPGRI guide (1995), characterizing the seedling in nursery and the plant to transplant: leaves, stem, flower, fruit and seed. The fertilization was carried out applying every third day a gram of triple fertilizer 19 (N-P-K) dissolved in water, from the appearance of the first true leaves, after the transplant the formula 100-100-100 (N-P-K) was applied by fertigation. With the data obtained and the use of descriptive statistics, averages and standard deviations were obtained for the quantitative characteristics. The qualitative characteristics gave value to a certain characteristic from its highest absolute frequency.

**Results:** The distinguishing characteristics found were: hypocotyl with anthocyanins and pubescence; plant with semi-perennial cycle; habit of prostrate growth; anthocyanins in the knots; height greater than 85 cm; color of greenish yellow corolla; two or more flowers per armpit acampa breadfruit; transverse wrinkling of the fruit and medium-sized rough seed.

**Limitations on study/implications:** The presence of some pests was treated with chemicals for whitefly, such as Calypso® (Thiacloprid), Actara® (Thiamethoxam), Evisect® (Tiocyclam hydrogenoxalate), and Aplaud® (Buprofezin).

**Findings/conclusions:** The distinctive morphological characteristics of habanero pepper Rosita were found in seedlings, flowering plants, fruits and seeds, which differentiate it from traditional habanero peppers.

**Keywords:** Landrace, *ex situ*, wild, variety criolla.

### RESUMEN

**Objetivo:** Caracterizar la variedad Rosita de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) como una variante de uso común del habanero tradicional con fines de conservación y mejoramiento genético.

**Diseño/metodología/aproximación:** Fueron recolectados frutos de diez unidades de producción, reproduciéndolas para su caracterización *ex situ* en condiciones de invernadero y fertirriego con base a la guía del IPGRI (1995), caracterizando la plántula en vivero y la planta al trasplante: hojas, tallo, flor, fruto y semilla. La fertilización se realizó aplicando cada tercer día un gramo de fertilizante triple 19 (N-P-K) disuelto en agua, a partir de la aparición de las primeras hojas verdaderas, después del trasplante se aplicó mediante fertirriego la fórmula 100-100-100 (N-P-K). Con los datos obtenidos y el uso de estadística descriptiva se obtuvieron promedios y desviación estándar para las características cuantitativas. Las características cualitativas dieron valor a una determinada característica a partir de su mayor frecuencia absoluta.

**Resultados:** Las características distintivas fueron: hipocotilo con antocianinas y pubescencia; planta con ciclo semi-perenne; hábito de crecimiento postrado; antocianinas en los nudos; altura mayor de 85 cm; color de la corola amarillo verdosa; dos o más flores por axila fruto acampanulado; arrugamiento trasversal del fruto y semilla rugosa de tamaño medio.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** La presencia de algunos organismos plaga fueron combatidos con Calypso® (Thiacloprid), Actara® (Tiametoxam), Evisect® (Tiocyclam hidrogenoxalato), y Aplaud® (Buprofezin).

**Hallazgos/conclusiones:** Las características morfológicas distintivas del chile habanero Rosita se encontraron en plántula, planta flor, fruto y semilla, que lo diferencian del chile habanero tradicional.

**Palabras clave:** Raza, *ex situ*, silvestre, variedad criolla.

(19° 52' N y 98° 88' O). La caracterización se realizó con el descriptor para *Capsicum* de IPGRI (1995).

Las semillas de chile habanero Rosita, fueron sembradas en condiciones de invernadero en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato Peat Moss®. El manejo de las plántulas consistió en la aplicación diaria de riego y la aplicación de fertilizante, fungicidas, insecticidas y fertilizantes foliares (19N-19P-19K). El trasplante se realizó a los 40 d después de la siembra. El manejo de la planta después del trasplante se llevó a cabo bajo sistema de fertirriego, con la aplicación de la fórmula 100-100-100 (N-P-K). La fertilización se complementó con fertilizantes foliares a base de nitrógeno, fósforo, potasio y micro elementos. El control de plagas se llevó a cabo con Calypso® (Thiacloprid), Actara® (Tiametoxam), Evisect® (Tiocyclam hidrogenoxalato), y Aplaud® (Buprofezin).

En condiciones de invernadero se sembraron 10 surcos de 10 m de longitud y 1.5 m de ancho. De cada surco se caracterizaron 10 plantas, teniendo un total de 100 plantas. Con los datos obtenidos y el uso de estadística descriptiva se obtuvieron medias y desviación estándar para las características cuantitativas. Las características cualitativas dieron valor a una determinada característica a partir de su mayor frecuencia absoluta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La plántula en vivero presentó una coloración verde oscura con hoja tipo deltoide y presencia de antocianinas en el tallo; las hojas presentaron una longitud y un ancho de  $17.7 \pm 2.18$  cm y  $8.09 \pm 1.28$  cm, respectivamente (Figura 1).

## INTRODUCCIÓN

En México se puede encontrar una gran cantidad de recursos fitogenéticos de chiles cultivados de *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. pubescens* (Ruiz & Pav), y *C. chinense* Jacq. (Castañón-Nájera *et al.*, 2008), los cuales se han subdividido en ecotipos de una misma especie, dependiendo de la región donde se cultiven. La variabilidad genética de chiles silvestres y cultivados (mejorados y criollos) en México es amplia, por lo que es importante realizar estudios que lleven a su identificación y caracterización para uso agronómico (Bosland y Votava, 2012; Hernández-Verdugo *et al.*, 2012). Uno de los principales chiles cultivados en la península de Yucatán es el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.); sin embargo, existen diferentes variantes criollas poco descritas. Del género *Capsicum* se reporta gran diversidad entre sus especies, así como variabilidad dentro de éstas para caracteres (Bosland y Vosava, 2000), diversidad que puede ser atribuida a variables climáticas que favorecen la existencia de variantes intra e interespecífica en la península de Yucatán. La falta de estudio de las variedades criollas de chile trae como consecuencias un limitado conocimiento sobre ellas, su utilidad y distribución geográfica, como el caso del chile habanero "Rosita", que se encuentra cultivado en el municipio de Palizada, Campeche (18° 15' 20" N y 92° 05' 30" O, a 2 m de altitud). El habanero Rosita es cultivado en un clima cálido subhúmedo con una temperatura media anual de 27.7 °C, y difiere en sus características morfológicas, producción, picor y sabor al chile habanero tradicional. Esta variante representa por su potencial productivo y valor de producción una alternativa para el desarrollo económico de ciertas regiones, y por ello, el objetivo de la investigación fue realizar la descripción varietal del chile habanero Rosita con fines de conservación y mejoramiento genético.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La recolecta de fruto maduro de chile habanero Rosita se realizó con productores el municipio de Palizada, Campeche, México extrayendo un total de 10 muestras (n=10 unidades de producción), de las cuales se tomaron n=50 semillas. El trabajo de investigación fue llevado a cabo en condiciones de invernadero en el Campus Campeche del Colegio de Postgraduados



**Figura 1.** Plántula de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita 20 y 45 días después de la siembra

Después del trasplante presentó como características distintivas un crecimiento semi-perenne vigoroso, altura mayor de 1.80 m, tallos prismáticos, con pubescencia y presencia de antocianinas en los nudos de las bifurcaciones de las ramas (Figura 2), concordando en parte con González *et al.* (2006) quienes mencionan que en condiciones de cultivo de cielo abierto, una planta de hábito de crecimiento intermedio, altura de 0.40 a 1.0 m, en condiciones protegidas, la altura de la planta puede rebasar 1.5 m.

El habanero Rosita presentó hojas deltoides, ligeramente onduladas y parénquima esponjoso en el haz, color verde oscuro brillantes con margen de la hoja ligeramente ondulado, y tamaño que alcanza los 19 cm de largo por 11 cm de ancho, con disposición de las ramas en forma helicoidal (Cuadro 1), resultados que están de acuerdo con lo establecido González *et al.* (2006) en su descripción de las características del chile habanero. Producto del hábito de crecimiento semi perenne de la planta, se pueden obtener dos ciclos de cultivo consecutivos en



**Figura 2.** Características del tallo y hoja del *Capsicum chinense* Jacq. var. Rosita Rosita.

**Cuadro 1.** Características de la planta del chile habanero (IPGRI, 1995) (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita.

Descriptor	Característica	Descriptor	Característica
Ciclo de vida	Semi perenne	Ancho de la planta	106.58±28.78
Hábito de crecimiento	postrado	Densidad de ramificación	escasa
Altura de planta	Mayor de 85 cm	Color de la hoja	Verde oscuro
Diámetro del tallo	11.98±1.62	Forma de la hoja	deltoides
Color del tallo	verde	Margen de la lámina foliar	ondulada
Antocianinas del nudo	morado	Pubescencia de la hoja	intermedia
Forma del tallo	angular	Largo de la hoja	19.72 +/- 2.38
Pubescencia del tallo	escasa	Ancho de la hoja	11.15 +/- 1.47
Macollamiento	escaso		

condiciones de invernadero con la ayuda de la poda.

**Flor**

La flor presentó un tamaño intermedio, con coloración de la corola amarillo verdosa, constituida por cinco sépalos, cinco pétalos y margen del cáliz dentado (Cuadro 2 y Figura 3), diferente al habanero tradicional con flores blancas de 1.5 a 2.5 cm (Ruiz-Lau *et al.*, 2011). El número de flores por axila fue mayor de dos, la posición de flor intermedia, color de las anteras azul, y estilo exserto (Figura 3), características que difieren con descripciones de flores en cada axila (Ruiz-Lau *et al.*, 2011), la longitud de la corola fue menor de 1.5 cm (Figura 3), menor a lo hallado por González-Orellana (2003). El número de sépalos y pétalos fue de cinco con un pedúnculo floral con presencia de antocianinas y una longitud promedio de 1.31 cm.

**Fruto**

La caracterización varietal del chile habanero Rosita permitió identificar sus principales características distintivas, entre ellas, frutos acampanados de color naranja (Figura 4), aunque es posible encontrar amarillo y rojo (Cuadro 3), colores acordes a lo citado por González *et al.* (2006). La forma del ápice del fruto hundido, muy corrugado y peso promedio de 21.79 g (Cuadro 3). El fruto presentó una longitud de 4.20 cm largo y 4.76 cm de ancho con espesor del pericarpio de 2.4 mm características específicas que contrastan con lo descrito para el chile habanero tradicional como el de la variedad comercial Jaguar con 3.8 a 5.5 cm de longitud y 2.5 a 3 cm de ancho (Ramírez-Meráz *et al.*, 2012).

**Semilla**

La semilla es de tamaño medio con una coloración color paja oscuro,

con pliegues en la superficie de la semilla, así como una longitud y diámetro de 4.20 cm 4.76 cm, respectivamente características contrastantes al chile habanero tradicional con semillas lisas y pequeñas, con testa de color café claro a oscuro (Ruiz-Lau *et al.*, 2011). El peso promedio de 1000 semillas fue de 5.54 g (Figura 5).

**CONCLUSIONES**

Las características morfológicas distintivas de (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita, fueron en plántula, planta flor, fruto y semilla, características que lo diferencian del chile habanero tradicional. La variación morfológica hallada permitirá estudios de diversidad genética y programas de mejoramiento genético.

**LITERATURA CITADA**

Bosland, P. W. and Vostava, E. J. 2000. Peppers: vegetable and spice Capsicums. CABI Publishing, New York, USA. 229 p.

**Cuadro 2.** Características de la flor del chile habanero (IPGRI, 1995) (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita.

Descriptor	Característica	Descriptor	Característica
Días a floración	75±5.2	Longitud de las anteras	2.0±0.14 mm
Número de flores por axila	Dos	Color del filamento	Morado claro
Posición de la flor	Intermedia	Longitud del filamento	1.33±0.24
Color de la corola	Amarillo verdoso	Excursión del estigma	Excerto
Color de mancha de la corola	Verde amarillento	Esterilidad masculina	Ausente
Forma de la corola	Redonda	Pigmentación del cáliz	Ausente
Longitud de la corola	de 1.5 a 2.5 cm	Margen del cáliz	Dentado
Color de las anteras	Azul	Constricción anular del cáliz	Ausente



**Figura 3.** Flores axilares; flor la cual muestra su color y la mancha de la corola.



**Figura 4.** Frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita en la planta y cosechados.

**Cuadro 3.** Características de fruto del chile habanero (IPGRI, 1995) (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita.

Descriptor	Característica	Descriptor	Característica
Días a fructificación	105±6.4	Ancho del fruto	5.12±0.45
Color del fruto en estado intermedio	Verde	Longitud del pedicelo del fruto	4.35±mm
Cuajado del fruto	Intermedio	Cuello en la base del fruto	Ausente
Periodo de fructificación	Mayor de 90 días	Forma del ápice del fruto	Hundido
Color del fruto en estado maduro	Naranja	Arrugamiento trasversal del fruto	Muy corrugado
Forma del fruto	acampanulado	Número de lóculos	tres
Ancho del fruto	5.12±0.45	Tipo de epidermis del fruto	Rugosa
Peso del fruto	21.79±3.26	Persistencia del fruto maduro	
Longitud del fruto	4.41±0.49	Pedicelo con el fruto	Intermedia
Longitud del pedicelo del fruto	4.35±0.76	Pedicelo en el tallo	Intermedia
Espesor de la pared del fruto	2.04±0.31	Longitud de la placenta	Mayor de la mitad del fruto
Forma del fruto en unión con el pedicelo	Truncado		



**Figura 5.** Semilla de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita.

- Bosland, P. W.; Votava, E. J. 2012. Peppers: vegetable and spice capsicums. 2nd (Ed.). Cabi publishing. London UK. 230 p. [http://books.google.com.mx/books?id=5AWTPZeFL8QC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=5AWTPZeFL8QC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Bosland, P. W and E J Votava 2012. Peppers: vegetable and spice capsicums. Crop production Science in horticulture. V 22: 1-230.
- Castañón-Nájera G., L. Latournerie-Moreno, M. Mendoza-Elos, A. Vargas-López, H. Cárdenas-Morales. (2008). Colección y caracterización de Chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *PHYTON*. 77: 189-202
- González E T., L Gutiérrez P y F Contreras M. 2006 El chile habanero de Yucatán. Ciencia y desarrollo 32 (195): 8 -15.
- Hernández Verdugo, S. 2014. Importancia del chile silvestre (*Capsicum annuum*) como recurso genético de México. Mensaje Bioquímico. 51:289-304
- IPGRI (International Plant Genetic ResourceS Institute). 1995. Descriptores para *Capsicum* spp. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación Relativos a los Vegetales, Taipei, Taiwán y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 52 p.
- Ramírez-Meraz M, G Arcos-Cavazos, H mata-Vázquez, E Vázquez-García. 2012. Jaguar Variedad de chile para México. Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias ISBN 978-607-425-905-6.. México.
- Castañón-Nájera, G, L Latournerie - Moreno; M Mendoza-Elos, A Vargas-López, H Cárdenas- Morales. 2008. Colección y caracterización de Chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Phyton-Revista Internacional de Botánica Experimental* 77:189-202.
- Ruiz – Lau N, F Medina – Lara, y M Martínez – Esteves. 2011. El chile habanero. Su origen y sus usos. Revista Ciencia. julio a septiembre.
- González, Salán, M. y Orellana Polanco, A. (2003). Recolección de Germoplasma de Chile Tipo Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en el Departamento del Peten. Disponible en: <http://ufdc.ufl.edu/UF00071960/00001>

## Childhood belonging to Agroecotourism in the community of Tepexilotla, in Chocamán, Veracruz, Mexico

### La pertenencia infantil del Agroecoturismo en la comunidad de Tepexilotla, en Chocamán, Veracruz, México

Sandoval-Quintero, Mayra A.<sup>1</sup>; Pimentel-Aguilar, Silvia<sup>2\*</sup>; Sánchez-Islas, Yamile I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Intercultural del Estado de Puebla, División de Ciencias Naturales. Huehuetla, Puebla, México, C.P. 73475. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Desarrollo Rural, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56230.

\*Autor para correspondencia: silviapimentel@colpos.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** The overall objective of this study is to identify the relationship of belonging among children with their natural resources, in order to strengthen ties in the development of Agroecoturistic activity in your community, environmental conservation and natural resources of the micro-region Tepexilotla and its surroundings.

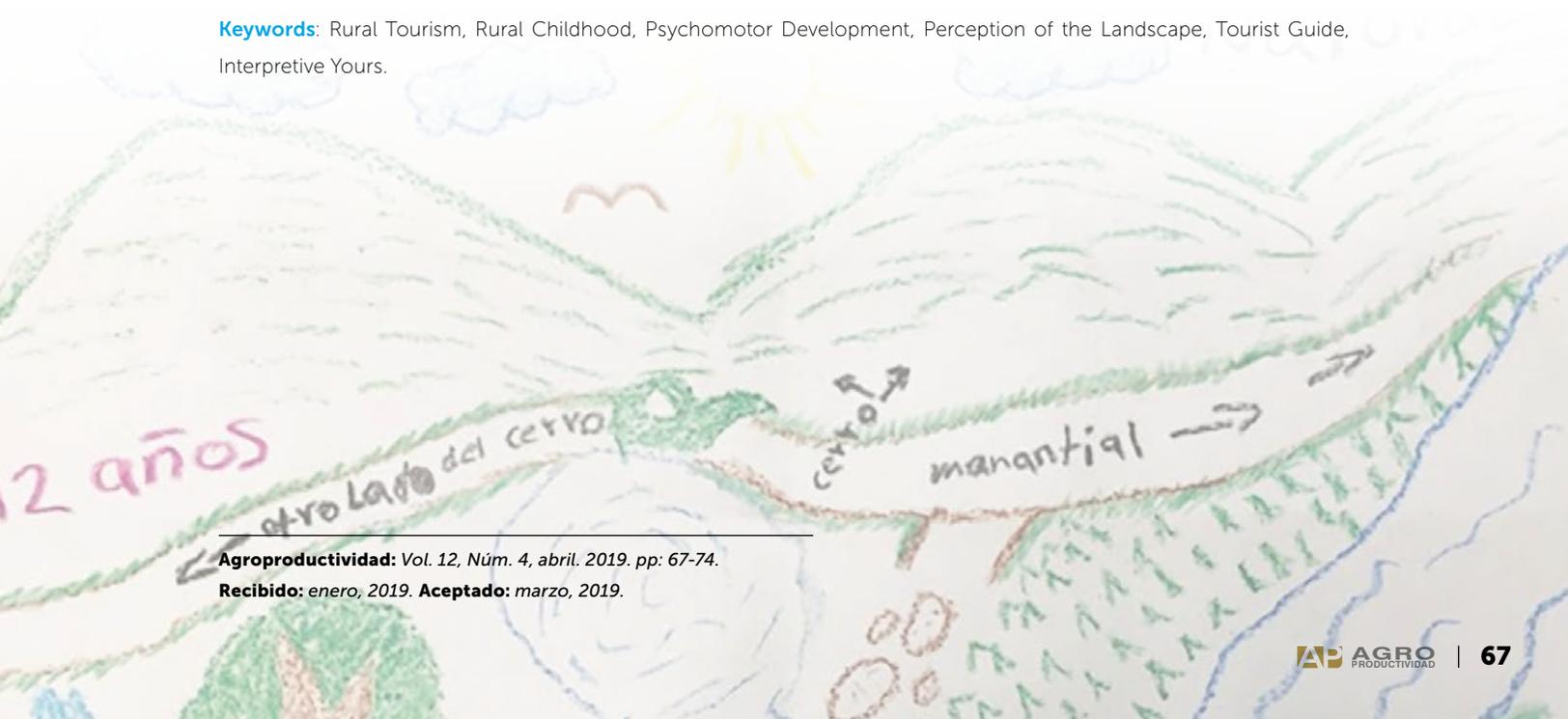
**Design/methodology/approach:** Agroecotourism is approached from the child's subjective perception of that community, located in the cloud forest of fog, in the high mountains of Veracruz, Mexico. We analyze the issue from four themes: (1) ownership of the rural and natural environment, (2) the child's perspective of tourism, (3) interpretation of their natural environment and (4) as an engine Agroecotourism conservation natural and development of rural communities.

**Results:** From the experience of the workshops with Tepexilotla's infants, it was possible to identify that the relationship with their environment is strongly linked to the needs of life. 13 girls (52%) 9 boys (48%) between 7 and 14 years old participated. Boys include more the mountains and clouds, and girls, for stars and flowers. Less weight is given to crops. Agroturistic activities needs to be more considered at agroecoturistic workshops.

**Limitations on study/implications:** We are interested in children's community, because this part of society is hardly considered in the decision making of the development of rural communities throughout the world.

**Findings/conclusions:** The knowledge of the panorama of Agroecotourist activity from a child focus, it showed the child contribution to rural development; because children are the future decisions taken in their community, and it will guide the destiny of their natural environment as a means particularly vulnerable and important.

**Keywords:** Rural Tourism, Rural Childhood, Psychomotor Development, Perception of the Landscape, Tourist Guide, Interpretive Yours.



## RESUMEN

**Objetivo:** Identificar la relación de pertenencia en la población infantil hacia sus recursos naturales, con el fin de fortalecer lazos en el desarrollo de la actividad Agroecoturística en su comunidad, la conservación del ambiente y recursos naturales de la microrregión de Tepexilotla en Veracruz, México, y sus alrededores.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se abordó el Agroecoturismo desde la percepción subjetiva infantil de dicha comunidad, ubicada en el bosque Mesófilo de niebla, en las Altas Montañas del estado de Veracruz. Se analizó el tema desde cuatro ejes temáticos: (1) sentido de pertenencia del entorno rural y natural, (2) la perspectiva infantil de la actividad turística, (3) la interpretación de su medio natural y (4) el Agroecoturismo como motor de conservación natural y desarrollo de las comunidades rurales.

**Resultados:** Participaron 13 niñas (52%) y 9 niños (48%) de entre 7 y 14 años. En los talleres y dibujos, se identificó que la relación con su medio natural está fuertemente vinculada con su vida cotidiana, mostrando conocimiento y uso de diferentes especies vegetales, animales, así como identificación psicosocial con algunas de ellas y su valoración en caso de desaparición de las especies de la zona. Los niños incluyen más montañas y nubes, las niñas estrellas y flores. Los sembradíos son menos dibujados, por lo que las actividades agroturísticas deben ser más consideradas en talleres agroecoturísticos.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Nos interesamos en la comunidad infantil, debido a que esta parte de la sociedad es muy poco considerada en la toma de decisiones del desarrollo de las comunidades rurales a lo largo del mundo.

**Hallazgos/conclusiones:** El conocimiento del panorama de la actividad Agroecoturística desde un enfoque infantil, mostró su contribución para el desarrollo rural; debido a que los niños y las niñas son los que tomarán las decisiones futuras de su comunidad, y guiarán el destino de su medio natural, un medio tan particular, vulnerable e importante.

**Palabras clave:** Turismo rural, niñez rural, desarrollo psicomotriz, percepción del Paisaje

En México, la población infantil representa 35.78% de la población mexicana, siendo una cifra representativa para dar atención a este sector (INEGI, 2015). Son los niños de comunidades rurales los que se encuentran entre los sectores más vulnerables para alcanzar un adecuado desarrollo, pues la condición económica en la unidad familiar los conduce a trabajar en actividades que atentan inclusive, a su seguridad y crecimiento.

La falta de trabajo en sus comunidades y la pobreza, hace que integrantes de la familia (principalmente los padres y madres), se desplacen en búsqueda de mejores oportunidades laborales. Migran a ciudades dentro y fuera del país, con el único objetivo de integrarse a actividades que no requieran una educación formal, como por ejemplo, la albañilería, trabajo doméstico, obreros y obreras, comerciantes informales, recolección de frutos (café, ciruelas), corte de caña, entre muchas otras actividades (Ayala *et al.*, 2014).

Los infantes de las comunidades rurales, retoman cuando adultos estas conductas laborales y de migración. Sustentado en el aprendizaje vicario, ya que estos repiten las experiencias y patrones de los padres, aprendidas con sólo observar. Ante este panorama, se han desarrollado diversas alternativas para minimizar el impacto de abandono y sentido de pertenencia de su lugar de residencia, entre estas propuestas se encuentra el desarrollo de la actividad turística, la cual es adoptada en las comunidades rurales como una actividad complementaria a sus actividades laborales tradicionales, debido a que el turismo genera el aprovechamiento de los recursos naturales y culturales de las comunidades.

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de los estudios de identidad en las comunidades rurales son realizados con la comunidad adulta, dejando de lado a la población infantil, debido a que, por su edad, se les considera como faltos de opinión válida para el desarrollo de su comunidad. Desde la posición teórica, los niños y las niñas son actores importantes de la comunidad, pues representan la población futura de la misma. Las y los individuos de una comunidad tienen una concepción distinta a la valoración de su espacio, su opinión permite un desarrollo desde adentro; es decir, reflexionando en torno a sus conocimientos para el aprovechamiento de sus recursos naturales, dando a los individuos el poder de protegerlos, y empoderándolos para potencializar su desarrollo.

Lo que pone al Turismo Rural, como un detonador de gran relevancia, es que su desarrollo se encuentra como un modelo de gestión para el desarrollo social, económico, cultural y ambiental de las comunidades, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes, y gestionar de forma sustentable los recursos naturales propios de las comunidades.

Es así, que la participación de los niños y las niñas de comunidades rurales en torno a la actividad turística se ha vuelto un tema de carácter primordial; ya que es importante reconocer la relación que tienen en sus comunidades para desarrollar el sentido de pertenencia y valoración en sus recursos desde una perspectiva infantil.

Además de que mucho niños y niñas se incorporan de manera informal a los talleres de capacitación en turismo rural, debido a que se sienten atraídos por las actividades inherentes, tales como las actividades al aire libre, caminatas, conocimiento de las plantas y animales, y contacto directo con la naturaleza, con lo cual reciben, educación y formación en las actividades del turismo rural.

### Sentido de pertenencia e identidad en la niñez

La relación entre identidad y sentido de pertenencia en determinadas categorías o grupos sociales tiene una larga tradición en materia de Psicología Social (Valera y Pol, 1994). La identidad puede derivarse del sentimiento de pertenencia o afiliación a un entorno concreto. La identidad con el lugar o entorno, "se considera como una subestructura de la identidad de self y consiste en un conjunto de cogniciones referentes a lugares o espacios donde la persona desarrolla su vida cotidiana y en función de lo cual, el individuo puede establecer vínculos emocionales y de pertenencia a determinados entornos" (Valera y Pol, 1994).

Durante la infancia, el niño y la niña desarrollan su sentido de pertenencia, el apego al lugar y afectos a la tierra, entre otras cuestiones de identidad socio espaciales, simbólicas y emocionales (Parro, 2014). Así mismo, la niñez es la etapa en el cual se encuentran con el mayor interés por realizar actividades en la naturaleza y existe más participación en el trabajo comunitario (Barraza, 2006), por tanto, es la etapa en el cual se desarrolla su sentido de identidad y pertenencia, involucrándose con los recursos de su comunidad.

Entre las actividades económicas y sociales, que permiten el acercamiento con los recursos naturales y culturales de una manera sostenible, es el turismo rural. Entendiéndose éste como aquel contacto personalizado que brinda a los y las turistas la oportunidad de disfrutar del entorno físico y humano de las zonas rurales, y en la medida de lo posible, de la participación en las actividades, tradiciones y estilos de vida de la población local (Cabriñi, 2002). Las personas se alojan en un predio agrícola, con el interés de conocer y disfrutar de algunas actividades agropecuarias, como los cazadores, pescadores, científicos, estudiantes en viajes de egresados, turistas de paso, empresarios que participan de un evento o retiro espiritual, etcétera" (Barrera, 1998). Dentro del Turismo rural, existen varias vertientes, entre ellas: el agroturismo, y el agroecoturismo.

Estas alternativas de turismo se han ido adecuando no sólo a la demanda de los nuevos intereses de los turistas, también se ha desarrollado a las necesidades de las comunidades receptoras. Los nuevos turistas buscan realizar actividades distintas a sus habituales, lo que lo motiva a trasladarse a zonas en las cuales puedan tener contacto con la naturaleza y la participación activa (Boullón, 2008).

Es de esta manera, que en la comunidad rural se plantea su potencial turístico, pues sus actividades agrícolas tradicionales y su medio natural, pueden atraer al turismo, debido a que se realizan actividades específicas que son de interés para el turista de ciudad.

En materia específica, se distingue dentro del turismo rural una rama referente a los posibles servicios que brinda la comunidad rural al turista, conociéndose como agroecoturismo, en el cual según Monge (1994), se convierte en una actividad complementaria de las actividades agrícolas que realiza el campesino, con la ventaja de que éste percibe una retribución económica que además contribuye a la conservación de su hábitat y, por ende, mejora su calidad de vida. El agroecoturismo se fundamenta en los servicios turísticos que ofrecen los campesinos al visitante, sin que éstos se desplacen, ni cambien su actividad principal ni sus costumbres, ya que son los elementos diferenciadores del producto que ofrece".

El desarrollo del agroecoturismo en las actividades complementarias brinda a los integrantes de comunidades

rurales la posibilidad de mejorar la calidad de vida en sus pobladores, permitiéndoles el reconocimiento de sus propios recursos, apropiándose de ellos y por tanto dándoles sentido de protección. Incorporando la actividad turística como un medio extra para obtener recursos económicos, que posiblemente colaborarán en disminuir la necesidad de talar árboles para ampliar sus milpas o para establecerlos como campo para alimentación de ganado, colaborando así también en la conservación de la naturaleza en la que están insertas sus tierras de cultivo.

El objetivo fue identificar la relación de pertenencia de la población infantil con sus recursos naturales; con el fin de conocer sus lazos en el desarrollo de la actividad turística, en la comunidad de Tepexilotla, Chocamán, Veracruz, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El método de investigación utilizado fue a través de la realización de un taller infantil, donde se ejecutaron varias actividades, entre ellas el dibujo. Se analizó desde cuatro ejes principales: (1) el sentido de pertenencia del entorno rural y natural, (2) la perspectiva infantil de la actividad turística, (3) la interpretación de su medio natural y, (4) el agroecoturismo como motor de conservación natural y desarrollo de las comunidades rurales.

El estudio se llevó a cabo en dos etapas cualitativas, con el fin de abordar la pertenencia de su entorno natural y de la percepción de la actividad turística en su comunidad. Ambas etapas fueron realizadas con base a talleres infantiles, con un lenguaje entendible y utilizando como instrumento primor-

dial el dibujo, para conocer la percepción infantil (Monterrubio y García, 2011; Fernández, 2014).

Se contó con la participación de niñas y niños de entre 7 y 14 años de edad que cursaban el nivel básico de estudio, infantes pertenecientes a la comunidad de Tepexilotla, Tetla y Chocamán. Se desarrolló el estudio en dos apartados: a) El primero con el objetivo de identificar el sentido de pertenencia de la población infantil entorno a sus recursos naturales que existen en su comunidad. b) El segundo con el fin de conocer su visión acerca de sus recursos entorno al desarrollo de la actividad turística.

El primer apartado se dividió en cuatro fases para alcanzar el grado de participación de los infantes que se integraron al taller; 1) etapa informativa, 2) etapa diagnóstica, 3) etapa práctica y 4) etapa demostrativa, que a continuación se explican.

- 1) Etapa informativa. En esta etapa se dio a conocer mediante un mapa, la ubicación de Tepexilotla a nivel nacional y estatal, con apoyo de material didáctico, para continuar con la exposición de los recursos naturales que posee la localidad en la que viven los niños, la moderadora dio la explicación de tres especies animales y tres especies vegetales fueron presentadas con su nombre científico. Dando apertura para que los niños participaran con el nombre común con el que se le conoce a cada especie en su comunidad.
- 2) Etapa diagnóstica. Durante esta etapa la participación de los y las infantes es crucial, pues son ellos los protagonistas del estudio, en esta, se pide que nombren otras especies de plantas y animales que habitan en la región, para plasmar sus ideas en una hoja de rota folio.
- 3) Etapa práctica. Continuando con la actividad, en esta etapa se desarrolla la práctica, en la cual de manera dinámica se integran las dos fases anteriores. Se otorga a cada participante del taller el nombre de alguna de las especies que plasmaron previamente. Para seguir con la actividad se da indicaciones a cada participante para integrarse en un área específica, la moderadora comienza a relatar la historia de los cambios en las comunidades integrando la creación de nuevos caminos, cultivos y casas con apoyo de manera visual, material didáctico (cajas) y se desplaza a cada participante para la creación de estos.
- 4) Etapa demostrativa. Finalmente, en la última etapa se pide a los infantes plasmen su sentir por la actividad anterior con la técnica de dibujo.

El segundo apartado se dividió en dos fases: 1) taller participativo, y 2) etapa demostrativa. A continuación, se explica cada una.

- 1) Taller participativo. En esta etapa se les dio a los y las infantes las características de una ruta agroecoturística, con el objetivo de que interpretaran de forma práctica como lo podían llevar a cabo en su comunidad, aprovechando su medio natural, agrícola, social y cultural.
- 2) Etapa demostrativa. Continuando con la actividad, en la última etapa se desarrolló la práctica, en la cual de manera dinámica se otorgó a cada

participante del taller una cartulina, para que los y las infantes plasmaran, mediante la técnica de dibujo, cuál sería su propuesta para la creación de una ruta Agroecoturística que ellos y ellas conozcan, recal-cándoles que debiera tener un atractivo turístico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestran en dos apartados: "Conociendo la naturaleza de mi comunidad" y "dibujando mi ruta agroecoturística". Se contó con la participación de 23 niñas (52%) y niños (48%) de entre 7 y 14 años de edad que cursaban el nivel básico de estudio. La participación de la población infantil dentro del desarrollo de los talleres fue activa, niñas y niños expresaron sus conocimientos sobre los recursos naturales de su poblado, y el valor que su comunidad les asigna para utilizarlo en sus actividades cotidianas, lo que les permite una armonización simbólica, social, cultural y territorial de la identidad.

Durante el desarrollo del trabajo, la participación de los infantes se mostró al compartir su conocimiento del entorno, esto es, plasmando la diversidad de variantes que nombraron de especies vegetales y animales, cada uno de los niños conocía las especies que nombraban sus compañeros; y la opinión no sólo quedó en nombrar a la especie, ellos mismos empezaron a compartir la razón de su importancia en su comunidad.

La implicación social de los infantes en el *uso y conocimiento de sus recursos* indica, que las actividades cotidianas que realizan sus seres cercanos causan un impacto directo en el aprendizaje del menor, si bien, esto ha brindado un fortalecimiento dentro de la comunidad, las personas jóvenes de estas comunidades, se encuentran revalorizando el conocimiento sobre el medio ambiente, adoptadas por las prácticas tradicionales en el manejo de su medio natural.

En la tercera etapa: la práctica; cada niño y niña que integraron el taller, adoptaron el nombre de una especie de la lista que ellos elaboraron con base en la lluvia de ideas realizada en la etapa anterior, reemplazando el nombre del niño por el nombre de alguna de las especies, continuando con el siguiente paso de acomodarlos en un área limitada, distribuyendo a los infantes con variación de especie vegetal y especie animal.

Para cumplir con el objetivo de identificar el impacto que genera en los infantes la introducción de nuevos caminos, cultivos o zonas de pastoreo en su comunidad;

se realizó la actividad de colocar una simulación de camino o carretera dentro del área marcada con los niños dentro, quitando a algunos de los niños para ser posible la colocación de dicho material didáctico, esto generó en los niños diferentes actitudes de tristeza, pérdida y dolor.

En la última etapa los infantes realizaron dibujos plasmando su sentir de la modificación de su paisaje, la pérdida de especies de su zona, sólo 17 de los dibujos tienen descrito su sentir, además de coincidir en elementos particulares, que se encuentran en su región, considerando que son de relevancia para ellos.

Entre los principales centros de atención destacaron la montaña (5), sol (7), fruta (6), camino (8), árboles (8) y animales (6); y por la ubicación de su comunidad, la orografía es un símbolo importante para los niños(as), ya que sus hogares se encuentran inmersos en ella, la abundante vegetación en la cual conviven les marca la importancia de la naturaleza.

A los participantes de estudio se les solicitó dibujaran su sentir sobre el impacto generado durante el ejercicio de la etapa 3. La mayoría de los niños sin importar su edad o grado escolar dibujó a la especie que adoptaron, plasmando más que símbolos su sentir. Al finalizar su dibujo, se solicitó a cada participante la explicación del mismo, con lo cual se amplió la información, y se concretó en gran parte lo que quisieron expresar en el dibujo. La combinación de estas aproximaciones contribuyó a un acercamiento más certero en cuanto al simbolismo y su significado en los dibujos analizados; por ejemplo: **"A mí me dio tristeza cuando nos quitaron por hacer cultivos, el tractor está quitando a un árbol y el árbol está llorando igual que la palmera y el sol, les duele que ya no vaya a existir"** (niño 11 años, primaria) (Figura 1).

Esta evidencia resalta elementos importantes: el infante plasmó que se afecta en la modificación del paisaje a más de un elemento en el ecosistema, sus comentarios del sentir de tristeza y dolor, subrayan que hay una sensibilización con su entorno.

En la Figura 2, los símbolos plasmados mostraron una identificación con la especie vegetal, y diseño características propias de la especie, por tanto, conocía la vegetación de su zona, además de vincular a otras especies dando sentido de amistad y convivencia.

Los caminos ayudan a llegar a las manzanas (alimentos), pero no hay que cortarlos (árboles), si no...ya no habrá comida" (niño, 10 años, nivel Primaria).

En este sentido, el infante mostró una preocupación por los alimentos, reconoce el beneficio de la construcción de caminos, pero también la necesidad de preservación, pues sus fuentes de alimentos principales son los que se cultivan en su comunidad.

En Cuadro 1 muestra que el sentimiento expresado mayormente por los infantes fue el de tristeza, debido a que ellos tienen conciencia de la importancia de su entorno, lo cual ayudó a vislumbrar la magnitud de lo que sentirían al ser despojados de sus recursos naturales y el cambio que esto ocasionaría.

Los elementos más dibujados fueron la tierra, el sol, los árboles y las flores, lo que permite entender cuáles son los elementos del medio natural que componen su comunidad con mayor abundancia, y con los que se sienten identificados.

### Dibujando mi ruta agroecoturística

La segunda parte consistió en un segundo taller dado al mismo grupo de infantes que interactuaron en el primer taller, con el fin de fortalecer sus lazos en el desarrollo de la actividad turística. En el taller se les conceptualizó en torno a porqué es importante la actividad turística en su comunidad, los beneficios de ésta y sus desventajas. Enfatizando en la prioridad de



Figura 1. Dibujo que muestra la percepción de vínculo.

la participación y conciencia comunitaria, ya que sin esto no se podrá abordar al agroecoturismo como un impulsor del desarrollo sustentable y de conservación del medio natural. Posteriormente los niños y las niñas participaron opinando de cómo han observado la actividad turística en su comunidad. Desde esta visión infantil se les invitó a que señalaran qué parte de su medio natural es importante para ellos y ellas, y qué les gustaría compartir como

un atractivo. Además, durante la actividad se cuidó que señalaran elementos de su comunidad que poseyeran las características de un atractivo turístico. Finalmente, se les solicitó a los participantes que dibujaran una ruta agroecoturística, en la cual destacaran los atractivos que ellos habían señalado anteriormente, e indicaran un inicio y un final de cuál sería el recorrido (Figura 3 y 4).

En Cuadro 2 muestra que los elementos más dibujados por los participantes fueron las montañas, el sol, los árboles y las flores, muy similar a los elementos dibujados en la etapa 1; sin embargo, se destacan

los elementos turísticos del río, los murciélagos, sembradíos (áreas de cultivo) y la interacción social, como potenciales para la creación de un atractivo turístico para cada una de las rutas propuestas. Es importante señalar que los participantes consideraron elementos de su medio natural y cultural, resaltando que no se les debe de modificar; sin embargo, si se pueden aprovechar para la formación de la ruta agroecoturística.



Figura 2. Fuente de alimentos.

### CONCLUSIONES

Hasta ahora, las opiniones de la población infantil han sido un segmento, al que la academia le ha puesto poco interés de investigación en el área de desarrollo y turismo rural. Considerando que son integrantes de la comunidad; escuchar, observar y sentir su comportamiento es fundamental para reconocer sus conocimientos e impulsar el desarrollo de sus capacidades. A partir de la experiencia del taller con los in-

**Cuadro 1.** Conociendo la naturaleza de mi comunidad.

Género	Elementos	Sentimiento	Descripción del dibujo
Hombre	Montaña, Sol, Fruta, Persona, Camino	Conciencia	No cortar comida
Mujer	Hongo	Tristeza	Su elemento se encuentra llorando al ser destruido
Mujer	Ave	Tristeza	Describe a su elemento sin vida y se siente triste por ello
Mujer	Nube, Sol, Fruto, Camino	Tristeza	El fruto se encuentra combinado con un rostro que refleja tristeza, parado en un camino construido
Hombre	Plátanos	Tristeza	Se describe tristeza palabras del infante, mencionó que la fruta está en el suelo porque la tiraron
Hombre	Animal	Triste	Sin descripción
Hombre	Sol, Nubes, Camino, Animal	Enojo	Refleja enojo porque los animales no encuentran su hogar
Hombre	Camino, Flor, Planta	Miedo y tristeza	La planta tiene miedo porque la cortan y describe tristeza porque ya no verá a sus amigos (refiriéndose a los otros elementos)
Hombre	Animal	Tristeza	Sin descripción
Hombre	Animal	Tristeza	Sin descripción
Hombre	Sol, Montañas, Árbol, Animales, Flores, Tierra	Enojo	Describe enojo porque cambiaría su entorno por nuevos caminos
Mujer	Montaña, Árbol, Camino, Nubes	Tristeza	Menciona tristeza porque quitan grandes árboles, los eliminan por la carretera
Mujer	Hongo, Camino, Árbol	Tristeza	Le da importancia a elementos naturales grandes y pequeños, menciona tristeza porque quitan a los hongos
Mujer	Fruta	Tristeza	Describe un fruto que se está secando por los nuevos caminos
Hombre	Árbol c/ hojas, Árbol s/hojas, Fruta, Camino	Coraje	Se describe que los árboles son destruidos y los frutos son desperdiciados sobre la carretera
Hombre	Sol, Nubes, Árbol, Palmera, Tierra, Maquina	Tristeza	Porque quitan elementos naturales importantes para su hogar, en el cual se refleja lágrimas en su dibujo
Mujer	Camino, Maquina, Montaña, Planta	Tristeza	Porque sus plantas dejan de existir con grandes cambios en los caminos
Mujer	Árbol, Fruta	Sin sentimiento	Sin descripción
Hombre	Nubes, Sol, Montañas, Animales, Casa, Árbol, Planta, Fruta	Sin sentimiento	Sin descripción
Mujer	Tierra, Flor	Sin sentimiento	Sin descripción
Mujer	Hongos	Sin sentimiento	Sin descripción
Hombre	Sol, Nubes, Tierra,	Sin sentimiento	Sin descripción
Mujer	Flores, Animales, Tierra	Sin sentimiento	Sin descripción

fantes de Tepexilotla, se logró identificar que la relación que tienen con su medio está fuertemente vinculada con las necesidades de vida. Es decir, los niños son capaces de entender el uso que los adultos les dan a los recursos naturales; cómo facilitan su supervivencia, y cómo reconocen que son fuente de alimento y curación. Reconocen que los recursos naturales que tienen son una oportunidad para invitar a personas a su comunidad, sintiéndose orgullosos de ser parte de ella, conocen los puntos con potencial turístico del bosque, y las rutas que los dirigen a las zonas de interés. Su convivencia constante con sus recursos les genera el sentido de pertenencia. Muestran preocupación por su posible pérdida.

## LITERATURA CITADA

- Barraza, A. (2006). Un modelo conceptual para el estudio del estrés académico. *Revista*
- Boullón, C. R. Boullón, R. D. (2008). *Turismo rural: Un enfoque global*. México: Trillas. 213 p.
- Monterrubio C.J.C. García, M. (2011). Percepción de la comunidad local infantil en Huatulco, México: Un acercamiento al estudio del cambio sociocultural asociado al turismo. *El Periplo Sustentable*. Núm. 20. 149-185 pp.
- Parro F. I. (2014). Cómo se ven los niños a sí mismos y cómo ven su entorno según la teoría de Vygotsky: algunas ideas sobre familia, amigos y naturaleza. *Revista de Psiquiatría y Psicología del Niño y del Adolescente*. Vol. 10 (1). 1-16 pp.
- Valera, S. y Pol, E. (1994) El concepto de identidad social urbana: una aproximación entre la psicología social y la psicología ambiental. *Anuario de Psicología*. España: Universidad de Barcelona.



Figura 3. Ruta agroecoturística "La serranía y la naturaleza".



Figura 4. Ruta agroecoturística.

Cuadro 2. Dibujando mi ruta agroecoturística.

Género	Años	Elementos y peso temático
Hombre	8	Montaña, Sol, Cabra, Arboles (3), Cueva, Camino, Murciélago (4)
Mujer	8	Montaña, Sol (2), Caballo, Flores (3), Mariposa, Camino, Personas (3), Río, Pez
Hombre	12	Montañas (3), Sol, Nubes (3), Mariposa, Árbol, Flor, Pájaro, Ríos (2), Sembradío, Camino
Hombre	10	Montañas (3), Sol, Nubes (3), Arboles (2), Flores, (2), Río, Sembradío, Camino
Hombre	10	Sol, Alcatraz, Camino, Casa, Nubes (4)
Mujer	12	Orquídea, Camino, Casa, Árbol,
Hombre	6	Casa, Camino
Mujer	10	Camino, Persona, Árbol, Flores (2), Camino
Mujer	9	Árbol, Luna, Estrellas (32), Búho
Hombre	10	Montañas (2), Sol, Nubes (3), Casa, Arboles (3), Maíz, Pájaro, Río, Pez, Caminos (3)
Hombre	9	Sol, Montañas (2), Árbol, Manzanas (4), Río, Camino,
Mujer	6	Arcoíris, Árbol, Flores (4), Personas (3), Río, peces (3), Estanque, Casa, Caminos (3)
Mujer	5	Flores (4), Arboles (4), Río, Caballo
Mujer	6	Uvas, Río, Árbol, Mariposas (2), Personas (2), Casas (2), Camino, Estanque, Peces (5), Estrellas (2), Carro
Mujer	11	Río, Camino
Mujer	11	Árbol, Camino
Hombre	8	Camino, Sol, Montañas (4), Planta, Río, Nube
Mujer	6	Árbol, Uvas (2), Nube, Sol, Flor, Camino
Mujer	5	Camino, Plantas (2), persona
Mujer	6	Montañas (2), Sol, Nube, Arboles (3), Flores (2), Camino
Hombre	8	Nubes (2), Sol, Montañas (2), Arboles (2), Manzanas (14), Flores (2), Camino
Hombre	11	Sol, Nubes (2), Montañas (2), Árbol, Cueva, Camino, Río
Mujer	5	Flores (6), Camino

## The project cycle in business

### El ciclo del proyecto en los negocios

Martínez-Cruz, Ramiro<sup>\*1</sup>; Portillo-Vázquez, Marcos<sup>1</sup>; del Valle-Sánchez, Manuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Económicas Administrativas, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.

\*Autor de correspondencia: inden.rmtz@gmail.com

#### ABSTRACT

**Objective:** Propose the project cycle in business through the analysis and structuring of steps and evolutionary stages, which will allow complete strategic planning with comprehensive vision of short, medium, long and very long term.

**Design/methodology/approach:** Bibliography is consulted and reviewed for the study and analysis of the traditional project cycle. A comparative analysis between authors is carried out and the project cycle is structured in business.

**Results:** The business project cycle is proposed structured in four phases and 15 steps.

**Limitations/implications:** There are two drawbacks; On the one hand, most consultants do not know the structure of the project cycle, which puts them at a competitive disadvantage and, on the other hand, the traditional project cycle, at present, has been limited.

**Findings/Conclusions:** Knowing the structure of the steps and evolutionary stages of the project cycle in business, allows comprehensive strategic planning with a vision approach in the short, medium, long and very long term, reducing inherent risks and favoring the chances of business success.

**Key words:** Investment, phases, businesses.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Proponer el ciclo del proyecto en los negocios a través del análisis y estructuración de pasos y etapas evolutivas, que permitirá hacer planificación estratégica completa con visión integral de corto, mediano, largo y muy largo plazo.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se consulta y analiza reportes para el estudio y análisis del ciclo del proyecto tradicional. Se realiza análisis comparativo entre autores y se estructura el ciclo del proyecto en los negocios.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 4, abril. 2019. pp: 75-80.

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



**Resultados:** Se propone el ciclo del proyecto en los negocios estructurado en cuatro fases y en 15 pasos.

**Limitaciones/implicaciones:** Existen dos inconvenientes; la mayoría de los consultores no conocen la estructura del ciclo del proyecto, que los ubica en desventaja competitiva y, por el otro, el ciclo del proyecto tradicional, en la actualidad, ha quedado limitado.

**Hallazgos/conclusiones:** Conocer la estructura de los pasos y etapas evolutivas a seguir del ciclo del proyecto en los negocios, permite hacer planificación estratégica integral con enfoque de gran visión en el corto, mediano, largo y muy largo plazo, disminuyendo los riesgos inherentes y favoreciendo las probabilidades de éxito del negocio.

**Palabras clave:** Inversión, fases, negocios.

contrario la situación pone en desventaja competitiva la planificación. El problema se soluciona estructurando el ciclo del proyecto en los negocios a través del análisis del ciclo del proyecto tradicional, y agregando los pasos y etapas evolutivas que comprenden la operación y el análisis trascendental que permitirá hacer planificación estratégica empresarial de gran visión en el corto, mediano, largo y muy largo plazo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió y analizó el ciclo del proyecto tradicional (Figura 1) a través de consultas y revisión bibliográfica. Se realizaron análisis comparativos identificando diferencias y coincidencias de los autores en el ciclo del proyecto. Se estructuró el ciclo del proyecto en los negocios, incorporando al ya existente nuevas fases y pasos en los cuales se desarrolla, para ubicarlo en el nuevo contexto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo el ciclo del proyecto en los negocios estructurado en cuatro etapas y en 15 pasos (Cuadro 1).

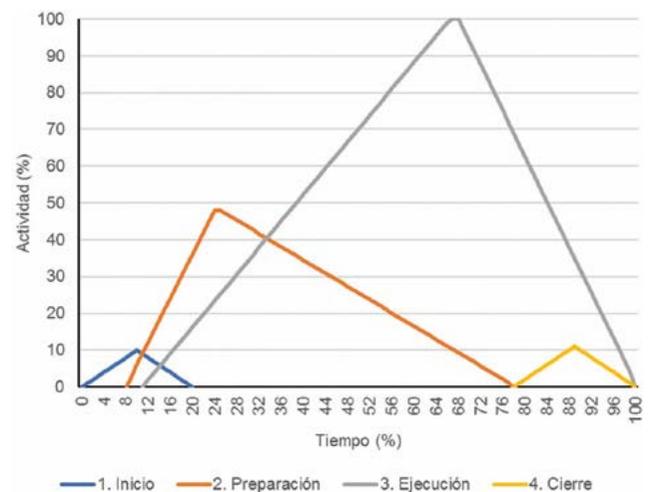
### Etapa I. Planificación

También llamada fase teórica del proyecto. Se incorporan en su

## INTRODUCCIÓN

Dentro de las políticas, estrategias y objetivos de inversión establecidos en los planes de desarrollo sectorial, existen, en todo momento, muchas maneras diferentes para usar los recursos de inversión. Al proceso de selección del camino a seguir, preparando los planes necesarios y luego efectuando realmente la inversión, se le denomina comúnmente "ciclo" del proyecto (FAO, 1988). El ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre, y proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto, independientemente del trabajo específico involucrado (Project Management Institute, 2013). Para Gido y Clements (2003) las fases son cuatro: identificar una necesidad, desarrollar una propuesta de solución, realizar el proyecto y terminar el proyecto. De acuerdo a Gittinger (1983), se dividirá en identificación, preparación y análisis, ejecución y evaluación ex post, que hace referencia a proyectos sociales más que a proyectos productivos; sin embargo, se usa como base para la formulación de proyectos en los negocios, aunque su alcance es limitado. La formulación y evaluación de proyectos de inversión, en el contexto de negocios, consiste en el diseño de empresas, y en base a tal enfoque, debe entenderse el ciclo del proyecto, comprendiendo desde la idea de negocio, como actividad productiva, hasta el posicionamiento y consolidación del negocio como empresa, en el mercado. Hay muchas formas de clasificar las etapas de un proyecto de inversión. Una de las más comunes identifica cuatro etapas básicas: la generación de la idea, los estudios de preinversión para medir la conveniencia económica de llevar a cabo la idea, la inversión para la implementación del proyecto y la puesta en marcha y operación (Sapag, 2007). Al incorporar la etapa de operación en el ciclo del proyecto, se entra al contexto de negocios, pero se requiere de un mayor desarrollo de ésta que permita un mejor análisis operativo y del retorno de la inversión.

Para que el proyecto de inversión en los negocios sea formulado con una visión integral se requiere conocer el ciclo del proyecto completo, desde la idea hasta el posicionamiento y consolidación del negocio en el mercado, de lo



**Figura 1.** El ciclo del proyecto tradicional. Elaboración propia, 2019.

**Cuadro 1.** Estructura del ciclo del proyecto en los negocios. Elaboración propia, 2019.

Etapa I. Planificación	Etapa II. Ejecución	Etapa III. Operación	Etapa IV. Trascendental
1. La idea	7. La gestión	10. La puesta en marcha	14. El fortalecimiento
2. El diagnóstico	8. La inversión	11. El desarrollo	15. La consolidación
3. El plan estratégico	9. La supervisión	12. El crecimiento	
4. La formulación		13. La maduración	
5. La evaluación			
6. El dictamen			

momento, el Emprendedor (E) y el Consultor (C) como agentes económicos directamente involucrados en el proceso. Se desarrolla la planificación y organización de los recursos para el diseño del negocio como una empresa con estructura propia e independiente. El objetivo es tomar la decisión de emprender la empresa, e incluye seis pasos.

**Paso 1. La idea.** Representa la imagen del negocio, que se tiene en mente, tomada de la realidad y con la que el emprendedor visualiza el futuro como un empresario exitoso. Surge con la identificación de una necesidad a satisfacer, un problema que resolver o una oportunidad que aprovechar. Se recomienda talleres de lluvia de ideas, y el producto final es la idea de negocio identificada.

**Paso 2. El diagnóstico.** Consiste en realizar un análisis interno (Fortalezas y Debilidades actuales) y un análisis externo (Oportunidades y Amenazas actuales y futuras) en torno a la idea de negocio identificada y decidir si se continua. Existen muchas herramientas para realizar el diagnóstico; sin embargo, por su pragmatismo se propone el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). Se recomiendan talleres de herramientas para realizar el diagnóstico. El producto final es el documento de diagnóstico diseñado.

**Paso 3. El plan estratégico.** Se realiza en torno a la idea de negocio definida y consiste en planificar acciones estratégicas a desarrollar. Considera la misión, visión, estrategias, objetivos, metas y la cultura empresarial. Se recomiendan talleres sobre planificación estratégica. El producto final es el documento de plan estratégico de desarrollo.

**Paso 4. La formulación.** Se realiza el diseño del proyecto cuyo objetivo es dar viabilidad a la propuesta de inversión en cada una de sus partes, estableciendo el análisis y la estructura del proyecto, y del documento, en cuatro apartados principales: diseño técnico, diseño organizativo, diseño de mercado y diseño económico, que se llamará diseño TOME, por las iniciales de cada componente. Se recomiendan talleres de formulación de proyectos de inversión y se propone llevarlos a cabo aplicando el Modelo del Pez: Herramienta de apoyo en formulación de proyectos (Martínez et al., 2018). El producto final es el documento del proyecto formulado.

**Paso 5. La evaluación.** Para llevarse a cabo de una forma práctica, fácil, rápida y ordenada, se recomiendan apoyarse en la herramienta de evaluación de proyectos en cinco pasos: 1. Cálculo de indicadores, 2. Interpretación de indicadores, 3.

Punto crítico de indicadores, 4. Condición de aceptación de indicadores, y 5. Dictamen de los indicadores. Se lleva a cabo sobre el modelo de evaluación de proyectos en Excel. Se recomiendan talleres de evaluación de proyectos de inversión, bajo los cinco pasos propuestos.

El producto final es el documento de evaluación del proyecto, comúnmente llamado corrida financiera.

**Paso 6. El dictamen.** Se checa que el proyecto formulado cumpla con la normatividad aplicable para ser sujeto de financiamiento, inversión y operación, de forma que durante las etapas siguientes de ejecución y operación exista viabilidad en el proceso y se lleve a cabo sin ningún contratiempo. Se supervisa la estructuración del documento del proyecto, cuidando que la planificación cumpla el enfoque que para tal fin tiene la metodología. Se realiza un dictamen para el diseño técnico, el diseño organizativo, el diseño de mercado y el diseño económico, del proyecto. El dictamen puede valorarse cualitativa y cuantitativamente. Se recomienda realizar talleres de dictaminación de proyectos de inversión. El producto final es el documento de dictamen del proyecto elaborado por el proyectista y valorado por un supervisor certificado.

### Etapa II. Ejecución

También llamada fase práctica del proyecto. Al Emprendedor (E) y al Consultor (C) se incorpora el Acreeador (A). La planificación se materializa en esta fase. Consiste en tres pasos, la gestión de los recursos, la inversión y la supervisión de la obra. Se integran los recursos planeados del capital productivo del proyecto.

**Paso 7. La gestión.** Busca financiamiento para la inversión y desarrollo del proyecto. Un objetivo particular del documento del proyecto es conseguir y justificar financiamiento para la inversión en la actividad productiva. En este paso, las fuentes de financiamiento consideradas someten a un proceso de revisión, análisis y dictaminación la propuesta de inversión. Si el proyecto cumple los requisitos, procede su financiamiento, de lo contrario se rechaza. Se incorpora al proyecto el Acreedor (A) con aportaciones de recursos para realizar las inversiones. Recomendable es realizar talleres de fuentes de financiamiento a proyectos de inversión, donde se dan a conocer las opciones de financiamiento que existen en el mercado, y los requisitos a cumplir para poder acceder a ellos. El producto final es la firma del convenio de financiamiento y el financiamiento mismo.

**Paso 8. La inversión.** Se realiza la asignación de los recursos de acuerdo con el programa de inversión. Puede durar días, semanas, meses o años, dependiendo de la magnitud del proyecto. El producto final es la instalación de activos productivos.

**Paso 9. La supervisión.** Se lleva a cabo la valoración de las inversiones realizadas, checando que cumplan con lo programado y cuidando los protocolos respectivos y las normas técnicas de inversión. Se realiza por los emprendedores en conjunto con personal certificado externo enviado por los acreedores. El producto final es la entrega de la obra.

### Etapa III. Operación

Es la fase crítica del proyecto cuyo reto es hacer que cumpla su objetivo de desarrollo, crecimiento y ma-

duración. El proyecto inicia como una empresa. Es una fase de incertidumbre y riesgo por lo que requiere de evaluación, control y supervisión constante; es imperfecta y en ella se busca cumplir el sueño de la idea de negocio. Se integran dos nuevos agentes económicos que influyen directamente en el proyecto: el Trabajador (T) y el Gobierno (G). El proyecto se dirige y controla, realizando evaluaciones periódicas de resultados operativos. Para dirigir y llevar por buen rumbo la operación del proyecto es recomendable la herramienta del punto de equilibrio, llevando un control periódico de su cálculo, análisis, lectura e interpretación que permita tomar decisiones de mejora operativa. Se implementan estrategias de subsistencia, adaptativas y defensivas bajo las estructuras de mercado de competencia perfecta y competencia monopolística. Consiste en cuatro pasos.

**Paso 10. La puesta en marcha.** Se prueba el capital instalado y se prepara el inicio de operaciones. Hace entrega de la obra terminada y firma de acta finiquito. Se inaugura la empresa. Nace la empresa como una actividad productiva, con estructura propia. El proyecto materializa los activos productivos y de esta forma la actividad productiva simple adquiere el estatus de empresa. Inicia la etapa de operación.

**Paso 11. El desarrollo.** Se desenvuelven las fuerzas productivas e integradoras formadas por los tres factores de la producción contenidos en el proceso productivo: materias primas, fuerza de trabajo y máquinas. Como la empresa subsiste, al conjunto de acciones estratégicas que se implementan se les denomina estrategias de subsistencia. Comprende el corto plazo, tiempo en que al menos uno de los factores de la producción se transforma totalmente, que puede ser de un día hasta un año, dependiendo de la actividad productiva.

En general, se considerará como **corto plazo** el primer año de operación, en el que se obtienen los ingresos suficientes para cubrir parte, o la totalidad de los costos de operación, y se calcula el capital de trabajo para el proyecto, por el método del flujo de efectivo. Se sientan las bases del crecimiento con el incremento cualitativo de la capacidad productiva. Las características principales son: subsistencia, vulnerabilidad, dependencia estructural y la imposición de las transacciones por el mercado.

La empresa se encuentra en la estructura de mercado de competencia perfecta, con gran número de empresas oferentes de un producto y gran número de demandantes del mismo. Es recomendable realizar talleres del proceso productivo del proyecto para los trabajadores, donde se capacita en el uso, manejo y mantenimiento de los equipos, materias primas y relaciones laborales, talleres de organización, liderazgo, administración y trabajo en equipo, donde se capacita al personal directivo para lograr organización eficiente, además de talleres de mercadotecnia, para capacitar al personal directivo y operativo del área de ventas y compras para lograr cada vez mejor y mayor mercado. El producto final es el proceso productivo, la organización y el mercado, con capacidad productiva, operativa y mercantil desarrollada.

**Paso 12. El crecimiento.** Se busca la independencia estructural: en los primeros años la empresa es dependiente, y conforme avanza es independiente, para que al final del horizonte sea estructuralmente independiente. El negocio mejora y se adapta constantemente al entorno, por lo que al conjunto de acciones realizadas se les conoce como estrategias adaptativas. Comprende el **mediano plazo**, lapso entre el corto y el largo plazo, que corresponde a la mitad del horizonte de análisis del proyecto. Se utiliza el punto de equilibrio como indicador de rentabilidad que permite tomar el control y llevar por buen rumbo la operación y crecimiento de la empresa con evaluaciones, análisis y mejoras continuas. Se incrementa cuantitativamente el volumen de producción. Las características principales son la adaptabilidad, resistencia, dependencia inicial, independencia final y aceptación de las transacciones.

La empresa se encuentra en la estructura de mercado de competencia perfecta. Se recomienda tomar el control el negocio aplicando el punto de equilibrio para realizar actividades de seguimiento, evaluación y toma de decisiones constantes. Los consultores deben dar acompañamiento empresarial al proyecto. El resultado final es un crecimiento eficiente del proyecto, en tiempo y forma.

**Paso 13. La maduración.** Termina el horizonte de análisis. El proyecto cumple su objetivo económico, tal como, generar y dar al mercado una empresa con madurez e independencia estructural. Esta empresa, diseñada como un proyecto de inversión, se manifiesta en el sistema económico como la unidad básica de organización de la producción y distribución de bienes y servicios para satisfacer las necesidades de la población, reducir costos de transacción, aumentar la eficiencia operativa y maximizar las ganancias del empresario, contribuyendo al mejoramiento del bienestar de los agentes económicos involucrados, y en general, de la sociedad en su conjunto. La empresa puede encontrarse en la estructura de mercado de competencia perfecta o competencia monopolística.

#### Etapa IV. Trascendental

Comprende después del horizonte de análisis del proyecto y se caracteriza por implementar estrategias defensivas y ofensivas, en estructuras de mercado de competencia perfecta, competencia monopolística, oligopolios y monopolios. Se desarrolla en dos pasos: fortalecimiento y consolidación de la empresa.

Considerar esta etapa en el ciclo del proyecto permite hacer una planificación en el **largo y muy largo plazo**, integral y de gran visión.

**Paso 14. El fortalecimiento.** La empresa es fuerte en todas sus áreas, para enfrentar las amenazas y aprovechar las oportunidades del entorno. Es desafiante, con capacidad y confianza de defenderse ante provocaciones y retos de la competencia. Al conjunto de acciones que realiza en este paso se le denominan estrategias defensivas. Comprende el largo plazo: después del horizonte de análisis definido para el proyecto. El largo plazo es el tiempo en que todos los factores de la producción se transforman en su totalidad. Se exploran nuevos mercados. Las características principales son: fortaleza de la empresa, se defiende, pelea con la competencia, es independiente estructuralmente y negocia las transacciones. El resultado es una organización económica con independencia estructural. La empresa se encuentra en la estructura de mercado de competencia perfecta o competencia monopolística.

**Paso 15. La consolidación.** La empresa es fuerte, se consolida y posiciona en el mercado. Controla el entorno, predominan las oportunidades más que las amenazas, y si estas últimas existieran, la empresa las disminuye, desaparece, o transforma en oportunidades. Se encuentra en un estatus fácil, con capacidad de ofender y agredir a la competencia, siendo voraz en las acciones que emprende. Al conjunto de acciones que realiza se denominan estrategias ofensivas o agresivas. Comprende el muy largo plazo. La empresa es sólida, se posiciona del mercado, diversifica la producción, implementa nuevos proyectos de inversión, establece sucursales. Las características principales son: la empresa ofende, agrede, es estructuralmente independiente y ordena las transacciones. No importa el medio, lo que importa es maximizar ganancias.

El resultado final de este paso es un organismo económico independiente, con vida propia, que toma del mercado lo que necesita y lo expulsa cuando ya no le sirve. La empresa se puede encontrar en dos estructuras de mercado, dependiendo de sus condiciones, en el oligopolio o en el monopolio. El ciclo del proyecto en los negocios (Figura 2), comparado con el ciclo del proyecto tradicional, permite entender mejor la dinámica de la vida del proyecto, desde la idea de negocio hasta la consolidación del negocio en el mercado.

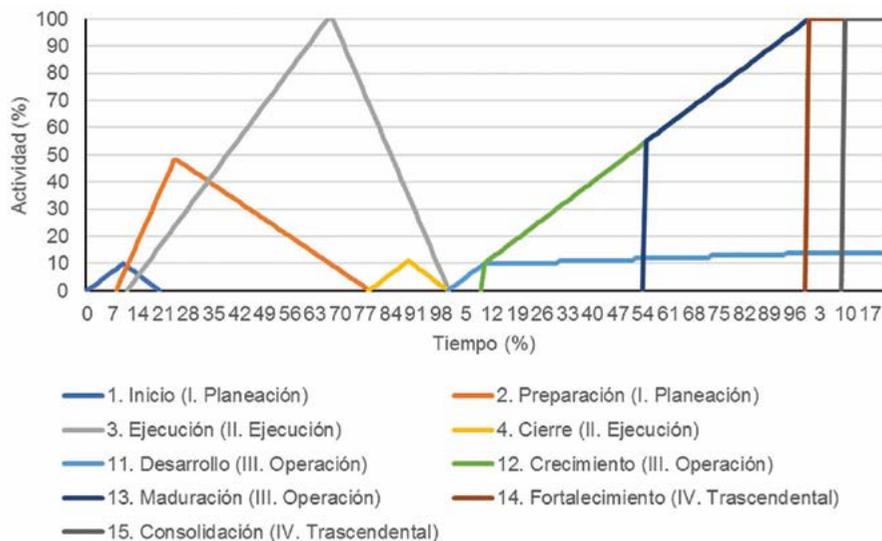


Figura 2. El ciclo del proyecto en los negocios. Elaboración propia, 2019.

## CONCLUSIONES

El objetivo de la formulación de proyectos de inversión es la incubación y diseño de empresas, por lo que conocer la estructura de los pasos y etapas evolutivas a seguir del ciclo del proyecto en los negocios, permite hacer planificación estratégica integral con enfoque de gran visión en el corto, mediano, largo y muy largo plazo, disminuyendo los riesgos inherentes y favoreciendo las probabilidades de éxito del negocio.

## LITERATURA CITADA

Gittinger J. P. (1983). Análisis económico de proyectos agrícolas (Segunda edición). Madrid, España: Tecnos. 555 p.

Jack Gido & James P. Clements. (2003). Administración exitosa de proyectos (Segunda Edición). México, D.F.: Thomson. 580 p.

Martínez-Cruz R., Portillo-Vázquez M. & Del Valle-Sánchez M. (2018). EL MODELO DEL PEZ: HERRAMIENTA DE APOYO EN FORMULACIÓN DE PROYECTOS. *Agroproductividad*, 11 (3), 128-132.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1988). Guía para la capacitación en la Formulación de Proyectos de Inversión Agrícola y Rural: Introducción. Roma: FAO. 34 p.

Project Management Institute. (2013). GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (guía del PMBOOK®) (Quinta edición). Pensilvania, EE.UU.: Project Management Institute, Inc. (PMI). 596 p.

Sapag C.N. (2007). Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación (Primera edición). México: Pearson. 488 p.



# Glycerol metabolism in ruminants

## Metabolismo del glicerol en rumiantes

Cabrera-Cruz, Miguel A.\*

Colegio de Postgraduados Programa de Ganadería.

\*Autor de correspondencia: cabrera.miguel@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To analyze the metabolism of glycerol in ruminants, their precursors and the final products of their metabolism. Likewise, the repercussion that can have at the microbiological level in the rumen.

**Design/methodology/approach:** In this work, research was analyzed in which glycerol was provided to the diet of ruminants and the precursors synthesized in the animal from this ingredient.

**Study limitations/implications:** Currently, glycerol, a byproduct of biodiesel production, is used as an energy substitute in diets for ruminants. Its high energetic value is due to gluconeogenic characteristics, since the ruminal fermentation of glycerol produces propionic acid which can be transformed in the liver and kidneys to glucose, which is used by the animal as an energy source.

**Findings/conclusions:** Different studies show that glycerol can replace grains, such as corn (*Zea mays* L.), in diet for ruminants, without having negative effects on the rumen's ecology.

**Keywords:** Propionic acid, glucose, glycerol, rumen.

### RESUMEN

**Objetivo:** Analizar el metabolismo del glicerol en rumiantes, sus precursores y los productos finales de su metabolismo. Así como la repercusión que puede tener a nivel microbiológico en el rumen.

**Diseño/metodología/aproximación:** En este trabajo se analizaron investigaciones en las que se ha proporcionado glicerol a la dieta de rumiantes y los precursores sintetizados en el animal a partir de este ingrediente.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Actualmente el glicerol, subproducto de la producción de biodiesel, es usado como sustituto energético en dietas para rumiantes. Su alto valor energético se debe a características gluconeogénicas, ya que la fermentación ruminal del glicerol produce ácido propiónico el cual puede ser transformado en el hígado y riñones a glucosa, que es utilizada por el animal como fuente de energía.

**Hallazgos/conclusiones:** Diferentes investigaciones demuestran que el glicerol puede sustituir a granos, como el maíz (*Zea mays* L.), en dieta para rumiantes, sin tener efectos negativos en la ecología del rumen.

**Palabras clave:** Acido propiónico, glucosa, glicerol, rumen.

**Agroproductividad:** Vol. 12, Núm. 4, abril. 2019. pp: 81-85.

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



## INTRODUCCIÓN

La demanda global de energía ha incrementado la producción y el comercio de biocombustibles, con el fin de sustituir fuentes de energía fósiles, para mejorar la seguridad energética y contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Heinimo y Junginger, 2009; Walter *et al.*, 2008). Esto ha aumentado la competencia por materias primas para alimentos destinados a consumo humano y animal. Es el caso del almidón y aceites vegetales que son convertidos en bioetanol y biodiesel, quedando como subproducto de este proceso el glicerol. El glicerol es un componente estructural importante de triglicéridos y fosfolípidos, donde su propiedad gluconeogénica están bien establecidas (Cori y Shine, 1935). El glicerol entra a la vía metabólica de la glucosa en un paso diferente de otros precursores glucogénicos (Leng, 1970), en los rumiantes, el glicerol se fermenta en el rumen produciendo ácidos grasos de cadena corta, principalmente propiónico y butírico, siendo en hígado y riñones donde se sintetizará la glucosa a partir del ácido propiónico (Van-Cleef *et al.*, 2016). Sin embargo, el potencial nutricional de la glicerina, depende de varios factores, entre los que se encuentran, el tipo de dieta base en el que se incorpore (dietas altas en granos contra dietas altas en fibra), el nivel de inclusión (<15% de la MS total) y su grado de pureza (definida como aquella glicerina con altos contenidos de glicerol y baja concentración de metanol y sales) (Drackley, 2008). Por lo anterior, se muestra la ruta metabólica del glicerol en rumiantes y los cambios en la fermentación ruminal que se han reportado en animales alimentados con glicerol en la dieta.

### Metabolismo del glicerol en rumiantes

El glicerol se fermenta a ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen. Las primeras investigaciones sobre su fermentación en el rumen indican que el glicerol es casi completamente fermentado a propionato (Garton *et al.*, 1961). Otros autores indican un aumento de ácido acético y propiónico o más propiónico y butírico (Czerkawski y Breckenridge, 1972). Estudios en los que se ha usado glicerol indican que la mayor parte se convierte en propionato (Bergner *et al.*, 1995). Los microorganismos ruminales se adaptan al glicerol con tasas rápidas de desaparición de éste. En estudios donde se añadió de 15% a 25% de glicerol en la dieta, la mayor parte desapareció en 6 h (Bergner *et al.*, 1995). La estimación de la desaparición de una dosis de 200 g de glicerol indica que más del 85% de glicerol en el rumen desaparece en 2 h en ganado acostumbrado a su consumo (Kijora *et al.*, 1998). Asimismo, hay reportes que sugieren que una parte del glicerol que ingresa al rumen puede ser absorbido directamente (Remond *et al.*, 1993). El destino del glicerol absorbido es metabolizado en el hígado (Lin, 1977) y usado para la gluconeogénesis. Cuando la demanda de glucosa es alta, como es el caso de vacas lactantes, el destino del glicerol absorbido o del propionato producido en la fermentación ruminal es probable que sea el mismo.

El propionato absorbido es metabolizado principalmente por el hígado, y en mucha menor proporción por otros tejidos hasta succinil-CoA, el cual ingresa al Ciclo de Krebs siguiendo los pasos hasta oxalacetato. A partir de allí puede proseguir a ci-trato continuando el Ciclo de Krebs,

o bien, ir a la síntesis de aminoácidos o seguir la vía gluconeogénica. El rumiante tiene escasez crónica de glucosa debido a que la mayor parte de la glucosa proveniente de la degradación de los carbohidratos del alimento es fermentada en el rumen. Por lo tanto, el propionato se destina principalmente para la gluconeogénesis en el hígado (Cook y Miller, 1953). El propionato removido por el epitelio ruminal es metabolizado a lactato, CO<sub>2</sub> e incluso alanina. Se deben considerar los roles de la biotina y la vitamina B<sub>12</sub> en la conversión de propionato a succinato, como cofactores de las enzimas propionil Co A carboxilasa y metil malonil-Co A isomerasa, respectivamente. El propionato es el principal precursor gluconeogénico en rumiantes bajo condiciones normales. La mayor parte del mismo proviene de la absorción ruminal, pero una pequeña parte puede venir de la oxidación de ácidos grasos de cadena impar (que a su vez pueden ser de origen ruminal o de la lipólisis del propio tejido adiposo).

### Producción de ácidos grasos de cadena corta en rumiantes alimentados con glicerol

El glicerol es fermentado rápidamente en el rumen, por lo tanto, su concentración como glicerol libre en el fluido ruminal es baja (Wright, 1969). Algunos autores han propuesto que el ácido propiónico es el principal ácido graso volátil derivado del glicerol, el cual es importante en la síntesis de glucosa en los rumiantes (Garton *et al.*, 1961). Trabue *et al.* (2007) reportaron en un trabajo *in vitro* que después de 24 h de haber adicionado glicerol, aproximadamente el 80% se metabolizó, disminuyendo la formación de acetato, y las principales rutas de fermentación del rumen son



pensable para la degradación de los polisacáridos insolubles (lathanm *et al.*, 1979). Se ha encontrado que cuando se administran concentraciones entre 0.1 y 2% de glicerol no se afecta la adhesión de *Ruminococcus flavefaciens* y *Fibrobacter succinogenes* a las paredes celulares, pero se ha observado una ligera disminución en el porcentaje de bacterias que se adhieren en concentraciones con 5% de glicerol. El mecanismo de acción del glicerol es desconocido, pero puede hacer que el sustrato sea menos accesible a las células bacterianas. Cheng *et al.* (1991) han demostrado que la adhesión de los hongos a la celulosa y la celulólisis son dos procesos funcionalmente relacionados. En contraste, el glicerol inhibe fuertemente la actividad celulolítica de *Neocallimastix frontalis*, por ejemplo, en una concentración de 0.5%, la cantidad de celulosa se redujo a la mitad y con una concentración del 5% se inhibió la actividad de los hongos. Lo mismo se observó en relación a la actividad celulolítica, la cual también se detuvo en dos especies de bacterias al agregar glicerol en una concentración del 5%, siendo mayor en *Fibrobacter succinogenes* que en *Ruminococcus flavefaciens*. El glicerol puede inhibir las celulasas de los microorganismos ya sea bloqueando su sitio de acción o modificando su afinidad por el sustrato. El glicerol en concentraciones altas puede afectar la permeabilidad de la pared celular bacteriana y modificar la excreción de celulasas (Abo *et al.*, 2010).

Los productos principales de este tipo de fermentación son ácido propiónico, ácido acético, ácido succínico y dióxido de carbono. Es característica de las bacterias del género *Propionibacterium*, *Veillonella* y *Clostridium propionicum*, que puedan producir ácido propiónico utilizando el ácido láctico como sustrato, y algunas también a partir de polialcoholes, aminoácidos y otros ácidos orgánicos distintos al ácido láctico (Tsiung y Tian, 2014).

## CONCLUSIONES

Las investigaciones muestran un panorama más amplio del metabolismo del glicerol y su aprovechamiento en los rumiantes. Así mismo, demuestran que la sustitución del glicerol por maíz en la dieta no genera un efecto negativo en la ecología del rumen; aun cuando existe una modificación en la síntesis de ácidos grasos volátiles, con mayor síntesis de ácido propionico, producto de la fermentación del glicerol en el rumen, y no es significativo para modificar la sinergia ruminal.

## LITERATURA CITADA

- Abo El-Nor, S., A.A. AbuGhazaleh, R.B. Potu, D. Hastings and M.S.A. Khattab, 2010. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 162: 99-105.
- Bergner, H., Kijora C., Ceresnakova Z., and Szakacs J. 1995. *In vitro* studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. *arch. tierernahr.* 48:245-256.
- Castillejos, L., S. Calsamiglia and A. Ferret, 2006. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in *in vitro* systems. *J. Dairy Sci.*, 89: 2649-2658.
- Cheng KJ, Stewart CS, Dinsdale D, Costerton JW (1984) Electron microscopy of bacteria involved in the digestion of plant cell walls. *Anita Feed Sci Technol* 10:93- 120.
- Cheng KJ, Kudo H, Duncan SH, Mesbah A, Stewart CS, Bernalier A, Fonty G, Costerton JW (1991) Prevention of fungal colonization and digestion of cellulose by the addition of methylcellulose. *Can J Microbiol* 37:484-487.
- Cook, R. M. and Miller I. D. Utilization of volatile fatty acids in ruminants. Removal of them from portal blood by the liver. *Journal of Dairy Science* 48: 1339-1345, 1965.
- Cori, C.F. and W.M. Shine, 1935. The formation of carbohydate from glycerophosphate in the liver of the rat. *Science*, 82: 134-135.
- Czerkawski, J. W., and Breckenridge G. 1972. Fermentation of various glycolytic intermediates and other compounds by rumen micro-organisms, with particular reference to methane production. *The British Journal of Nutrition*, 27:131-146.
- Drackley J.K. 2008. Calf nutrition from birth to breeding. *The veterinary clinics of North America. Food Animal Practice.* 24(1):55-86.
- Garton, G. A., Lough A. K., and Vioque E. 1961. Glyceride hydrolysis and glycerol fermentation by sheep rumen contents. *Journal of General Microbiology.* 25:215-225.
- Heinimo, J. and M. Junginger, 2009. Production and trading of biomass for energy-an overview of the global status. *Biomass Bioenergy*, 33: 1310-1320.
- Khattab, M.S.A., S.A.H. Abo El-Nor, H.M.A. El-Sayed, N.E. El-Bordeny, M.M. Abdou and O.H. Matloup, 2012. The effect of replacing corn with glycerol and fibrinolytic enzymes on the productive performance of lactating goats. *Int. J. Dairy* 7: 95-102.
- Khalili, H., T. Varvikko and V. Toivonen, 2008. The effects of added glycerol or unprotected free fatty acids or a combination of the two on silage intake, milk production, rumen fermentation and diet digestibility in cows given grass silage based diets. *Agric. Food Sci.*, 6: 349-362.
- Kijora C., Bergner H., Gotz K. P., Bartelt J., Szakacs J., and Sommer A. 1998. Research note: investigation on the metabolism of glycerol in the rumen of bulls. *Archive fur tierernahrung.* 51:341-348.
- Leng, R.A., 1970. Glucose Synthesis in Ruminants. *In: Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine*, Brandly, C.A. and C.E. Cornelius (Eds.). Academic Press, New York, USA., pp: 241-242.
- Lin, E. C. C. 1977. Glycerol utilization and its regulation in mammals. *Annual review biochemistry.* 46:765-795.
- Murray R. K., Granner D. K., Mayes P. A., Rodwell V. W. 2010. *Bioquímica de harper.* 20ª edición. editorial mcgraw-hill interamericana. 693p.

- Nielsen, N.I. and K.L. Ingvarsten, 2004. Propylene glycol for dairy cows: A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 115: 191-213.
- Paggi, R.A., J.P. Fay and C. Faverin, 2004. *In vitro* ruminal digestibility of oat hay and cellulolytic activity in the presence of increasing concentrations of short-chain acids and glycerol. *J. Agric. Sci.*, 142: 89-96.
- Rémond B., Souday E., and Jouany J.P. 1993. *in vitro* and *in vivo* fermentation of glycerol by rumen microbes. *Animal Feed Science and Technology*. 41:121-132.
- Roger, V., G. Fonty, C. Andre and P. Gouet, 1992. Effects of glycerol on the growth, adhesion and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Curr. Microbiol.*, 25: 197-201.
- Ribeiro, C.V.D.M., S.K.R. Karnati and M.L. Eastridge, 2005. Biohydrogenation of fatty acids and digestibility of fresh alfalfa or alfalfa hay plus sucrose in continuous culture. *J. Dairy Sci.*, 88: 4007-4017.
- Schroder, A. and K.H. Sudekum, 1999. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Rapeseed Congress, September 26-29, 1999, Canberra, Australia.
- Tsiung S, Hsu, Tian Yang S. Propionic acid fermentation of lactose by *Propionibacterium acidipropionici*: effects of pH. *Biotechnol Bioeng*. 38:6
- Van Cleef EHCB, Sancanari JBD, Silva ZF, D'Aurea AP, Favaro VR, van Cleef FOS, et al. 2016. High concentrations of crude glycerin on ruminal parameters, microbial yield, and *in vitro* greenhouse gases production in dairy cows. *Can J Anim Sci*; 96(4):461±5.
- Walter, A., F. Rosillo-Calle, P. Dolzan, E. Piacente and K. Borges da Cunha, 2008. Perspectives on fuel ethanol consumption and trade. *Biomass Bioenergy*, 32: 730-748.
- Wright, D.E., 1969. Fermentation of glycerol by rumen micro-organisms. *New Zealand J. Agric. Res.*, 12: 281-286.
- Wang, C., Q. Liu, W.Z. Yang, W.J. Huo and K.H. Dong *et al.*, 2009. Effects of glycerol on lactation performance, energy balance and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 151: 12-20.





## Field schools and production of organic vegetables in a Tzotzil community

### Escuelas de campo y producción de hortalizas orgánicas en una comunidad Tzotzil

Martínez-Sánchez, Jesús<sup>1\*</sup>; Salinas-Cruz, Eileen<sup>1</sup>; Morales-Guerra, Mariano<sup>2</sup>;  
Vásquez-Ortiz, Romualdo<sup>3</sup>; Noriega-Cantú, David H.<sup>3</sup>; Contreras-Hinojosa, José R.<sup>2</sup>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <sup>1</sup>Campo Experimental Centro de Chiapas. <sup>2</sup>Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. <sup>3</sup>Campo Experimental Iguala.

\*Autor para correspondencia: martinez.jesus@inifap.gob.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** Evaluate the impact of the transfer of horticultural technology through the Field Schools (ECA) to a group of Tzotziles farmers in Los Altos de Chiapas, Mexico.

**Design/methodology/approximation:** The study was developed with seven families from San Jose del Carmen, San Cristobal de Las Casas. An initial diagnosis was made and during the period 2017-2018 the production of vegetables with the biointensive method was promoted. To evaluate the results, the following variables were determined: cultivated area, yield, diversity of species, stability and destination of production.

**Results:** With the increase of knowledge in the production of crops by the biointensive method, the cultivated area increased by 91%, the production of vegetables in biointensive beds was 10.4 kg m<sup>-2</sup>. An increase of 86% of the cultivated species was achieved and there was food availability for eight months. 94% of the production was destined for self-consumption.

**Limitations of the study/implications:** The results of this study are considered acceptable, however, it is necessary to continue with the technical support and determine the degree of adoption of technology.

**Findings/conclusions:** The implementation of the Field Schools model increased the level of knowledge about the method of biointensive cultivation, improving the production and availability of vegetables in San Jose del Carmen, San Cristobal de Las Casas, Chiapas.

**Key words:** Poverty, technology transfer, Altos de Chiapas.



## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el impacto de la transferencia de tecnología hortícola a través de las Escuelas de Campo (ECA) a un grupo de productores indígenas Tzotziles de Los Altos de Chiapas, México.

**Diseño/metodología/aproximación:** El estudio se desarrolló con siete familias de San José del Carmen, San Cristóbal de Las Casas. Se realizó un diagnóstico inicial, y durante el periodo 2017-2018 se promovió la producción de hortalizas con el método biointensivo. Para evaluar los resultados se determinaron las variables de superficie cultivada, rendimiento, diversidad de especies, estabilidad y destino de la producción.

**Resultados:** Con el incremento de los conocimientos en la producción de cultivos por el método biointensivo, la superficie cultivada aumentó en 91%, la producción de hortalizas en camas biointensivas fue de 10.4 kg m<sup>-2</sup>. Se logró un aumento de 86% de las especies cultivadas y hubo disponibilidad de alimentos durante ocho meses. El 94% de la producción se destinó para el autoconsumo.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Los resultados de este estudio se consideran aceptables; sin embargo, es necesario continuar con el acompañamiento técnico y determinar el grado de adopción de tecnología.

**Conclusiones:** La implementación del modelo Escuelas de Campo, aumentó el nivel de conocimientos sobre el método de cultivo biointensivo, mejorando la producción y disponibilidad de hortalizas en la comunidad de estudio.

**Palabras clave:** Pobreza, transferencia de tecnología, Altos de Chiapas.

en comunidades en condiciones de pobreza y alta marginación (Bonnilla-Aparicio *et al.*, 2013; Guerrero *et al.*, 2015). Entre los métodos de producción orgánica y biointensiva para cultivos hortícolas, el método biointensivo brinda la posibilidad del autoabastecimiento de alimentos sanos y la posible venta de los excedentes de producción en mercados locales. Estas tecnologías son amigables con el medio ambiente, promueven las prácticas ecológicas y elevan la fertilidad de los suelos (Gómez-Álvarez *et al.*, 2008).

La transferencia de conocimientos y tecnologías, inducen la innovación al proceso productivo, incrementa los ingresos económicos y la calidad de vida del grupo participante. En comunidades indígenas es necesario la inversión en proyectos de transferencia de tecnología, ya que ayuda al desarrollo humano y mejora el entorno de la comunidad (Segura-Martínez *et al.*, 2018). Las Escuelas de Campo (ECA) son un método efectivo para diseminar tecnologías, ya que integran expertos como facilitadores y campesinos con elevado interés por el método aprender-haciendo. Lo anterior les permite desarrollar o mejorar capacidades analíticas, pensamiento crítico, creatividad y métodos para tomar decisiones (Morales *et al.*, 2015). Su implementación ha sido satisfactoria en diferentes regiones indígenas de México (López *et al.*, 2008; Orozco *et al.*, 2008). El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la transferencia de tecnología hortícola a través de las Escuelas de Campo (ECA) a un grupo de productores indígenas de San José del Carmen, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

## INTRODUCCIÓN

La pobreza se puede manifestar en múltiples dimensiones de vida. Los problemas de carencias materiales y no materiales, pueden incluir situaciones de desnutrición, imposibilidad de acceso a alimentos saludables, vivienda inadecuada e insalubre, abastecimiento de agua insatisfactorio, convivencia con aguas residuales y depósitos de basura, además de baja calidad en la educación, carencia de servicios de salud, transporte, falta de áreas verdes e inseguridad general (CONEVAL, 2015).

Los problemas de pobreza, desigualdad y desempleo se muestran más agudos en la región Altos Tsotsil-Tseltal del estado de Chiapas, México, donde los patrones de ingreso y consumo se ubican en los niveles más bajos de la distribución del ingreso económico. La región Altos de Chiapas está conformada por 17 municipios, en ella viven 601,190 habitantes, que representan el 12.53 % de la población total del estado. La región se caracteriza su diversidad cultural, que corresponde a una población en su gran mayoría indígena rural (Martínez y Fletes, 2015). En este contexto, uno de los problemas que se debe atender de manera prioritaria es la nutrición. En México, en la última década, el sistema de producción agrícola biointensivo ha sido considerado como pertinente para alcanzar la seguridad alimentaria

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la comunidad de San José del Carmen (16° 40' 07.384" N y 92° 37' 31.753" O, a 2,280 m de altitud) ubicada en el municipio de San Cristóbal de las Casas (Altos de Chiapas), una de las regiones más pobres y marginadas del país (CEIEG, 2018). La población registra una población indígena con 64.76% de los habitantes habla Tzotzil (INEGI, 2010).

### Antecedentes y planeación

El trabajo en la localidad se propició por una alianza entre la organización Misión Integral para el Desarrollo en México A. C. (MIDEM) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria (INIFAP); la primera con antecedentes de trabajo en la localidad enfocado en el Desarrollo Humano e implementación de ecotecnias, principalmente de infraestructura. La alianza surgió una vez detectada la necesidad de mejorar la producción de alimentos en los huertos familiares de la comunidad con énfasis en tecnología hortícola.

### Diagnóstico e intervención

Se llevó a cabo un diagnóstico inicial de la comunidad, utilizando como herramienta metodológica un cuestionario realizado a las familias adscritas al programa de MIDEM (14 familias), a estas familias se les invitó a participar en el desarrollo de un programa de capacitación en tecnología hortícola impartido por facilitadores del INIFAP bajo la metodología Escuelas de Campo (ECA) y con el seguimiento de un prestador de servicios profesionales (PSP). Sin embargo, solo aceptaron siete familias (50%). No fue posible aplicar el cuestionario a otras familias debido a su filiación

política (Zapatistas), posición que les impide participar en programas externos a su movimiento social.

Con las familias participantes, se realizó un taller participativo para establecer el programa de sesiones de ECA a desarrollar en la comunidad, este programa fue validado por los jefes de familia con el compromiso de asistir a las sesiones programadas, cada familia nombró a un promotor quien acudió a todas las sesiones de capacitación.

La tecnología hortícola promovida durante los años 2017 y 2018 consistió en la producción de hortalizas orgánicas en huertos biointensivos (Martínez et al., 2007; SEMARNAT, 2013). Durante el 2017 el programa de capacitación se desarrolló bajo la metodología de ECA, mientras que la réplica se llevó a cabo al año siguiente, los datos presentados corresponden a dos ciclos de producción de hortalizas en el año 2018. Las sesiones de ECA fueron realizadas bajo el principio de aprender-haciendo de acuerdo a Morales et al. (2015).

El modelo de huerto promovido consistió en dos camas biointensivas de 5 m<sup>2</sup> cada una. Las dimensiones de la cama fueron: largo de 5.0 m, ancho de 1.0 m y profundidad de 0.60 m. La doble excavación siguió el siguiente procedimiento: el suelo se preparó en forma de escalones, la primera excavación fue entre 0-30 cm, se extrajo el suelo, segunda excavación entre 30-60 cm, se removió el suelo y se mantuvo en el huerto, se fertilizaron ambas capas con bocashi previamente preparado por los participantes. El bocashi se aplicó al huerto en 5 kg m<sup>-2</sup> en la parte inferior de la cama durante la doble excavación y otros 5 kg m<sup>-2</sup> en la parte superior una vez finalizada la preparación del huerto. Sobre estas camas se aplicaron los componentes tecnológicos indicados en el Cuadro 1.

Para evaluar los resultados obtenidos con la implementación del proyecto, se determinaron las variables de superficie de producción con camas biointensivas (m<sup>2</sup>), rendimiento de hortalizas (kg m<sup>-2</sup>), diversidad de especies (número de especies en el huerto), estabilidad de la producción de hortalizas (meses año<sup>-1</sup>) y destino de la producción (% de venta y % de consumo). Los datos de la línea base se estructuraron en una base de datos y se realizó el análisis de frecuencias con el programa SPSS. Los datos de rendimiento se procesaron en el programa Excel y se presentan por cada una de las familias participantes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las actividades con las familias participantes se desarrollaron en sus traspacios, que son proporciones de terreno adyacente a la casa habitación donde se reproducen la mayoría de las actividades que llevan a cabo el productor y su familia. El traspacio se constituye en el principal asentamiento de la producción de hortalizas, aves, frutales y legumbres (fabáceas), entre otras especies. En San José del Carmen, la superficie de los traspacios de las familias participantes es menor a 100 m<sup>2</sup>, la producción de alimentos se combina con lo recolectado en los traspacios y lo que se produce de granos básicos en los terrenos de montaña, generalmente a varios kilómetros de la casa habitación.

Cuadro 1. Tecnología hortícola promovida bajo el modelo de capacitación Escuelas de Campo.		
Etapas	No.	Componentes
Preparación del terreno	1	Elaboración de camas de siembra por el método de doble excavación
	2	Abonado de fondo
Siembra	3	Clasificación y selección de cultivos
	4	Densidad de siembra
	5	Asociación y rotación de cultivos
	6	Elaboración de almácigos
	7	Manejo del almácigo (Control de plagas y enfermedades, riegos, control de malezas)
	8	Trasplante
Control de plagas y enfermedades	9	Elaboración de extractos vegetales
	10	Elaboración y aplicación de caldo bordelés o sulfocalcico
	11	Colocación de trampas atrayentes
Nutrición vegetal	13	Elaboración y aplicación de abonos orgánicos (Composta o bocashi)
	14	Elaboración y aplicación de supermagro
Labores culturales	15	Captación de agua de lluvia
	16	Instalación y uso de sistema de riego por goteo
	17	Control de malezas
Cosecha	18	Época de cosecha
	19	Selección de plantas
	20	Tratamiento y almacenamiento de semillas

En relación a la superficie cultivada con hortalizas por las familias participantes, en promedio, la superficie de producción con el proyecto aumentó en 91% respecto a la producción de línea base. Considerando que el promedio de superficie de producción era de 1 m<sup>2</sup> y con la implementación del proyecto es de 11 m<sup>2</sup>. Las familias participantes sembraron hortalizas en pequeños espacios del traspatio, y como la producción era insuficiente adquirirían prácticamente la totalidad de sus hortalizas en mercados externos a la comunidad, principalmente en los mercados de San Cristóbal de Las Casas. Se destaca que, con la implementación del proyecto, el 100% de las familias participantes establecieron un huerto familiar con dos camas biointensivas para un total de 10 m<sup>2</sup> de superficie cultivada, a excepción de una familia que estableció el doble de espacio para la producción (Figura 1, 2 y 3). En todos los casos, el establecimiento de las camas de siembra fue mediante la técnica de "doble excavación" siguiendo el principio del huerto biointensivo (Martínez *et al.*, 2007; SEMARNAT, 2013).

Con la estrategia de intervención en la comunidad, la producción de hortalizas aumentó 88% respecto a la producción registrada en la línea

base (Figura 4). En dos ciclos de cultivo el rango de producción fue de 8.3 a 14.8 kg m<sup>-2</sup>. Las especies cultivadas fueron repollo (*Brassica oleracea* L.), lechuga (*Lettuca sativa*), rabano (*Raphanus sativus*), cebolla (*Allium cepa*), zanahoria (*Daucus carota* subsp. *maximus*), betabel (*Beta vulgaris*) y cilantro (*Coriandrum sativus*). Además de las especies cultivadas, en menor cantidad, emergieron diversas verduras silvestres y semidomesticadas principalmente de las familias Brassicaceae, Ateraceae y Chenopodiaceae que las mujeres de la comunidad aprovechan para la alimentación de la familia (Solís-Becerra y Estrada-Lugo, 2014).

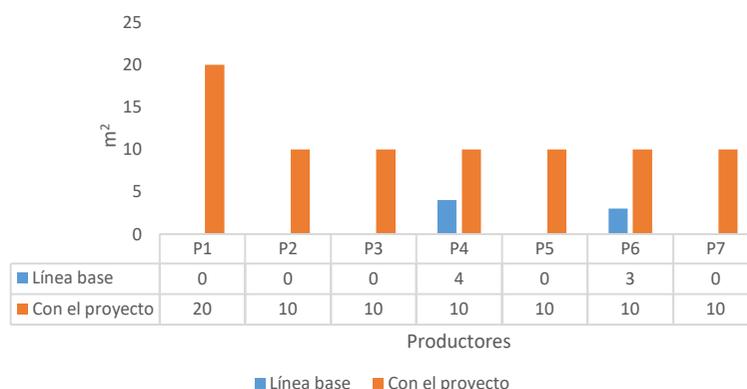


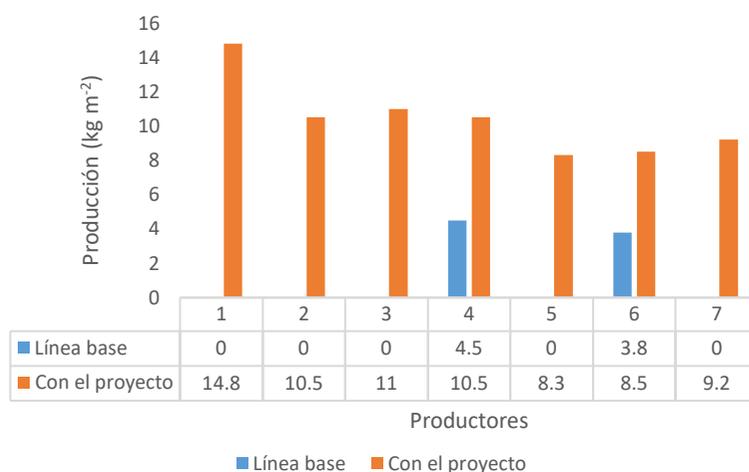
Figura 1. Superficie destinada por las familias a la producción de hortalizas orgánicas en San José del Carmen, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.



**Figura 2.** Huerto biointensivo de la familia Díaz Hernández.



**Figura 3.** Huerto familiar con 20 m<sup>2</sup> de camas biontensivas en San José del Carmen, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.



**Figura 4.** Producción de hortalizas (kg m<sup>-2</sup>) antes y después de la intervención.

ducción y consumo de diversas hortalizas es de gran importancia para la nutrición, ya que aportan proteínas, vitaminas y sales minerales requeridas para el buen desarrollo de todos los integrantes de la familia (Bonilla-Aparicio *et al.*, 2013) (Figura 5). Es deseable seguir diversificando la producción de hortalizas, y por ello, los productores señalaron que para el siguiente ciclo con las técnicas adoptadas para cada especie cultivada en el modelo biointensivo, pretenden iniciar con la producción de verduras que regularmente adquieren en el mercado como chile (*Capsicum annum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.), acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) y chícharo (*Pisum sativum* L.).

Las ECA aumenta el nivel de conocimientos de los participantes, se proporciona aprendizaje experimental y por descubrimiento al utilizar la parcela durante un ciclo entero de cultivo, con su medio natural como lugar de enseñanza y promueve el intercambio de experiencias con comunicación horizontal y participación activa. De esta forma el campesino y su experiencia, son el actor principal (Orozco *et al.*, 2008; Figura 6). Al término de la presente investigación-intervención, el 100% de las familias participantes dispuso de hortalizas durante ocho meses al año por la producción en los huertos familiares (mayo a diciembre). En las especies tardías, se lograron dos ciclos de producción bajo el sistema de riego por goteo, conectado a tinacos de 1,100 L y a tanques de ferrocemento de 20,000 L, donde se capta el agua de lluvia (infraestructura donada por MI-

Con la réplica de la tecnología promovida, se logró un aumento de 86% en el número de especies cultivadas, comparado con la línea base, registrando que en promedio se tiene una especie como línea base, y seis en promedio por familia participante después de la intervención. La pro-

DEM). Con esta estrategia se alcanzó un segundo ciclo de producción en cada huerto; sin embargo, no se logró estabilizar la producción para todo el año. El agua de lluvia captada durante el mes de diciembre se utilizó exclusivamente para uso doméstico en los meses de enero a marzo, época donde no hay ocurrencia de lluvias.



**Figura 5.** El incremento de la producción y diversificación en el huerto familiar mejora la nutrición de los integrantes de la familia.

En las familias participantes el 94% de la producción fue destinada al autoconsumo y el resto a la venta con familias de la misma comunidad (Figura 7). Resultados similares fueron encontrados con la implementación de camas biointensivas en España, Tlaxcala (Guerrero *et al.*, 2015). Con más años de intervención, los huertos biointensivos han logrado aumentos de venta de 20 a 40% en comunidades marginadas del estado de Puebla (Bonilla-Aparicio *et al.*, 2013). Los resultados de este estudio se consideran aceptables; sin embargo, es necesario continuar con el acompañamiento técnico y determinar el grado de adopción final, así como identificar nuevas demandas de tecnología.



**Figura 6.** En las Escuelas de Campo se aprende-haciendo con la participación activa de los campesinos.

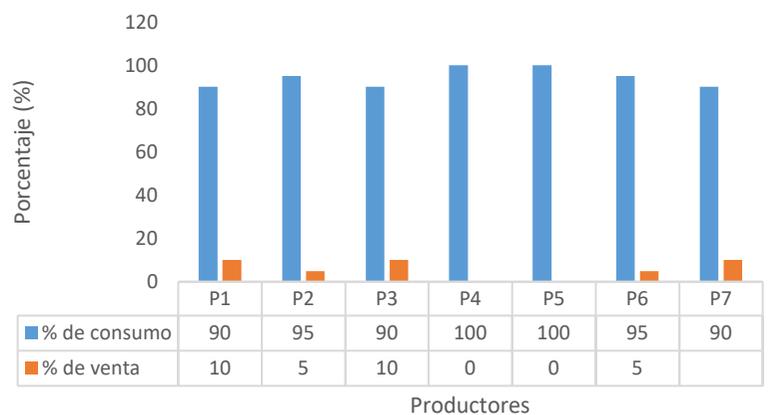
## CONCLUSIONES

La implementación del modelo Escuelas de Campo, incrementó el nivel de conocimientos sobre el método de cultivo biointensivo, mejorando la producción y disponibilidad de hortalizas en San José del Carmen, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

## LITERATURA CITADA

Bonilla-Aparicio, M. E., Salcido-Ramos B. A., Paredes-Sánchez J. A., Aguirre-Alvarez L., Mendez-Cadena M. E., Hernández-Rodríguez M.L. (2013). La diversidad hortícola para la seguridad alimentaria en municipios marginados del estado de Puebla. *Ra Ximhai* 9(2): 151-163.

CEIEG. (2018). Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica Chiapas. Gobierno del Estado de Chiapas. Disponible en: <http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/perfiles/inicio>.



**Figura 7.** Destino de la producción de los huertos de hortalizas orgánicas de San José del Carmen, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

- CONEVAL. (2015). Medición de la pobreza en México y en las Entidades Federativas 2014. Disponible en: [www.coneval.gob.mx](http://www.coneval.gob.mx).
- Gómez-Alvarez, R., Lázaro-Geronimo G., León-Najera J. A. (2008). Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rabano (*Raphanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. *Universidad y Ciencia* 24(1):11-20.
- Guerrero, L. M. Y., Estrella C. N. G., Sangerman-Jarquín D. M., Jiménez S. L., Aguirre A. L. (2015). Producción de alimentos en huertos familiares con camas biointensivas en España, Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencia Agrícolas*. Pub. Esp. No. 11: 2139-2148.
- INEGI. 2010. Nombres geográficos. Disponible en: [http://inegi.org.mx/geo/contenidos/nomgeo/nom\\_geo\\_des.aspx](http://inegi.org.mx/geo/contenidos/nomgeo/nom_geo_des.aspx).
- López, G. J., Jiménez S. L., León M. A., Figueroa R. O. L., Morales G. M., González R. V. C. (2008). Escuelas de campo, para capacitación y divulgación con tecnologías sustentables en comunidades indígenas. *Agricultura Técnica en México* 34(1):33-42.
- Martínez, S. J., Villa C. D. M., Macías R. H., Sánchez C. I. (2007). Tecnología de producción de hortalizas en huertos familiares convencionales e invernaderos. Folleto Técnico No. 8. CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango, México. 24p.
- Martínez, G. J., Fletes O. H. B. (2015.). Persistencia de la pobreza en Los Altos de Chiapas. Factores estructurales y regionales. In: *Pasado, presente y futuro de las regiones en México y su estudio*. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A. C., México.
- Morales, G. M., Hernández G. C. A., Vásquez O. R. (2015). Escuelas de campo. Un modelo de capacitación y acompañamiento técnico para productores agropecuarios. Folleto técnico No. 48. INIFAP. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. 35p.
- Orozco, C. S., Jiménez S. L., Estrella C. N., Ramírez V. B., Peña O. B. V., Ramos S. A., Morales G. M. (2008). Escuelas de campo y adopción de ecotecnia agrícola. *Ecosistemas* 17(2):94-102.
- Segura-Martínez, M. T. J., Rodríguez-Rodríguez H., Caballero-Rico F. C., Ramírez-de León J. A., Estrada-DroaUILlet B. (2018). Desarrollo de un proyecto productivo de hortalizas a un grupo de mujeres de Tula, Tamaulipas, México. *Agroproductividad* 11(9):89-97.
- SEMARNAT. (2013). El huerto familiar biointensivo. Introducción al método de cultivo biointensivo, alternativa para cultivar más alimentos en poco espacio y mejorar el suelo. Tlalpan, México, D.F. 47p.
- Solís-Becerra, C. G., Estrada-Lugo E. I. (2014). Prácticas culinarias y (Re)conocimiento de la diversidad local de verduras silvestres en el colectivo Mujeres y Maíz de Teopisca, Chiapas, México. *Revista LiminaR. Estudios Sociales y Humanísticos* 12(2):148-162.











# Maestría en Ciencias: INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí

admisiones.cslp@colpos.mx



CONSULTA: Dr. Ing. habil Erich Dietmar Rössel Kipping, SNI-I

**MAESTRÍA en CIENCIAS  
INNOVACIÓN en MANEJO de RECURSOS NATURALES**

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

*Innovando con ciencia y visión sustentable*

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

Duración: **2 años**

SIEMPRE A LA ASIGNACIÓN Y DISPONIBILIDAD A las fechas límite para recepción de documentos:

**Becas CONACYT:** los estudiantes aceptados a cursar el programa de Maestría en Ciencias en Innovación en Manejo de Recursos Naturales

Fecha límite para recepción de documentos:  
31 de mayo de 2019 para ingreso en agosto 2019

Los requisitos de ingreso y formato de admisión pueden descargarse en [www.colposslp.mx](http://www.colposslp.mx)

Doctorado por investigación (Innovación en Manejo de Energías Renovables)

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

## Temas de investigación para la tesis:

- Secador solar - calentador solar - fotovoltaica ①
- Biodigestor termófilo - calentador solar - fotovoltaica ②
- Purificador de agua - ultravioleta - fotovoltaica ③
- Conexión fotovoltaica a la red eléctrica ④
- Extracción del aceite y jugo vegetal - calentador solar ⑤
- Desfibradora - fibras de agave ⑥
- Refrigeración - fotovoltaica ⑦
- Bombeo de agua - fotovoltaica - riego por goteo etc. ⑧
- Hidrólisis - fotovoltaica
- Producción de peces - oxígeno - fotovoltaica
- Mecanización de producción de semillas de calabaza (secador, tostador, cosechador, limpiador, descascarador, etc.)
- Sistematización de biomateriales
- Balance energético
- Climatización de invernaderos - energía solar (fotovoltaica y calentador solar)
- Captación de lluvia - fotovoltaica
- Recolector de plástico usado

## Resultados de las tesis realizadas:



\*Los equipos numerados están patentados

# INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

## PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

### Objetivo

Formar talento humano con conocimiento de vanguardia en los procesos de producción, transformación y comercialización, que cuenten con habilidades y actitudes pertinentes, que les permitan contribuir al desarrollo e innovación tecnológica, socioeconómica y ambiental de los sistemas agroalimentarios, bajo una perspectiva sustentable.

### Perfil de ingreso

El aspirante a la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable debe tener estudios concluidos de licenciatura o ingeniería en las áreas de agronomía, biología, veterinaria, agroindustria, alimentos, química, maquinaria, estadística, economía, psicología, sociología, administración y carreras afines.



### Lineas del Conocimiento (LGAC)

Las líneas de investigación del programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable se dividen en tres ejes principales:

**1** Eficiencia y sustentabilidad en la producción primaria en sistemas agroalimentarios

**2** Innovación y desarrollo de procesos agroalimentarios para el bienestar social

**3** Comercialización y competitividad agroalimentaria con responsabilidad social y ambiental



**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología  
Programa Nacional de  
Posgrados de Calidad (PNPC)

### Becas

Contamos con becas del Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC) del CONACYT

### Informes

Subdirección de Educación del  
Campus Córdoba  
☎ 01(271) 716 60 00 / 57 / 55 Ext. 114  
✉ admision\_cordoba@colpos.mx

Los requisitos de ingreso y formatos de admisión pueden ser obtenidos en la página web oficial  
[www.colpos.mx/posgrado/ias/index.php](http://www.colpos.mx/posgrado/ias/index.php)  
[www.colpos.mx](http://www.colpos.mx)

**f** Colegio de Postgraduados Campus Córdoba  
**f** Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable  
✉ [mcinnovaciones@colpos.mx](mailto:mcinnovaciones@colpos.mx)  
📍 Colegio de Postgraduados / Campus Córdoba  
km 348 / Carr. Federal Córdoba-Veracruz  
Amatlán de Los Reyes, Ver. / CP 94946