

AGRO
PRODUCTIVIDAD

AP

Bioestimulantes y nutrimentos
foliares en la producción de

HIGO
(*Ficus carica* L.)
'Café de Turquía'

pág. 15

Año 11 • Volumen 11 • Número 9 • septiembre, 2018

RECUBRIMIENTO COMESTIBLE CON BASE DE PIÑÓN MEXICANO (*Jatropha curcas*),
SOBRE LA CALIDAD DE CHAYOTE MINIMAMENTE PROCESADO 3

ADAPTACIONES METODOLÓGICAS PARA EVALUAR LA CALIDAD FISIOLÓGICA
EN SEMILLAS DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) 9

DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES CULTIVADAS Y PARIENTES SILVESTRES DE CALABAZA
(*Cucurbita* L.) EN MÉXICO 21

EL ESTUDIO GENÓMICO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.); BREVE RECOPIACIÓN
DE SUS BASES CONCEPTUALES 29

PRODUCCIÓN DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) EN ALTA DENSIDAD DE PLANTACIÓN,
COMO ALTERNATIVA PARA PRODUCTORES CON SUPERFICIES REDUCIDAS 37

DOSIS LETAL Y REDUCTIVA MEDIA CON RAYOS GAMMA EN *Clitoria ternatea* VAR. TEHUANA 43

y más artículos de interés...

Guía para autores

Estructura

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

La estructura de la contribución será la siguiente:

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

Formato

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

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

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

Figuras. Corresponden a dibujos, fotografías, gráficas, diagramas. Las fotografías serán a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW y 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 libros y Revistas:

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

Los autores ceden los derechos patrimoniales y aceptan que los artículos sean publicados en formato físico y electrónico, incluido internet.

El costo por publicación aceptada es \$4000.00 MX.

Año 11, Volumen 11, número 9, septiembre 2018, 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, Subdirección de Organización y Cómputo del Colegio de Postgraduados, Dr. Martiniano Castro Popoca, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230. Tel. 58045980 ext. 1035. Fecha de última modificación, 30 de septiembre de 2018.

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

CONTENIDO

3	RECUBRIMIENTO COMESTIBLE CON BASE DE PIÑÓN MEXICANO (<i>Jatropha curcas</i>), SOBRE LA CALIDAD DE CHAYOTE MINIMAMENTE PROCESADO / EFFECT OF EDIBLE COATING MADE WITH MEXICAN PINE NUT (<i>Jatropha curcas</i>) ON THE QUALITY OF MINIMALLY PROCESSED CHAYOTE.
9	ADAPTACIONES METODOLÓGICAS PARA EVALUAR LA CALIDAD FISIOLÓGICA EN SEMILLAS DE CHILE HABANERO (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.) / METHODOLOGICAL ADAPTATIONS USED TO EVALUATE THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF HABANERO PEPPER SEEDS (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).
15	BIESTIMULANTES Y NUTRIMENTOS FOLIARES EN LA PRODUCCIÓN DE HIGO (<i>Ficus carica</i> L.) 'CAFÉ DE TURQUÍA' / BIOSTIMULANTS AND FOLIAR NUTRIENTS IN THE PRODUCTION OF 'BROWN TURKEY' FIG (<i>Ficus carica</i>).
21	DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES CULTIVADAS Y PARIENTES SILVESTRES DE CALABAZA (<i>Cucurbita</i> L.) EN MÉXICO / DISTRIBUTION OF CULTIVATED SPECIES AND WILD RELATIVES OF SQUASH (<i>Cucurbita</i> L.) IN MÉXICO.
29	EL ESTUDIO GENÓMICO DEL CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.); BREVE RECOPIACIÓN DE SUS BASES CONCEPTUALES / THE GENOMIC STUDY OF CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.); BRIEF RECOPIATION OF ITS CONCEPTUAL BASES.
37	PRODUCCIÓN DE GUANÁBANA (<i>Annona muricata</i> L.) EN ALTA DENSIDAD DE PLANTACIÓN, COMO ALTERNATIVA PARA PRODUCTORES CON SUPERFICIES REDUCIDAS / SOURSOP (<i>Annona muricata</i> L.) PRODUCTION IN HIGH DENSITY PLANTING AS ALTERNATIVE FOR PRODUCERS WITH REDUCED SURFACES.
43	DOSIS LETAL Y REDUCTIVA MEDIA CON RAYOS GAMMA EN <i>Clitoria ternatea</i> VAR. TEHUANA / LETHAL AND MEDIAN REDUCTIVE DOSES WITH GAMMA RAYS IN <i>Clitoria ternatea</i> VAR. TEHUANA..
49	BAMBÚ (Bambusoideae) COMESTIBLE: CULTIVO PROMISORIO PARA MÉXICO / EDIBLE BAMBOO (Bambusoideae): PROMISING CROP FOR MEXICO.
55	INVENTARIO DE CUERPOS DE AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL ARROYO MICHAPAN, VERACRUZ, MÉXICO / INVENTORY OF BODIES OF WATER IN THE LOW BASIN OF ARROYO MICHAPAN, VERACRUZ, MEXICO.
59	APLICACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA PREDECIR EL RENDIMIENTO VEGETAL DE UN COMPUESTO DE INTERÉS INDUSTRIAL / APPLICATION OF A MATHEMATICAL MODEL TO PREDICT THE VEGETABLE YIELD OF A COMPOUND OF INDUSTRIAL INTEREST.
69	ALFALFA (<i>Medicago sativa</i> L.) CULTIVADA EN CAMPECHE, MÉXICO Y SU INTEGRACIÓN LOCAL EN LA ALIMENTACIÓN DE CORDEROS EN CONFINAMIENTO / ALFALFA (<i>Medicago sativa</i> L.) GROWN IN CAMPECHE, MEXICO, AND ITS LOCAL INTEGRATION IN THE DIET OF CONFINED LAMBS.
75	IDENTIDAD ÉTNICA COMO ELEMENTO PARA FOMENTAR EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO EN UNA COMUNIDAD MAZAHUA / ETHNIC IDENTITY AS AN ELEMENT TO ENCOURAGE SOCIOECONOMIC DEVELOPMENT IN A MAZAHUA COMMUNITY.
81	TIPOLOGÍA DE PRESTADORES DE SERVICIOS AGROPECUARIOS Y FORESTALES ESPECIALIZADOS PARA LAS ZONAS TROPICALES EN MÉXICO / TYPOLOGY OF AGRICULTURAL-LIVESTOCK AND FORESTRY SERVICE PROVIDERS FOR TROPICAL ZONES IN MEXICO.
89	DESARROLLO DE UN PROYECTO PRODUCTIVO DE HORTALIZAS A UN GRUPO DE MUJERES EN TULA, TAMAULIPAS, MÉXICO / DEVELOPMENT OF A VEGETABLES PRODUCTIVE PROJECT FOR A GROUP OF WOMEN IN TULA, TAMAULIPAS, MEXICO.
99	BIODIVERSIFICACIÓN EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE CHIAUTZINGO, PUEBLA: ESTUDIO DE CASO / BIODIVERSITY IN FAMILY AGRICULTURE OF CHIAUTZINGO, PUEBLA: A CASE STUDY.
105	MODELOS DE NEGOCIO DE EMPRESAS DE HORTICULTURA PROTEGIDA EN TEXCOCO, MÉXICO / BUSINESS MODELS OF PROTECTED HORTICULTURE ENTERPRISES IN TEXCOCO, MÉXICO.
111	PRODUCTIVIDAD DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN CHIAUTZINGO, PUEBLA: ESTUDIO DE CASO / PRODUCTIVITY OF FAMILY AGRICULTURE IN CHIAUTZINGO, PUEBLA: A CASE STUDY.
119	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE INFECCIÓN PARA DETERMINAR LA REACCIÓN DE NUEVOS CLONES A LA ENFERMEDAD DEL CARBÓN (<i>Sporisorium scitamineum</i>) EN CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) / EVALUATION OF TWO INFECTION METHODS TO DETERMINE THE REACTION OF NEW CLONES TO SMUT DISEASE (<i>Sporisorium scitamineum</i>) IN SUGARCANE (<i>Saccharum</i> spp.).
129	BIOLOGÍA FLORAL DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.); CRIOLLO, TRINITARIO Y FORASTERO EN MÉXICO / FLORAL BIOLOGY OF CREOLE, TRINITARIO AND FORASTERO CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) IN MEXICO.
137	CALIBRACIÓN DE SENSORES DE RESISTENCIA EN LA MEDICIÓN DEL POTENCIAL MÁTRICO EN TRES TIPOS DE SUELOS EN CONDICIONES DE INVERNADERO / CALIBRATION OF RESISTANCE SENSORS IN THE MEASUREMENT OF MATRIX POTENTIAL IN THREE TYPES OF SOILS UNDER GREENHOUSE CONDITIONS
145	PROPUESTA PARTICIPATIVA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE EXCRETAS DE GANADO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE TRASPATIO, CASO MICROCUENCA LA JOYA, QUERÉTARO / PARTICIPATORY PROPOSAL FOR THE INTEGRAL MANAGEMENT OF LIVESTOCK MANURE IN FAMILY PRODUCTION SYSTEMS, CASE MICROCUENCA LA JOYA, QUERÉTARO.
155	PATRONES DE FERMENTACIÓN RUMINAL EN RESPUESTA A LA ADICIÓN DE UN PRECURSOR GLUCOGÉNICO A LA DIETA DE BECERROS EN ENGORDA / PATTERNS OF RUMINAL FERMENTATION IN RESPONSE TO ADDITION OF GLUCOGENIC PRECURSOR TO THE DIET OF FEEDLOT STEERS.
161	TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LOS PRODUCTORES POBRES DE MÉXICO EN EL MARCO DEL NUEVO EXTENSIONISMO RURAL / APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR POOR PRODUCERS IN MEXICO WITHIN THE NEW RURAL EXTENSION MODEL.
169	"LACANDÓN": NUEVO CLON DE CACAO CRIOLLO (<i>Theobroma cacao</i> L.) MEXICANO / "LACANDÓN": NEW CLONE OF MEXICAN CREOLE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.).
173	"Regalo de Dios": CLON DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) TOLERANTE A <i>Moniliophthora roreri</i> Cif & Par, PARA LA RENOVACIÓN DE LAS ZONAS CACAOTERAS DE MÉXICO / "Regalo de Dios": CACAO CLONE (<i>Theobroma cacao</i> L.) TOLERANT TO <i>Moniliophthora roreri</i> Cif & Par, FOR THE RENOVATION OF CACAO ZONES IN MEXICO.

Comité Científico



Dietmar Schwarz	Leibniz-Institute of Vegetable and Ornamental Crops. ALEMANIA	schwarz@igzev.de
Kazuo Watanabe	Recursos genéticos y tratados Internacionales. Universidad de Tsukuba. JAPÓN	nabechanknw@gmail.com
Ryoko Machida Hyrano	Genética y molecular. Universidad de Tsukuba. JAPÓN	hiranoryoko@gmail.com
Takao Niino	Criocosección. Universidad de Tsukuba. JAPÓN	niino.takao.fp@u.tsukuba.ac.jp
Ignacio De los Ríos Carmenido	Planeación del desarrollo rural. Universidad Politécnica de Madrid. ESPAÑA	ignacio.delosrios@upm.es
José Luis Yagüe	Planeación del desarrollo rural. Universidad Politécnica de Madrid. ESPAÑA	joseluis.yague@upm.es
Jesús Martínez Almela	International Project Management Association. ESPAÑA	jma@bioagroprojects.com
Carlos Hugo Avendaño Arrazate	Recursos genéticos. INIFAP. MÉXICO	fitogeneticarlos@hotmail.com
Cristian Nava	Fitopatología. COLPOS. MÉXICO	cnava@colpos.mx
Ma. de Lourdes Arévalo Galarza	Fisiología de frutos postcosecha y ornamentales. COLPOS. MÉXICO	larevalo@colpos.mx
Libia Iris Trejo Téllez	Nutrición vegetal. COLPOS. MÉXICO	tlibia@colpos.mx
Fernando Clemente Sánchez	Fauna silvestre. COLPOS. MÉXICO	clemente@colpos.mx
Aureliano Peña Lomelí	Fitotecnia. UACH. MÉXICO	penalomeli@gmail.com
Edelmiro Santiago Osorio	Biología y Hematopoyesis. FES-ZARAGOZA-UNAM. MÉXICO	edelmiros@yahoo.com
Itzen Aguñiña Sánchez	Biología y Hematopoyesis. FES-ZARAGOZA-UNAM. MÉXICO	liberitzen@yahoo.com.mx
David Jesús Palma López	Suelos y Agricultura tropical. COLPOS. MÉXICO	dapalma@colpos.mx
Juan Fco. Aguirre Medina	Microrganismos simbiotes. UNACH. MÉXICO	juanf56@prodigy.net.mx
Luis Tarango Arámbula	Fauna silvestre. COLPOS. MÉXICO	ltarango@colpos.mx
Lucero del Mar Ruiz Posadas	Fisiología vegetal, Nanotecnología. COLPOS. MÉXICO	lucpo@colpos.mx
Pedro Cadena Iñiguez	Desarrollo rural. INIFAP. MÉXICO	cadena.pedro@inifap.gob.mx
César Cortez Romero	Biotecnología animal. COLPOS. MÉXICO	ccortezro@hotmail.com
Braulio Edgar Herrera	Recursos genéticos. COLPOS. MÉXICO	Braulio_edgar@hotmail.co.uk
Víctor M. Cetina Alcalá	Ciencias forestales. COLPOS. MÉXICO	vicmac@colpos.mx
Adriana Delgado Alvarado	Bioquímica. COLPOS. MÉXICO	adah@colpos.mx
Rogelio Carrillo González	Suelos, Fitorremediación. COLPOS. MÉXICO	crogelio@colpos.mx
Rafael Flores Ariza	Cultivos tropicales. INIFAP. MÉXICO	arizafr77@hotmail.com
Rosalinda González Santos	Políticas públicas en recursos genéticos. MÉXICO	rosalindags82@yahoo.com.mx
María del Carmen Ángeles González Chávez	Biorremediación. COLPOS. MÉXICO	carmeng@colpos.mx



Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda
Maquetación: Mario Alejandro Rojas Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:
 Guerrero 9, esquina Avenida Hidalgo, C.P. 56220,
 San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.

Teléfono: 01 (595) 928 4703
 jocadena@colpos.mx; jocadena@gmail.com
 Impresión 3000 ejemplares

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

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

RECUBRIMIENTO COMESTIBLE CON BASE DE PIÑÓN MEXICANO (*Jatropha curcas*), SOBRE LA CALIDAD DE CHAYOTE MINIMAMENTE PROCESADO

EFFECT OF EDIBLE COATING MADE WITH MEXICAN PINE NUT (*Jatropha curcas*) ON THE QUALITY OF MINIMALLY PROCESSED CHAYOTE

Espinoza-Tirzo, M.¹; Ríos-Cortés, A.M.²; Martínez-Ayala, A.L.³; Ramírez-Romualdo, J.V.¹; García-Osorio, C.⁴; Arévalo-Galarza, M.L.^{4*}

¹Universidad Interserrana del Estado de Puebla-Ahuacatlán. Los Llanos Km. 1 Carretera Amixtlán San Andrés Tlayehualancingo. Ahuacatlán, Puebla. ²Instituto Politécnico Nacional - CIBA, Carretera Estatal Santa Inés Tecuexcomac-Tepetitla Km. 1.5, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala. ³Centro de Desarrollo de Productos Bióticos Carretera Yautepec-Jojutla km 6. CEPROBI No. 8 Colonia San Isidro, Yautepec, Morelos, México. ⁴Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Posgrado de Fruticultura, Km. 36.5 Carretera. México-Texcoco. Montecillo, Edo. de México.

*Autor de correspondencia: larevalo@colpos.mx

ABSTRACT

Mexico is the world's number one producer and exporter of chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), with more than 90 % of its exports based on the cultivated smooth green variety (var. *virens levis*), whose commercialization is primarily as fresh fruit. Therefore, it is important to develop new products and take advantage of the global trend in consumption of minimally processed fresh products, market that shows surprising annual increments. In this study we show the results from the quality assessment of precut and packed chayote fruits, stored for 15 days at 5 °C, subjected to different treatments. The results showed that application of the edible chitosan and protein based covering derived from *Jatropha curcas*, and citric acid (1 %), preserves the characteristics of fruit quality to a higher degree, primarily appearance and flavor. However, the fruits only conserved their optimal quality for up to 12 days of storage under refrigeration, which is why it is important to test more treatments in order to find ideal coverings for the conservation of chayote fruit.

Keywords: chitosan, *Jatropha curcas*, shelf life, refrigeration.

RESUMEN

México es el primer productor y exportador mundial de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), basando más del 90% de sus exportaciones en la variedad cultivada verde liso (var. *virens levis*), cuya comercialización es principalmente como fruto fresco. Por lo que es importante desarrollar nuevos productos y aprovechar la tendencia mundial del consumo de productos frescos mínimamente procesados, mercado que muestra incrementos anuales sorprendentes. En este trabajo se muestran los resultados de la evaluación de la calidad de frutos de chayote precortado y empacado, almacenado por 15 días a 5 °C, sometido a diferentes tratamientos. Los resultados mostraron que la aplicación del recubrimiento comestible a base de quitosano y proteína derivada de *Jatropha curcas*, y ácido cítrico (1%) preserva en mayor grado las características de calidad de los frutos, principalmente en apariencia y sabor. Sin embargo, los frutos solamente conservaron su calidad óptima hasta 12 días de almacenamiento bajo refrigeración, por lo que es importante, probar mayor número de tratamientos a fin de encontrar recubrimientos ideales para la conservación del fruto de chayote.

Palabras clave: quitosano, *Jatropha curcas*, vida de anaquel, refrigeración.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 3-8.

Recibido: mayo, 2018. **Aceptado:** julio, 2018.



INTRODUCCIÓN

Actualmente, el consumidor demanda alimentos de alta calidad y valor nutricional. La recomendación para una dieta balanceada incluye el consumo de frutas y hortalizas; sin embargo, debido a las exigencias laborales y las restricciones de tiempo, ha surgido el mercado de los productos de consumo inmediato. En este sentido los productos precortados, mínimamente procesados o IV gama responden a la tendencia de satisfacer la necesidad de mercados como el de las grandes ciudades, donde los consumidores disponen de menos tiempo para la preparación de sus alimentos (Artés y Allende 2005). Estos productos están libres de aditivos y requieren un mínimo o ningún procesamiento antes de su consumo. Debido a estas características, la demanda de estos productos ha crecido exponencialmente en los últimos años, por ejemplo, en Estados Unidos es el segmento de mayor crecimiento en su categoría, con un estimado de \$27 US billones con un aumento del 4 % para el año 2012 con relación al año anterior (UFPA, 2016) (Figura 1).

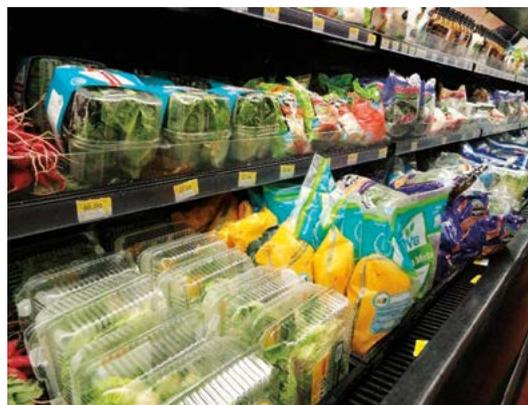


Figura 1. Productos precortados o mínimamente procesados en tiendas de autoservicio.

Después de la cosecha las frutas y hortalizas aceleran su deterioro, más aún si son procesadas para el consumo como productos precortados, ya que son más sensibles a los desórdenes que los frescos. Este deterioro se debe principalmente a que el tejido vegetal es cortado, e incrementa el metabolismo, actividad enzimática, pérdida de líquido celular, pérdida de firmeza y color, así como mayor susceptibilidad a la invasión de microorganismos, entre otros (Figura 2).

Por lo anterior, es una práctica común que a los productos mínimamente procesados se les trate

con productos que retrasen su deterioro. Tal es el caso de los recubrimientos comestibles, que reducen la migración de humedad, restringen el oxígeno disponible y evitan el oscurecimiento enzimático, incluso reducen los desórdenes fisiológicos, prolongando la vida de anaquel de los productos (Ramos-García *et al.*, 2010).

El quitosano es un polímero derivado de quitina, sus propiedades fisicoquímicas y biológicas lo han hecho un ingrediente común en la formulación de recubrimientos comestibles, ya que posee actividad antimicrobiana, es emulsificante y antioxidante y actúa como una fibra soluble. El quitosano se obtiene de los caparzones de los crustáceos o puede ser producido por algunos hongos. En comparación con los otros materiales, el quitosano tiene la ventaja de ser capaz de incorporar sustancias con actividad funcional (Falguera *et al.*, 2011).

El piñón mexicano (*Jatropha curcas*), una planta es originaria de Mesoamérica, que se encuentra en varios estados de México (Sinaloa, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán, Morelos, Sonora, Tamaulipas, Chiapas, Hidalgo, Puebla, Guerrero y Tabasco); sin embargo, solo se utiliza en la cocina tradicional. El fruto de *Jatropha curcas* es una cápsula con tres semillas elipsoides blancas, con testa oscura, de 2 cm de largo y peso promedio de 0.65 g. Su contenido de aceite es del 58-60 % y proteína 27-32 %, además de que posee propiedades medicinales. El principal uso que se le da a la planta es para producir aceite. El residuo que permanece después de su extracción, es una buena fuente de proteína, dentro de esta se encuentra la curcina o curcín que es una toxoalbúmina, que después de someterse a un tratamiento térmico pierde su efecto tóxico (Galaz-Ávalos *et al.*, 2012; Adebowale y Adedire, 2006).

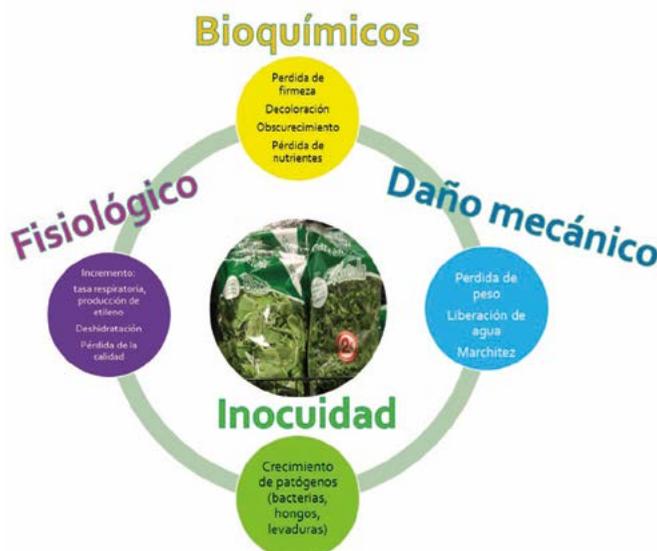


Figura 2. Factores que afectan los productos precortados o mínimamente procesados que reducen su vida de almacenamiento (Modificado de Artés y Allende 2005).

En algunos lugares estas semillas no son comestibles ya que son consideradas tóxicas debido a la presencia de saponinas, lectinas, fitatos, inhibidores de tripsina, pero el principal tóxico es el éster de forbol, el cual le confiere el efecto purgante a la semilla. En algunas variedades de *J. curcas* presentes en México, los esteroides de forbol están casi ausentes, lo cual ofrece la posibilidad de incluir en productos destinados al consumo humano y animal. En este sentido la inclusión de proteína subproducto de la extracción de aceite del piñón mexicano en la solución de quitosano muestra una opción para mejorar las características del recubrimiento comestible (Ortíz-Calderón, 2012; Makkar et al., 1998). Por lo anterior y con el objetivo de diversificar la oferta de chayote de exportación hacia producto mínimamente procesado, en este trabajo se evaluó el comportamiento de frutos de chayote *S. edule* var. *virens levis* con el uso de un recubrimiento comestible a base de quitosano y proteínas derivadas de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron frutos de chayote (*S. edule* var. *virens levis*), cosechados en enero de 2016 procedentes de una huerta comercial del municipio de Huatusco, Veracruz, México. Los frutos fueron trasladados al laboratorio y se seleccionaron con base a su uniformidad, tamaño, color, forma y ausencia de daños y la infección por hongos. Los frutos seleccionados se lavaron con una solución clorada (150 ppm), y posteriormente se les eliminó el pericarpio y se cortaron en cubos de 3×1 cm. El rendimiento del fruto para el aprovechamiento de la parte útil fue del 60 % (Figura 3).

Los trozos de chayote se sumergieron en una solución clorada de

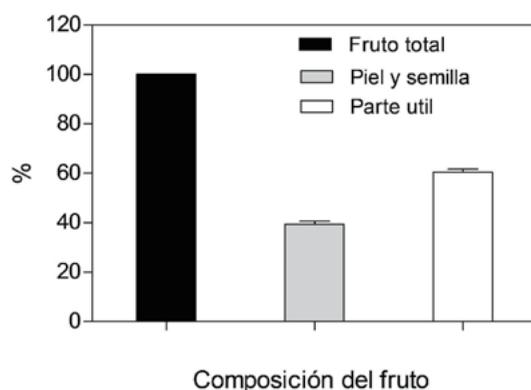


Figura 3. Porcentaje de aprovechamiento de la parte útil del fruto de chayote var. *virens levis* para su utilización como fruto precortado.

150 ppm por 1 min, trascurrido el tiempo se dejaron secar por 5 min para eliminar el exceso de solución.

Recubrimiento comestible

Para la elaboración de la solución de quitosano al 1.5 %, se utilizaron 30.05 g de quitosano (Sigma Aldrich™) en 2.070 L de agua destilada a la que se añadió 20.7 mL de ácido acético glacial (99.85 %, Sigma Aldrich™) al 1 %, dejándolo en agitación durante 48 h y adicionando 230 mL de glicerol (5 %) (J. T. Baker™) como plastificante. Posteriormente se agregó la fracción glutelina de la semilla de *Jatropha curcas* (0.6 %) a la solución de quitosano, en una proporción 60:40 respectivamente y glicerol al 5% como plastificante y se agitó nuevamente hasta su aplicación (Figura 4).

Aplicación de Tratamientos

Los frutos de chayote se sometieron a inmersión por 2 min en cada solución que representó un tratamiento: 1) Testigo (agua destilada); 2) Ácido cítrico (1 %) (AC) 3) Recubrimiento Comestible (RC); 4) Recubrimiento Comestible+ácido cítrico (1 %) (RC+AC). Posteriormente a los trozos de chayotes de cada tratamiento se les eliminó el exceso de humedad. Finalmente, por cada tratamiento se empacaron 12 bolsas de celofán (espesor: 25 μm y permeabilidad vapor de agua $1.34 \times 10^{-11} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$) considerando una repetición por bolsa, con un peso aproximado de 190-210 g cada una. Una vez envasados se almacenaron a 5 °C. Los análisis se realizaron a los 0, 4, 8, 12 y 15 días de almacenamiento. Las variables evaluadas fueron:

Pérdida de Peso

El peso de cada bolsa se registró con una balanza analítica Voyager® Pro (Mod. VP114CN, Ohaus,



Figura 4. Inmersión en recubrimiento comestible y empaque con fruto.

Suiza). Los resultados fueron expresados como porcentaje de la pérdida de peso con respecto al peso inicial, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pérdida de Peso} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

Sólidos Solubles Totales

Se determinó usando un refractómetro digital Atago (PAL-1, °Brix: 0-53°).

Contenido de Azúcares

Se realizó al principio y al final del periodo de evaluación, por el método modificado de Mustafa *et al.* (2003). Para la elaboración de los extractos se pesaron 5 g de fruto de chayote triturado y se le agregaron 60 mL de etanol al 80 % en un matraz de 250 mL con tres perlas de ebullición. Se calentó en una parrilla de agitación magnética (Thermo Cientific™) hasta reducir su volumen a 10 mL. Se filtró con algodón y se refrigeró por 24 h. Los extractos se filtraron por cartucho de limpieza (Cromabond® C₁₈ 45 μm, Macherey-Nagel). Pasando primero 6 mL de metanol grado HPLC, 6 mL de agua grado HPLC, 1 mL de extracto y finalmente 3 mL de agua grado HPLC dejándolos en un matraz erlemeyer y posteriormente aforarlos a 5 mL con agua grado HPLC. Se tomó 1 mL de la solución aforada el cual se filtró con un acrodisco (Titan, 0.045 μm) y se colocó en un vial de 2 mL con tapa y septa. Se colocaron los extractos filtrados en el automuestreador del HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) (Serie 200, Perkin Elmer™) para su inyección. Las condiciones del cromatógrafo fueron: temperatura del horno de 40 °C, flujo de 1 mL⁻¹, volumen de inyección de 10 μL y detector de índice de refracción (Perkin Elmer Series 200). La fase móvil fue una solución de acetonitrilo:agua (80:20) y se empleó una columna Pinnacle II Animo 5 μm 150x4.6 mm (Restek™), con un tiempo de corrida de 8.2 min.

Prueba de Aceptación

Esta prueba fue realizada mediante un método descriptivo de puntajes con un panel conformado por 10 catadores. Se evaluaron los atributos de apariencia, color,

aroma, sabor y textura. Los atributos se evaluaron con una escala de 1-9. La prueba de aceptación se realizó a intervalos de 5 d tomando 3 repeticiones de cada tratamiento.

Cuenta microbiana (Aerobios totales)

Para el análisis microbiológico se realizó en medios de cultivo de NeoFilm® (3M) para el recuento de aerobios totales, para ello se tomaron muestras al azar de cada tratamiento y mezcló con agua destilada, de allí se tomó 1 mL y se colocó en el medio de cultivo, para incubarse a 35 °C por 48 h.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de Peso

Una de las causas más importantes del deterioro es la pérdida de peso durante el almacenamiento pues influye en la textura y calidad del producto, lo que determinará el criterio de consumo. En este sentido, todos los tratamientos presentaron una pérdida mínima durante el almacenamiento, con valores menores al 0.3 % (Figura 5). Sin embargo, es importante resaltar que después del día 10 de almacenamiento, y como consecuencia de la pérdida de firmeza y ablandamiento del tejido se presentó la pérdida de fluido celular, lo cual provocó deterioro del producto. Brown *et al.* (2009) probaron diferentes empaques plásticos en lechuga (*Lactuca sativa* L.) precortada, observando pérdidas de peso de 0.25 g en 14 d de almacenamiento siendo menor el marchitamiento en la película plástica de doble capa laminada de polietileno y polipropileno orientado (PE/OPP).

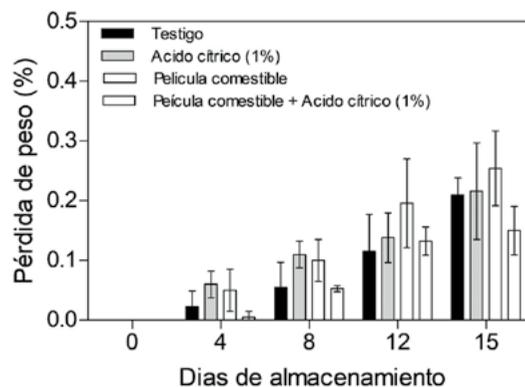


Figura 5. Pérdidas de peso de los diferentes tratamientos de chayote (*S. edule* var. *virens levis*) empacados en película de celofán y almacenados a 5 °C por 15 días. (n=12±DE).

Sólidos Solubles Totales y Azúcares

El contenido de sólidos solubles totales tuvo pequeñas variaciones (4.5 a 5.7 °Brix) entre el día 5 y 15. Con relación al contenido de azúcares, se observó que de forma general la proporción de glucosa y fructosa fue similar, con un contenido muy bajo de sacarosa (<1%), o casi inexistente en las muestras iniciales y en el tratamiento 4: RC+AC. Es importante destacar que los tratamientos que conservaron después de 15 días de almacenamiento el mayor grado de dulce, fueron frutos con AC (1%) (Figura 6).

Prueba de Aceptación

El color es uno de los atributos que condiciona la compra de frutas y hortalizas, y como se observa en la Figura 7, el color característico del fruto de *virens levis* al inicio del experimento fue de un verde claro, que cambia a tonos amarillo-café; mientras que el color de los frutos del tratamiento PC+AC (1%) fue evidentemente más claro, quizás debido a la pérdida de clorofila, pero sin presentar signos de oxidación. El ácido cítrico es conocido por su poder quelatante efectivo en la actividad de polifenol oxidasa. El pelado y cortado del fruto, dañan las células y promueven condiciones para que los sustratos y enzimas se pongan en contacto, provocando el oscurecimiento (Artés y Allende, 2005). Los productos mínimamente procesados entonces envejecen, provocando cambios a nivel bioquímico y fisiológico con la consecuente actividad microbiológica y degradación de firmeza y color.

Las enzimas de mayor importancia en estos productos son la polifenol oxidasa y la lipoxidasa causantes del oscurecimiento y mal olor (producción de aldehídos y cetonas). Además, con el precortado, la actividad respiratoria del producto se incrementa entre 20 y 700% o más, dependiendo de su metabolismo y temperatura de conservación, por lo cual es fundamental mantener estos productos en refrigeración. Si el producto está envasado en una atmósfera muy baja en oxígeno, se provocará la anaerobiosis con la consecuente formación de etanol, cetonas y aldehídos (Francis et al., 2012).

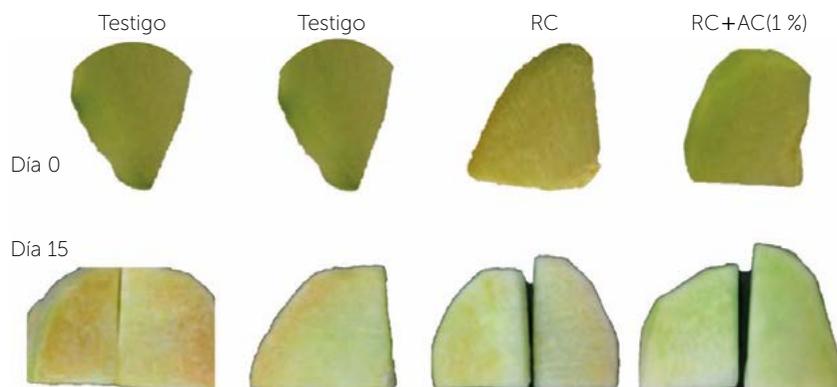


Figura 7. Cambios de color de chayote *S. edule* var. *virens levis*. Testigo; Ácido Cítrico (AC 1 %); Recubrimiento Comestible (PC); Recubrimiento Comestible+Ácido Cítrico (PC+AC (1%).

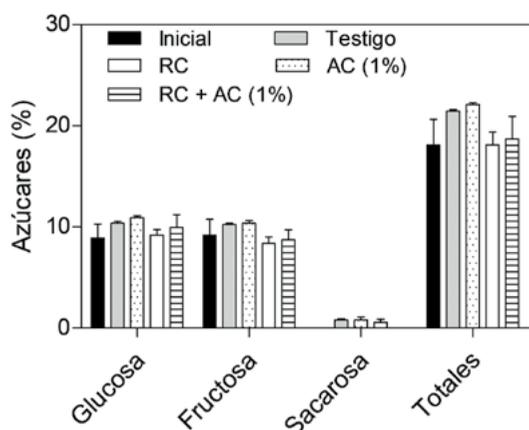


Figura 6. Contenido de azúcares totales (glucosa, fructosa y sacarosa) al inicio del experimento y después de 15 días de almacenamiento refrigerado (5 °C). (n=3±DE).

A los 10 días de almacenamiento hubo sabores y aromas desagradables producto debido al deterioro microbiano. El chayote mínimamente procesado empezó a perder color, textura y deshidratación, además de liberar agua. El tratamiento que presentó mejores resultados fue el de RC+AC, ya que conservó en mayor grado sus propiedades organolépticas (sabor, color, textura, aroma, jugosidad) (Figura 8). El tiempo máximo de almacenamiento registrado fue

de 12 d, ya que a los 15 d empezó a desprender aromas desagradables, sabores indeseables y el rechazo de los consumidores. En general el tratamiento RC+AC tuvo las mejores calificaciones, mientras que el tratamiento testigo tuvo la menor calificación en el color, debido a los problemas de oxidación.

Cuenta Total de Aerobios

Durante el pelado, cortado y triturado de los frutos, las superficies del producto son más expuestas al crecimiento de bacterias, levaduras y hongos. En productos mínimamente procesados, tienen en general una baja acidez (pH 5.8-6.0), alta humedad y gran superficie de corte que provee un medio ideal para el crecimiento de estos microorganismos. La población de las bacterias en frutas y vegetales es muy amplia, y la microflora predominante en hojas frescas son *Pseudomonas* y *Erwinia* spp., con cuentas iniciales de solo 105 cfu g⁻¹, con poca cantidad de hongos y levaduras. Durante el almacenamiento en frío se han registrado cepas de *Pseudomonas* sp. peccinoliticas que son responsables de la pudrición blanda (García-Gimeno y Zurera-Cosano, 1997).

Un incremento en la temperatura de almacenamiento y concentración de dióxido de carbono en el empaque puede incrementar la población de bacterias ácidas. Además, es importante considerar que bacterias, tales como *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas* spp. o *Micrococcus* spp. son psicrótroficas, pues cuentan con proteínas y lípidos de la membrana que soportan las bajas temperaturas, pudiendo desarrollar a dichas temperaturas (Artés y Allende, 2005). En la Figura 9, se observa

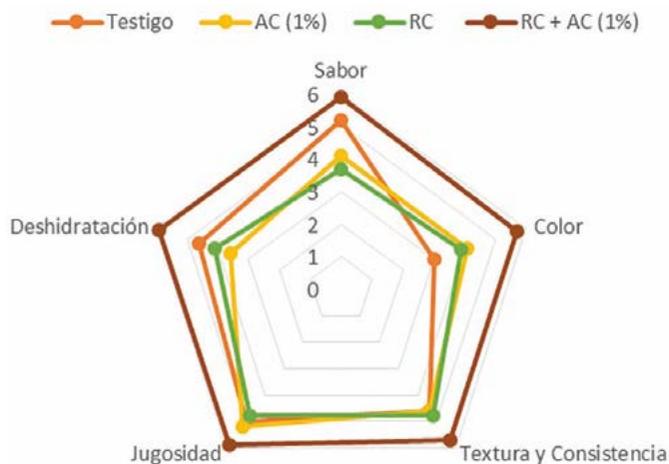


Figura 8. Atributos de calidad en frutos de chayote minimamente procesado (*S. edule* var. *virens levis*) analizados a los 15 días de almacenamiento a una temperatura de 5 °C.

en general que todos los tratamientos tuvieron menor crecimiento microbiano a los 10 d en comparación con el testigo, principalmente aquellos con AC (1 %) siendo más efectivo en el tratamiento RC+AC (1 %). Sin embargo, es necesario realizar más trabajos enfocados a probar otros compuestos a fin de reducir en mayor grado el crecimiento microbiano e incrementar la vida de anaquel de los frutos de chayotes precortados.

CONCLUSIONES

El desarrollo de productos como el chayote minimamente procesados ofrece una excelente opción para el mercado debido a que presenta características organolépticas y una vida de anaquel aceptable. El uso de recubrimientos comestibles a base de quitosano y proteína derivada de *Jatropha curcas* probó preservar las características de calidad y reducir la incidencia de microorganismos comparada con el tratamiento testigo, sin embargo, la preparación del recubrimiento enfrenta algunos inconvenientes para su aplicación en la industria. Por lo anterior es necesario realizar mayor investigación para encontrar un tratamiento que prolongue más aún la vida de anaquel de los productos a bajo costo y con mayor facilidad de preparación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo recibido para la elaboración de este proyecto al Instituto Politécnico Nacional (IPN).

LITERATURA CITADA

Adebowale K.O., Adedire C.O. 2006. Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. Afr. J. Biotechnol. 5: 901-906.

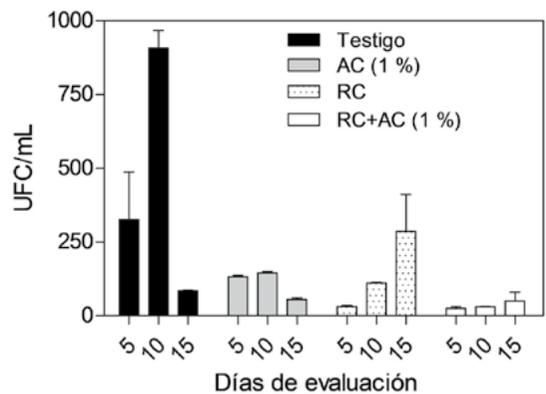


Figura 9. Cuenta total de mesófilos aerobios presentes en frutos de chayote minimamente procesado almacenados a 5 °C por diferentes periodos de tiempo. (n=3±DE).

Artés F., Allende A. 2005. Minimal fresh processing of vegetables, fruits, and juices. In Emerging technologies for food processing. Chapter 26:677-716. ISBN: 0-12-676757-2. Elsevier Ltd.

Brown J., Vorst K., Palmer S., Singh J. 2009. Performance of pre-cut lettuce packaged in biodegradable film formed on commercial vertical-form-fill-and-seal machines. J. Applied Packaging Research. 3(1): 1- 14.

Falguera V., Quintero J., Jiménez A., Muñoz A., Ilbarz A. 2011. Edible Films and Coatings: Structures, active functions and trends in their use. Trends in Food Science and Technology. 22: 292-303.

Francis G.A., Gallone A., Nychas,G.J., Sofos J.N., Coleli G., Amodio M.L., Spano G. Factors affecting quality and safety of fresh cut produce. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 52: 595-610.

Galaz-Ávalos R.M., Avilez-Montalvo R.N., Ucan-Uc C.M., Chan-López J.A., Loyola-Vargas V.M. 2012. *Jatropha curcas* una alternativa para la obtención de biodiésel sin afectar al sector alimentario. BioTecnología 16(2):94-114.

García-Gimeno R.M., Zurera-Cosano G. 1997. Determination of ready to eat vegetable salad shelf life. International Journal of Food Microbiology 36 (1): 31-38.

Makkar H.P.S., Becker K., Schmook B. 1998. Edible provenances of *Jatropha curcas* from Quintana Roo state of Mexico and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds. Plant Food for Human Nutrition. 52:31-36.

Ortiz-Calderon A.L. 2012. Composición química de jatrofa (*Jatropha curcas*) tóxica, no tóxica y detoxificada, y efecto de su consumo sobre parámetros nutricionales y tóxicos en pollos. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Queretaro. Facultad de Química. 84 p.

Ramos-García M.L., Bautista-Baños S., Barrera-Necha L.L., Bosquez-Molina E. 2010. Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas. Revista Mexicana de Fitopatología. 28(1): 44-57.

UFPA. 2016. Facts. United Fresh Produce Association. <http://www.unitedfresh.org/> (Consultado el 19 de septiembre del 2016).

ADAPTACIONES METODOLÓGICAS PARA EVALUAR LA CALIDAD FISIOLÓGICA EN SEMILLAS DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.)

METHODOLOGICAL ADAPTATIONS USED TO EVALUATE THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF HABANERO PEPPER SEEDS (*Capsicum chinense* Jacq.)

Ayala-Garay, O.J.^{1*}; Pinzón-López, L.L.²; Latournerie-Moreno, L.²; Ayala-Garay, A.V.³; Tovar-Carvajal, S.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Programa Fisiología Vegetal. km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México, México. ²Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal. Av Tecnológico s/n. Conkal, Yucatán, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Programa de Economía. Campo Experimental Valle de México. km 13.5 Carretera México-Texcoco, Coatlinchan, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia: oayala@colpos.mx

ABSTRACT

Habanero chili pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) is an important crop in the Yucatán Peninsula, which recently extended to other regions of Mexico. There are few studies about the seed of this species, whose physiological quality deteriorates quickly. Therefore, it was evaluated through the accelerated aging (AA) test, to assess its quality. Three periods of AA were tested (24, 48 and 72 h), two temperatures (35 and 50 °C), and two levels of relative humidity (RH, 99 and 20%), on seeds from three experimental varieties. The controls without aging had 97-99 % of germination. The greatest decrease in germination (75 %) ($P \leq 0.01$) was observed with the treatment of 50 °C and 100 % RH compared to the other combinations of temperature and RH, where germinations of around 90 % were obtained. The viability was not higher ($P \leq 0.01$) than the germination, following the same pattern of behavior. In terms of vigor, the treatment of 35 °C and 100 RH provoked higher G11 (50%) and speed of emergence (7.4 radicles d^{-1}) versus 1% and 1 radicle d^{-1} , respectively, from the treatment of 50 °C and 100 % RH. It is possible to use the AA test to assess the physiological quality of the habanero pepper seed, and the period of 24 h at 50 °C and 100 % RH could be an adequate treatment for it.

Keywords: horticultural seeds, deterioration, vigor, storage, temperature, relative humidity.

RESUMEN

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es un cultivo importante en la Península de Yucatán, que recientemente se extendió a otras regiones de México. Existen pocos estudios sobre la semilla de esta especie cuya calidad fisiológica se deteriora rápidamente. Por lo anterior, se evaluó mediante la prueba de envejecimiento acelerado (EA) su calidad. Se probaron tres periodos de EA (24, 48 y 72 h), dos temperaturas (35 y 50 °C) y dos niveles de humedad relativa (HR, 99 y 20%), sobre semilla de tres variedades experimentales. Los testigos sin envejecer tuvieron un 97-99% de germinación. La mayor disminución en germinación (75%) ($P \leq 0.01$), se observó con el tratamiento de 50 °C y 100 % HR respecto a las otras combinaciones de temperatura y HR, donde se obtuvieron germinaciones de alrededor de 90%. La viabilidad no fue mayor ($P \leq 0.01$) a la germinación, siguiendo el mismo patrón de comportamiento. En cuanto a vigor, el tratamiento de 35 °C y 100% HR provocó mayores G11 (50%) y velocidad de emergencia (7.4 radículas d^{-1}) contra 1% y 1 radículas d^{-1} , respectivamente, del tratamiento 50 °C y 100% HR. Es posible utilizar la prueba de EA para evaluar la calidad fisiológica de semilla de chile habanero, el periodo de 24 h a 50 °C y 100% de HR podría ser un tratamiento adecuado para ello.

Palabras clave: semillas hortícolas, deterioro, vigor, almacenamiento, temperatura, humedad relativa.

INTRODUCCIÓN

Para una producción hortícola eficiente, es imprescindible usar semilla de alta calidad. La calidad de semillas tiene cuatro componentes: físico, genético, sanitario y fisiológico. Para evaluar la calidad fisiológica, cuyos parámetros principales son viabilidad, germinación y vigor, se han desarrollado diversas pruebas de laboratorio (Baskin y Baskin, 2014). En cuanto al vigor, algunas pruebas tratan de predecir la emergencia de plántulas bajo las condiciones estresantes encontradas en campo. En la mayoría de esas pruebas las semillas se someten a diferentes tipos de estrés, midiéndose al final de la prueba la cantidad de plántulas normales capaces de desarrollarse bajo esas condiciones. Como el vigor se puede correlacionar positivamente con el deterioro de semilla (Bradford, 2004), las pruebas de deterioro controlado o envejecimiento acelerado (EA) son usadas, por una parte, como pruebas para evaluar la calidad fisiológica de las semillas; y por otra, se asume que el proceso de deterioro bajo envejecimiento artificial es similar a las ocasionadas por el deterioro natural (Nagarajan y Pandita, 2001). En las pruebas de EA, el contenido de humedad de las semillas se incrementa y las semillas se incuban a altas temperaturas por un periodo de algunos días, antes de ser transferidas a las condiciones de una prueba de germinación estándar. La capacidad de un lote de semillas a sobrevivir al envejecimiento artificial se correlaciona con su vigor y potencial de longevidad en el almacenamiento (Bewley *et al.*, 2013). De manera general, el método de EA se usa con éxito en algunas especies, independientemente de que las semillas se encuentren en un estado anormal después del tratamiento, en términos de sus parámetros celulares como metabolismo de ácidos nucleicos y estructura de membranas. La recomendación que la International Seed Testing Association (ISTA) da en cuanto al uso de estos métodos, comprende principalmente a las especies agronómicas de semilla grande (granos), admitiendo una correlación baja entre el envejecimiento artificial y la calidad de lotes de semilla pequeña como semillas de flores, hortalizas y pastos (Halmer, 2000). Además, especialistas en semillas de diferentes grupos de investigación (Avendaño-López *et al.*, 2006; Martínez-Juárez *et al.*, 2006) consideran que la utilización de la técnica de EA para evaluar la calidad fisiológica de semillas de hortalizas [brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), zanahoria (*Daucus carota* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.)] lleva a encontrar efectos contradictorios, produciendo comúnmente porcentajes de germinación más altos que los testigos sin envejecer. Tradicionalmente el tra-

tamiento conocido como EA consiste en aplicar 41 °C y 100% de humedad relativa (HR), durante periodos determinados de tiempo que consideran entre 24 y 72 h (Delouche y Baskin, 1973). Sin embargo, combinaciones de otros niveles de temperatura y HR, en otras especies de hortalizas no se han probado.

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es un cultivo que ha adquirido una gran importancia en la Península de Yucatán, México, debido a sus características particulares que le dan identidad regional. En el 2010 se obtuvo la denominación de origen "Chile habanero de la Península de Yucatán" (Moo-Muñoz *et al.*, 2016). En épocas recientes, su cultivo se ha extendido a diferentes partes del país y para 2016 se estimó una producción de 9,351 t, con un valor de 166.9 millones de pesos, donde los principales estados productores fueron Yucatán, Tabasco y Campeche (SAGARPA, 2016). El crecimiento en la demanda de este chile a su vez ha provocado el aumento de la demanda de semilla. Investigaciones recientes (Garraña-Hernández *et al.*, 2014) indican que la semilla comercial de chile habanero pierde rápidamente su capacidad de germinación (alrededor del 10% mes⁻¹). Dada la importancia económica este cultivo, es necesario estudiar las causas de esta pérdida de calidad, así como establecer una metodología confiable para evaluar la calidad de la semilla que se encuentra en el mercado. Con el objetivo de identificar las condiciones de EA que pueden utilizarse para evaluar la calidad fisiológica de semillas de chile habanero, en el presente trabajo se probaron los efectos de diferentes niveles de temperatura, humedad relativa y periodos de EA sobre la calidad fisiológica de semilla de tres variedades experimentales de chile habanero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se usó semilla de chile habanero de las variedades experimentales H258, H233 y H243, de fruto naranja, producidas durante el ciclo de otoño-invierno 2013-2014 en el rancho Yabucu, Acanceh, Yucatán (21° 04' N, 89° 31' O y 10 m de altitud). La cosecha de semilla se hizo en la primera semana de abril de 2014, almacenándose durante siete meses en sobres de papel abiertos en una bodega sin control de clima (26±3 °C; 32±10% de humedad relativa). El experimento se realizó en el mes de noviembre de 2014 en el laboratorio de biotecnología del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, México.

Al momento de iniciar las pruebas de laboratorio, el porcentaje de humedad de la semilla se calculó con

la fórmula de Bewley y Black (1994): las semillas se deshidrataron 72 h a 72 °C en una estufa (Thelco 31480, EE. UU.) y después se determinó el peso de la biomasa seca en una balanza de precisión (Ohaus, EE. UU.).

Las condiciones de envejecimiento acelerado (EA) se aplicaron a los lotes de semilla de cada variedad en envases de plástico de 0.5 L. En el fondo dicho envase se colocaron 200 mL de agua destilada o 100 g de sílica gel (Sigma-Aldrich, EE. UU.), con el fin de controlar la humedad relativa (HR), obteniendo $99\pm 1.9\%$ y $20.5\pm 0.4\%$ de HR, respectivamente. Dentro de cada envase se colocaron soportes para que la semilla quedara suspendida sin tocar las paredes del recipiente o la sustancia en el fondo. Una vez cerrado herméticamente dicho envase se colocó dentro de dos estufas que mantuvieron la temperatura estable en dos niveles: 35 ± 0.5 °C y 50 ± 0.4 °C. Para asegurar la estabilidad de los sistemas, previamente, las condiciones ambientales dentro de los envases fueron monitoreadas con sensores cerrados herméticamente HOBO H8-032-08 (Onset Computer Corporation, EE. UU.). Se estudiaron tres periodos de EA, 24, 48 y 72 h. Con lo que se formó un experimento factorial 3 variedades \times 2 temperaturas \times 2 HR \times 3 periodos de EA, más tres testigos (uno por cada variedad) de semilla sin envejecer. Posterior al tratamiento de envejecimiento acelerado, se estableció una prueba de germinación sobre papel filtro humedecido en cajas petri. Para ello, se depositaron cuatro repeticiones de 50 semillas, tanto de las semillas tratadas como las de los testigos, colocándose en un cuarto de cultivo a 25 ± 1 °C y 16/8 h de iluminación/oscuridad. En esta prueba se midió el porcentaje de germinación (plántulas normales) a los 11 d (G11) y 22 d (G) de iniciada, así como la velocidad de emergencia de radícula (V_{Erad}) con la fórmula de Maguire (1962) que consiste en contabilizar cada 24 h el número de radículas emergidas desde iniciada la prueba hasta el último día de duración de la misma. La viabilidad (Vi) se midió en cuatro repeticiones de 25 semillas con la prueba de tetrazolio (ISTA, 2004).

Los datos fueron capturados en la hoja de cálculo Excel 2007 (Microsoft, EE. UU.) y se analizaron con el procedimiento PROC ANOVA del programa estadístico SAS (SAS Institute, 2002). En los casos donde se detectaron diferencias estadísticas significativas se aplicó la prueba de medias (Tukey $P\leq 0.05$). Los datos de las variables medidas en porcentaje se transformaron mediante la fórmula arco seno $\sqrt{X/100}$ antes del análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencias en el contenido de humedad inicial entre variedades, lo que significa que estuvieron en equilibrio con el ambiente, su valor promedio fue $6.2\pm 0.4\%$ que se considera bajo y que no interviene en el proceso de la evolución de las otras variables medidas (Craviotto, 2011).

Efecto de las condiciones de envejecimiento acelerado sobre germinación y viabilidad

La germinación inicial (G11) de los testigos fue de 97 y 99%, es decir, la semilla tenía su capacidad germinativa intacta al iniciar las pruebas. De acuerdo con la ISTA (2004), en la prueba estandarizada de germinación sobre papel para semillas del género *Capsicum* L., el primer conteo debe realizarse a los 6 d de iniciada la prueba y el segundo a los 14 d; sin embargo, en el presente trabajo experimental se detectó que estos periodos son insuficientes pues la germinación resultó más lenta, observándose la máxima germinación de los testigos a los 22 d de iniciada la prueba, por lo que se reportó como germinación final la observada ese día.

Así mismo la germinación (G) medida a los 22 d disminuyó significativamente cuando el periodo de EA pasa de 24 (82%) a 48 h (69%), no obstante, el valor de G observado en el periodo de EA de 72 h (65%) fue estadísticamente semejante al de 48 h, esto podría significar que el tratamiento de 48 h es suficiente para envejecer la semilla.

En cuanto a la temperatura, en el tratamiento a 50 °C se tuvo una pérdida de G de 51%, en tanto que las semillas almacenadas a 35 °C presentaron un 92% de G. De forma similar a estos resultados, Bhering *et al.* (2006) en semilla de *Capsicum annuum* L. reportaron que la aplicación de calor en el envejecimiento acelerado provocó efectos más drásticos que un periodo prolongado de exposición al envejecimiento sin calor.

Por otra parte, en los niveles de humedad relativa (HR) se observó que la germinación promedio fue de 89% en las semillas colocadas a 20% HR, mientras que en 100 % HR la germinación descendió hasta 54 % (Figura 1). La interacción de temperatura y HR mostró que alta temperatura (50 °C) con alta HR (100%) provoca una pérdida de germinación de alrededor de 75% lo cual se considera como la magnitud del deterioro de la semilla provocado por este tratamiento (Figura 1).

En la prueba de germinación (Figura 2), el testigo obtuvo el mayor valor de G; sin embargo, estadísticamente ($P \leq 0.05$) no hubo diferencias significativas entre este y otros ocho tratamientos. La combinación de 50 °C, 100% HR y 24 h, mostró una disminución significativa de G (42.7%); así mismo, los tratamientos que produjeron una germinación menor ($P \leq 0.05$) a la de ese tratamiento tuvieron una combinación de 50 °C y 100% HR (Figura 2).

Según Salinas *et al.* (2001), los resultados de la prueba de germinación pueden ser utilizados para clasificar los lotes de semilla por su vigor. Esta clasificación considera que los lotes de semilla envejecidos artificialmente que presenten una germinación superior a 80% podrían ser clasificados como de alto vigor, entre 60-80% como de vigor medio, y menores de 60% como de bajo vigor. A partir de esta clasificación, en el presente estudio se puede inferir que el testigo y otros ocho tratamientos mantuvieron un alto nivel de germinabilidad (>80%), y por tanto tendrían un alto vigor, mientras que las semillas tratadas a 50 °C y 100% HR y 50 °C, 20% HR y 72 h tendrían un bajo vigor (<80% en germinación). Por otra parte, los laboratorios de la red GENMEDOC (2006) consideran que un tratamiento que permite alcanzar el valor de 50% de la capacidad germinativa de un lote, es importante para evaluar el vigor de las semillas de una especie determinada. En este caso, los resultados mostraron que el tratamiento 50 °C, 100% HR y 24 h produjo una reducción un poco mayor al 50% de la germinación y viabilidad (datos no presentados) que la semilla del testigo, por lo que este tratamiento podría proponerse para estandarizar una prueba vigor para semillas de chile habanero.

Efecto de las condiciones de envejecimiento acelerado sobre vigor

A diferencia de la variable germinación, todos los factores individuales,

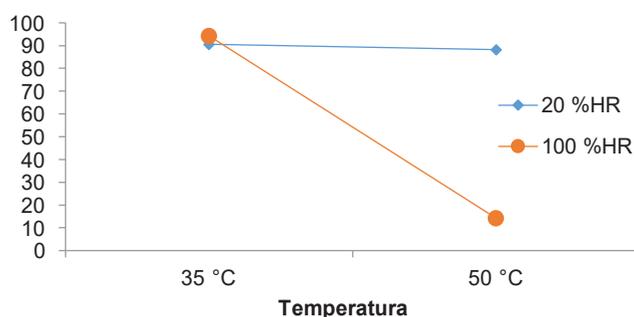


Figura 1. Efecto promedio del calor y la humedad relativa (HR) de los tratamientos de envejecimiento acelerado sobre germinación de semilla de *Capsicum chinense* Jacq.. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, $P \leq 0.05$).

incluyendo variedades, tuvieron efecto significativo ($P \leq 0.01$) sobre el comportamiento de la variable germinación a los 11 d (G11), y velocidad de emergencia de radícula (VE) (datos no presentados). Los resultados de la germinación en el segundo conteo (22 d de iniciada la prueba) no mostraron diferencias entre las variedades, pero en el primer conteo de la prueba de germinación (G11) la semilla de variedad H233 tuvo un valor menor de G11 ($P \leq 0.01$) respecto a las otras dos variedades (Cuadro 1).

De la misma forma, la semilla de esta variedad tuvo una menor VE, cabe señalar que las condiciones de producción, beneficio y almacenamiento fueron las mismas para la semilla de las tres variedades, por lo tanto, las diferencias señaladas en G11 y VE sugieren

Cuadro 1. Efecto de la variedad sobre germinación de semillas de *Capsicum chinense* Jacq., a los 11 d de iniciada la prueba (Ger11) y velocidad de emergencia de radículas (VE).

Variedad	Ger11 (%)	VE (radículas·d ⁻¹)
H258	37.8a ^z	4.6ab
H233	7.2b	3.2b
H243	44.6a	5.9a

^zMedias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

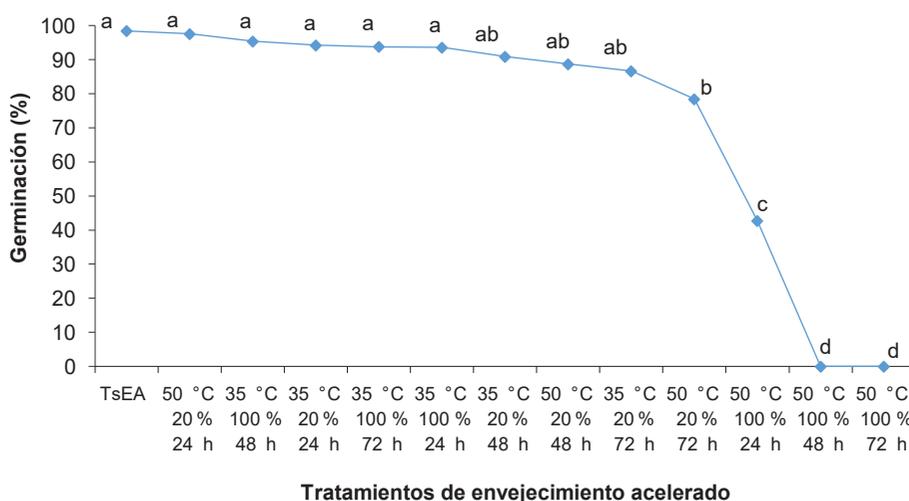


Figura 2. Efecto de los tratamientos de envejecimiento acelerado (temperatura x humedad relativa x tiempo) sobre la germinación de semilla de *Capsicum chinense* Jacq.. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, $P \leq 0.05$). TsEA=testigo sin envejecimiento acelerado.

que existen diferencias en la cinética de germinación según las variedades, habiendo genotipos que producen naturalmente semillas con bajo vigor.

Tradicionalmente, el primer conteo de una prueba de germinación puede ser usado como prueba para diferenciar lotes de bajo y alto vigor (Moreno, 1984). En el caso de la variable G11 el promedio de los testigos fue más bajo ($P \leq 0.05$) que el tratamiento de EA 35 °C y 100% HR (durante 24 o 48 h), lo que significaría que la semilla de los testigos sin envejecer tendría menos vigor que la semilla envejecida por los tratamientos señalados (Figura 3). Lo anterior se confirma con los resultados de la variable velocidad de emergencia de radícula (Figura 4), donde igualmente, el tratamiento de 35 °C, 100% HR y 72 h fue superior ($P \leq 0.05$) al resto, al producir 10 radículas d^{-1} , valor que fue más del doble del encontrado en las semillas del testigo sin envejecer (4.6 radículas d^{-1}). Estos resultados podrían compararse a lo reportado por Martínez-Juárez et al. (2006) quienes encontraron que la técnica de EA tradicional (41 °C y 100% HR) en semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) favorece la germinación.

De acuerdo con Bewley et al. (2013), bajo las condiciones tradicionales de EA el contenido de humedad de las semillas se incrementa, puesto que en la atmósfera de almacenamiento la humedad es muy alta y las semillas tienden a entrar en equilibrio con el aire que las circunda. Probablemente, este incremento de humedad de las semillas en temperatura y tiempos moderados, provoca un choque osmótico, similar al que ocurre en

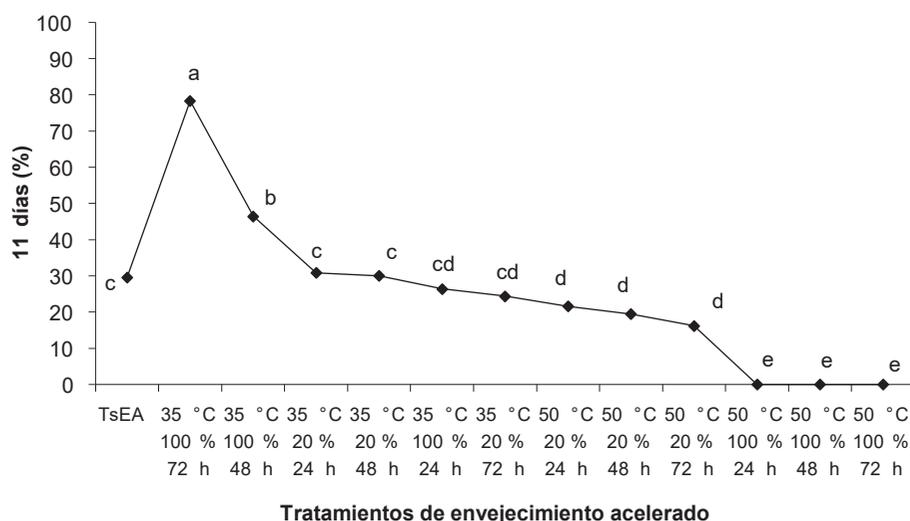


Figura 3. Efecto de los tratamientos de envejecimiento acelerado (temperatura x humedad relativa x tiempo) sobre la germinación de semilla de *Capsicum chinense* Jacq., a los 11 d de iniciada la prueba. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, $P \leq 0.05$). TsEA=testigo sin envejecimiento acelerado.

el tratamiento de revigorización de la semilla denominado osmocondicionamiento (osmopriming, Taylor et al. 1998), lo que hace que las semillas germinen más rápidamente. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio demuestran que una vez que las condiciones de EA se vuelven extremas (temperaturas más altas) las cinéticas de G11 y VE caen hasta cero con los tratamientos que combinan 50 °C y 100 HR (Figura 3 y 4). En cuanto a la VE y al igual que en la germinación, el tratamiento 50 °C, 100% HR aplicado durante 24 h produjo una disminución de alrededor del 50% respecto al testigo, al pasar de 4.6 radículas d^{-1} a 2.4 radículas d^{-1} en las semillas tratadas. Así entonces, estos resultados indicarían que ese tratamiento podría ser recomendado para estandarizar la prueba de EA como prueba de vigor en chile habanero, como se indicó anteriormente.

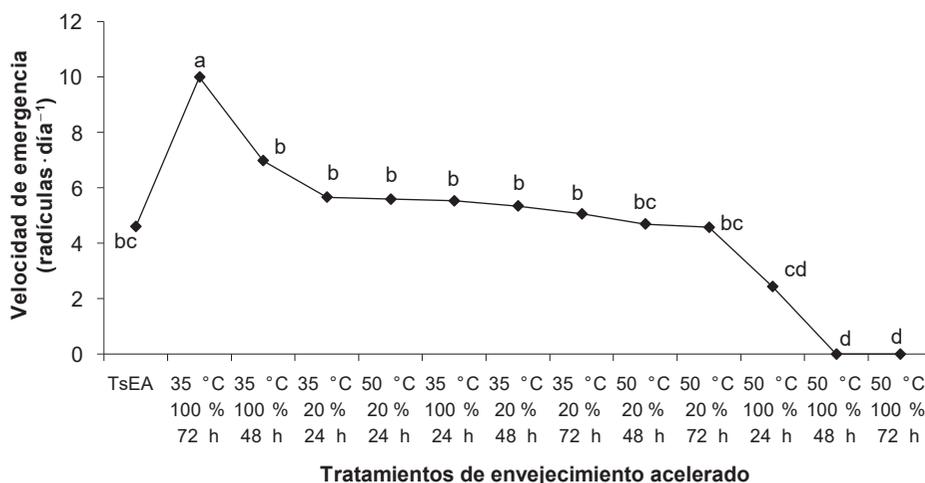


Figura 4. Efecto de los tratamientos de envejecimiento acelerado (temperatura x humedad relativa x tiempo) sobre velocidad de emergencia de radículas de *Capsicum chinense* Jacq.. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, $P \leq 0.05$). TsEA=testigo sin envejecimiento acelerado.

CONCLUSIONES

La técnica de envejecimiento acelerado seguido de una prueba de germinación sirve para evaluar la calidad fisiológica de semillas de chile habanero. El tratamiento de 50 °C y 100% HR aplicado durante 24 h podría proponerse para estandarizar la prueba ya que en promedio disminuyó en 50% la germinación, viabilidad y vigor respecto al testigo. En semillas de chile habanero la duración de la prueba de germinación propuesta por la ISTA (2004) para el género *Capsicum* (14 d) puede ser insuficiente ya que existen variedades cuya cinética de germinación es más lenta, por ello se propone aumentar el periodo a 22 d.

LITERATURA CITADA

- Avendaño L. A. N., Quintana C. M., Gómez C.S.C. 2006. Pruebas de emergencia en campo en lotes de semilla de zanahoria y brócoli. Memoria del XXI Congreso de Fitogenética, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. pp. 231.
- Baskin C.C., Baskin J.M. 2014. Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Second Ed, Academic Press-Elsevier. San Diego, USA. 1600 p.
- Bewley J.D., Black M. 1994. Seeds. Physiology of Development and Germination. Plenum Press. Second Ed, New York. USA. 445 p.
- Bewley J. D., Bradford K. J., Hilhorst, W.H.M., Nonogaki H. 2013. Seeds. Physiology of Development, Germination and Dormancy. Third Ed, Springer. New York, USA. 392 p.
- Bhering M. C., Fernandes dos Santos Dias, D. C., de Souza Vidigal, D., dos Santos Portocarrero Naveira D. 2006. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta. Revista Brasileira de Sementes 28:64-71.
- Bradford K.J. 2004. Seed Production and Quality. Department of Vegetable Crops. University of California. Davis, California, U.S.A. 134 p.
- Craviotto M.R. 2011. Humedad de la semilla como atributo de calidad. <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/calidad/humedadsemillacomootributocalidad.asp> (Consultado: noviembre de 2017).
- Delouche J. C., Baskin C. C. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Science Technology 1: 427-452.
- GENMEDOC. 2006. Prácticas de germinación en los bancos de semillas de la red GENMEDOC. Junio de 2004-mayo de 2006. FEDER- Unión Europea. Valencia, España. 175 p.
- Garruña-Hernández R., Latournieri-Moreno L., Ayala-Garay O., Santamaría J., Pinzón-López L. 2014. Acondicionamiento pre-siembra: una opción para incrementar la germinación de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Agrociencia 48: 413-423.
- Halmer P. 2000. Commercial seed treatment technology pp. 257-286. In: Seed technology and its Biological Basis. Black M., Bewley J. D. (eds.) Sheffield Academic Press. Sheffield, UK.
- ISTA (International Seed Testing Association) 2004. International Rules for Seed Testing. Rules 2004. ISTA editions, Zurich, Switzerland. 243 p.
- Maguire J. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2: 176.
- Martínez J. J., Martínez S. J., Rodríguez P.J. E., Peña O.G.M. 2006. Relación entre pruebas de calidad fisiológica de semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) con el establecimiento en almácigo. Memoria del XXI Congreso de Fitogenética, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. pp. 230.
- Moo-Muñoz A., Ayala-Garay O.J., Latournieri-Moreno L., Tzec-May M.A., Pinzón-López L.L. 2014. Efecto de la madurez y secado de semilla de *Capsicum chinense* Jacq. En la germinación y calidad fisiológica de plántula. Agroproductividad 9: 63-67.
- Moreno M. E. 1984. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Dirección General de Publicaciones, Universidad Autónoma de México. México, D. F. México. 383 p.
- Nagarajan S., Pandita V.K. 2001. Improvement in germination characteristics in artificially aged seeds tomato by osmoconditioning. Seed Research 29: 136-140.
- Salinas A. R., Yoldjian A. M., Craviotto R. M., Bisaro V. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 36: 371-379.
- SAS Institute. 2002. User's Guide of Statistical Analysis System. SAS Institute Inc. Cary, N. C. USA. 550 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), 2017. Anuario del Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) OEIDRUS. <http://www.siap.gob.mx> (Consulta: noviembre de 2017).
- Taylor A. G., Allen P. S., Brennett M. A., Bradford K. J., Burris J. S., Misra M. K. 1998. Seed enhancements. Seed Science Research 8: 245-256.



BIOESTIMULANTES Y NUTRIMENTOS FOLIARES EN LA PRODUCCIÓN DE HIGO (*Ficus carica* L.) 'CAFÉ DE TURQUÍA'

BIOSTIMULANTS AND FOLIAR NUTRIENTS IN THE PRODUCTION OF 'BROWN TURKEY' FIG (*Ficus carica*)

Morgado-González, A.¹; Becerril-Román, A.E.^{1*}; Calderón-Zavala, G.¹; García-Villanueva, E.¹; Velasco-Cruz, C.¹; Alberto-Villa, J.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ²Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Carretera federal Amozoc-Nautla km 122+600. Almoloni, Tlatlauquitepec, Puebla.

*Autor de correspondencia: becerril@colpos.mx

ABSTRACT

The experiment was established in the open in Xochiapulco, Puebla, Mexico, in fig plants (*Ficus carica* L.) Cv. Brown Turkey, after four years of being established; two applications were carried out (May-June, 2017) of cytokinins (Agromil-Plus[®]) and gibberellic acid (Gibiotin[®]) at 0.5 mL L⁻¹ and 20 mg kg⁻¹, respectively, in combination of Ca(NO₃)₂ at 2% and P-K (30-30) at 1%, in a completely random experimental design and five repetitions. The application of gibberellic acid with Ca(NO₃)₂ increased the length of branches (31.5%) and number of fruits (15%); both bioregulators combined with Ca(NO₃)₂ increased the size of the fruit in 7%, with a weight increase of 13.5%; and it was observed that gibberellic acid promotes the development of two fruits per node. The bioregulators and macronutrients applied on the leaf potentiate the yield of the fig crop in the open field.

Keywords: fruit trees, regulators, gibberellins, calcium nitrate.

RESUMEN

El experimento se estableció a campo abierto en Xochiapulco, Puebla, México, en plantas de higo (*Ficus carica* L.) Cv. Café de Turquía con cuatro años de establecidas; se realizaron dos aplicaciones (mayo-junio, 2017) de citocininas (Agromil-Plus[®]) y ácido giberélico (Gibiotin[®]) a 0.5 mL L⁻¹ y 20 mg kg⁻¹, respectivamente, en combinación de Ca(NO₃)₂ al 2% y P-K (30-30) al 1%, en un diseño experimental completamente al azar y cinco repeticiones. La aplicación de ácido giberélico con Ca(NO₃)₂ incrementó la longitud de ramas (31.5%), y número de frutos (15%); ambos biorreguladores combinados con Ca(NO₃)₂, aumentaron las dimensiones del fruto en 7%, incrementando su peso en 13.5%; y se observó que el ácido giberélico promueve el desarrollo de dos frutos por nudo. Los biorreguladores y macronutrientes aplicados vía foliar potencian el rendimiento del cultivo de higo a campo abierto.

Palabras clave: árboles frutales, reguladores, giberelinas, nitrato de calcio.



INTRODUCCIÓN

El higo (*Ficus carica* L.) es la primera planta cultivada en el mundo, antes que los cereales (Krislev *et al.*, 2006). La FAO (2010) sugiere que se cultiva en 48 países del mundo; la superficie en producción en México (1,456.1 ha) está distribuida en 11 estados de la República, siendo Morelos, Baja California Sur y Puebla, los estados con mayor superficie; el rendimiento medio nacional es de 5.29 t ha⁻¹, tiene un precio medio nacional de \$9,281.00 por tonelada; sin embargo, por la reciente apertura del mercado para exportación, este alcanza hasta los \$23,000.00 por tonelada en fresco (SIAP, 2016). La mayor superficie de higo se encuentra establecida a campo abierto, el sistema de producción se caracteriza por plantaciones de edad avanzada, suelos con bajos niveles nutrimentales, precipitaciones erráticas y mal distribuidas, además de un escaso o nulo manejo cultural (podas, control de plagas-enfermedades y manejo de estimulantes o nutrimentos vía foliar). El estado de Puebla a pesar de ser el tercer productor nacional por superficie, registra valores inferiores a la media nacional en rendimiento (4.36 t ha⁻¹), debido a que los productores realizan las mínimas prácticas agrícolas, generando así, plantas con baja productividad, frutos de tamaño pequeño y árboles con alto déficit nutrimental.

Los biorreguladores son considerados esenciales en la fisiología vegetal, y si no son producidos en balance, o utilizados oportunamente en el sitio de acción correspondiente, provoca que la planta altere su crecimiento y desarrollo normal, afectando la fenología de los cultivos, además de alteraciones drásticas en la producción, calidad del órgano de cosecha, así como la posibilidad de preservar la propia especie. Los biorreguladores sintéticos son productos químicos que contienen compuestos que pueden utilizarse para manipular diversos procesos fisiológicos de las plantas y así aumentar el potencial de producción o la calidad de los productos (Arshad y Frankenberger, 1991).

Aunado al uso de bioreguladores como alternativa para potenciar los rendimientos de los frutales, se sabe que los requerimientos nutrimentales de éstos, solo pueden mantenerse mediante la continua reposición de aquellos nutrimentos que son

extraídos por los árboles durante el ciclo productivo (Chatterjee y Dube, 2004). Aunque convencionalmente al higo se le fertiliza con macronutrimentos al suelo, existen situaciones en que las plantas presentan algún grado de deficiencia y, por tanto, se hace necesario incluir en los programas de fertilización, aspersiones foliares de nutrimentos para obtener respuestas rápidas del frutal, sobre todo en etapas críticas del cultivo. Por lo anterior, en esta investigación se tuvo por objetivo evaluar el efecto que tiene el ácido giberélico y las citocininas, en combinación con macronutrimentos aplicados vía foliar, en el crecimiento y producción de árboles de *Ficus carica* Cv. Café de Turquía.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue establecido en el municipio de Xochiapulco, en la comunidad de Ixhehuaco (19° 48' N y 97° 36' O), a 2,100 m de altitud, precipitación de 1,000 mm anuales, temperatura media anual de 16 °C, con un clima templado húmedo, con abundantes lluvias en verano; el suelo en el que se encuentra establecida la huerta es del tipo andosol. Las plantas de higo evaluadas, fueron de cuatro años de edad, del cultivar Café de Turquía, y fueron podadas a tres nudos con ocho ramas principales y fertilizadas con 120 g de fosfato diamónico (18-46-00) por árbol.

Se utilizó un diseño de tratamientos factorial con dos factores, teniendo como factor A los biorreguladores a base de citocininas y ácido giberélico (Figura 1), con los productos comerciales Agromil-Plus® y Gibiotín® a concentraciones de 0.5 mL L⁻¹ de agua y 20 mg kg⁻¹ respectivamente. Como factor B, a nitrato de calcio y PK-Ultra (00-30-30) al 2 y 1%; más un testigo absoluto. Se realizaron dos aplicaciones foliares en la primera semana de mayo y junio de 2017 con los tratamientos antes descritos. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones, siendo un árbol con dos ramas la unidad de muestreo.

Las variables respuesta medidas y evaluadas a los 40 días después de la última aplicación, fueron: diámetro de tallo del árbol, longitud y diámetro de ramas, número de nudos y frutos por rama, diámetro y longitud de frutos y el peso de cinco frutos. A los datos se

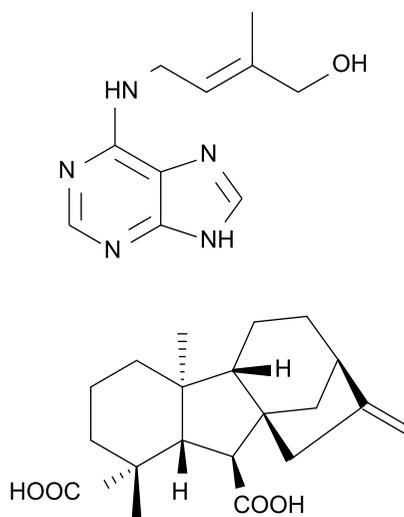


Figura 1. Molécula de zeatina (arriba) y ácido giberélico (abajo).

les realizó un análisis de varianza y prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System Ver. 9.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de biorreguladores (citocininas y ácido giberélico) no influye de manera directa en el porte del árbol; sin embargo, con ácido giberélico incrementa la longitud de las ramas en 31.5%, además de aumentar el número de frutos presentes por rama en 15%, presentando valores de 14.63 y 12.75 frutos por ramas, respecto al testigo; es decir, que, a mayor longitud de ramas, mayor número de nudos, considerando que cada nudo tiene potencial para generar al menos un nuevo fruto (Figura 2). En cuanto a los nutrimentos aplicados de manera simultánea a los biorreguladores, se registró que fue el nitrato de calcio al 2% el que promovió mayor longitud de ramas y número de frutos en la misma, con valores promedio de 93.81 cm y 15.13 frutos por rama, en comparación de 67.6 cm y 12.75 frutos por cada rama de los arboles testigo.

Autores como, Olszewski et al. (2002), sugirieron que las giberelinas están involucradas en la regulación de varios aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas, mediante diversas rutas metabólicas y de señalización; estimulan la división y elongación celular, además de regular la fase de juvenilidad a la fase adulta de las plantas, influyendo también en la iniciación de la floración y la formación de flores unisexuales en algunas especies, pudiendo sustituir algunos estímulos ambientales, tales como la luz y la temperatura (Davies, 2010). Taiz y Zeiger (2009) afirman que las giberelinas regulan el ciclo celular en los meristemos intermedios, promoviendo el desarrollo y la división celular. En plantas adultas se observan niveles elevados de expresión de genes biosintéticos en los tejidos de rápido crecimiento, como, el meristemo apical, las hojas en expansión, los pecíolos y los entrenudos en elongación (Helmut et al., 1997).

El efecto de las giberelinas sobre la inducción floral es complejo, ya que es un fenómeno específico de cada especie, en ciertas condiciones y en algunas plantas pro-

mueve la floración, y en otras la inhibe. Los efectos positivos o negativos de estos biorreguladores, pueden ser controlados en varias etapas de desarrollo (iniciación e inducción floral o formación de meristemos reproductivos) (Mutasa-Gottgens y Hedden, 2009).

Los sitios específicos, el momento de síntesis natural de las giberelinas y las respuestas de la planta, deben ser reguladas para un óptimo crecimiento y desarrollo. Las giberelinas de manera natural, suelen estar presentes en la mayoría de tejidos vegetativos y florales en concentraciones bajas (0.1 a 100 ng g⁻¹ de peso fresco) (Hedden y Phillips, 2000). En general, los niveles más altos de giberelinas se encuentran en los puntos de crecimiento activo de órganos, tal es el caso de la expansión de entrenudos y el propio desarrollo floral (Hu et al., 2008). Lo anterior indica que el ácido giberélico aplicado vía foliar a 20 mg kg⁻¹, en combinación con nitrato de calcio al 2%, son una alternativa para incrementar vigor de las ramas en árboles de higo, lo cual se refleja en mayor número de nudos y frutos.



Figura 2. Potencial de ramas de higo (*Ficus carica* L.) para producir un fruto por nudo.

Al evaluar características de los frutos cosechados, y cómo estos fueron influenciados por la aplicación de biorreguladores y nutrimentos vía foliar, se observó que las citocininas y ácido giberélico, aumentan el diámetro ecuatorial y la longitud de frutos entre 3 y 7% (Cuadro 1), lo cual es reflejado en el peso de los frutos, ya que este se incrementa hasta en 13.5% con respecto al testigo absoluto. En cuanto al efecto de los nutrimentos foliares sobre el crecimiento y rendimiento de fruto, fue el nitrato de calcio al 2% el que aumentó su tamaño, mejorando así el rendimiento en 17% (Figura 3). Como observación relevante, se tiene que el tratamiento a base de ácido giberélico, como biorregulador, en combinación con nitrato de calcio, promueve el desarrollo de dos frutos por cada punto de crecimiento (nudo), respecto a los demás tratamientos, ya que comúnmente se desarrolla un fruto por cada nudo (Figura 4).

Estos resultados concuerdan con lo encontrado en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.), donde la aplicación precosecha de ácido giberélico aumentó el diámetro

del fruto (Podestá et al., 2001). Las giberelinas, como responsables de la expansión celular (García-Martínez y Hedden, 1997), están entre los reguladores que incrementan el volumen de los frutos, sin afectar el contenido de sólidos solubles ni la acidez titulable, como se registró en frutos de fresa (*Fragaria* sp.) (Rohloff et al., 2002).

Usenik et al. (2005) encontraron que la aplicación de ácido giberélico aumentó el rendimiento de los frutos de cerezo (*Prunus cerasus* L.). Los resultados también sugieren que la dosis utilizada de ácido giberélico estuvo dentro de los niveles requeridos para las plantas, ya que, según Tehranifar y Battey (1997), se podría esperar un efecto negativo cuando se usan dosis muy altas del regulador. Saure (2005) enfatiza la importancia del calcio en la prolongación de la vida de anaquel de los frutos, el mejoramiento de su crecimiento, estatus nutrimental de la planta, productividad, resistencia a desordenes causados por patógenos y calidad de los frutos. Zheng et al. (2009), encontraron que al aplicar 20 mmol L⁻¹ de nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂), durante periodos de estiaje, se podría mejorar la resistencia al estrés por déficit de agua, incrementar la tasa fotosintética de las hojas e inhibir fisiopatías, típicas en cítricos, por exceso de calor. Al asperjar árboles frutales con Ca, durante el periodo de aborto fisiológico de frutos, se

Cuadro 1. Efecto de biorreguladores y nutrimentos aplicados vía foliar sobre la parte vegetativa de plantas de *Ficus carica* L.

	Ø Tronco (cm)	Longitud rama (cm)	Ø Rama (cm)	Nudos/rama (número)	Fruto/rama (número)
Biorregulador vía foliar					
Citocininas	8.94 a	73.00 b	2.05 a	19.88 a	10.81 c
Ác. giberélico	8.93 a	88.89 a	2.15 a	20.63 a	14.63 a
Testigo	9.00 a	67.60 b	2.26 a	20.34 a	12.75 b
Nutrimento foliar					
Nitrato de calcio	8.30 a	93.81 a	2.06 a	20.69 a	15.13 a
Fósforo-potasio	9.56 a	68.06 b	2.14 a	19.81 a	10.31 c
Testigo	9.00 a	67.60 b	2.26 a	20.34 a	12.75 b

* Ø= Diámetro.

Cuadro 2. Efecto de biorreguladores y nutrimentos aplicados vía foliar sobre características de frutos de higo.

	Ø Fruto (cm)	Longitud de fruto (cm)	Longitud de pedúnculo (cm)	Peso de cinco frutos (g)
Biorregulador vía foliar				
Citocininas	3.36 a	4.16 a	1.40 a	101.40 a
Ác. giberélico	3.40 a	4.06 ab	1.50 a	101.37 a
Testigo	3.17 b	4.03 b	1.29 a	89.40 b
Nutrimento foliar				
Nitrato de calcio	3.38 a	4.15 a	1.64 a	104.72 a
Fósforo-potasio	3.37 a	4.06 ab	1.26 b	98.04 ab
Testigo	3.17 b	4.03 b	1.29 b	89.40 b
Combinación				

* Ø=Diámetro.

disminuyó la caída, se alargó el periodo del ciclo y periodo de maduración de los frutos; además, se han realizado algunas investigaciones donde se registra la influencia del Ca sobre el intercambio gaseoso en frutos, la absorción de nutrimentos, así como, la apariencia y calidad de la fruta (Zheng et al., 2017).

CONCLUSIONES

La aplicación de biorreguladores y macronutrimentos vía foliar son una alternativa para potenciar el rendimiento del cultivo de higo a campo abierto, en caso específico del ácido giberélico en combinación con nitrato de calcio pro-

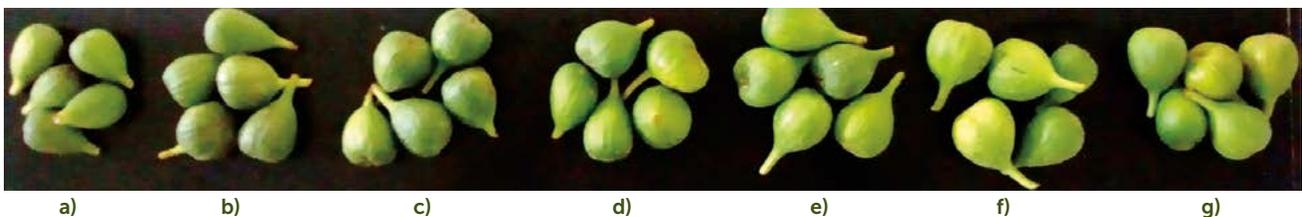


Figura 3. Efecto de los biorreguladores y nutrimentos foliares aplicados vía foliar sobre las características de dimensión en frutos de *Ficus carica* L. (a) testigo, b) citocininas, c) citocininas más nitrato de calcio, d) citocininas mas P-K, e) ácido giberélico, f) ácido giberélico más nitrato de calcio y g) ácido giberélico más P-K).



Figura 4. Desarrollo de dos frutos en cada nudo por efecto de ácido giberélico y nitrato de calcio, en plantas de *Ficus carica* L.

mueven mayor vigor de las ramas productivas e incrementan el número de frutos por rama; de igual forma al aplicar citocininas y ácido giberélico, en combinación con nitrato de calcio y fósforo-potasio, aumentan la calidad y el rendimiento de los frutos.

LITERATURA CITADA

- Arshad M., Frankenberger W.T. 1991. Microbial production of plant hormones. *Plant and Soil* 133: 1-8.
- Chatterjee C., Dube B.K. 2004. Nutrient Deficiency in Vegetables and their Management. In: K.G. Mukerji (ed), *Disease Management of Fruits and Vegetables*. Fruit and Vegetables. Kluwer Academic Publishers, pp: 145-188.
- Davies P.J. 2010. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action. *Gibberellin Biosynthesis and Inactivation*. Springer 63-94.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. *Statistical Yearbook. Agricultural Production*. Consultado en Julio, 2017. Disponible en [<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>].
- García-Martínez J.L., Hedden P. 1997. Gibberellins and fruit development. In: Tomás-Barberán F.A., Robins R.J., editors. *Phytochemistry of Fruit and Vegetables*. Oxford. UK: Clarendon Press pp: 263-285.
- Hedden P., Phillips A. 2000. Gibberellin metabolism: new insights revealed by the genes. *Trends Pharmacol Sci* 5: 523-530.
- Helmut H.B., Robinson D.G., Graebe J.E. 1997. *Planta*. 202: 211-219.
- Hu J., Mitchum M.G., Barnaby N., Ayele B.T., Ogawa M., Nam E., Lai W.C., Hanada A., Alonso J.M., Ecker J.R., Swain S.M., Yamaguchi S., Kamiya Y., Sun T.P. 2008. Potential sites of bioactive gibberellin production during reproductive growth in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 20(1): 320-336.
- Krislev M.E.A., Hartman O.B. 2006. Early domesticated fig in the Jordan Valley. *Science* 312(5778): 1273-1275.
- Mutasa-Göttgens E., Hedden P. 2009. Gibberellin as a factor in floral regulatory networks. *Journal of Experimental Botany* 60(7): 1979-1989.
- Olszewski N., Sun T.P., Gubler F. 2002. Gibberellin signalling, biosynthesis, catabolism, and response pathways. *Plant Cell (Suppl.)* 14: 561-580.
- Podestá L., Gil F., Rodríguez M.A., Arjona C. 2001. Efecto del ácido giberélico y del calcio sobre el tamaño, agrietamiento y otros parámetros de calidad en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.) cv. Bing. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales* 16(1): 37-48.
- Rohloff J., Fisca-Hagen S., Iversen T. 2002. The effect of plant biochemical regulators on strawberry production in field trials under drip irrigation management at 5 locations in Norway. *Acta Hort* 567: 463-466.
- Saure M.C. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Hort* 105: 65-89.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. México. Consultado en Julio, 2017. Disponible en [www.siap.gob.mx].
- Taiz L., Zeiger E. 2009. *Fisiología Vegetal*. Ed. ArtMed (4° ed). Porto Alegre. 819 p.
- Tehranifar A., Battey N.H. 1997. Comparison of the effects of AG₃ and chilling on vegetative vigor and fruit set in strawberry. *Acta Horticulturae* 439: 627-631.
- Usenik V., Kastelec D., Stampar F. 2005. Physicochemical changes of sweet cherry fruits related to application of gibberellic acid. *Food Chem* 90(4): 663-671.
- Zheng Y.Q., He S.L., Deng L., Yi S.L., Mao S.S., Niu T.X. 2009. Effect of calcium treatment on oleocellulose development and external quality of citrus fruits. *Journal of Southwest University* 31: 64-66.
- Zheng Y.Q., Yang Q., Jia X.M., Liu Y.M., He S.L., Deng L., Xie R., Yi S.L., Lü Q. 2017. Ca(NO₃)₂ canopy spraying during physiological fruit drop period has a better influence on the tree character and fruit quality of Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck). *Journal of Integrative Agriculture* 16(7): 1513-1519.

DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES CULTIVADAS Y PARIENTES SILVESTRES DE CALABAZA (*Cucurbita* L.) EN MÉXICO

DISTRIBUTION OF CULTIVATED SPECIES AND WILD RELATIVES OF SQUASH (*Cucurbita* L.) IN MÉXICO

Ríos-Santos, E.¹; González-Santos, R.¹; Cadena-Iñiguez, J.²; Mera-Ovando, L.³

¹Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Dirección. Av. Guillermo Pérez Valenzuela 127. Col. Carmen, Del. Coyoacán, Ciudad de México. ²Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Calle Iturbide No. 73. Salinas de Hidalgo, S.L.P., México. ³Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Circuito Exterior S/N Delegación Coyoacán. Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

*Autor de correspondencia: rosalindags82@yahoo.com.mx

ABSTRACT

Mexico is center of origin of four domesticated species of *Cucurbita* spp. (*C. argyrosperma* Huber ssp. *argyrosperma*, *C. ficifolia* Bouche, *C. moschata* Duchesne and *C. pepo* spp. *pepo* L.), and 11 wild species from the genus are found, which are grouped into annual-mesophytic and perennial-xerophytic with genetic and geographic separation. The real and potential distribution was defined, as well as the areas of greater wealth of cultivated and wild species of *Cucurbita* spp., based on records of accessions in the Squash Network of the National Seed Inspection and Certification Service (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, SNICS) and herbarium records. For this purpose, ArcMap ver. 10.4 MAXENT and DIVA GIS ver. 7.5 were used. Of the species cultivated, seven sites were identified where the four species found in Mexico converge, with two points that are highly susceptible to risks of flooding, low temperatures, and high migration and marginalization indexes. The potential distribution of the wild species in Mexico increased significantly only in the species *C. pedatifolia*, *C. radicans* and *C. foetidissima*. It is considered priority to implement *in situ* conservation strategies for *C. pepo* spp. *pepo* because it is susceptible to suffering genetic erosion due to the displacement of Creole varieties by improved genotypes. Of the eight wild species considered in this study, there are no representative accessions protected in conservation centers designated by the SNICS, so there is a need to perform a guided collection and to implement *in situ* conservation actions for the endemic species in Mexico.

Keywords: *Cucurbita*, wild species, cultivated species, Mexico.

RESUMEN

México es centro de origen de cuatro especies domesticadas: *Cucurbita argyrosperma* K. Koch, *Cucurbita ficifolia* Bouché, *Cucurbita moschata* Duchesne y *Cucurbita pepo* L. y se localizan 11 especies silvestres del Género *Cucurbita*. Las cuales se agrupan en anuales-mesofíticas y perenes-xerofíticas separadas genética y geográficamente. El objetivo del presente estudio fue determinar la distribución real, potencial y áreas de mayor riqueza de las especies cultivadas y sus parientes silvestres de acuerdo a los registros de colecta de la Red Calabaza del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) y registros de herbario. Para lo cual,



Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 21-27.

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

se utilizó ArcMap ver. 10.4, MAXENT y DIVA GIS ver. 7.5. De las especies cultivadas se identificaron siete sitios en las cuales convergen las cuatro especies presentes en México. La distribución potencial de las especies silvestres en México incrementó significativamente solo en las especies *C. pedatifolia*, *C. radicans* y *C. foetidissima*. Se considera prioritario implementar estrategias de conservación *in situ* para *C. pepo* L por ser susceptible de sufrir erosión genética por el desplazamiento de las variedades criollas por variedades mejoradas. En el caso de las ocho especies silvestres consideradas en el presente estudio no se tienen accesiones representativas en los bancos de germoplasma designados por el SNICS, por lo que es necesario realizar la colecta dirigida de estas especies. Así como, prioritario implementar estrategias de conservación *in situ* para las especies silvestres endémicas de México (*C. cordata*, *C. pedatifolia* y *C. radicans*).

Palabras clave: *Cucurbita*, especies silvestres, especies cultivadas, México.

INTRODUCCIÓN

Cucurbita es un género originario del continente americano, distribuido desde Estados Unidos de América (EUA) hasta Argentina, en regiones tropicales y subtropicales (Basurto-Peña *et al.*, 2014a). Se divide en dos grupos de acuerdo con sus características fitogeográficas: especies anuales-mesofíticas que crecen en zonas húmedas con raíces fibrosas y especies perennes-xerofíticas que crecen en zonas áridas con raíces de almacenamiento tuberiformes (Whitaker y Bemis, 1964; Zheng *et al.*, 2013). De acuerdo a Zheng *et al.* (2013) señalan que, dependiendo de la autoridad, el género contiene entre 12 a 20 especies. Las cuales de acuerdo Sanjur *et al.* (2002) sugiere que se originaron de al menos seis eventos independientes de domesticación de distintos ancestros silvestres. De las cuales, se reconocen cinco especies domesticadas: *C. argyrosperma* K. Koch, *C. ficifolia* Bouché, *C. moschata* Duchesne, *C. pepo* L y *C. máxima* Duchesne y el resto son especies silvestres. México es centro de origen y domesticación de las primeras cuatro especies y se distribuyen 11 especies silvestres (Lira *et al.*, 2008; McClung *et al.*, 2001; Mera *et al.*, 2011). En el caso de *C. argyrosperma* está constituido por tres variedades *argyrosperma*, *callicarpa* y *palmeri* (Lira *et al.*, 1995).

Las especies silvestres y cultivadas de *Cucurbita* son alógamas de polinización entomófila, plantas herbáceas, anuales, monoicas, rastreras, trepadoras o subarborescentes. El número básico de cromosomas de todas las especies es $2n=2x=40$ y los cariotipos sugieren que estas especies son de origen alopoliploide. Las diversas especies se producen en condiciones ecológicas amplias desde altitudes cercanas a nivel del mar hasta mayores a los 2,000 m (Cerón, 2010).

Las calabazas (*Cucurbita* spp) son plantas que han sido parte de la alimentación del hombre americano por más de 10,000 años, forman parte del sistema producción conocido como milpa, asociada con maíz, frijol y chile. Su cultivo obedece a objetivos múltiples, incluyendo el auto-abasto

y producción comercial. Se aprovechan como alimento las flores, guías, semillas, frutos tierno y maduro (Peña-Basurto *et al.*, 2014b). Además del uso alimenticio, las calabazas se pueden emplear con fines industriales, comerciales, medicinales y tradicionales como recipientes para artesanías (Cerón, 2010).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la distribución real, potencial e identificar las áreas de mayor riqueza de las especies cultivadas y silvestres de calabaza, a partir de los registros de herbario y las colectas realizadas por la Red Calabaza, para identificar prioridades para la conservación *in situ* y *ex situ*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Base de datos pasaporte

Se integró una base de 1,561 registros de 12 especies del Género *Cucurbita*, las cuales se distribuyen de la siguiente manera: 881 registros de accesiones que se resguardan en los Bancos de Germoplasma designados por el SNICS que fueron colectadas por la Red Calabaza disponibles en: <https://www.gob.mx/snics>, 648 de registros de herbarios de Red Mundial de Información sobre Biodiversidad y 32 registros del estudio publicado por Ruelas-Hernández *et al.* (2015) (Cuadro 1). El estudio incluyó las cuatro especies domesticadas y ocho especies silvestres, se realizaron los análisis por separado para cada grupo. La base de datos pasaporte se validó con la herramienta «GEOQUAL» de la paquetería CAPFITOGEN 2.0, lo cual arroja un valor de 80 al 100%, por lo que se consideró que los registros presentaron un resultado aceptable en cuanto a su georreferencia para ser utilizados para el estudio.

Cuadro 1. Especies del Género *Cucurbita* y número de registros utilizados para el análisis de distribución real y potencial.

Especie	Tipo*	Distribución*	Accesiones Red Calabaza-SNICS	Herbario	Registros Ruelas-Hernández et al. (2015)	Total de registros
<i>C. argyrosperma</i>	Cultivada-anual-mesofítica	Suroeste de EUA-Centroamérica	226	118	16	360
<i>C. ficifolia</i>	Cultivada-anual-mesofítica	Norte de México-Argentina-Chile	90	141	3	234
<i>C. moschata</i>	Cultivada-anual-mesofítica	Noreste de México-América del Sur	378	142	10	530
<i>C. pepo</i>	Cultivada/anual-mesofítica	(EUA, Canadá) Actualidad (México y Centroamérica)	164	88	3	255
<i>C. digitata</i>	Silvestre/perene-xerofítica	Sur EUA-Noreste de México	1	26		27
<i>C. cordata</i>	Silvestre/perene-xerofítica	Endémica de la Región Centro Sur Baja California	1	9		10
<i>C. palmata</i>	Silvestre/perene-xerofítica	Sur EUA-Noreste de México	0	23		23
<i>C. foetidissima</i>	Silvestre/perene-xerofítica	EUA-Centro de México	15	45		60
<i>C. pedatifolia</i>	Silvestre/anual-xerofítica	México-endémica	2	11		13
<i>C. radicans</i>	Silvestre/anual-mesofítica	México-endémica	0	18		18
<i>C. lundelliana</i>	Silvestre/anual-mesofítica	Sur de México-Nicaragua	1	23		24
<i>C. okeechobeensis</i>	Silvestre/anual-mesofítica	México	3	4		7
Total			881	648	32	1,561

*Whitaker y Bemis, 1964, Lira-Saade et al., 1995, McClung et al., 2001, Zheng et al., 2013.

Distribución real y potencial de especies cultivadas y silvestres

De las 12 especies: cuatro especies cultivadas y ocho silvestres (Cuadro 1), se obtuvo la distribución real conforme a los registros de colectas y herbarios, así como la distribución potencial por especie. Las coordenadas utilizadas fueron planas con proyección cónica conforme a Lambert, DATUM WGS1984. Para lo cual, se utilizó el programa ArcMap ver. 10.4. y MAXENT ver. 3.4.1.

Análisis de riqueza de especies cultivadas

Para la identificación de las áreas de mayor riqueza de las especies cultivadas, se realizó a través de DIVA-GIS ver 7.5. El tamaño de celda de salida fue de 0.3×0.3, aproximadamente de 33×33 km². Esto de acuerdo a capas en formato shape generadas por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la

Biodiversidad (CONABIO) e Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con escala 1:250000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los bancos de germoplasma designados por el SNICS, se resguardan 881 accesiones de las cuatro especies domesticadas que fueron colectadas del año 2009 al 2015. Se resguarda un mayor número de *C. argyrosperma* con 226 accesiones y con menor número *C. ficifolia* (90 accesiones) (Cuadro 1). El género *Cucurbita* se ha adaptado a las diferentes condiciones y desarrolla diferentes adaptaciones morfológicas como: el sistema radical (mesofíticas o xerofíticas), duración del ciclo de vida perenne o anual, color y morfología de la hoja, entre otras (Zheng et al., 2013).

Especies cultivadas (*C. pepo*, *C. argyrosperma*, *C. moschata* y *C. ficifolia*)

De acuerdo a los registros de colectas y herbario *C. pepo*, *C. argyrosperma*, y *C. moschata* en México presentan una distribución principalmente en agricultura de temporal, en la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y hacia el Sur de México. Por el contrario, *C. ficifolia* se localiza desde Nayarit hasta el sur de México. Destaca, los pocos registros en el altiplano norte (Chihuahuense) y sur (Zacatecano-Potosino) que en ninguna de las especies de acuerdo al análisis de distribución potencial presentan una alta probabilidad de presencia (Figura 1). No obstante, como lo señala Mera et al. (2011) falta realizar colectas en estas provincias biogeográficas, debido a que existen registros de su cultivo y uso.

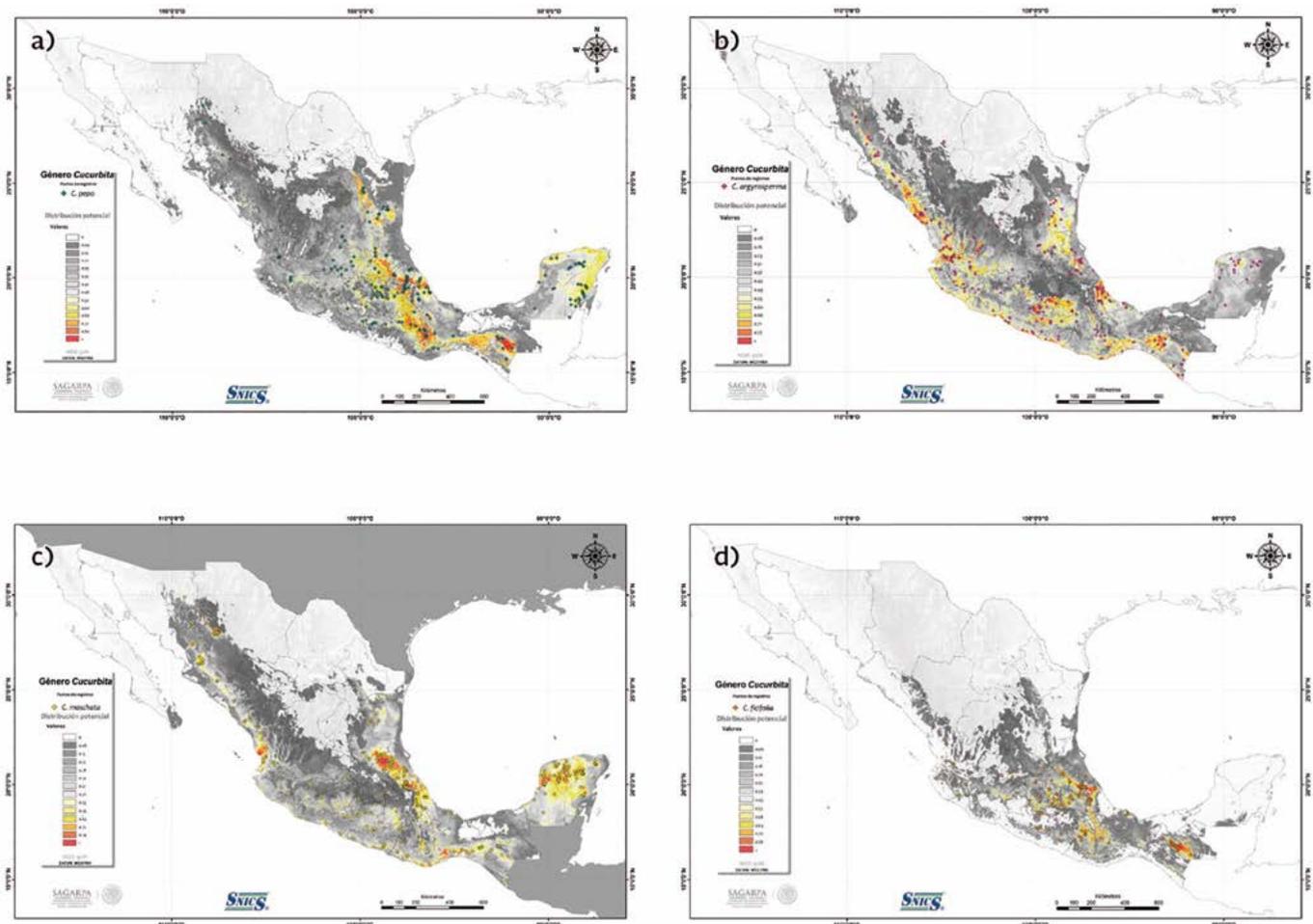


Figura 1. Distribución real y potencial de las especies cultivadas en México: a) *Cucurbita pepo* L., b) *C. argyrosperma* K. Koch, c) *C. moschata* Duchesne y d) *C. ficifolia* Bouché.

Villanueva (2007) señala que las especies cultivadas se distribuyen en intervalos y climas específicos: *C. pepo* en lugares con altitud superior a 1000 m, *C. argyrosperma* generalmente en zonas por debajo de los 1800 m, con climas cálidos y algo secos, *C. moschata* en lugares cálidos, con altitud menor de 1000 m y *C. ficifolia* en altitudes mayores de 1300 m. Por lo cual, las dos primeras especies *C. argyrosperma* y *C. pepo* se encuentran desde Estados Unidos de América (EUA) hasta Centroamérica. Por el contrario, *C. ficifolia* y *C. moschata* se encuentran desde el Norte de México hasta América del Sur. Además de presentar una amplia diversidad morfológica interespecífica e intraespecífica (Basurto-Peña et al., 2014 a, b; Hernández-Galeno et al., 2014). No obstante, Cerón (2010) señala que dentro de las cuatro especies cultivadas existe una reducida variabilidad genética. Además, ninguna de las especies está completamente aislada en términos reproductivos (Lira et al., 1995). La variabilidad observada puede ser explicada con base en los usos regionales específicos que se da a los frutos y a las semillas, los criterios de selección de semillas aplicados por

los agricultores y amas de casa, y por la naturaleza alógama de la especie con polinización por abejas (Canul Ku et al., 2005).

Las especies cultivadas presentan particularidades específicas, en el caso de *C. pepo* es la especie más antigua y la única especie mexicana que ha sido objeto de fitomejoramiento, a partir de la cual se han generado variedades comercializadas a nivel internacional. Por lo que, se siembra tanto a nivel comercial en monocultivo, a partir de semilla de variedades mejoradas; como al interior del sistema milpa por el uso de semilla criolla local (Hernández-Galeno et al., 2014; Basurto et al., 2014a). *C. moschata* es la que presenta la mayor diversidad morfológica y genética (Ruelas-Hernández et al., 2015) a diferencia de las otras especies en Oaxaca no se consumen las flores y guías (Basurto et al., 2014b). En el caso de *C. ficifolia* es la especie menos emparentada con las otras especies y aún se discute su origen y domesticación con menor variación genética y morfológica (Cerón, 2010). La única especie de las cultivadas

que puede sobrevivir y reproducirse sin la ayuda del hombre (Mera et al., 2011).

Áreas de mayor riqueza de especies cultivadas

En el presente análisis se localizaron siete áreas en las cuales coinciden las cuatro especies cultivadas: *C. argyrosperma* K. Koch, *C. ficifolia* Bouché, *C. moschata* Duchesne y *C. pepo* L, ubicados principalmente en el Eje neovolcánico y en el sur de México (Figura 2). Por lo cual, en términos de conservación in situ de la riqueza de especies cultivadas, se considera prioritarias dichas áreas. La presencia de más de tres especies cultivadas en áreas cercanas ha sido documentada en estudios realizados en Oaxaca, Puebla, Nayarit y Yucatán, señalan el cultivo de las cuatro especies en dichos estados (Basurto et al., 2014a; Hernández-Galeno et al., 2014, Canul Ku et al., 2005). De hecho, Basurto et al. (2014b), mencionan que en una misma parcela de productores de Oaxaca y Guerrero pueden encontrarse más de dos especies juntas.

Especies silvestres

En el caso de las ocho especies silvestres consideradas en el presente estudio se resguardan 23 accesiones de seis especies (Cuadro 1), en su mayoría de *C. foetidissima* (15 accesiones) en los bancos de germoplasma designados por el SNICS. De acuerdo a Lira et al. (1995) *C. cordata*, *C. pedatifolia*, *C. radicans* y *C. okeechobeensis* son endémicas de México, sin un número representativo de accesiones en resguardo en los bancos de germoplasma.

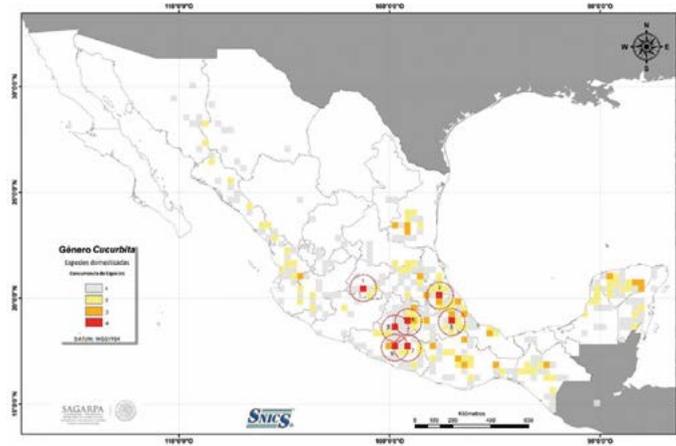


Figura 2. Análisis de riqueza de las especies cultivadas del Género *Cucurbita* (*Cucurbita pepo* L., *C. argyrosperma* K Koch, *C. moschata* Duchesne y *C. ficifolia* Bouché) en México.

Para el caso de las especies del Grupo Digitata, *C. digitata* y *C. palmata*, especies perennes-xerofíticas se localizan desde el Sur de EUA hasta el Noreste de México (Lira et al., 1995), de acuerdo a los registros en su mayoría de herbario (Cuadro 1), su distribución en México se restringe a los estados de Baja California, Sonora y parte de Sinaloa. Además, en el análisis de distribución potencial, el área probable de distribución en México se restringe en la misma región (Figura 3 a, c). En el caso de *C. cordata* especie endémica de la Región Centro Sur de Baja California (Lira et al., 1995), en el análisis realizado de distribución potencial no incrementa su distribución, queda dentro de la misma región (Figura 3 b).

Dichas especies habitan en condiciones de aridez extrema con periodos de sequía mayor a 20 meses (Lira et al., 1995). Han desarrollado diferentes características fenotípicas que les permiten adaptarse a estas condiciones como un color verde-grisáceo, plantas gruesas, largas raíces tuberiformes perennes de almacenamiento. Algunas especies retrasan el crecimiento vegetativo por varios años hasta tener las

condiciones óptimas de humedad para producir órganos aéreos. Además, las especies xerofíticas son relativamente uniformes porque su método de reproducción es asexual (Whitaker y Bemis, 1964). De acuerdo al análisis de evolución de las especies domesticadas y silvestres de *Cucurbita* realizado por Zheng et al. (2013), el clado basal está constituido por especies xerofíticas del sur de Es-

tado Unidos de América y México (*C. palmata*, *C. digitata* y *C. cordata*), por cual pertenecen a las especies más antiguas.

En el caso de las especies *C. pedatifolia* (anual-xerofítica) y *C. radicans* (anual y mesofítica), del Grupo Foetidissima son especies endémicas de México (Lira et al., 1995). De acuerdo al análisis de distribución potencial es altamente probable encontrar ambas especies hacia el sur de México, principalmente entre Puebla, Oaxaca y Chiapas en caso de la primera (Figura 3 e, f). Por el contrario, *C. foetidissima* perenne y xerofítica, presenta una distribución amplia, se distribuye del Eje Neovolcánico hacia norte de México y de acuerdo al análisis de distribución potencial tiene probabilidades de encontrarse en Puebla y Oaxaca (Figura 3 d). En el análisis filogenético realizado por Zheng et al. (2013) identificó la cercanía de esta especie con *C. pedatifolia* y la mesofítica *C. ficifolia*.

En el caso de *C. okeechobeensis* existen solo tres accesiones en los bancos de germoplasma del SNICS. De acuerdo al análisis de distribución potencial existen altas

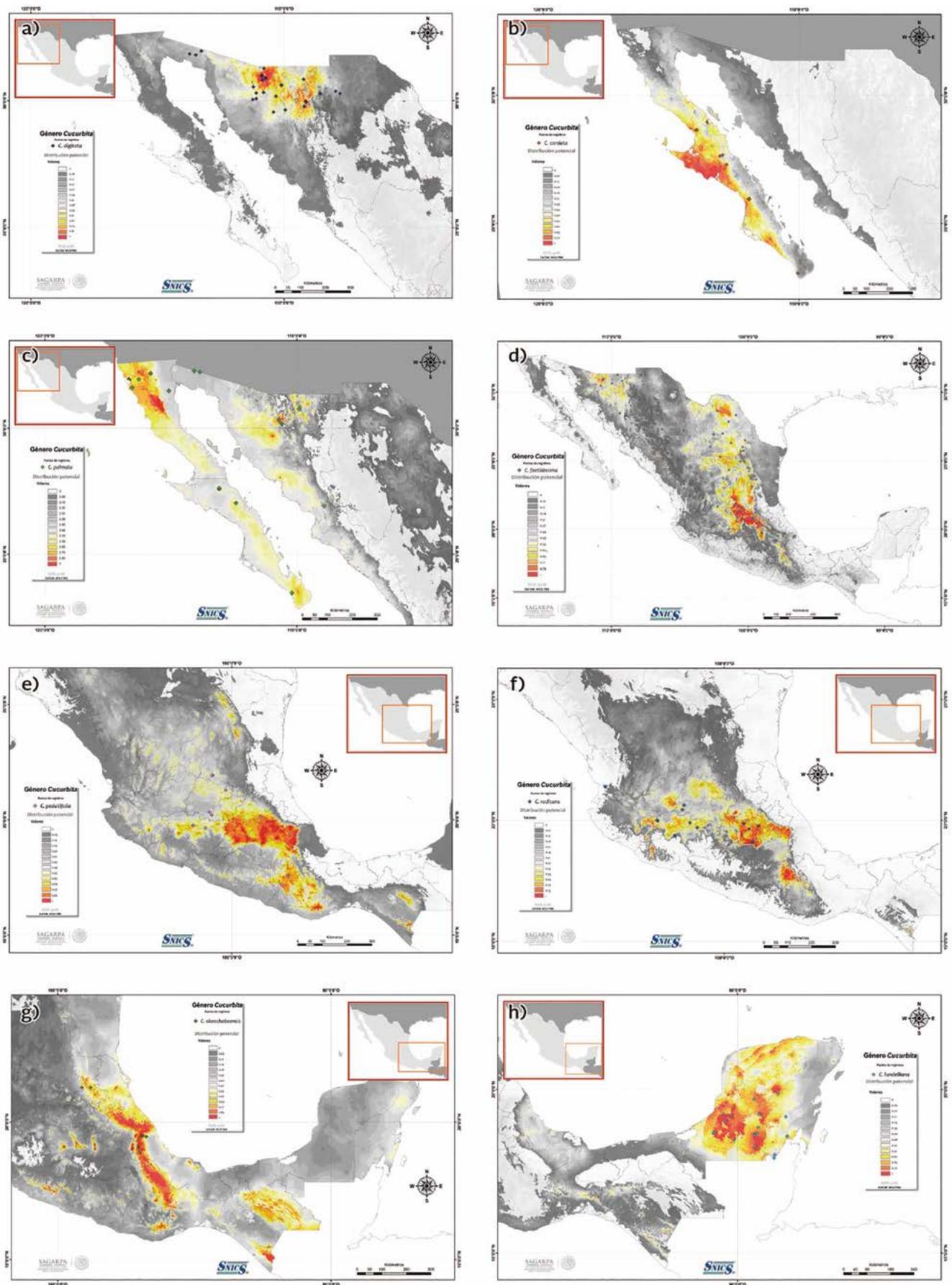


Figura 3. Distribución real y potencial de especies silvestres del Género Cucurbita presentes en México: a) *C. digitata*, b) *C. cordata*, c) *C. palmata*, d) *C. foetidissima*, e) *C. pedatifolia*, f) *C. radicans*, g) *C. okeechobeensis* y h) *C. lundelliana*.

probabilidades de localizarla desde San Luis Potosí, hasta el Sur de Chiapas (Figura 3 g). Puede encontrarse desde el nivel del mar hasta los 1500 m a las orillas de arroyos o en zonas con vegetación primaria o secundaria, cafetales, plantaciones de caña de azúcar y otros cultivos (Lira et al., 1995).

En el caso de la especie anual *C. lundelliana* de acuerdo a los registros de herbario y accesiones conservadas, en México se localiza principalmente en la Península de Yucatán, y su distribución potencial queda dentro de la misma región de México (Figura 3 h). No obstante, su distribución puede ampliarse hasta Nicaragua, en bosques tropicales perennifolios y subperennifolios de climas cálidos-húmedos o subhúmedos (Lira et al., 1995). Tiene un amplio espectro de compatibilidad con las especies mesofíticas y es compatible con las especies cultivadas (Whitaker y Bemis, 1964).

Como puede observarse las especies silvestres presentan una distribución específica en ciertas regiones, por ejemplo, el Grupo Digitata se restringe hacia el noreste de México, *C. lundelliana* hacia el sur de México. Whinker y Bemis (1964), señalaron que los dos grupos mesofíticas y xerofíticas son grupos separados genética y geográficamente.

CONCLUSIONES

Se considera que para la identificación de áreas y especies prioritarias para la definición de estrategias de conservación *in situ*, se requiere llevar a cabo estudios representativos de diversidad morfológica, genética, etnobotánica de todas las especies cultivadas y silvestres que se distribuyen en México. De las especies cultivadas, es prioritario definir e implementar estrategias de conservación *in situ* en *C. pepo* L, debido a que es la única especie que se utiliza con fines comerciales y es susceptible de sufrir erosión genética por el reemplazo de las variedades criollas por variedades mejoradas. En el caso de las especies silvestres lo prioritario es conocer la situación actual que guardan, las especies endémicas (*C. cordata*, *C. pedatifolia*, y *C. radicans*) para definir estrategias de conservación *in situ*. En relación a la conservación *ex situ* de acuerdo al análisis de distribución potencial, se considera que no se tiene la representatividad de ninguna especie cultivada y silvestre en los bancos de germoplasma designados por el SNICS. Se requiere verificar que efectivamente no existan especies de calabaza cultivadas en el altiplano norte (Chihuahuense) y sur (Zacatecano-Potosino).

AGRADECIMIENTO

Red Temática Mexicana de Recursos Fitogenéticos del CONACYT. Proyecto Número 294968 de la convocatoria de Redes Temáticas del año 2018.

LITERATURA CITADA

- Basurto-Peña F., Castro-Lara D., Martínez-Moreno D., Rodríguez-Ramírez T., Peralta-Rodríguez L. 2014a. Uso y manejo de las calabazas cultivadas (*Cucurbita* spp) en el estado de Puebla. *Agroproductividad* (7): 44-49.
- Basurto-Peña F., Castro-Lara D., Mera-Ovando L.M., Juárez-Castro T. 2014b. Etnobotánica de las calabazas cultivadas (*Cucurbita* spp) en valles centrales de Oaxaca, México. *Agroproductividad* (7): 47-53.
- Canul-Ku J., Ramírez-Vallejo P., Castillo-González F., Chávez-Servia J.L. 2005. Diversidad morfológica de calabaza, cultivada en el centro-oriente de Yucatán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* (28): 339-349.
- Cerón G.L., Legaria-Solano J.P., Villanueva-Verduzco C., Sahagún-Castellanos J. 2010. Diversidad genética en cuatro especies mexicanas de calabaza. *Revista Fitotecnia Mexicana* (33): 189-196.
- Hernández-Galeno C. del A., Flores-Zárate M., Castro-Lara D., Vera-Sánchez K.S., Toledo-Aguilar R. 2014. Diversidad y Distribución de calabazas (*Cucurbita* spp) en Guerrero, México. *Agroproductividad* (7): 40-46.
- Lira R.C., Andrés T.C., Nee M. 1995. *Cucurbita In*: R. Lira (ed). Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Económica: *Cucurbita*, *Sechium*, *Sicana* y *Cyclanthera*. Systematic and ecogeographic studies in crop gene pools. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 1-115 p.
- McClung de Tapia E., Martínez-Yrizar D., Acosta G., Zalaquet F., Robitaille E.A. 2001. Nuevos fechamientos para las plantas domesticadas en el México Prehispánico. *Anales de Antropología* (35): 126-156.
- Mera L.M., Bye-Boettler R.A., Villanueva-Verduzco C., Luna-Mera A. 2011. Documento de diagnóstico de las especies cultivadas de *Cucurbita* L. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 79 p.
- Ruelas-Hernández P.G., Aguilar-Castillo J.A., García-Paredes J.D., Valdivia-Bernal R., López-Guzmán G.G. 2015. Diversidad morfológica de especies cultivadas de calabaza (*Cucurbita* spp) en el estado de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (6): 1845-1856.
- Villanueva V.C. 2007. Calabazas cultivadas. Identificación de especies, caracterización y descripción varietal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 123 p.
- Sanjur O.I., Peperno D.R., Andres T.C., Wessel-Beaver L. 2002. Phylogenetic relationships among domesticated and wild species of *Cucurbita* (Cucurbitaceae) inferred from a mitochondrial gene: implications for crop plan evolution and areas of origin. *Evolution* (99): 535-540.
- Whitaker T.W., Bemis W.P. 1964. Evolution in the genus *Cucurbita*. *Evolution* (18):553-559.
- Zheng Y.H., Alverson A.J., Wang Q.F., Palmer J.D. 2013. Chloroplast phylogeny of *Cucurbita*: Evolution of the domesticated and wild species. *Journal of Systematics and Evolution* 51 (3):326-334.

EL ESTUDIO GENÓMICO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.); BREVE RECOPIACIÓN DE SUS BASES CONCEPTUALES

THE GENOMIC STUDY OF CACAO (*Theobroma cacao* L.): BRIEF RECOPIATION OF ITS CONCEPTUAL BASES

Ricaño-Rodríguez, J.^{1*}; Ramos-Prado, J. M.¹; Cocolletzi-Vásquez, E.²; Hipólito-Romero, E.¹

¹Universidad Veracruzana, Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes, Campus USBI, Col. Emiliano Zapata, Xalapa, Veracruz, México.

*Autor de Correspondencia: jricano@uv.mx

ABSTRACT

The cacao plant (*Theobroma cacao* L.) has been cultivated since more than 2,000 years ago by different Mesoamerican cultures. This species represents a significant biocultural resource for the world, due mostly to its importance in the production and commercialization of chocolate. Nowadays, the use and application of genomic tools make relatively possible the characterization of "genotypes" as well as the elucidation of genetic differences between hundreds of individuals at the population level. Current methods of molecular diagnosis, such as microarrangements, massive sequencing of new generation, assemblage and annotation of genomes and genetic expression, help generate data, as well as programming languages and mathematical algorithms that are used in biotechnological processes, whose objective is to improve the understanding and exploitation of the biology of this type of specimens.

Keywords: *Theobroma cacao*, biotechnology, genomics, bioinformatics.

RESUMEN

La planta de cacao (*Theobroma cacao* L.) ha sido cultivada desde hace más de 2,000 años por distintas culturas Mesoamericanas. Esta especie representa un recurso biocultural significativo para el mundo, debido principalmente a su importancia en la producción y comercialización del chocolate. Hoy en día, el uso y aplicación de herramientas genómicas facilitan relativamente la caracterización de "genotipos" al igual que la dilucidación de diferencias genéticas entre cientos de individuos a nivel poblacional. Métodos actuales de diagnóstico molecular, como microarreglos, secuenciaciones masivas de nueva generación, ensamblado y anotación de genomas y expresión génica, ayudan a la generación de datos, así como lenguajes de programación y algoritmos matemáticos que son utilizados en procesos biotecnológicos, cuya finalidad es mejorar el entendimiento y explotación de la biología de este tipo de especímenes.

Palabras clave: *Theobroma cacao*, biotecnología, genómica, bioinformática.

INTRODUCCIÓN

Theobroma cacao L., es una especie tropical de naturaleza diploide. Debido a que es explotada por alrededor de seis millones de agricultores en todo el mundo, y es un medio de subsistencia de más de 40 millones de personas, posee una importancia económica global considerable (Wickramasuriya y Dunwell, 2017; Beg *et al.*, 2017). Se cree que su cultivo se originó en la cuenca amazónica, y hoy en día es explotado en muchas regiones de los trópicos húmedos. La mayor parte de la producción mundial de cacao (a.c. 90%) proviene de pequeños agricultores. Actualmente se conocen más de 20 especies dentro del género *Theobroma* L., y *T. cacao*, (Figura 1) es el único linaje que se cultiva de manera extensiva (Hipólito-Romero *et al.*, 2017).

Esta especie se reagrupa en tres variedades genéticas que delimitan de manera respectiva sus características morfológicas y anatómicas: *i.e.* cacao criollo (*T. cacao* spp. *Criollo*), forastero (*T. cacao* spp. *Sphaerocarpum*) y trinitario. De éstas, la variedad criolla es bien conocida por su calidad organoléptica deseable y proporciona la materia prima con la que se producen los chocolates de sabor fino que representan hasta el 10% de la producción mundial. Hoy en día, la mayor parte de la producción total de chocolate (a.c. 80%) proviene del tipo de cacao forastero; tal variedad se ve favorecida sobre la criolla por su naturaleza resistente a ciertas enfermedades, además de su alto rendimiento. Por otra parte, los frutos son relativamente más baratos que los de tipo criollo. La tercera variedad genética; trinitaria, es un híbrido producido a partir de cruzamientos entre las variedades criollas y forasteras, y se cultiva en muchas partes de Centro y Sudamérica, África, Sudeste Asiático y Oceanía. Lo anterior debido a su aroma característico, buena productividad y resistencia a diversas enfermedades (Pridmore *et al.*, 2000).

El genoma del cacao es relativamente pequeño y se encuentra organizado en diez cromosomas; es decir, que su tamaño es aproximadamente del doble que el de *Arabidopsis thaliana*, un modelo ecotipo de dicotiledónea utilizado ampliamente

en estudios de genética aplicada. De acuerdo con Motamayor *et al.* (2013), el genoma de la variedad de cacao más cultivada en el mundo; el clon de *T. cacao* Matina 1-6, posee un tamaño aproximado de 445 Mpb (millones de pares de bases), el cual es considerablemente más grande que el genoma de la variedad criolla (430 Mpb) previamente descrita por Argout *et al.* (2011). Así, la información obtenida de este último genoma sugiere la presencia de 28,798 genes que transcriben más de 682 familias de proteínas en el cacao. Muchos de estos transcritos se encuentran relacionados con mecanismos de resistencia a enfermedades, biosíntesis de lípidos, rutas biosintéticas de flavonoides y terpenoides, y de manera general; cientos de compuestos elicitors que conjuntamente conforman el metaboloma de la especie.

A la luz de dichas consideraciones, distintas herramientas bioinformáticas actuales como; (1) búsqueda de alineamientos básicos locales y dominios conservados, (2) generación de bases de datos de familias de proteínas, (3) ensamblado y anotación de genomas, entre otras; llevan a cabo de manera conjunta la dilucidación de la variabilidad genética, filogenia evolutiva, así como transcriptoma, proteoma, secretoma y metaboloma de cientos de especies de interés agronómico.

Propuestas sobre el origen y diversidad genética del cacao

La diversidad genética del cacao ha sido estudiada a través de marcadores moleculares como: isoenzimas, ADN mitocondrial y de cloroplastos, RFLP; Polimorfismo de Longitud de Fragmentos de Restricción, al igual que RAPD; Amplificación Aleatoria de ADN Polimórfico, entre otros (Santana *et al.*, 2016). El principal interés en realizar este tipo de indagación se origina a partir de la necesidad de conocer la diferencia

entre las variedades criollas y forasteras. Por otra parte, un segundo punto de partida es el antecedente de que la mayor diversidad de especímenes de cacao se encuentra entre regiones adyacentes a Sudamérica y la cuenca amazónica (Whitkus *et al.*, 1998). La amplia diversidad genética de plantas de cacao de esta última región, aunado a sus notables características morfológicas y resistencia a



Figura 1. Árbol de cacao en etapa de desarrollo temprano (*Theobroma cacao* L.). Fotografía tomada en el rancho El Papayal, Mpio. de Nautla, Veracruz.

enfermedades, fortalecen la hipótesis de que dicho lugar es el centro de diversidad y posible origen de todas las especies (Chessman, 1944). Es así, que de manera previa ya se habían registrado ciertas diferencias entre las variedades criollas y forasteras, sin embargo, debido a las aparentes comparaciones tempranas entre ambos tipos de frutos, Cuatrecasas (1964) fortaleció la hipótesis de una posible diferenciación natural de especímenes entre ambas regiones. Los estudios antes mencionados implicaron el registro de características de plantas nativas.

De acuerdo con Whitkus et al. (1998), las poblaciones de cacao representan un único segmento de diversidad genética, ya que al menos las poblaciones del sureste de México se componen de 12 alelos únicos agrupados que son significativamente diferentes de otros tipos de cacao. Respecto al origen y distribución de las variedades domesticadas, actualmente existen dos hipótesis que sugieren su diversidad poblacional. La primera de ellas; es que las poblaciones nativas de cacao existieron exclusivamente en América del sur. La variedad criolla predecesora fue transportada por los humanos desde la cuenca alta del Amazonas hasta Mesoamérica, donde fue eventualmente domesticada por los Mayas, o bien, por sus antecesores hace más de dos mil años (Motamayor et al., 2002). Por otra parte, como ya fue mencionado; Cuatrecasas (1964) sugiere que el cacao tuvo una distribución geográfica natural desde la región amazónica hasta el sureste de México como es común en muchos géneros de árboles neotropicales.

Motamayor et al. (2002) propusieron que el cacao criollo ancestral representa el grupo original de este tipo de cultivos, aunque no representa una subespecie separada que probablemente fue originada a partir de algunos individuos en América del sur y, que en un futuro pudieron ser dispersadas por el hombre en América central. La clasificación más reciente del germoplasma del cacao realizada por Motamayor et al. (2008) agrupa 10 clústeres principales basándose en estudios de diferenciación de geografía y genética poblacional, siendo estos: Marañón, Curaray, Criollo, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Purús y Nacional y Guiana. Finalmente, en relación con los cacaos mexicanos, Avendaño et al. (2010) describieron 20 varietales distintos, los cuales son: varietal Carmelo, YUC-I, Lagarto, AGG-26, CRIM-21, CRIM-22, CRIM-30, CRIM-36, CRIM-38, CHRIM-10, FRIM-20, CRIM-24, CRIM-44, CRIM-56, CRIM-88, CRIM-I05, Lacandón-17, Lacandón-28, Loxicha y TAJR. Para tal clasificación se emplearon 42 descriptores provenientes de frutos, hojas, flores y semillas, propuestos por el INIFAP ante la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas.

Secuenciaciones genómicas masivas de siguiente generación y su importancia en el estudio del cacao

La versión actualizada del genoma de la variedad criolla de cacao cuenta con la anotación del 99% de sus genes anclados a sus 10 cromosomas (Chromosome-Anchored Genes). Lanzada en enero de 2017 en su segunda versión, ésta se encuentra disponible en el sitio electrónico "Cocoa Genome Hub" (<http://cocoa-genome-hub.southgreen.fr/>). La disponibilidad de genomas completos de distintas variedades de cacao (Argout et al., 2011; Motamayor et al., 2013) permiten la identificación y caracterización de

nuevos genes de interés para los biotecnólogos y, por consiguiente, para los productores. Así también, dicha tarea contribuye al desarrollo de marcadores moleculares para futuras selecciones asistidas de genes objetivo (target genes) (Lopes et al., 2011).

La liberación de secuencias del genoma del cacao también ha proporcionado un camino para la identificación rápida, así como la caracterización funcional y estructural de muchas familias de genes, a través de vías de simulación computacional (in silico) y análisis de expresión. Por ejemplo, recientemente se han identificado y caracterizado tres proteínas tipo-legumain (*i.e.* proteasa cisteína-lisosomal; EC 3.4.22.34) denominadas TcLEG3, TcLEG6 y TcLEG9 de manera respectiva, que desempeñan diversos papeles en la muerte celular programada, germinación y desarrollo de semillas. Dichas predicciones fueron logradas mediante análisis in silico, modelos tridimensionales y estudios de expresión génica (Santana et al., 2016). Por otra parte, el análisis extensivo de una familia de genes relacionados con la patogénesis (PR-Genes) en el genoma de *T. cacao*, ha permitido la identificación de un conjunto de transcritos hipotéticos que probablemente participan en la mediación de respuestas de defensa (R-Genes; genes tipo R) contra fitopatógenos (Figura 2) de interés comercial, como; *Phytophthora palmivora* (Maora et al., 2017) y *Colletotrichum theobromicola* (Fister et al., 2016a). Las matrices construidas a partir de bibliotecas sustractivas también se han utilizado en investigaciones de respuestas moleculares en el desarrollo de la enfermedad de la mazorca negra (Legavre et al., 2015).

En términos de objetivos de reproducción, se sabe que los genes tipo R pueden dividirse en dos categorías principales. La primera está asociada a la resistencia al estrés biótico y la segunda hace referencia a los organismos patógenos (Jones y Dangl, 2006). Por citar un ejemplo, algunos métodos de diagnóstico molecular como MALDI-TOF MS (i.e. Espectrometría de Masas por Desorción/Ionización Láser Asistida por Matriz) se aplican de manera regular para la identificación rápida de *Moniliophthora perniciosa*, *P. palmivora*, *Phytophthora capsici*, *Phytophthora citrophthora*, *Phytophthora heveae*, *Ceratocystis cacaofunesta*, *Cyanophora paradoxa* y *Ceratocystis fimbriata* (dos Santos et al., 2017). Otro ejemplo concerniente a los agentes infecciosos que afectan al cacao y la importancia de su estudio molecular; es el virus CSSV (Cacao Swollen-Shoot Virus) de doble cadena de ADN y que pertenece al género Badnavirus (Muller, 2016). Éste se transmite en gran medida por chinches harinosas y aunque se han realizado esfuerzos para erradicar el problema mediante prácticas culturales, aún no se ha tenido éxito considerable alguno.

Es importante mencionar que las colecciones más grandes de germoplasma de cacao se encuentran en el Banco Internacional de Genes de Cacao de Trinidad (International Cocoa Genebank, Trinidad) (ICG, T) y pueden ser consultadas en la dirección electrónica correspondiente: <https://sta.uwi.edu/cru/index.asp> (2400 accesiones). Asimismo, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica (<https://www.catie.ac.cr/en/>), posee una colección cercana a 1146 accesiones al igual que el Centro Internacional de Cuarentena del Cacao, ubicado en la Universidad de Reading, Reino Unido (<http://www.icgd.reading.ac.uk/icqc/>).

La interacción biotrófica entre *Moniliophthora perniciosa* y *Theobroma cacao* vista desde un enfoque molecular

La enfermedad del cacao denominada escoba de bruja (Witches' Broom Disease), causada por el hongo hemibiotrófico *M. perniciosa*, es una de las más devastadoras enfermedades de *T. cacao*. En contraste con otras interacciones hemibiotróficas, la etapa biotrófica de este fitopatógeno dura varios meses y es responsable de los síntomas más distintivos de la enfermedad, que comprenden entre otros; notables cambios morfológicos drásticos en los brotes infectados. Mediante enfoques duales de RNA-seq; secuenciación de RNA, es posible realizar aproximaciones a respuestas transcriptómicas completas de manera simultánea tanto en el cacao



Figura 2. A) Fruto de cacao infectado por *Phytophthora* sp., B) Micelio de hongo fitopatógeno colonizando tejido de cacao interno. Fotografía tomada en el rancho El Papayal, Mpio. de Nautla, Veracruz.

como en *M. perniciosa* durante su interacción biotrófica. La infección de *M. perniciosa* desencadena la reprogramación metabólica masiva en los tejidos enfermos del cacao y, aunque aparentemente vigorosos, los brotes infectados se comportan como estructuras energéticamente demandantes que se caracterizan por la inducción de respuestas de defensa muchas veces ineficaces, y bajo una clara privación de carbono (Legavre et al., 2015). De acuerdo con Teixeira et al. (2014), la infección culmina con el establecimiento de un proceso de senescencia en el hospedador, que señala el final de la etapa biotrófica de *Moniliophthora*.

Es de esta manera que los estudios transcriptómicos de los organismos fitopatógenos han ayudado en gran medida a caracterizar las etapas de nutrición fúngica y estrategias de infección que a su vez permiten identificar efectores hipotéticos de virulencia (Jones y Dangl, 2006). Curiosamente, *M. perniciosa* desarrolla una infección parasitaria a largo plazo que orquesta cambios en el metabolismo de la planta para aumentar la disponibilidad de nutrientes solubles antes de la muerte de dicho hospedador. Todo lo anterior, tiene lugar gracias a la interacción biotrófica en la que destaca la expresión

de diversos transcritos como: citoquinina deshidrogenasa1, glicósido hidrolasa familia19, inhibidor de proteínas I3, thaumatina relacionada con patogenicidad, glutatión S-transferasa C-extremo terminal, lacasa, aquaporina, proteína no apical meristemática, desaturasa de ácidos grasos tipo1, proteína de enlace clorofilal A-B y reductasa ferredoxina, entre otras (Teixeira et al., 2014).

Repositorios disponibles para el estudio genómico/funcional del cacao

Las herramientas bioinformáticas de acceso libre al igual que las bases de datos electrónicas, contribuyen de manera notable al desarrollo de investigaciones enfocadas en profundizar en el campo de las “ómicas” (i.e. neologismo inglés que hace referencia al estudio de la genómica, proteómica, metabolómica y transcriptómica, entre otras) y de ese modo implementar mejoras en los cultivos.

En el Cuadro 1 se muestra una lista de algunas herramientas informáticas/bases de datos de libre acceso para el público en general, donde se puede consultar

información referente al cacao; ya sea desde estudios genómicos hasta las principales enfermedades que lo afectan. La última versión del genoma de cacao está disponible en: Cacao Genome Database (CGD, <http://www.cacaogenomedb.org/>), la cual fue desarrollada en colaboración con MARS, USDA; Marketing Analysis & Reporting Services, U. S. Department of Agriculture/ARS; Agriculture Research Service, IBM; International Business Machines, Instituto de Genómica de la Universidad de Clemson, PIPRA; Public Intellectual Property Resource for Agriculture, HudsonAlpha Instituto de Biotecnología, Centro Nacional de Recursos Genómicos, Universidad de Indiana y la Universidad del Estado de Washington—Main Lab Bioinformatics. Asimismo, existen herramientas para el análisis genómico relativamente fáciles de utilizar como es el caso de “BLAST”; Basic Local Alignment Tool (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) que permite encontrar regiones similares entre grupos de secuencias biológicas.

La herramienta “Gbrowse” (<http://gmod.org/wiki/Gbrowse>) es otro algoritmo que trabaja combinando bases de

Cuadro 1. Lista de algunos repositorios disponibles para el estudio genómico/funcional del cacao.

Fuente	URL
International Cocoa Germplasm Database (ICGD)	http://www.icgd.reading.ac.uk/index.php
Cocoa Genome Hub	http://cocoa-genome-hub.southgreen.fr/
CocoaGenDB	http://cocoagendb.cirad.fr/
Dicots PLAZA 3.0	http://bioinformatics.psb.ugent.be/plaza/versions/plaza_v3_dicots/organism/view/Theobroma+cacao
Ensembl Plants	http://plants.ensembl.org/Theobroma_cacao/Info/Index
Cacao Genome Database	http://www.cacaogenomedb.org/
CacaoNet—Global Network for Cacao Genetic Resources	https://sites.google.com/a/cgxchange.org/cacaonet/home/partners-of-cacaonet
CEMID—Cocoa EST Marker Information Database	http://riju.byethost31.com/cocoa/?ckattemp=1
Phytozome v11.0	https://phytozome.jgi.doe.gov/pz/portal.html?info?alias=Org_Tcacao
Witches' Broom Disease Transcriptome Atlas	http://bioinfo08.ibi.unicamp.br/wbdatlas/
GenBank NCBI	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/?term=cocoa
Global Consumption Database	http://datatopics.worldbank.org/consumption/
Decoding the Cocoa Genome	https://www.cirad.fr/en/our-research/research-results/2010/decoding-the-cocoa-genome
Integrated Taxonomic Information System	https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt
UniProtKB	http://www.uniprot.org/uniprot/?query=Cocoa&sort=score
Ancient Cacao Map	http://en.ancientcacao.com/
Biodiversity International	https://www.biodiversityinternational.org/news/detail/mapping-the-biodiversity-status-of-over-10000-ghanaian-cocoa-farms/
The American Phytopathological Society	https://www.apsnet.org/publications/commonnames/Pages/Cacao.aspx
National Center for Genome Resources	http://www.ncgr.org/
Fundación Cacao México	http://www.cacaomexico.org/

Nota: Direcciones de sitios electrónicos actualizados hasta abril de 2018.

datos y páginas web interactivas para la manipulación y despliegue de anotaciones de genomas (Wickramasuriya y Dunwell, 2017). Por último, pero no menos importante, un recurso también destacable en el estudio de la genómica funcional es "UniProt"; Universal Protein Resource (<http://www.uniprot.org/>), repositorio informático para la secuenciación y anotación de proteínas. De esta manera, Uniprot es el resultado de un proyecto que surgió de la colaboración entre EMBL-EBI; Instituto Europeo de Bioinformática (<https://www.ebi.ac.uk/>), SIB; Instituto Suizo de Bioinformática (<https://www.sib.swiss/>) y PIR; Protein Information Resource (<https://pir.georgetown.edu/>).

CONCLUSIONES

La generación masiva de datos genómicos ha incrementado de manera sobresaliente en las últimas dos décadas, gracias al avance de las tecnologías de la información y el desarrollo de algoritmos cada vez más precisos, que, aunado a la actual tecnología de secuenciación genética de siguiente generación, permiten dilucidar los fenotipos de miles de especies. El género *Theobroma* además de ser considerado un recurso biocultural de suma importancia, trasciende al formar parte de los modelos de estudio bioinformáticos recientes, los cuales complementan el conocimiento de la fisiología y genómica funcional de estos especímenes. En conjunto, una correcta aplicación biotecnológica y agronómica de estos datos generados, permitirá llevar a cabo la explotación de dicho recurso bajo un enfoque sostenible y en beneficio de la sociedad, además de contribuir al conocimiento teórico-práctico de su naturaleza, al igual que un manejo integrado de las plagas fitopatógenas que lo aquejan.

AGRADECIMIENTOS

Al Cuerpo Académico UV-CA-263 Manejo y Conservación de Recursos Bioculturales de la Universidad Veracruzana. A la empresa NESTLÉ a través del Plan Cacao NESTLÉ de México. A la Dirección General de Superación Universitaria del Gobierno de México por otorgar el apoyo de Incorporación de NPTC al Dr. Jorge Ricaño Rodríguez, a través del Programa para el Desarrollo Profesional Docente para el Tipo Superior (PRODEP).

LITERATURA CITADA

Avendaño-Arrazate C. H., Ogata-Aguilar N., Gallardo-Méndez R. A., Mendoza-López A., Aguirre-Medina J. F., Sandoval-Esquivel A. 2010. Cacao Diversidad en México. Publicación especial N° 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas

y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas, México, 86 p.

- Argout X., Salse J., Aury J. M., Guiltinan M. J., Droc G., Gouzy J., Allegre M. et al. 2011. The genome of *Theobroma cacao*. *Nature Genetics* 43: 101-108.
- Beg M. S., Ahmad S., Jan K., Bashir K. 2017. Status, supply chain and processing of Cocoa - a review. *Trends in Food Science and Technology* 66: 108-116.
- Cheesman E. E. 1944. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. *Tropical Agriculture* 21: 144-159.
- Cuatrecasas J. 1964. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contributions from the United States National Herbarium* 35: 379-614.
- Fister A. S., Mejia L. C., Zhang Y., Herre E. A., Maximova S. N., Guiltinan M. J. 2016a. *Theobroma cacao* L. pathogenesis-related gene tandem array members show diverse expression dynamics in response to pathogen colonization. *BMC Genomics* 17, 363.
- Hipólito-Romero E., Carcaño-Montiel M. G., Ramos-Prado J. M., Vázquez-Cabañas E. A., López-Reyes L., Ricaño-Rodríguez J. 2017. Efecto de inoculantes bacterianos edáficos mixtos en el desarrollo temprano de cultivares mejorados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un sistema agroforestal tradicional del norte de Oaxaca, México. *Revista Argentina de Microbiología* 49(4): 356-365.
- Jones J. D., Dangl J. L. 2006. The plant immune system. *Nature* 444: 323-329.
- Legavre T., Ducamp M., Sabau X., Argout X., Fouet O., Dedieu F., Surujdeo-Maharaj S. et al. 2015. Identification of *Theobroma cacao* genes differentially expressed during *Phytophthora megakarya* infection. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 92: 1-13.
- Lopes U. V., Monteiro W. R., Pires J. L., Clement D., Yamada M. M., Gramacho K. P. 2011. Cacao breeding in Bahia, Brazil: strategies and results. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 11: 73-81.
- Maora J., Liew E., Guest D. 2017. Limited morphological, physiological and genetic diversity of *Phytophthora palmivora* from cocoa in Papua New Guinea. *Plant Pathology* 66: 124-130.
- Motamayor J. C., Risterucci A. M., Lopez P. A., Ortiz C. F., Moreno A., Lanaud C. 2002. Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89: 380-386.
- Motamayor J. C., Lachenaud P., da Silva e Mota J. W., Loor R., Kuhn D. N., Brown J. S., Schnell R. J. 2008. Geographic and genetic population differentiation of the amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE* 3(10): e3311.
- Motamayor J. C., Mockaitis K., Schmutz J., Haiminen N., Livingstone D., Cornejo O., Findley S. D. et al. 2013. The genome sequence of the most widely cultivated cacao type and its use to identify candidate genes regulating pod color. *Genome Biology* 14: r53.
- Muller E. 2016. Cacao Swollen Shoot Virus (CSSV): history, biology, and genome, en: *Cacao Diseases*. Eds Bailey B. A. and Meinhardt L. W. Switzerland Springer International Publishing. 358 p.
- Pridmore R. D., Cruzillat D., Walker C., Foley S., Zink R., Zwahlen M. C., Brussow H. 2000. Genomics, molecular genetics and the food industry. *Journal of Biotechnology* 78: 251-258.

- Santana J. O., Freire L., de Sousa A. O., Fontes Soares V. L., Gramacho K. P., Pirovani C. P. 2016. Characterization of the legumains encoded by the genome of *Theobroma cacao* L. *Plant Physiology and Biochemistry* 98: 162-170.
- dos Santos F. N., Tata A., Belaz K. R. A., Magalhaes D. M. A., Luz E. D. M. N., Eberlin M. N. 2017. Major phytopathogens and strains from cocoa (*Theobroma cacao* L.) are differentiated by MALDI-MS lipid and/or peptide/protein profiles. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 409: 1765-1777.
- Teixeira P. J., Thomazella D. P., Reis O., do Prado P. F., do Rio M. C., Fiorin G. L., José J., Costa G. G., Negri V. A., Mondego J. M., Mieczkowski P., Pereira G. A. 2014. High-resolution transcript profiling of the atypical biotrophic interaction between *Theobroma cacao* and the fungal pathogen *Moniliophthora perniciosa*. *Plant Cell*. 11: 4245-69.
- Whitkus R., de la Cruz M., Mota-Bravo L., Gómez-Pompa A. 1998. Genetic diversity and relationships of cacao (*Theobroma cacao* L.) in southern México. *Theoretical and Applied Genetics* 96: 621-627.
- Wickramasuriya A. M., Dunwell J. M. 2017. Cacao biotechnology: current status and future prospects. *Plant Biotechnology Journal* 1: 1-14.



PRODUCCIÓN DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) EN ALTA DENSIDAD DE PLANTACIÓN, COMO ALTERNATIVA PARA PRODUCTORES CON SUPERFICIES REDUCIDAS

SOURSOP (*Annona muricata* L.) PRODUCTION IN HIGH DENSITY PLANTING AS ALTERNATIVE FOR PRODUCERS WITH REDUCED SURFACES

Reyes-Montero, J. A.¹; Aceves-Navarro, E.^{1*}; Caamal-Velázquez, J. H.¹; Alamilla-Magaña, J.C.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Km 17.5 Carretera Federal Haltunchen-Edzna, Sihochac, Champotón, Campeche.

*Autor de correspondencia: everardo.aceves@colpos.mx

ABSTRACT

In Mexico, 63 % of producers cultivate less than five agricultural hectares, which is why it is important to design and develop strategies to increase productivity in small surfaces. Results are presented in this study of research performed from 2015 to 2017, in a soursop (*Annona muricata* L.) orchard established with high density planting of 2,222 plants ha⁻¹ (3×1.5 m). The study began when the plants were eight years of age and concluded at the age of 10. With the density evaluated, in the three years of study, an average fruit production of 28 t ha⁻¹ was obtained. An outstanding aspect of the technology validated is the pruning system, which allowed maintaining trees of low height and harvesting the fruit manually, without using tools such as ladders or pickers, avoiding mechanical damages; likewise, this technology allowed having a more efficient control of pest organisms, facilitating the management of irrigation and fertilization programs. When this technology is applied, after the eighth year of production, the producer has average annual income of up to \$663,873.49 pesos (USD\$33200.00) of profit per hectare.

Keywords: fruit trees, high density planting, reduced surfaces, pruning.

RESUMEN

En México el 63% de los productores cultivan menos de cinco hectáreas agrícolas, por lo que es importante diseñar y desarrollar estrategias para aumentar la productividad en superficies pequeñas. En este trabajo se presentan los resultados de investigación obtenidos durante 2015 a 2017, en una huerta de guanábana (*Annona muricata* L.) establecida en alta densidad de plantación con 2,222 plantas ha⁻¹ (3×1.5 m). El estudio se inició cuando las plantas tenían ocho años de edad y concluyó a la edad de 10. Con la densidad evaluada se obtuvo, en los tres años de estudio, una producción promedio de fruto de 28 t ha⁻¹. Un aspecto sobresaliente de la tecnología validada, es el sistema de podas, que permitió mantener arboles de talla baja y cosechar la fruta manualmente, sin usar implementos como escaleras o bajadores, evitando daños mecánicos; así mismo, esta tecnología permitió tener un control más eficiente de organismos plaga, facilitar el manejo de los programas de riego y fertilización. Cuando se aplica esta tecnología, después del octavo año de producción, el productor tiene ingresos anuales promedio de hasta \$663,873.49 pesos (USD\$33200.00) de utilidad por hectárea.

Palabras clave: Frutales, alta densidad de plantación, superficies reducidas, podas.

INTRODUCCIÓN

La guanábana (*Annona muricata* L.) (Anonaceae) es una planta frutícola que en México es considerada la especie más importante de la familia, por su valor comercial; es un arbusto de 3 a 8 m de altura, ramificado desde la base; sin embargo, también pueden encontrarse árboles con un eje central dominante (Baraona, 1992). Según De Queiroz y Medrado (1994) las especies de esta familia son originarias de América tropical, ubicándose el centro de origen de la guanábana en Colombia o Brasil. Se estima que este cultivo produce al año de 10-15 kg de fruta por árbol al año; la pulpa es blanca con un sabor agrídulce aromática, en el interior de la pulpa se encuentran semillas de color negro o café oscuro. El cultivo de guanábana requiere de altas cantidades de Nitrógeno, Fosforo y Potasio, se recomienda la siembra en suelos con un buen drenaje, se estima que cada planta extrae del suelo 19 kg de Potasio (K), 19 kg de Nitrógeno (N), 8 kg de Fosforo (P), 5 kg de Calcio (Ca) y 0.9 kg de magnesio (Mg) (García Álvarez, 2010; García-Soto et al., 20012).

Según Vidal y Nieto (1997) en México las plantaciones comerciales se encuentran en los estados de Nayarit, Sinaloa, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán, Veracruz y Morelos; mientras que a nivel internacional México ocupa el primer lugar en cuanto a superficie cultivada con 6,010.5 hectáreas, superior a países como Venezuela con 2,174 (Manzano, 2006), Brasil con 2,000 (Nieto et al., 1998) y Costa Rica 500 (Elizondo, 1989), esto aunado a la posición geográfica, le da ventaja de ser el principal exportador de guanábana a los Estados Unidos de América.

No obstante, la alta demanda de este frutal, su explotación comercial se ve limitada por diversos factores; entre los más importantes se señalan: la propagación por semilla de las plantas (Figueroa, 1999), problemas de escasa floración (Cárdenas, 2002), deficiente manejo del cultivo (De Queiroz y Medrado, 1994), alta incidencia de plagas (Boscán y Godoy, 1983) y enfermedades (Subiros et al., 1987) y falta de técnica de poda (Escobar y Sánchez, 1992). Al respecto de esta problemática se puede afirmar que son pocas las investigaciones realizadas para este cultivo (Laborem, 1994), así mismo, es escasa la información técnico-científica sobre el manejo de las plantaciones (De Queiroz y Medrado, 1994) entre los que se puede destacar el hábito de crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas (Bautista, 1999). El cultivo de guanábana en Campeche, México, se realiza fundamentalmente en los traspatios, siguiendo una estrategia en

la que el árbol se deja crecer de manera natural hasta alcanzar alturas de más de 6 m y en algunos casos se hacen podas de saneamiento que consisten en cortes de ramas con grosor de 10 cm de diámetro o más, lo que provoca que la planta se estrese, dificultando todo el manejo agronómico, desde control de plagas, enfermedades, manejo de podas y la cosecha (Reyes et al., 2013).

Un árbol de plantación tradicional de 18 años de edad, propagado por semilla, logra producciones anuales de alrededor de 30 kg de fruta, que equivale a 20 guanábanas de 1.5 kg planta⁻¹ (Lozano et al., 2003). La alternativa de plantación sugerida en este estudio se lleva a cabo mediante una técnica especial de manejo para este cultivo, denominada plantación en alta densidad, cuyo objetivo es aumentar la cantidad de plantas por unidad de superficie, como mecanismo para obtener una mayor producción y disminuir el tiempo de inicio de cosecha, con respecto a las plantaciones tradicionales.

El cultivo y su tecnificación

A nivel nacional Campeche ocupa el noveno lugar en la producción de guanábana, con respecto a los estados de Nayarit, Colima, Guerrero, Tabasco, Michoacán, Jalisco, Chiapas y Morelos y solo por arriba de Yucatán; sin embargo, está dentro de los frutales con un alto potencial de aprovechamiento ya que existe demanda de este fruto en los mercados locales, nacionales e internacionales. La guanábana se consume principalmente como fruta fresca, para la elaboración de aguas, helados; sin embargo, esta puede tener otros usos como producto procesado (mermeladas, dulces, licores, polvos). De la misma manera son utilizables otras partes de la planta, como hojas, corteza y semillas, para el control de varios insectos de importancia agrícola y para la salud humana, como son los mosquitos (Bobadilla et al., 2005).

En condiciones tradicionales, la producción de guanábana por árbol es baja, comparada con otros frutales de la región (Cruz, 1996), aunque existen frutos con pesos variables de 0.5 kg hasta 4 kg dependiendo de la región. En el estado de Campeche se han obtenido frutos de guanábana del Clon 9 de hasta 7 kg. Desde hace 10 años el Colegio de Postgraduados Campus Campeche inició la implementación de la siembra de frutales de guanábana en alta densidad de plantación con 2,222 plantas ha⁻¹. Estas plantaciones comenzaron a producir a partir del tercer año (dos años antes de lo que se reporta en plantaciones tradicionales), esta plantación fue manejada con podas de formación, con el fin de mantener los ár-

boles a una altura máxima de 2 m y separaciones de 1.5 m entre árboles y 3 m entre hileras. Esto permite la cosecha a mano y la producción obtenida es equivalente a la de 5 ha bajo condiciones de cultivo tradicional (Reyes et al., 2014), esta metodología se está mejorando año con año para recomendar mejores prácticas de cultivo a los productores.

METODOLOGÍA

Establecimiento y manejo de la plantación

Las experiencias obtenidas se han generado en una plantación de Guanábana en alta densidad ubicada en las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Campeche a la altura del kilómetro 17.5, de la carretera Federal Haltunchen-Edzná, de la localidad de Sihochac, de Champotón, Campeche. Para llevar a cabo el manejo de la huerta, se utilizó un sistema de riego por goteo y el fertilizante se aplicó de forma directa fundamentalmente nitrógeno, fósforo y potasio usando la fórmula 17-17-17, con aplicaciones calendarizadas de fungicidas e insecticidas para el control de plagas y enfermedades. Así mismo se realizó el manejo de podas, el control de malezas y la inducción floral. Cabe mencionar que las podas en este sistema de cultivo, son muy importantes, ya que de ellas depende mucho el éxito o fracaso del cultivo. La primera poda de las plantas se realizó a una altura de 80 cm, medidos desde la base hacia arriba, dando un despunte al brote apical del centro de la planta, con lo que se elimina la dominancia apical y promueve la generación de ramas primarias, para conformar la estructura del árbol; la segunda poda se realiza a los cuatro meses después de la primera, estimulando la brotación de otras ramas secundarias

sobre cada una de las primarias; la tercera poda se hace a los cuatro meses siguientes, promoviendo el crecimiento de ramas terciarias con esto se obtuvo un mayor número de ramas productivas en cada árbol y se logró que desarrollara una copa de 1.5 m de diámetro y una altura de 1.80 a 2.0 m. A partir del segundo año solo se realizó una poda de despunte después de cada cosecha. Las podas se ejecutaron con tijeras, siguiendo una técnica de corte con inclinación de 45° y de un solo corte a 10 cm por debajo de la punta de cada rebrote, lo que ayudó a generar mayor número de ramas productivas.

Toma de datos y análisis estadístico

Los datos de productividad se tomaron realizando un muestreo al azar del 10% del total de los árboles y se monitorearon por un periodo de tres años, para el cálculo de rendimiento promedio por planta, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$RP = PTF / NF$$

RP = Rendimiento promedio por planta en kilogramos. *PTF* = Peso total de los frutos de la planta en kilogramos. *NF* = Número de los frutos de la planta.

Para poder determinar el rendimiento promedio en base a la superficie sembrada y la densidad establecida se utilizó la siguiente fórmula:

$$RH = RP \times NP$$

RH = Rendimiento promedio por hectárea en kilogramos. *RP* = Rendimiento promedio por planta en kilogramos. *NP* = Número de plantas por hectárea. Con el fin de poder corroborar los datos se de las estimaciones se dio

un seguimiento a toda la cosecha por año para obtener el rendimiento real durante un periodo de 3 años consecutivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cultivo de guanábana en alta densidad de plantación, en los tres años analizados, se logró obtener una producción promedio de 4.25 frutos por planta, con un peso medio de 3.01 kg, lo que registró un rendimiento medio de 12.79 kg por planta, que, multiplicado por las 2,222 plantas establecidas por hectárea, produjeron en promedio 28.42 t de fruta, que al compararlo con el rendimiento de una plantación tradicional resultó ser 566% mayor (Figura 1, 2). Aunado al rendimiento total de la plantación en alta densidad, se logró identificar las siguientes ventajas: se obtuvieron frutos de calidad y se facilitó la cosecha (Figura 3, 4 y 5).

Como resultado del estudio realizado, se sugiere a los productores con superficies en pequeño, establecer huertos de guanábana en alta densidad. Se recomienda densidades de plantación de 2,222 plantas por hectárea, con separaciones entre árboles de 1.5×3 m entre surcos. Se recomienda realizar una poda de fructificación en el mes de agosto, inmediatamente después de la cosecha, para que las ramas nuevas tengan el tiempo suficiente de madurez, entre 5 y 6 meses para que produzcan flores y frutos en el siguiente ciclo. Fertilizar con una dosis de 134 kg de nitrógeno, fósforo y potasio (17-17-17) por ha año⁻¹, dividido en dos aplicaciones, una en el mes de agosto y la otra en el mes de diciembre, aplicando el fertilizante en la base del árbol en cuatro puntos diferentes formando una cruz, a una distancia 0.5 m medidos a partir del tronco. En el

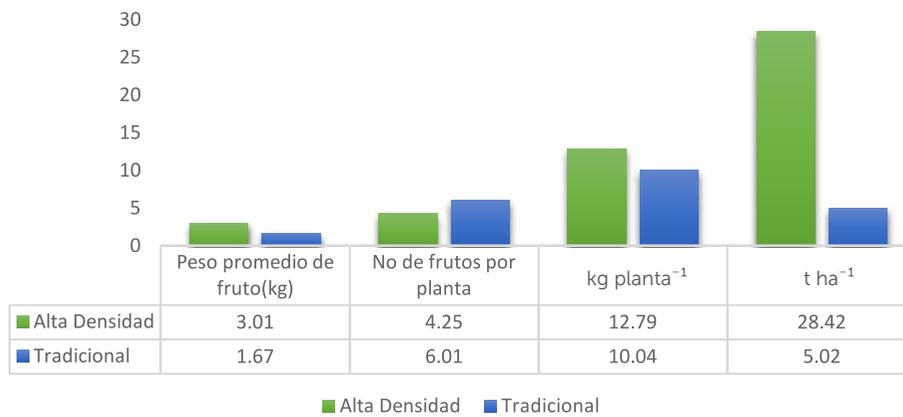


Figura 1. Comparación de rendimientos promedio obtenidos con plantaciones de guanábana en alta densidad, durante tres años, con los obtenidos en una plantación tradicional en el mismo período de tiempo.



Figura 2. Árboles de guanábana en alta densidad después de ocho años de plantación (arriba); árboles de guanábana en alta densidad después de nueve años de plantación (abajo).

Figura 3. Poda de guanábana en alta densidad después de ocho años de plantación (arriba); árboles de guanábana en alta densidad después de 10 días de la poda (abajo).

período de sequía se recomienda regar la plantación con un sistema de cintilla de goteo calibre 6000, aplicando un gasto de cuatro litros por hora por árbol, durante cuatro horas cada cinco días, con el objetivo de mantener la humedad suficiente en el suelo para conservar los árboles en buenas condiciones. Se recomienda que el control

de plagas, tales como chinche de encaje (*Corythucha gossypii*), avispa (*Cerconota anonella*) y escama blanca (*Pinnaspis strachani*), se haga de preferencia con hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana* y *Metarrhizium anisopliae*), cuando estos se encuentren disponibles en el mercado. Para evitar el daño causado por la avispa *Cerconota*

anonella que mancha y pudre el fruto, se recomienda embolsar el mismo, al inicio de su formación, cuando tiene un tamaño aproximado de 2 cm. La bolsa de polipapel debe estar abierta en el fondo, para que entre aire y no se pudra el fruto. Se recomienda cosechar la fruta cuando cambia de color brillante a un color verde pálido y cuando la se-



Figura 4. Floración de guanábana en alta densidad después de 90 días de la poda (arriba); flor lista para ser polinizada (abajo) en una plantación de ocho años de edad.



Figura 5. Árboles de guanábana en alta densidad con ocho años de edad Clon 12 (arriba); árboles de guanábana en alta densidad con nueve años de edad Clon 10 en producción (abajo).

paración de las espinitas del fruto (tricomas) se amplían, esto indica que el fruto tiene madurez fisiológica y está listo para cortarse. La metodología para la siembra y manejo de guanábana en altas densidades de producción, se encuentra disponible en el Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Carretera Federal Haltunchen-Edzná, km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche.

CONCLUSIONES

Como resultado de este estudio se obtuvo que una hectárea de cultivo de guanábana en alta densidad de plantación, es cinco veces más productiva que el de una plantación tradicional. El control sanitario, el manejo de podas, la fertilización y el riego, se realizan con mayor facilidad en una plantación de alta densidad, debido a la talla y distribución de los árboles. La cosecha se puede realizar manualmente sin que se dañen los frutos, lo que les da un mejor valor en el mercado. Una plantación de guanábana en alta densidad, es equivalente en rendimiento a 5.0 ha en arreglo topológico tradicional. Se concluye que en una plantación de guanábana con una densidad de 2,222 plantas por hectárea, se genera un ingreso promedio de 663,873.49 pesos anuales después del octavo

año de edad de la plantación, por lo cual este tipo de sistema se recomienda para productores del trópico que cuentan con superficies de cultivos reducidas.

LITERATURA CITADA

- Baraona M. 2000. Jocote, anona y cas, tres frutas campesinas de América. 1. Ed. Heredia, Costa Rica, EUNA. 151 p.
- Baraona M. 1992. Guanábana y Macadamia. Fluricultura Especial, Fluricultura II., San José - Costa Rica., EUNED. Pp. 17-21.
- Bautista D. 1999. Crecimiento, ramificación y arquitectura de los vegetales. Notas y Apuntes. Asignatura Fruticultura II. Postgrado de Horticultura. UCLA. Barquisimeto, estado Lara. Venezuela. pp. 68.
- Bobadilla M., Zavala F., Sisniegas M., Zavaleta G., Mostacero J., Taramona L. 2005. Evaluación larvívica de suspensiones acuosas de *Annona muricata* Linnaeus "Guanábana" sobre *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera, Culicidae). Rev. Peru. Biol. Vol. 12 (1): Pp 145-152.
- Boscán N., Godoy F. 1983. Enemigos naturales de *Cerconota anonella* Sepp. Perforador del fruto de la guanábana (*Annona muricata* L.). Agronomía Tropical 33 (1-6): 155-161.
- Cárdenas T.L. 2002. Influencia de la humedad relativa en la receptividad del estigma de guanábana (*Annona muricata* L.) en el Guamo (Tolima). Revista Colombia Forestal 7 (15): 69-78.
- Cruz C.J.G. 1996. Oportunidades de investigación para incrementar la producción del guanábano (*Annona muricata* L.) en México. Memorias de la reunión Recursos Genéticos Potenciales,

- Tecnologías, Alternativas y Mercados para la Agricultura de la Región Centro Occidente de México. Universidad Autónoma Chapingo. Morelia, Michoacán. pp. 67-73.
- De Queiroz P.A.C., Medrado E. 1994. Graviola para exportação: Aspectos técnicos da produção. EMBRAPA-SPI. Brasília. pp. 11-39.
- Elizondo M.R. 1989. Consideraciones Agroeconómicas del guanábano en Costa Rica. MAG, ASOPRAGA, INA. UCR. San José, Costa Rica. 206 p.
- Escobar T.W., Sánchez L. 1992. Guanábano. Fruticultura Colombiana. Manual de asistencia técnica No. 57. Ediciones Produmedios. Palmira. Colombia. pp. 90.
- Figueroa M. 1999. Taxonomía y clasificación de especies y tipos más importantes. Memorias. Curso: Manejo y producción del guanábano. El Vigía, Estado Mérida. Venezuela.
- García A.M.E. 2010. La guanábana (*Annona muricata* L.). Propiedades y usos. Revista CitriFru, Vol. 27 (1) Pp. 69-70.
- García-Soto A., Ettiene E.G. Pérez-Pérez L., Sandoval L., Montilla-Soto E. 2012. Propagación y fertilización del cultivo del guanábano. II. Características químicas de frutos. Revista Facultad de Agronomía (LUZ). 29:20-36.
- Laborem E.G. 1994. Resultados preliminares en el estudio de la calidad del fruto del guanábano. Fonaip Divulga No. 45.
- Manzano M.J.E. 2006. Nuevas prácticas usadas en el cultivo de guanábana (*Annona muricata* L.) en Venezuela. Pp. 19-23. In: III Congreso Nacional de Anonáceas. Villahermosa Tabasco, 11-15 de septiembre del 2006.
- Nieto D. A., Sao José A.R., Souza S. E. 1998. Perdas na pre e pos-colheita de graviola no estado de bahia. In: Pocos de Caldas-MG. (ed.). Congreso Brasileiro de Fruticultura. UFLA. 400 p.
- Reyes-Montero J.A., Acevez E., Ávila C., García E. 2013. Cultivo de Guanábana (*Annona muricata* L.) en altas densidades de plantación. La granja 5: 2-4.
- Subiros J., Flores E., Vargas E. 1987. Estudio de la Antracnosis en Guanábana (*Annona muricata* L.) II. Efecto en la Morfología de los Tallos. Turrialba 37(3): 287-294.
- Vidal H. L., Nieto A.D. 1997. Diagnóstico técnico y comercial de guanábana en México. Pp: 1.17. In: Memoria: I Congreso Internacional de Anonáceas. Chapingo, México. 12-14 de Noviembre de 1997.



DOSIS LETAL Y REDUCTIVA MEDIA CON RAYOS GAMMA EN *Clitoria ternatea* VAR. TEHUANA

LETHAL AND MEDIAN REDUCTIVE DOSES WITH GAMMA RAYS IN *Clitoria ternatea* VAR. TEHUANA

Gálvez-Marroquín, L. A.^{1*}; Maldonado-Méndez, J. J.²; Guerra-Medina, C. E.²; Ovando-Cruz, M. E.¹; Ortiz-Curiel, S.²; Martínez-Bolaños, M.²; Gómez-Simuta, Y.³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rosario Izapa. Km 18. Carretera Tapachula-Cacahoatán. Tuxtla Chico, Chiapas, México. ³Subdirección de Producción, Programa Moscamed-Moscafrut, Metapa de Domínguez, Chiapas.

*Autor por correspondencia: galvez.luis@inifap.gob.mx

ABSTRACT

The objective was to estimate the lethal and median reductive doses with gamma radiation, in seeds of *Clitoria ternatea* var. Tehuana, to induce genetic variation. Ten (10) doses of radiation (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 and 1000 Gy) were used, plus one control (without radiation). The experimental design was completely random with three repetitions. The germination was evaluated 12 days after sowing (das), while the survival, plant height, stem diameter, number of leaflets and leaf area, at 30 das. The data were analyzed through ANOVA and the means comparison with the Dunnett test. The LD₅₀ and GR₅₀ for plant survival and height were estimated through linear regression. The radiation did not influence the germination and stem diameter; however, the survival was reduced significantly starting at 300 Gy, compared with the control (39.16%). Meanwhile, for plant height, leaflet number and leaf area it was from 100, 200 and 400 Gy (15.24, 22.54 and 70.26 %). The LD₅₀ and GR₅₀ was estimated at 350.91 and 306.1 Gy. The dose of gamma radiation to induce genetic variation in *Clitoria ternatea* var. Tehuana is suggested at between 306 and 350 Gy.

Keywords: *Clitoria ternatea*, LD₅₀, GR₅₀, gamma radiation.

RESUMEN

El objetivo fue estimar la dosis letal y reductiva media en semillas de *Clitoria ternatea* var. Tehuana con radiación gamma para inducir variación genética. Se utilizaron 10 dosis de radiación (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 y 1000 Gy) más un control (sin irradiar). El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Se evaluó la germinación a 12 días después de la siembra (dds), mientras que la supervivencia, altura de planta, diámetro de tallo, número de folíolos y área foliar, a los 30 dds. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y la comparación de medias con la prueba de Dunnett. La DL₅₀ y GR₅₀ para supervivencia y altura de planta se estimaron mediante regresión lineal. La radiación no influyó en la germinación y diámetro de tallo; sin embargo, la supervivencia se redujo de manera significativa a partir de 300 Gy comparado con el testigo (39.16%). Mientras que, para altura de planta, número de folíolos y área foliar fue a partir de 100, 200 y 400 Gy (15.24, 22.54 y 70.26 %). La DL₅₀ y GR₅₀ se estimó a 350.91 y 306.1 Gy. La dosis de radiación gamma para inducir variación genética en *Clitoria ternatea* var. Tehuana se sugiere entre 306 y 350 Gy.

Palabra clave: *Clitoria ternatea*, DL₅₀, GR₅₀, radiación gamma

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales *Clitoria ternatea* (Fabaceae) es una especie importante para forraje por su aporte de nutrientes para los rumiantes (Villanueva-Avalos *et al.*, 2004). *C. ternatea* se ha utilizado para la alimentación de ganado productor de carne y leche, además es altamente palatable por lo que es preferida por el ganado sobre otras leguminosas (Michael-Gómez y Kalamani, 2003). No obstante, se requiere incrementar el rendimiento de biomasa y capacidad de rebrote mediante programas de mejoramiento. La base del mejoramiento genético de cultivos depende de la magnitud de la variabilidad genética. Sin embargo, se reporta que *C. ternatea* presenta baja diversidad genética (Bishoyi *et al.*, 2014; Ali *et al.*, 2013).

Un factor que favorece la generación de diversidad genética es la mutación, la cual puede ser natural o inducida. La mutagénesis inducida genera mayor frecuencia de mutaciones comparado con las mutaciones naturales, siendo la radiación gamma un mutágeno efectivo para inducir las en plantas de importancia económica (<http://mvd.iaea.org>). La radiación gamma produce mutaciones múltiples en el genoma objetivo como sustitución de base simple e inserciones/deficiencias (Li *et al.*, 2016). Sin embargo, se requiere determinar la dosis óptima que genere la mayor frecuencia de mutaciones favorables en el genotipo de interés. La dosis óptima de radiación está relacionada con los parámetros dosis letal media y reductiva media de la primera generación irradiada (DL_{50} y GR_{50}), por ello su determinación es importante (Ángeles-Espino *et al.*, 2013). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue estimar la dosis letal y reductiva media en semillas de *C. ternatea* var. Tehuana con rayos gamma (^{60}Co) y el efecto sobre la germinación, supervivencia, altura de planta, diámetro de tallo, número de folíolos y área foliar.

MATERIALES Y MÉTODOS

La irradiación de las semillas de *C. ternatea* var. Tehuana se efectuó en la planta de irradiación de Moscafrut dependiente de la SAGARPA, ubicado en Metapa de Domínguez, Chiapas, México, con el equipo panorámico Gamma Beam 127 MDS Nordion, con fuente de almacenamiento de 50 g ^{60}Co en seco, con una razón de dosis de 0.029 Gy s^{-1} . Las semillas fueron expuestas a dosis de radiación gamma de 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 y 1000 Gy, se utilizaron 75 semillas por dosis con 10.16% de humedad.

La evaluación del efecto de la radiación gamma en las semillas de *C. ternatea* se realizó bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP, ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas ($14^{\circ} 40' 16.1'' \text{ N}$, $92^{\circ} 42' 59.1'' \text{ O}$, y 435 m de altitud). La siembra se realizó un día después de la irradiación de las semillas, en charolas de germinación con cavidades de 5.2 cm de diámetro \times 10 cm de profundidad, donde se utilizó como sustrato peatmoss[®]. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, cada repetición consistió de 25 cavidades donde se depositó una semilla de *C. ternatea* var. Tehuana por cavidad.

Las variables evaluadas fueron el porcentaje de germinación de semillas 12 días después de la siembra (dds), mientras que la supervivencia de plantas, altura de planta, diámetro de tallo, número de folíolos y área foliar, se re-

gistró a los 30 dds. La germinación y supervivencia, se calcularon con las siguientes ecuaciones: $PG = (\text{Número de semillas germinadas a los 12 días} / 25 \text{ semillas}) \times 100$, y $PS = (\text{número de plantas vivas por repetición} / \text{número de plantas germinadas a los 12 dds}) \times 100$. Para altura de planta, número de folíolos y área foliar, la evaluación se efectuó en cinco plantas por repetición, 15 plantas en total por tratamiento. Respecto al área foliar se determinó con el integrador de área foliar LICOR, LI 3100 (tres determinaciones por planta).

Los datos se analizaron mediante ANOVA y la comparación de medias con respecto al control se efectuaron con la prueba de Dunnett con una confiabilidad del 95%; para altura de planta, diámetro de tallo, número de folíolos y área foliar sólo se analizaron dosis desde 100 hasta 400 Gy, ya que en dosis de 500 y 600 Gy hubo menos de cinco plantas por repetición. La DL_{50} y GR_{50} para supervivencia y altura de planta, se estimaron mediante los parámetros de modelos de regresión lineal simple. En todos los análisis efectuados se comprobaron los supuestos de normalidad de datos de cada modelo estadístico; cada uno de ellos se realizó en SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La radiación gamma no influyó en la germinación de semillas de *C. ternatea* var. Tehuana ($p > 0.05$, $cv = 9.1$). En el tratamiento control se registró 81.5% de germinación, mientras en los tratamientos con radiación la germinación osciló entre 71.5 y 78.5 % (Figura 1A). Estos resultados son congruentes con los reportados por Gálvez-Marroquín *et al.* (2017), que mostraron que dosis

de 100 hasta 1000 Gy no influyen en la germinación de semillas de soya (*Glycine max* L.) var. Huasteca 100. Por el contrario, en semillas en *Zinnia elegans*, la capacidad de germinación fue reducida en dosis de 100 y 125 Gy comparado con el control (Pallavi et al., 2017). Otros estudios, determinaron dosis de 25 Gy hasta 200 Gy, y promovieron la germinación, velocidad de germinación e índice de vigor en *Terminalia arjuna* (Akshatha et al., 2018). En cuanto al factor genético, el nivel de ploidía, contenido de ADN y fase del ciclo celular influyen en la sensibilidad a la radiación gamma (Lagoda et al., 2012). Asimismo, el contenido de humedad en las semillas afecta la germinación de semillas tratadas con rayos gamma como reporta Minisi et al. (2013) en *Molucella laevis* L. a los 10 dds; semillas humedecidas con agua 12 horas antes de la irradiación presentaron menor germinación comparado con semillas sin tratamiento previo.

La radiación gamma influyó en la supervivencia de plantas de *C. ternatea* var. Tehuana ($P < 0.05$, $cv = 16.09$). En dosis de 100 y 200 Gy la supervivencia de plantas fue similar al control (98.33 y 91.24%), mientras tanto, a partir de dosis de 300 hasta 600 Gy, la supervivencia se afectó de manera significativa con promedios de 60.84% hasta 5.83%; y dosis superiores a 600 Gy provocaron 100% de mortalidad de plantas (Figura 1B). Estos resultados son congruentes con lo reportando por Ulukapi y Ozmen (2018), quienes mostraron una disminución de la supervivencia de las variedades de *Phaseolus vulgaris* L. F16 y Efsane, con el incremento de la dosis de radiación gamma. Además, Minisi et al. (2013) concluyen que dosis altas de radiación reducen la germinación, supervivencia y altura de planta de *Molucella laevis* L. Esto puede ser debido a daños genéticos y fisiológicos en las plantas por efecto de la radiación gamma (Kamaruddin et al., 2016). Asimismo, se reporta que la supervivencia de plantas a la madurez depende de la naturaleza y el alcance del daño cromosómico (Kiong et al., 2008). En cuanto a daños en cromosomas por radiación, Ahirwar (2015) reporta en células mitóticas de *Allium cepa* L. incremento de aberraciones cromosómicas como dicéntricos, tricéntricos, deficiencias y fragmentos acéntricos con el incremento de la dosis de radiación gamma.

En la altura de planta de *C. ternatea* var. Tehuana, la radiación gamma provocó efectos significativos ($p < 0.05$, $cv = 6.64$). Se registró una tendencia gradual hacia promedios inferiores de altura de planta con el incremento de la dosis de radiación gamma (Figura 1C). A partir de dosis 300 Gy, la altura de las plantas fue 50% menor

comparado con el control. Las plantas con menor altura se observaron en dosis de 500 Gy. Estos resultados son congruentes con los reportados por Grover y Khan (2014), quienes obtuvieron reducción de la altura de planta de avena (*Avena sativa* L.) con dosis de 10 Gy hasta 25 Gy. El efecto negativo en la altura de planta puede estar relacionado con la reducción de reactividad al ácido indolacético por la radiación gamma (Miura et al., 1974). Asimismo, puede ser atribuido a menor división celular, como se reporta en *Phlox drummondii* (Ramesh y Verma, 2015). En otra variable, como el diámetro de tallo de *C. ternatea* var. Tehuana, la radiación no afectó ($p > 0.05$, $cv = 5.65$). El promedio de diámetro de tallo en los tratamientos de irradiación y en el control fue de 2 mm (Figura 1D). Wang et al. (2017) encontraron en dosis de 200 y 400 Gy promedios de diámetro de tallo de *Sophora davidii* similares al control, por el contrario, en dosis de 600 y 800 Gy, obtuvieron los mayores diámetros de tallo (3.86 y 3.93 mm).

La radiación gamma afectó de manera significativa el número de folíolos promedio de *C. ternatea* var. Tehuana ($p < 0.05$, $cv = 16.73$). En dosis de 100 Gy, la media de folíolos por planta fue similar al tratamiento control (9 y 11 folíolos por planta, respectivamente). Mientras en dosis de 200, 300, 400 y 500 Gy, se registraron diferencias significativas comparados con el control. En dosis de 500 Gy se registró el menor número de folíolos por planta (Figura 1E). Por su parte, Yadav (2016) reportan en dosis de radiación desde 100 hasta 250 Gy, mayor número de hojas de *Canscora decurrens*, mientras que dosis de 300 hasta 500 Gy, registraron un efecto negativo en el número de hojas. El menor número de folíolos por planta está asociado a menor desarrollo de plantas tratadas con altas dosis de radiación gamma.

Respecto al área foliar por planta, la radiación gamma influyó en el área foliar ($p < 0.05$, $cv = 15.65$). Dosis de 100, 200 y 300 Gy, presentaron promedios de área foliar similares al control (33.16, 32.46, 27.04 y 37.01 cm²). Por el contrario, las plantas de *C. ternatea* obtenidas de semillas tratadas con dosis de 400 Gy registraron la menor media de área foliar (Figura 1F), esto relacionado al menor número y forma de los folíolos. Los folíolos de las plantas de 400 Gy presentaron formas elípticas en contraste con el control que fueron aovado a elíptico oblongo. Singh et al. (2013) reportan menor área de la hoja bandera de trigo con dosis de radiación gamma 10 Gy comparado con el control. Mientras, El-Khateeb et al. (2016) reporta el mayor promedio de área foliar en

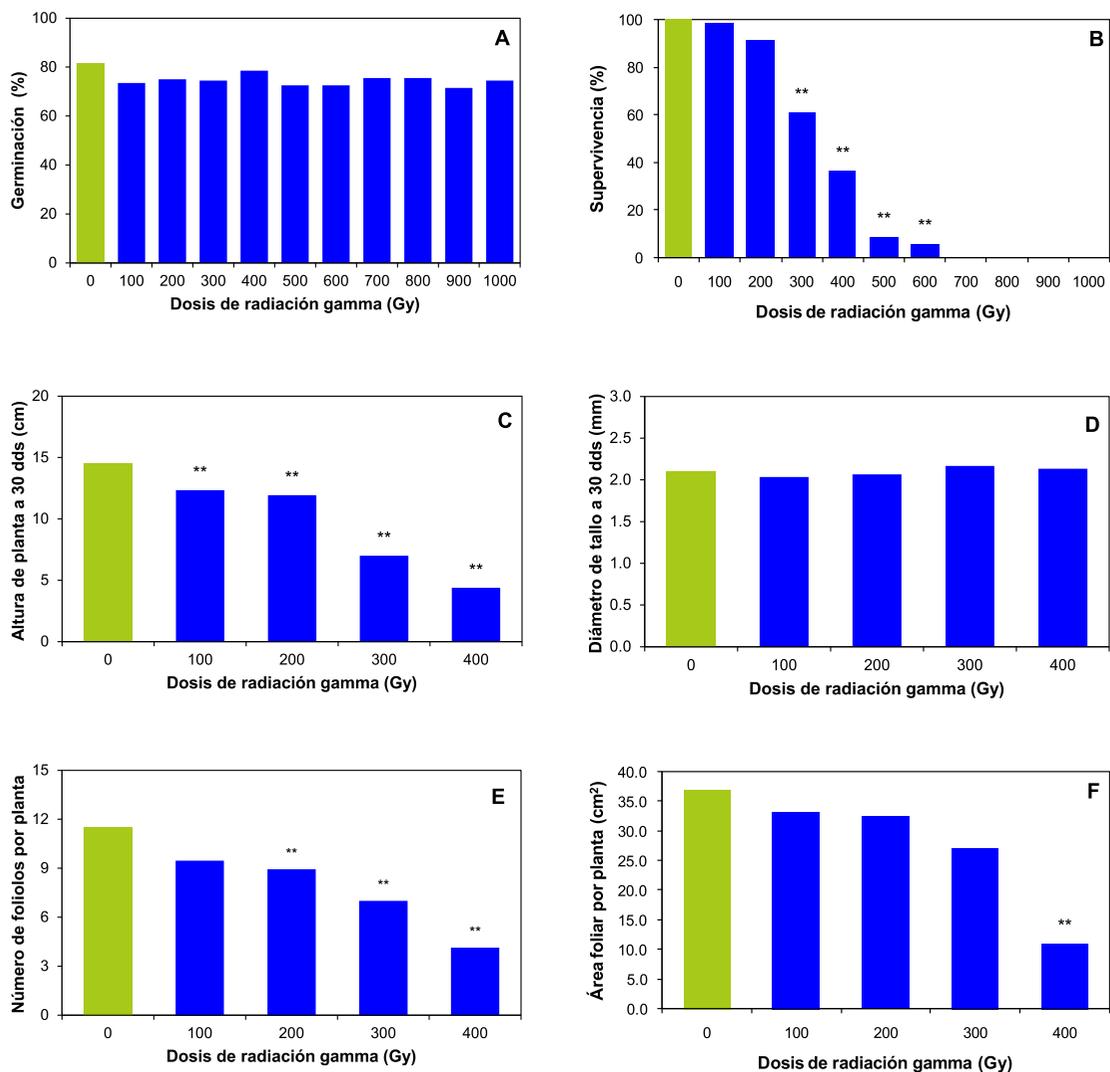


Figura 1. Efecto de la radiación gamma en semillas de *C. ternatea* var. Tehuana: A) Germinación de semillas, B) Supervivencia de planta, C) Altura de planta, D) Diámetro de tallo, E) Número de folíolos y F) Área foliar.

Philodendron scandens a 50 Gy y la menor media a 200 Gy.

Dosis letal y reductiva media

La dosis letal y reductiva media son parámetros básicos de estudios de radiosensibilidad a los rayos gamma en especies vegetales para iniciar un programa de mejoramiento genético asistido por inducción de mutagénesis; su importancia radica en su uso para inducir mutaciones favorables en el material genético objetivo (Hernández-Muñoz *et al.*, 2017, Ángeles-Espino *et al.*, 2013). En este sentido, Talukdar (2011) al irradiar semillas de *C. ternatea* var. CAZR-1466 a 250 Gy de rayos gam-

ma, identificó en la generación M3 el mutante CR2 con alta tolerancia a 130mM de NaCl. En el presente estudio la DL₅₀ para supervivencia de plantas de *C. ternatea* var. Tehuana se estimó a 350.91 Gy y la GR₅₀ para altura de planta a 306.22 Gy. Estas estimaciones se realizaron con modelos de regresión lineal simple con coeficientes de determinación superiores

al 0.9, que indica que más del 90% de la respuesta de la supervivencia y altura de plantas fue debido a la radiación gamma (Cuadro 1 y Figura 2). En otras fabáceas, como *Vigna unguiculata* genotipos Nakare, Shindimba y Bira, la DL₅₀ fue a 165.24, 198.69 y 689 Gy, de manera respectiva (Horn y Shimelis, 2013), mientras, en *Vigna radiata* L., fue a 619.875 Gy (Roslim *et al.*, 2015).

Cuadro 1. DL₅₀ y GR₅₀ para supervivencia y altura de planta de *C. ternatea* var. Tehuana por efecto de la radiación gamma ⁶⁰Co, estimados mediante regresión lineal.

Variable	Pr>F	R ²	Ecuación	DL ₅₀	GR ₅₀
Supervivencia	<.0001	0.9180	Y=109.9325-0.17079x	350.91	-
Altura de planta	<.0001	0.9523	Y=15.20810-0.02589x	-	306.22

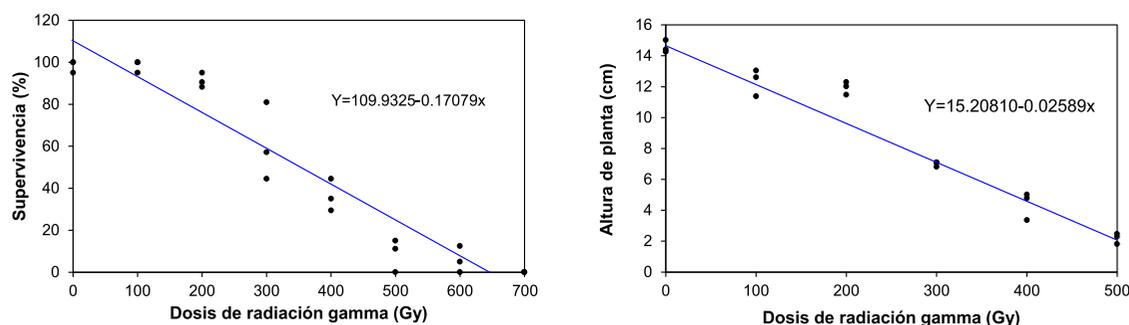


Figura 2. Efecto de la radiación gamma en *C. ternatea* var. Tehuana: A) Supervivencia de plantas y B) Altura de planta, y sus respectivas simulaciones mediante regresión lineal.

En razón de lo anterior, dosis de radiación gamma entre 306 y 350 Gy pueden inducir variación genética en *C. ternatea* var. Tehuana.

CONCLUSIONES

El incremento de la dosis de radiación gamma ^{60}Co , tiene un efecto de disminución de la supervivencia, altura de planta, número de foliolos y área foliar de *Clitoria ternatea* var. Tehuana, excepto para germinación y diámetro de tallo. A partir de dosis de radiación de 100 Gy se observan efectos negativos en las variables de estudio de manera significativa. Dosis de radiación gamma ^{60}Co desde 306 hasta 350 Gy pueden ser utilizadas para inducir variación genética en *Clitoria ternatea* var. Tehuana.

LITERATURA CITADA

- Ahirwar R. 2013. Gamma radiation induced chromosomal aberrations at mitosis in *Allium cepa* L. International Journal of Science and Research 4: 855-858.
- Akshatha K. R., Chandrashekar H. M., Somashekarappa, Souframanien J. 2013. Effect of gamma irradiation on germination, growth, and biochemical parameters of *Terminalia arjuna* Roxb. Radiation Protection and Environment 36: 38-44.
- Ali Z., Ganie S. H, Narula A., Sharma M. P., Srivastava P. S. 2013. Intra-specific genetic diversity and chemical profiling of different accessions of *Clitoria ternatea* L. Industrial Crops and Products 43: 768-773.
- Ángeles-Espinosa A., Valencia-Botín J. A., Virgen-Calleros G., Ramírez-Serrano C., Paredes-Gutiérrez L., Hurtado-De La Peña S. 2013. Determinación de la dosis letal (DL_{50}) con ^{60}Co en vitroplantas de *Agave tequilana* var. Azul. Rev. Fitotec. Mex. 36: 381-386.
- Bishoyi A.K., Pillai V.V., Geetha K.A., Satyabrata M. 2014. Assessment of genetic diversity in *Clitoria ternatea* populations from different parts of India by RAPD and ISSR markers. Genetic Resources and Crop Evolution 61: 1597-1609.
- El-Khateeb M. A., Abdel-Ati K. E. A., Khalifa M. A. S. 2016. Effect of gamma irradiation on growth characteristics, morphological variations, pigments and molecular aspects of *Philodendron scandens* plant. Middle East Journal of Agriculture Research 5: 6-13.
- Gálvez-Marroquín L. A., Avendaño-Arrazate C. H., Alonso-Báez M., Maldonado-Méndez J. J., Gómez-Simuta Y., Ortiz-Curiel S., Verdugo-Velázquez A. J. 2017. Radio-sensitivity on Huasteca-100 soybean seeds variety with ^{60}Co gamma radiation. Int. J. Curr. Res. Aca. Rev. 5: 19-25.
- Grover S., Khan A. S. 2014. Effect of ionizing radiation on some characteristics of seeds of wheat. International Journal of Scientific & Technology Research 3: 32-39.
- Hernández-Muñoz S., Pedraza-Santos M. E., López P. A., De La Cruz-Torres E., Fernández-Pavía S.P., Martínez-Palacios A., Martínez-Trujillo M. 2017. Determinación de la DL_{50} y GR_{50} con rayos gamma (^{60}Co) en protocormos de *Laelia autumnalis* in vitro. Agrociencia 51: 507-524.
- Horn L., Shimelis H. 2013. Radio-sensitivity of selected cowpea (*Vigna unguiculata*) genotypes to varying gamma irradiation doses. Scientific Research and Essays 8: 1991-1997.
- Kamaruddin N. Y., Abdullah S., Harun A. R. 2016. The effect of gamma rays on the radiosensitivity and cytological analysis of *Zingiber officinale* roscoe varieties Bentong and Tanjung Sepat. Int'l Journal of Advances in Agricultural & Environmental Engg. 3: 142-145.
- Kiong A., Pick A. L., Lai S. H. G., Harun A. R. 2008. Physiological responses of *Orthosiphon stamineus* plantlets to gamma irradiation. American Eurasian Journal Sustainable Agriculture 2: 135-149.
- Lagoda P. J. L. 2012. Effects of radiation on living cells and plants. In: Shu, Q. Y., Forster, B. P. and Nakagawa, H., Eds., Plant mutation breeding and biotechnology, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture International Atomic Energy Agency, Vienna, 123-134.
- Li S., Zheng Y. C., Cui H. R., Fu H. W., Shu Q. Y., Huang J. Z. 2016. Frequency and type of inheritable mutations induced by γ rays in rice as revealed by whole genome sequencing. Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology) 17: 905-915.
- Michael-Gomez S., Kalamani A. 2003. Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*): A nutritive multipurpose forage legume for the Tropics - An Overview. Pakistan Journal of Nutrition 2: 374-379.
- Minisi F. A., El-Mahrouk M. E., Rida M. E. F., Nasr M. N. 2013. Effects of gamma radiation on germination, growth, characteristics and morphological variations of *Moluccella laevis* L. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 13: 696-704.
- Miura K., Hashimoto T., Yamaguchi H. 1974. Effect of gamma-irradiation on cell elongation and auxin level in *Avena coleoptiles*. Radiation Botany 14: 207-215.

- Pallavi B., Nivas S. K., D'souza L., Ganapathi T.R., Hegde S. 2017. Gamma rays induced variations in seed germination, growth and phenotypic characteristics of *Zinnia elegans* var. Dreamland. *Advances in Horticultural Science* 31: 267-273.
- Ramesh A., Verma R. C. 2015. Effect of gamma radiation on chromosome at mitotic division in *Phlox drummondii*. *International Research Journal of Biological Sciences* 4: 82-85.
- Roslim D. I., Herman, Fiatin I. 2015. Lethal dose 50 (LD₅₀) of Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) cultivar Kampar. *SABROA Journal of Breeding and Genetics* 47: 510-516.
- Singh B., Ahuja S., Singhal R. K., Babu P. V. 2013. Effect of gamma radiation on wheat plant growth due to impact on gas exchange characteristics and mineral nutrient uptake and utilization. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 298: 249-257.
- SAS Statistical Analysis System. 2002. Institute Inc., SAS/STAT. User's Guide, versión 9.0. Carey, N. C.
- Talukdar D. 2011. Isolation and characterization of NaCl-tolerant mutations in two important legumes, *Clitoria ternatea* L. and *Lathyrus sativus* L.: Induced mutagenesis and selection by salt stress. *Journal of Medicinal Plants Research* 5: 3619-3628.
- Ulukapi K., Ozmen S. F. 2018. Study of the effect of irradiation (⁶⁰Co) on M1 plants of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars and determined of proper doses for mutation breeding. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 1-5. doi.org/10.1016/j.jrras.2017.12.004.
- Villanueva-Avalos J. F., Bonilla-Cárdenas J. A., Rubio-Ceja J. V., Bustamante-Guerrero J. J. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Técnica Pecuaria en México* 42: 79-96.
- 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. *BioMed Research International*. Article ID 8576404: 1-6.
- Yadav V. 2016. Effect of gamma radiation on various growth parameters and biomass of *Canscora decurrens* Dalz. *International Journal of Herbal Medicine* 4: 109-115.



BAMBÚ (Bambusoideae) COMESTIBLE: CULTIVO PROMISORIO PARA MÉXICO

EDIBLE BAMBOO (Bambusoideae): PROMISING CROP FOR MEXICO

Aguirre-Cadena, J.F.¹; Cadena-Iñiguez, J.^{2*}; Mora-Tello, M.; Ramírez-Valverde, B.¹; Caso-Barrera, L.¹; Martínez-Carrera, D.C.¹; Juárez-Sánchez, J.P.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km.125.5 Carretera Federal México Puebla, Santiago Momoxpan, San Andrés Cholula, Puebla. ²Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.

*Autor de correspondencia: jocadena@colpos.mx

ABSTRACT

Bamboos (Bambusoideae) are plants that grow naturally in tropical and temperate climates, with the exception of Europe and Western Asia. Presently, bamboo has become a prominent sustainable forestry alternative considered of high economic, social and cultural importance. Its use as food (shoot) is one of the least popular; the edible part is the regrowth and only in Veracruz, Mexico, is the native species, *Guadua longifolia*, consumed as well as the introduced species, *Bambusa oldhamii*. The bamboo shoot is the young regrowth that, if not harvested, will grow in 3-4 months to an adult stalk. The shoots usually emerge during the rainy season, and are harvested when they have an average height of 20-30 cm. The bamboo shoot contains approximately 1.3- 2.3 g of protein, 0.3 to 0.4% of fat, 0.5-0.77 of fiber, vitamins B and C, calcium, phosphorus and iron for every 100 g of edible portion. The total energetic value per 100 grams of edible portion is 118-197 Joules. A first approach to this agroforestry alternative in its edible phase is shown.

Keywords: bamboo shoot, edible bamboo, consumption, Veracruz, Puebla, Mexico.

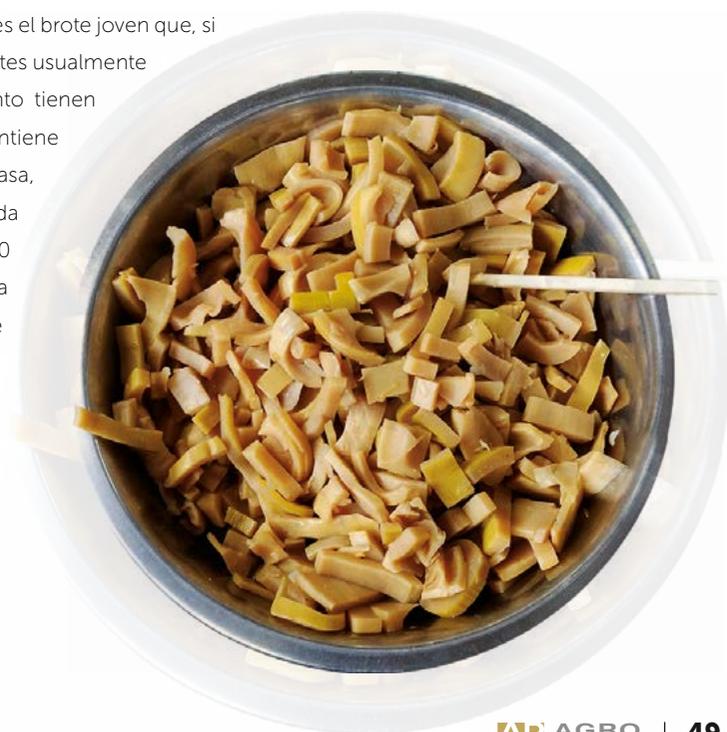
RESUMEN

Los bambúes (Bambusoideae) son plantas que crecen naturalmente en climas tropicales y templados, con excepción de Europa y Asia Occidental. Actualmente el bambú se ha convertido en una prominente alternativa forestal sostenible considerado de alta importancia económica, social y cultural. El uso como alimento (shoot) es uno de los menos populares, la parte comestible es el rebrote y únicamente en Veracruz, México, se consume la especie nativa *Guadua longifolia* y la introducida *Bambusa oldhamii*. El bambú "shoot", es el brote joven que, si no se cosecha, crecerá en 3-4 meses como tallo adulto. Los brotes usualmente emergen en la temporada de lluvia, y son cosechados cuanto tienen una altura aproximada de 20-30 cm. El brote de bambú contiene aproximadamente de 1.3- 2.3 g de proteína, 0.3 a 0.4% de grasa, 0.5-0.77 de fibra, vitaminas B y C, calcio, fósforo y hierro por cada 100 g de porción comestible. El valor total de energía por 100 gramos de porción comestible es de 118-197 Joules. Se muestra un primer acercamiento a esta alternativa agroforestal en su fase comestible.

Palabras clave: Bamboo shoot, bambú comestible, consumo, Veracruz, Puebla, México.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 49-54.

Recibido: junio, 2017 **Aceptado:** mayo, 2018.



INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemorables el hombre del trópico ha utilizado diversas especies de bambú (Bambusoideae) como materia prima para construir casas, balsas, puentes, armas, herramientas y alimento (Stamm, 2008). Para muchos pueblos tropicales, esta planta es materia prima para sus útiles de uso cotidiano y acompaña a las personas durante toda la vida. Un cuchillo de bambú sirve para cortar el cordón umbilical del recién nacido en India, China y Japón (Dransfield y Widjaja, 1995; Rodríguez, 2005:39) y para los habitantes musulmanes de Indonesia y Malasia, el cuchillo de bambú se utiliza para circuncidar a los varones. También es utilizada para elaborar el féretro donde irá el cadáver a la tumba o a la pira funeraria (Dransfield y Widjaja, 1995). En la India simboliza amistad y las vestiduras de los nobles en la antigua sociedad japonesa eran elaboradas con culmos delgados de bambú (Rodríguez, 2005). El bambú crece en el litoral de África Oriental, que conforma la cuna del hombre. Su amplia diversidad de usos, permite asumir que el bambú formó parte del primer "Kit" de herramientas de la humanidad (Stamm, 2008). El bambú, ha sido usado en América Latina y el Caribe desde épocas precolombinas (Stoehert, 1998). Los totonacas en Veracruz, los huastecos en Hidalgo y Tamaulipas, los aztecas y teotihuacanos en el centro de México, los maya-chontales en Tabasco, los mayas en la península de Yucatán, han construido casas de bambú y lo siguen haciendo hoy en día (Cortés, 2005). Actualmente en México, uno de sus principales usos es la construcción (generalmente vivienda de tipo rústico). La

parte de las especies que más se emplea son los culmos. Particularmente los del género *Guadua*, por ser gruesos, altos y resistentes. Con la especie *Guadua aculeata*, que alcanza una longitud mayor a 20 m, comúnmente se elaboran paredes, puertas, ventanas, techos, travesaños y cercas, en la región norte de Veracruz y Puebla (Rodríguez *et al.*, 2010; Mejía, 2004). Los culmos generalmente son tratados con 70% de Etanol para prolongar su vida útil. En ocasiones el culmo es cortado a la mitad longitudinalmente y golpeado hasta formar un tablero plano (Mejía, 2004).

Importancia del bambú

Actualmente el bambú se ha convertido en una prominente alternativa forestal sostenible (Gutiérrez, 2000). Considerado de alta importancia económica (Embaye *et al.*, 2005), social y cultural (Ramanayake, 2006) y del cual se han registrado hasta 1500 subproductos (Kibwage *et al.*, 2008), que van desde papel hasta vivienda (Sood *et al.*, 2002). Otras ventajas del bambú consisten en que puede establecerse en todo tipo de terreno, sirve para incorporar tierras sin uso al cultivo, evita la erosión de los suelos, rehabilita tierras degradadas y favorece la formación de microclimas para la regeneración de los bosques (Kumar y Sastry, 1999). México reúne las condiciones fisiográficas y climáticas apropiadas para la propagación y producción de bambú (Rzedowski, 1981), a lo largo y ancho de todo el país (Gib, 2005). Sin embargo, el establecimiento y explotación a gran escala con fines comerciales, se ve limitada por escasos de propágulos, o segmentos nodales, y los altos requerimientos de mano de obra (Godbole *et al.*, 2002).

Bambú como alimento

El uso del bambú como alimento se remonta desde la civilización temprana y sobre todo en los lugares donde se encontraron originalmente bambúes comestibles (Rikken, 1997). Sus principales centros de diversidad se ubican en las zonas tropicales de América, Madagascar, y la región norte y sur de China (Satya, 2012). Especialistas en estas zonas han descubierto la importancia de los brotes de bambú como alimento especialmente en zonas de Asia tropical (Rikken, 1997). Lo consumen como vegetal, pepinillo, ensaladas y en varias otras formas en distintos países (Satya, 2012) (Figura 1).

Con fines comestibles, los brotes de bambú, que son el crecimiento extremadamente joven de la planta, generalmente se cosechan antes de llegar a la segunda semana de edad. Son duros en el exterior, pero con un sabor ligeramente dulce en el núcleo interno. Los brotes jóvenes están estrechamente entrelazados con la superposición de vainas que deben ser eliminadas para extraer la parte comestible (Sánchez-Trocino, 2009). En países como Filipinas, el bambú shoot ha sido parte y tradición para elaborar distintos tipos de platillos; desde el uso de ingredientes básicos, hasta la elaboración de platillos gastronómicamente deliciosos (Merdelyn, 2010). En México, el uso de bambú como alimento no es muy popular. La parte comestible es el rebrote y únicamente en Veracruz se consumen las especies *Guadua longifolia* y *Bambusa oldhamii* (Mejía, 2004).

Brotos de bambú (Bamboo shoots): un recurso comestible

El bambú "shoot", es el tallo joven

del bambú que, si no se cosecha, será un bambú adulto en 3-4 meses. Los brotes usualmente emergen en la temporada de lluvia, y son cosechados cuanto tienen una altura aproximada de 20-30 cm. La exposición a la luz causa sabor amargo, a medida que se forman glucósidos cianogénicos en los brotes. En Japón, los brotes de bambú se siembran bajo “mantillo” para crecer, calentado con cables eléctricos que se colocan de 6-8 cm por debajo del suelo. El uso del brote de bambú como comida, data desde los comienzos de la civilización en lugares endémicos de las especies de éste. Con el crecimiento de la civilización China hacia Japón, países como Birmania, Tailandia y Vietnam han aprendido el valor nutricional de los brotes de bambú (Satya, 2012). El brote de bambú es consumido por distintas clases sociales en el mundo y en la actualidad se considera un recurso comestible potencial (Dransfield y Widjaja, 1995). En 1951 se reportó la primera producción de brotes de bambú como alimento en el Este de China y Japón. Hoy día China y Taiwán son los países que exportan más bambú comestible. El brote de bambú se define como “el nuevo crecimiento del apéndice del rizoma en un culmo joven, y consiste en entrenudos jóvenes



Figura 1. Bamboo shoot, cocido y crudo en un mercado de productos orgánicos en Tsukuba, Japón.

protegidos por hojas envainantes” (Dransfield y Widjaja, 1995).

Valor nutricional de brotes de bambú

Los brotes de bambú han sido catalogados como una alternativa de alimento saludable.

La composición química general de un brote de bambú comestible, es mostrada en el Cuadro 1.

Es ampliamente recomendado por especialistas cardiovasculares por ser fuente natural de fibra, para pacientes con problemas de colon y personas que se encuentran bajo el régimen de programas de adelgazamiento. Con estos antecedentes, el objetivo del presente fue describir un procedimiento para la recolecta y preparación de brotes de bambú (*Guadua angustifolia* y *Dendrocalamus asper*) con fines comestibles.

Los brotes de bambú se obtuvieron en Ayototeco de Guerrero, Puebla, México (19° 59' 54" - 20° 08' 48" N, y 97° 21' 18" y 97° 27' 42" O, a 284 m de altitud (INEGI, 2009). Los brotes se eligieron de 30 a 45 cm de altura. Para obtenerlos, se excavó alrededor de la base del brote y realizó un corte de 5 a 8 cm por encima del “ojo” (Figura 2).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los brotes de bambú se obtuvieron en Ayototeco de Guerrero, Puebla, México (19° 59' 54" - 20° 08' 48" N, y 97° 21' 18" y 97° 27' 42" O, a 284 m de altitud (INEGI, 2009). Los brotes se eligieron de 30 a 45 cm de altura. Para obtenerlos, se excavó alrededor de la base del brote y realizó un corte de 5 a 8 cm por encima del “ojo” (Figura 2).

Limpieza de los brotes recién cosechados

Cortar la base hasta la porción suave y retirar, una por una, las vainas del culmo hasta llegar a la porción de la punta. Si usa un cuchillo afilado, sostener fuertemente la punta del brote

Cuadro 1. Composición química de brote de bambú joven comestible.

Componente	Contenido en 100 g porción comestible ⁻¹		
	Fresco	Fresco	Enlatado
Agua	89-93 g	92.5 %	92.8 %
Proteínas	1.3-2.3 g	2.5 g	1.9 g
Grasa	0.3-0.4 g	0.2 g	0.1 g
Carbohidratos	4.2-6.1 g	2.9 g	2.0 g
Fibra	0.5-0.77 g	1.0 g	1.8 g
Ceniza	0.8-1.3 g	0.7 g	0.4 g
Calcio	81-96 mg		
Fosforo	42-59 mg	43 mg	26 mg
Hierro	0.5-1.7 mg	7 mg	1 mg
Vitamina B1	0.07-0.14 mg	0.10 mg	0.05 mg
Vitamina B2		0.8 mg	0.05 mg
Vitamina C	3.2-5.7 mg	10 mg	0 mg
Glucosa	1.8-4.1 mg		
Valor energético	118-197 Joules		
Contenido de Cianuro	44-283 mg kg ⁻¹		
Vitamina A	50 i.u.	50 i.u.	
Calorías		23 calorías	20 calorías

Fuente: Dransfield y Widjaja, 1995, Lewis, 1995



Figura 2. A: Brote de bambú de 40 cm de altura. La parte señalada es el "ojo" del brote. B: Corte realizado a siete cm del "ojo" del brote. Huerto comercial en Puebla, México

asegurándose de cortar exactamente por encima de la porción suave comestible (Figura 3).

Las especies tropicales están cubiertas por una película cerosa y por tricomas blanquecinos, que se debe tratar con cuidado. Si se presenta contacto de los tricomas con la piel, se recomienda, de ser posible, lavar directamente con agua para eliminarlos. Después de pelar los brotes se deben depositar de inmediato en una cubeta de agua (Figura 4). Al cortar, las piezas deben ser devueltas inmediatamente a la cubeta con agua.

Si se requieren cortes más pequeños, se deben cortar longitudinalmente. Esto se recomienda para hacer guarnición excelente y más adelante servir al plato (Figura 5).



Figura 3. Forma correcta de manejar el brote de bambú y realizar el corte de las hojas envainantes.

Hervir los brotes en agua

Se debe de preparar una cacerola con agua y hervir los brotes picados durante 10 minutos. Después de este tiempo, se elimina el agua y se incorpora agua limpia para volver a hervir. Dos cambios de agua hirviendo en la mayoría de las especies de bambú ayudan a eliminar el contenido de cianuro presente en los brotes. Si los brotes no se cocinarán después de hervir, se deben separar los brotes y guardar en bolsas herméticas y congelar (Figura 6).



Figura 4. Brotes de bambú limpios.

Perspectivas en México

La presencia de climas y suelos en México que favorecen el crecimiento de bambú, con múltiples atributos morfológicos y fisiológicos para el ambiente y la alimentación humana, permite considerar que es un género con amplio

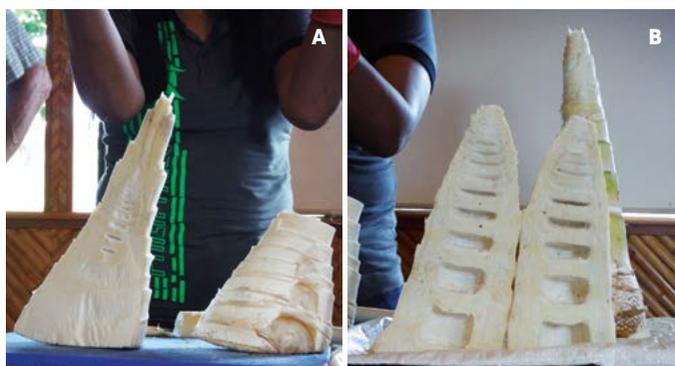


Figura 5. Culmos pelados de A: *Dendrocalamus asper* y B: *Guadua angustifolia*.



Figura 6. Brotes de bambú picados y hervidos.



Figura 7. Distribución de especies de bambú en México. Elaboración propia con datos de herbarios.

potencial ecológico y alimenticio, además de industrial y medicinal, que puede favorecer el desarrollo de las poblaciones enclavadas en las áreas tropicales de México (Figura 7).

Son diferentes especies de bambú distribuidas en México, lo cual sugiere un recurso agroforestal y alimenticio, además de una alternativa para exportar a las comunidades asiáticas asentadas en los Estados Unidos de América.

CONCLUSIONES

Existe una riqueza genética de bambú en México, representado por especies nativas e introducidas. Aun cuando el uso como alimento (shoot) es uno de los menos populares, existe un antecedente de aprovechamiento para la especie nativa *Guadua longifolia* y la introducida *Bambusa oldhamii*. El bambú "shoot", es una posibilidad de diversificación productiva en ejidos y comunidades agrarias, donde las condiciones agroclimáticas permitan su desarrollo.

LITERATURA CITADA

- Cortés R.G.R. 2005. Aspectos ecológicos del bambú. Biobambú 3 (11) bambumex.org/paginas/ECOLOGICOS1.pdf (consulta jun 2005).
- Dransfield S., Widjaja A. 1995 (editors). Plant Resources of South-East Asia No. 7. Bamboos. Backhuys Publishers, Leiden. 189 pp.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Ayototxco de Guerrero, Puebla con clave geoestadística 21025. Disponible en: <http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>
- Mejía M. 2004. Los bambúes Nativos de México. Instituto de Ecología, A.C., American Bamboo Society, The Bamboo of the Americas, Instituto Tecnológico de Chetumal.
- Merdelyn T., Caasi-Lit., Linda B., Roy B. 2010. Bamboo shoot Resources of the Philippines: I. Edible Bamboo and the current status of the Local Bamboo shoot Industry. Philippine Journal of Crop Science (PJCS). August, 35 (2): 54-68.
- Rikken G. 1997. Propping life with bamboo. Asian social Institute in Philippine. Second printing. Pag: 5-7.
- Rodríguez M.R.M., Galicia L., Sánchez W., Ceccon E., Gómez L., Zarco A. 2010. Usos actuales, distribución potencial y etnolingüística de los bambúes leñosos (Bambuseae) en México. En: Pochettino M. L, Ladio, A. H., Arenas P.M. (editoras). Tradiciones y Transformaciones en Etnobotánica. Ed. CYTED - (RISAPRET), Argentina, pp 355-363.
- Rodríguez M.R.M. 2005. Determinación de la distribución potencial de las especies nativas e introducidas de bambú en México. Tesis Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, 157pp.
- Sánchez-Trocino M. 2009. Manual para la producción de bambú y manejo nutricional del panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca*) y panda rojo (*Ailurus fulgens*) en el zoológico de chapultepec, ciudad de México. Programa de Becas del Centro de Estudios China-México, UNAM y el ICyTGDF. Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre. Pág. 45-49.
- Satya S., singhal P., Mohan-Bal L., Sudhakar P. 2012. Bamboo shoot: a potencial source of food security. Mediterr Journal Nutrition. 5: 1-10 pag.
- Stamm J. 2008. La Evolución de los Métodos constructivos en Bambú. Segundo Congreso Mexicano del Bambú, Puebla, México, consultado el 20 de septiembre de 2012. Disponible en <http://www.bambumex.org/ArquitecturayBambuJorge%20Stamm.pdf>.

- Stoothert K.E. 1998. Cultura Las Vegas. La Prehistoria Temprana de la Península de Santa Elena, Ecuador, Museo del Banco Central del Ecuador, Guayaquil.
- Gutiérrez J.A. 2000. Structural adequacy of traditional bamboo housing in Latin America. Technical Report No. 19. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing
- Ramanayake S.M.S.D. 2006. Flowering in bamboo: an enigma. Cey. J. Sci. (Bio. Sci.) 35 (2): 95-105.
- Embaye K., Weih M., Ledin S., Christersson L. 2005. Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. For. Ecol. Manag., 204: 159-169.
- Kibwage J.K., Oondo A.J., Momanyi G.M. 2008. Structure and performance of formal retailmarket for bamboo products in Kenya. Scientific Research and Essay Vol.3 (6): 229-239.
- Sood A., Ahuja P.S., Sharma M., Sharma O.P., Godbole S. 2002. *In vitro* protocols and field performance of elites of an important bamboo *Dendrocalamus hamiltonii* Nees et Arn. Ex Munro. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 71: 55-63.
- Kumar A., Sastry C.B. 1999. INBAR Red internacional del Bambú y el Ratán. Los productos forestales no madereros y la generación de ingresos. Unasyva. 50: 48-53.
- Rzedowski J. 1981. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 pp.
- Sánchez-Trocino M. 2009. Manual para la producción de bambú y manejo nutricional del panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca*) y panda rojo (*Ailurus fulgens*) en el zoológico de chapultepec, ciudad de México. Programa de Becas del Centro de Estudios China-México, UNAM y el ICyTGDF. Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre. Pág. 45-49.
- Gib C. 2005. El bambú: su importancia en la ecología y la conservación de las especies nativas. Primer congreso mexicano del bambú 8, 9 y 10 de diciembre del 2005 Xalapa de Enríquez, Veracruz de Ignacio de la Llave México. 112 p.
- Godbole S., Sood A., Thakur R., Sharma M., Ahuja P.S. 2002. Somatic embryogenesis and its conversion into plantlets in a multiplurpose bamboo. *Dendrocalamus hamiltonii* Nees et Arn. Ex Munro. Current science. 83 (7): 885-889.



INVENTARIO DE CUERPOS DE AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL ARROYO MICHAPAN, VERACRUZ, MÉXICO

INVENTORY OF BODIES OF WATER IN THE LOW BASIN OF ARROYO MICHAPAN, VERACRUZ, MEXICO

Pérez-Prieto, E. S.¹; Vázquez-Luna, D.^{1*}; Retureta-Aponte, A.¹; Hernández-Romero, A. H.¹;
Cuevas-Díaz, M. del C.²; Hernández-Acosta, E.²

¹Universidad Veracruzana, Carretera Costera del Golfo Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria (FISPA), km. 220, Col. Agrícola y Ganadera Michapan. Acayucan, Veracruz, México. ²Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Químicas, Campus Coatzacoalcos, Avenida Universidad Veracruzana, Paraíso Coatzacoalcos, México. ³Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Carretera México-Texcoco, Km 38.5, Texcoco de Mora, México.

*Autor de correspondencia. divazquez@uv.mx

ABSTRACT

The objective of the study was to develop a classification of the inventory of bodies of water located in the low basin of Arroyo Michapan, Veracruz, Mexico, and to analyze their distribution according to the type of soil, geographic location, land use and vegetation, through the use of Geographic Information Systems. These bodies of water constitute a reservoir of this resource for producers in the region, particularly for livestock production. Google Earth maps were used by series of time in the south of the state of Veracruz, inside the hydrologic region 28AP, from 2014 to 2016, and the information was corroborated through field visits, during the dry season (May 2016) and during the rainy season (July 2016). ArcGIS 10 was used in its ArcINFO interface to define its tributaries. The results indicated that the microbasin belongs to the hydrologic region that arises in the mountainous zone of the Sierra de Santa Marta, in Sotepan, and which drains towards the municipalities of Acayucan, San Juan Evangelista, Oluta, Sayula and Hueyapan de Ocampo. 443 bodies of water were found, of which 53.5 % are permanent and 46.5 % are temporary and semi-temporary. Concerning this, most of the permanent bodies of water were found in Luvisol soils devoted to extensive livestock production with scarce tree vegetation. This information will be of vital importance to perform a management plan for the conservation of bodies of water and soils, through the development of alternatives that help take advantage of resources in a sustainable manner and which include reforestation in runoff zones and buffer areas from permanent and temporary and semi-temporary bodies of water.

Keywords: conservation of soils and water, sustainability, rural development.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue desarrollar una clasificación del inventario de cuerpos de agua ubicados en la cuenca baja del arroyo Michapan, Veracruz, México, y analizar su distribución de acuerdo con el tipo de suelo, ubicación geográfica, uso de suelo y vegetación, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. Estos cuerpos de agua constituyen un reservorio de este recurso para los productores de la región, principalmente para la ganadería. Se utilizaron mapas de Google Earth por series de tiempo en el sur del estado de Veracruz, dentro de la región hidrológica 28AP, desde 2014 hasta 2016, y se corroboró la información mediante recorridos de campo, durante la época de secas (mayo de 2016)

y durante la temporada de lluvias (julio de 2016). Se utilizó ArcGIS 10 en su interface ArcINFO para delimitar sus afluentes. Los resultados indicaron que la microcuenca pertenece a la región hidrológica que nace de la zona montañosa de la Sierra de Santa Marta, en Sotepan, y que escurren hacia los municipios de Acayucan, San Juan Evangelista, Oluta, Sayula y Hueyapan de Ocampo. Se encontraron 443 cuerpos de agua, de los cuales 53.5% son permanentes y 46.5% son temporales y semi-temporales. Al respecto, la mayor parte de los cuerpos de agua permanentes se encontraron en suelos luvisoles dedicados a la ganadería extensiva con vegetación arbórea escasa. Esta información será de vital importancia para realizar un plan de manejo para la conservación cuerpos de agua y suelos, mediante el desarrollo de alternativas que ayuden a aprovechar de forma sustentable los recursos y que incluyan la reforestación en zonas de escurrimiento y en áreas buffer de cuerpos de agua permanentes y temporales y semi-temporales.

Palabras clave: Conservación de suelos y agua, sustentabilidad, desarrollo rural.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para los ecosistemas y en especial para el desarrollo de las comunidades humanas. La agricultura y la ganadería consumen alrededor del 70% del agua extraída de diversas fuentes para uso en actividades humanas, sin considerar el agua de lluvia para sistemas de temporal (Gleick, 2003). Dichas fuentes pueden ser humedales lóticos (ríos, arroyos) y lénticos (lagos, legunas, pozos y otros humedales), naturales o artificiales (presas y otro tipo de reservorios). Esta clasificación es relevante porque determina su manejo. Los humedales lóticos son de aguas continuas y los sistemas lénticos suelen ser de aguas estancadas, y en función de su tamaño suelen ser más o menos inestables y de aguas estancadas (Cervantes, 2004). Existen otras clasificaciones de cuerpos de agua según su función ecológica (Oliva-Martínez *et al.*, 2005), su importancia pesquera (Quirós, 1994) y la calidad de agua (Torres *et al.*, 2009). La conservación y uso racional de los cuerpos de agua o humedales debe partir de un inventario en el que se identifique la ubicación y las condiciones ecológicas de los cuerpos de agua, así como su clasificación, para posteriormente valorar y monitorear su estado y tendencias, así como las amenazas que enfrentan, a fin de tomar medidas para su manejo (Ramsar, 2005). Por ello, el objetivo del presente estudio fue desarrollar una clasificación del inventario de cuerpos de agua ubicados en la cuenca baja del arroyo Michapan, Veracruz, México, y analizar su distribución de acuerdo con el tipo de suelo, la ubicación geográfica, uso de suelo y vegetación, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, con el fin de diseñar en el mediano plazo políticas públicas y de desarrollo rural, en favor de la conservación y manejo de los recursos naturales (Camas *et al.*, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio que comprende la microcuenca del arroyo Michapan se localiza en el sur del estado de Veracruz, con elevación de 939 m y con

una superficie de 458.4 km², donde se realizó una clasificación de los cuerpos de agua. Como permanente se consideró a los cuerpos de agua, que durante los últimos 10 años tuvieron agua durante todo el año, mientras que como temporales o semi temporales, a los cuerpos de agua, que durante los últimos 10 años mantienen sus niveles, principalmente en temporada de lluvias.

Colecta y caracterización del suelo:

Se recolectó suelo dentro de los primeros 30 cm de profundidad, mediante el procedimiento de la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2001), esto con la finalidad de corroborar los tipos de suelos.

Análisis cartográfico:

Las características excluyentes del cuerpo de agua fueron los cuerpos de agua menor a 100 m²; cuerpos de agua que se encontraran fuera de los límites de la cuenca, y cuerpos de agua que no estuvieran presentes durante los últimos 10 años. Los mapas se elaboraron con QGIS V 2.18.9.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indicaron que existen 443 cuerpos de agua mayores a 100 m², de los cuales 53.5% son permanentes y 46.5% son temporales y semi temporales ubicados principalmente en el municipio de Acayucan (Figura 1A). Al respecto, la mayor parte de los cuerpos de agua permanentes se encontraron en suelos luvisoles (Figura 1B), dedicados a la ganadería extensiva con escasa vegetación (Figura 2).

La riqueza hídrica del estado de Veracruz se puede resumir en una precipitación pluvial que duplica el promedio nacional (1,552 mm vs 759.0 mm, respectivamente), así como el 27.0% de los escurrimientos

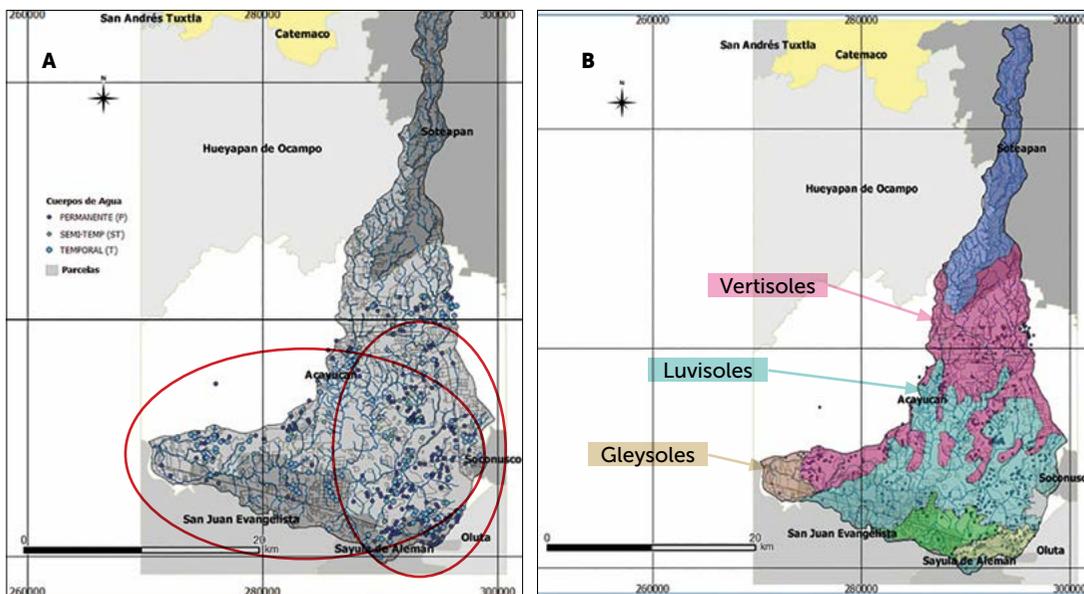


Figura 1. A) Inventario de cuerpos de agua y B) ubicación por uso general de suelo.

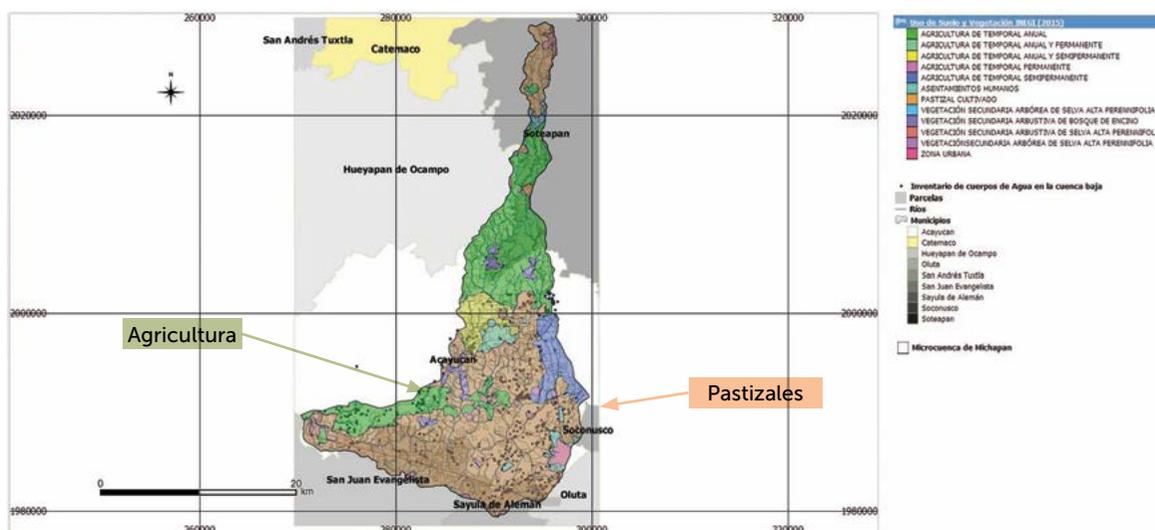


Figura 3. Ubicación de los cuerpos de agua por uso de suelo y vegetación.

superficiales del país. La cuenca del río Papaloapan, perteneciente a la Región Hidrológica X-Golfo Centro de la CONAGUA, comprende 57,355 km² (CONAGUA, 2016). Se han realizado inventarios de humedales en la región, a diferentes escalas. Según Brena-Zepeda et al. (2012), en la cuenca del Papaloapan existen 20 humedales, de entre 66.6 y 308,096.41 ha, siendo este último la laguna de Alvarado, del cual, una superficie de 267,010 está

reconocida con categoría Ramsar (CONANP, 2003). Sin embargo, en esta región abundan cuerpos de agua conocidos como represas o lagunas, utilizadas para abasto de agua en época de estiaje, principalmente para la ganadería, mismos que no han sido estudiados. Estos cuerpos de agua forman parte de la riqueza hídrica del estado, pero se desconoce en gran medida su potencial para el soporte de las actividades productivas.

Estudios realizados de muestreo de campo y de datos de satélite indican que existe alto potencial de escurrimiento en las serranías, mientras que el aluvión presenta un alto potencial de infiltración (Kurczyn-Robledo et al., 2007), esto podría estar pasando en esta cuenca (Figura 1 y 2), pues como en otras zonas, la recarga por lluvias ocurre principalmente en las elevaciones montañosas, y es equivalente al 15.9% de la precipitación, otra sub-cuenca

que cubre una mayor superficie, pueden captar más del 50% del total de las lluvias (Cruz-Falcón *et al.*, 2011). En general, en las zonas subtropicales se prevén importantes disminuciones en la precipitación, y de no adoptarse medidas de adaptación, estará en riesgo la suficiencia alimentaria de la región. Por otra parte, se esperan lluvias más intensas y eventos extremos, que incrementarán la vulnerabilidad de algunas cuencas del sureste que ya registran problemas de inundaciones” (Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012).

CONCLUSIONES

El desarrollo de la clasificación del inventario de cuerpos de agua ubicados en la cuenca baja del arroyo Michapan, permitió ser útil para sentar la base para futuras investigaciones en la zona. El análisis de la distribución de los cuerpos de agua identificó su distribución en función del tipo de suelo, municipio, ejido, uso de suelo y vegetación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Proyecto redes 2016 (UV-CA-12) por el financiamiento de la presente publicación.

LITERATURA CITADA

- Brena-Zepeda J. E., Castillo R. C., Castillo-Campos G., Pale P. J., Moreno C. P. 2012. Inventario y caracterización de humedales en la cuenca del río Papaloapan, México Tecnología y Ciencias del Agua 3(2):131-13
- Camas G.R., Turrent F.A., Cortes F. J. I., Livera M. M., González E.A., Villar S.B., López M.J., Espinoza P.N., Cadena I.P. 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. Revista mexicana de ciencias agrícolas 3, 231-243.
- Cervantes M. 2007. Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. Ed. Sánchez, O., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano, pp. 37-68.
- CONAGUA. 2016. Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua.
- CONANP. 2003. Ficha Técnica de los Humedales de Ramsar. Sistema Lagunas Alvarado. En: http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Veracruz/Sistema_Lagunar_Alvarado/Sistema%20Lagunar%20Alvarado.pdf.
- Cruz-Falcón A., Vázquez-González R., Ramírez-Hernández J., Nava-Sánchez E.H., Troyo-Diéguez E., Rivera-Rosas J., Vega-Mayagoitia J. 2011. Precipitación y recarga en la cuenca de La Paz, BCS, México. Universidad y ciencia 27, 251-263.
- Gleick P. 2003. Water use. Annual Review of Environment and Resources 28:275-314.
- Kurczyn-Robledo J.A., Kretschmar T., Hinojosa-Corona A. 2007. Evaluación del escurrimiento superficial en el noreste del Valle de Guadalupe, B.C., México, usando el método de curvas numeradas y datos de satélite. Revista mexicana de ciencias geológicas 24, 1-14.
- Martínez-Austria P.F., Patiño-Gómez C. 2012. Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. Tecnología y ciencias del agua 3, 5-20.
- Oliva-Martínez M.G., Ramírez-Martínez J.G., Garduño-Solórzano G., Cañetas-Ortega J., Ortega M.M. 2005. Caracterización diatomológica en tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, Estado de México. Hidrobiológica 15, 01-26.
- Quirós R. 1994. Intensificación de la pesca en los pequeños cuerpos de agua en América Latina y el Caribe. FAO, Roma, Italia. 41 p.
- Ramsar. 2005. Herramientas de Evaluación contenidas en el Marco Integrado de Inventario de Humedales, Evaluación y Monitoreo (IF-WIAM). Documento 24 de Discusión. Convención Ramsar COP9. Kampala, Uganda. 113 p.
- SEMARNAT. 2001. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, México, D.F., p. 85.
- Torres P., Cruz C.H., Patiño P.J. 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: Una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín 8, 79-94.



APLICACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA PREDECIR EL RENDIMIENTO VEGETAL DE UN COMPUESTO DE INTERÉS INDUSTRIAL

APPLICATION OF A MATHEMATICAL MODEL TO PREDICT THE VEGETABLE YIELD OF A COMPOUND OF INDUSTRIAL INTEREST

Lira-Conde, A.¹; Ocaranza-Sánchez, E.¹; Cadena-Iñiguez, J.^{2*}; Tapia-López, L.¹; Solís-Oba, M.M.¹; Ruiz-Font, A.¹

¹Instituto Politécnico Nacional Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5. Tlaxcala, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Posgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.

*Autor de correspondencia: jocadena@gmail.com

ABSTRACT

With the aim of predicting yields of betacyanins from the *Beta vulgaris* L. root, for dietary use under field conditions, a simple potential equation, Richard equation and Werker model were applied in three agri-environments, and the following were determined: growth curves, leaf development, biomass and metabolite. Seven yield variables were evaluated, and eight field variables, five abiotic, 22 physical-chemical of the soil, and two of biochemical extraction. The data were also analyzed by principal components. The production of betacyanins in root was inversely related to its biomass, which agrees with results from other authors, indicating that the size and weight of the beet is negatively correlated to the concentration of betacyanins, although they do not report a model for such concentration. The yields of aerial biomass were directly related to those of betacyanins ($r^2 \geq 0.90$), highlighting that 11 out of 17 essential nutrients were decisive. When the biotic and abiotic factors that affect the root development are defined, in the study sites, versus the betacyanin yields, it is possible to manage under the model applied the most significant variables to optimize the yield, quality and industrial profitability in each agri-environment.

Keywords: betacyanins, *Beta vulgaris*, biomass, secondary metabolism.

RESUMEN

Con el fin de predecir rendimientos de betacianinas de raíz de *Beta vulgaris* L., para uso alimentario bajo condiciones de campo, se aplicó una ecuación potencial simple, ecuación de Richard y modelo de Werker en tres agroambientes, y determinaron curvas de crecimiento, desarrollo foliar, biomasa y metabolito. Se evaluaron siete variables del rendimiento, ocho de campo, cinco abióticas, 22 físico-químicas del suelo, y dos de extracción bioquímica. Los datos fueron analizados además por componentes principales. La producción de betacianinas en raíz se relacionó inversamente con su biomasa, lo que coincide con resultados de otros autores, que indican que el tamaño y peso del betabel correlacionan negativamente con la concentración de betacianinas, aunque éstos no reportan un modelo para dicha concentración. Los rendimientos de biomasa aérea estuvieron directamente relacionados con los de betacianinas ($r^2 \geq 0.90$), resaltando que once de 17 nutrimentos esenciales fueron determinantes. Al quedar definidos los factores bióticos y abióticos que afectan el desarrollo de raíz, en los sitios de estudio, contra rendimientos de betacianinas, es posible gestionar bajo el modelo aplicado, las variables más significativas para optimizar el rendimiento, calidad y rentabilidad industrial en cada agroambiente.

Palabras clave: Betacianinas, *Beta vulgaris*, biomasa, metabolismo secundario.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una creciente demanda de los colorantes producidos a partir de frutas y vegetales para su uso en alimentos por lo que los sistemas de producción agrícola deben ser más eficientes y sostenibles para poder satisfacer las necesidades de materias primas para la transformación de alimentos con insumos de colorantes naturales (Ávalos y Pérez, 2009; Bourgaud *et al.*, 2001; Monteiro *et al.*, 2009; Davies, 2004; Stintzing y Carle, 2007). Lo anterior induce a seleccionar las condiciones ambientales que permitan un manejo eficiente de los recursos disponibles en un sistema de producción agrícola considerando la mayor cantidad de variables involucradas (Lobell y Burke, 2010; Gaelen, 2011; Oteng *et al.*, 2013; Nagarjuna *et al.*, 2011).

Dentro de los colorantes más comunes de origen vegetal están las betalainas, antocianinas, β -caroteno, curcumina, espirulina, bixina, luteína y clorofila (Popa *et al.*, 2015). Las betalainas son colorantes naturales, constituyen una clases de metabolitos secundarios que se encuentran en la especies del orden de *Caryophyllales* sintetizados a partir de la tirosina como parte de la ruta del ácido Shikimico (Strack *et al.*, 2003; Sepúlveda *et al.*, 2004; Kujala *et al.*, 2002). La fuente más importante es *Beta vulgaris* L. que produce principalmente betanina, su rendimiento es de 50-70 t ha⁻¹ de biomasa fresca de raíz, cuyo contenido de betalainas oscila de 0.4 a 20 mg g⁻¹ de raíz (Pavokovi y Krsnik, 2011; Strack *et al.*, 2003). El crecimiento, calidad de la raíz betabel, concentración de betalainas se ve afectada por factores ambientales (Feller y Fink, 2004), y nutrimentos minerales que tienen funciones específicas y esenciales en el metabolismo (Contliffe y Goodwin, 1974), que se pueden manipular para aumentar la producción de biomasa y colorante a escala comercial (Imtiyaj y Giridhar, 2015). Con base en lo anterior, se aplicó un modelo matemático con el fin de predecir el rendimiento de biomasa y betalainas en *Beta vulgaris* L, bajo condiciones de cultivo a campo abierto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Modelo de simulación de cultivo

Para estimar la cantidad de biomasa por unidad de nutriente y cantidad de CO₂ fijado en una planta a partir de la temperatura de la atmósfera, radiación interceptada y agua transpirada por la cobertura foliar, Webb (1997) propuso un modelo donde la producción de bio-

masa se puede expresar como la respuesta del cultivo a la irrigación o lluvia, evapotranspiración y radiación solar interceptada por la cobertura foliar (Ecuación 1) (Werker y Jaggard, 1998; Steven *et al.*, 1986). Cuando el coeficiente de respuesta a la irrigación o lluvia es igual a cero ($K_y=0$) la ecuación (1) se simplifica al modelo de Montheit (Ecuación 2) en la cual la producción de biomasa solo depende de la radiación solar interceptada por el área foliar (Monteith & Moss, 1977).

$$Y = \epsilon \sum f_s (1 - K_y) \left(1 - \frac{E_T}{\left(\frac{\epsilon}{q_D}\right) \sum D f_s} \right) \quad (1)$$

$$Y = \epsilon \sum f_s \quad (2)$$

Dónde: Y=Producción potencial de biomasa seca, ϵ =Coeficiente de conversión de radiación, f =Área foliar, s =Radiación solar, K_y =Coeficiente de respuesta a la irrigación o lluvia, E_T =Evapotranspiración total, q_D =Coeficiente de transpiración de la materia seca.

Para describir el desarrollo del área foliar se pueden usar los modelos de crecimiento (Setiyono, 2007; Malnoua, 2008; Yin *et al.*, 2000; Ashory, 2013), los modelos más utilizados son: Logístico (Ecuación 3), Gompertz (Ecuación 4) y Richard (Ecuación 5), además del modelo de Barrel (Ecuación 6) basado en el modelo logístico (Lukombo *et al.*, 2013) y Richard S (Ecuación 7) basado en el modelo de Richard, que integran dos parámetros más para describir la senescencia de la cobertura foliar de las plantas.

$$f = f_{\max} [1 + e^{b(t-t_0)}]^{-1} \quad (3)$$

$$f = f_{\max} e^{-e^{b(t-t_0)}} \quad (4)$$

$$f = f_{\max} [1 + b e^{c(t-t_0)}] \left(\frac{1}{1-m} \right) \quad (5)$$

$$f = f_{\max} \left[\frac{1}{1 + e^{b(t-t_0)}} - e^{a(t-t_f)} \right] \quad (6)$$

$$f = f_{\max} [1 + b e^{c(t-t_0)} + e^{a(t-t_f)}] \left(\frac{1}{1-m} \right) \quad (7)$$

Dónde: f =Área foliar, f_{\max} =Área foliar máxima, t_0 =Punto de inflexión, t_f =Punto de senescencia, a =Tasa de senescencia, b =Tasa de crecimiento, c =Tasa de crecimiento, t =Tiempo térmico acumulado (GDA), m =Cinética de crecimiento.

Para estimar la cantidad de radiación interceptada la ecuación de Montheit (Ecuación 2) se resuelve como una integral realizando un cambio de la variable radiación solar (s) por los Grados Día Acumulados (GDA) y se sustituyen el área foliar (f) por los modelos de curva de crecimiento (Ecuación 8). Para calcular la biomasa seca producida se tomaron en cuenta los fenómenos de mantenimiento y respiración donde la tasa de crecimiento disminuye mientras la biomasa seca aumenta usando la ecuación de Werker (1998) (Ecuación 9), donde se sustituyó el potencial de producción de biomasa seca (P) por la cantidad de radiación interceptada (Y) de la ecuación (8) para obtener el modelo de Werker-Montheit (Ecuación 10). Finalmente para representar la partición de la biomasa (Ecuación 11) hacia los órganos de la planta se utilizó el modelo de Werker (Ecuación 9), considerando que el coeficiente de respiración y mantenimiento (γ) es igual al del modelo de Werker-Montheith.

$$Y = \epsilon \int_0^{GDA} fGDA \quad (8)$$

$$Y = \left(\frac{1}{\gamma}\right)(1 - e^{-\gamma P}) \quad (9)$$

$$Y = \left(\frac{1}{\gamma}\right)\left(1 - e^{-\gamma \epsilon \int_0^{GDA} fGDA}\right) \quad (10)$$

$$P_{br} = \frac{Y_r}{Y} = \frac{\left(\frac{1}{\gamma}\right)(1 - e^{-\gamma \epsilon_r Y})}{\left(\frac{1}{\gamma}\right)(1 - e^{-\gamma \epsilon_t Y})} = \frac{(1 - e^{-\gamma \epsilon_r Y})}{(1 - e^{-\gamma \epsilon_t Y})} \quad (11)$$

Dónde: Y =Biomasa seca neta, P =Producción potencial de biomasa seca, γ =Coeficiente de respiración y mantenimiento, ϵ =Coeficiente de conversión total, P_{br} =Fracción de biomasa seca de raíz, Y_r =Biomasa seca de raíz, ϵ_r =Coeficiente de conversión de raíz.

Para determinar el grado interacción entre los factores que determinan y afectan el crecimiento del cultivo durante su desarrollo se realizó un monitoreo del clima, manejo del cultivo, características del suelo y el desarrollo fenológico del cultivo de tres parcelas de betabel en el municipio de Lázaro Cárdenas, Tlaxcala a 2,520 m (Figura 2) (SGET, 1987). Las parcelas, sitios experimentales, se ubicaron en 19° 31' 39" N; 97° 59' 19" O a 2506 m; 19° 31' 42" N; 97° 59' 25" O a 2508 m, y en 19° 33' 27" N; 97° 59' 08" O a 2531 m.

Las semillas utilizadas para el sembrado de los sitios experimentales fueron betabel rojo variedad Redondo F1-Bejo (*Beta vulgaris*) adquiridas en Agroinsumos del centro S.A. de C.V., el sembrado se realizó de manera directa a dos líneas, con una separación de 30 cm, sobre los lomos a una profundidad máxima de 1 cm, para obtener una densidad de entre 225,000-250,000 plantas ha⁻¹. En los sitios experimentales se realizaron labores de preparación de suelo: barbecho 15 días antes de la siembra, rastra y surcados para formar lomos de 90 cm de ancho tres días antes de la siembra.

El control de malezas se realizó de manera manual a los 30 y 60 días después de la siembra o cuando la maleza fue muy abundante; los riegos se aplicaron cada tercer día desde la siembra hasta la aparición de las primeras dos hojas verdaderas de la plántula (10 a 15 días después de la siembra), posteriormente se aplicaron riegos de auxilio cada semana cuando la precipitación no fue lo suficientes para cubrir las necesidades del cultivo mediante un sistema de aspersion.

La fertilización suministrada fue 240N-36P-30K (nitrógeno, fósforo y potasio) para el sitio experimental uno; 198N-30P-30K para el sitio dos, y 120N-15P-10K para el tres, dividida en dos aplicaciones (a los 30 y 60 días después de sembrado). Se realizó un control preventivo de plagas (áfidos, trips y lepidópteros) a los 80 días de desarrollo mediante la aplicación de 0.25 L ha⁻¹ de insecticida sistémico Muralla® Delta 190 OD de Bayer.

Métodos analíticos

Las variables monitoreadas del cultivo fueron: área foliar, biomasa aérea fresca, biomasa fresca de la raíz, biomasa seca aérea, biomasa seca de raíz, concentración de clorofila a y betacianinas. La cuantificación de estas variables se realizó a la unidad experimental de 11 plantas cada dos semanas a partir de la emergencia; la muestra

se obtuvo de un lote seleccionado por números aleatorios del sitio experimental que previamente se dividió en 10 lotes, descartando los bordes. Las muestras se llevaron al laboratorio donde se lavaron con agua para eliminar restos de suelo, se dejaron escurrir y secar a la sombra por 24 horas.

El área foliar se calculó como la suma del área de todas las hojas, considerando la hoja como una elipse. La biomasa fresca de la raíz y hojas se determinó pesando cada parte de la planta en una balanza analítica. La biomasa seca de la raíz y hojas se calculó a partir de humedad de una mezcla compuesta que se llevó a una termo balanza (Sartorius® MA35M) a una temperatura de 105 °C (Bradley, 2010). La concentración de clorofila a de las hojas frescas de betabel se determinó mediante espectrofotometría utilizando la ecuación propuesta por Lichtenthaler (1987) (Ecuación 12) usando alcohol etílico a 90% para la extracción de la clorofila de una mezcla compuesta de las hojas que se formó mediante una perforadora de hojas. La absorbancia del extracto alcohólico se obtuvo en una celda de cuarzo de 1 cm utilizando un espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific® modelo G10S UV-UVIS) calibrado con etanol al 90% como blanco (Sumanta *et al.*, 2014).

$$\text{Clorofila a} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) = 13.36 \times A_{664.1} - 5.19 \times A_{648.6} \quad (12)$$

Dónde: $A_{664.1}$ = Absorbancia a 664.1 nm, $A_{648.6}$ = Absorbancia a 648.6 nm.

La concentración de betacianinas de la raíz fresca del betabel se determinó mediante espectrofotometría usando la ecuación propuesta por Nieto (Ecuación 13) en Castellar *et al.* (2003), para lo cual se extrajeron las betacianinas en agua destilada de una muestra compuesta de las raíces del betabel. La absorbancia del extracto se obtuvo en una celda de cuarzo de 1 cm utilizando un espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific® modelo G10S UV-UVIS) calibrado con agua destilada como blanco.

$$\text{Betacianinas} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] = \frac{A \times DF \times MW \times 10^3}{\epsilon \times l} \quad (13)$$

Dónde: A = Absorbancia a 538 nm, DF = Factor de dilución, MW = Peso molecular de las betacianinas (550 g mol⁻¹), ϵ = Coeficiente de extinción (60,000 L mol⁻¹ cm⁻¹), l = Grosor de la celda de cuarzo (1 cm).

Las variables de manejo registradas durante el desarrollo del cultivo fueron: fecha de siembra, densidad, día de emergencia, dosis y fecha de fertilización, labores culturales y aplicación de riegos. Los datos climáticos de cada sitio experimental se obtuvieron por interpolación espacial (Danfort *et al.*, 2007), regresión de elevación de parámetros en pendientes independientes (Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model) (OMM, 2011), gradiente altimétrico y complementación por promedios vecinales de los registros de tres estaciones meteorológicas Vantage Pro2® marca Davis Instrument® ubicadas en Tlaxco (19° 36' 53" N; 98° 07' 08" O, y altura de 2551 m), Terrenate (19° 28' 53" N; 98° 07' 08" O; 2693 m) y Virreral (19° 32' 00" N; 97° 53' 50" O; 3087 m), las cuales registran datos cada 30 minutos y están a cargo de Centro de Investigación en Cambio Climático (UAT-UNAM). Las variables recuperadas de cada estación meteorológica fueron: temperatura, precipitación pluvial y humedad relativa; la radiación se recuperó de la estación meteorológica ubicada en Tlaxco. La acumulación de tiempo térmico o Grados Día Acumulados (GDA) durante el desarrollo del cultivo se calculó como la suma de los grados día de desarrollo (GDD) considerando la temperatura umbral del betabel de 7 °C (Ecuación 14), debido a que la temperatura mínima para el desarrollo de betabel oscila entre 5 °C y 7 °C (Singh y Dhaliwal, 1972).

$$GDD = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - u \quad (14)$$

Dónde: GDD = Grados día de desarrollo, T_{\max} = Temperatura máxima por día en °C, T_{\min} = Temperatura mínima por día en °C, u = Temperatura umbral en °C.

Las características de suelo se obtuvieron a partir de muestras compuestas de suelo de los sitios experimentales tomadas mediante una barrena de media caña a 30 cm dos semanas antes del establecimiento del cultivo, y analizadas por el laboratorio Fertilab S.A. de C.V. en Celaya, Guanajuato; los datos obtenidos fueron: textura de suelo, punto de saturación, capacidad de campo, punto de marchitamiento permanente, conductividad hidráulica, densidad aparente, pH, carbonatos totales, salinidad, concentración de materia orgánica, fósforo, nitrógeno, calcio, magnesio, sodio, fierro, zinc, manganeso, cobre, boro y azufre. Con los valores estadísticos de las 15 variables bióticas y 27 abióticas a lo largo del desarrollo fenológico del cultivo de los tres sitios experimentales se realizó el análisis de componentes

principales y de ajuste del modelo matemático utilizando los módulos Numpy, Sympy y Matplot del programa Scientific Python Development Environment (SPYDER) versión 2.3.5.2 con el sistema operativo Windows 8.1. El ajuste a las curvas de crecimiento para determinar el valor de los parámetros se realizó con el método de Levenberg-Marquardt y para calcular la biomasa seca producida se usó el método numérico de Romberg.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de componentes principales se utilizaron las variables climáticas, cultivo, suelo y manejo para construir una matriz de 30×19. Los primeros cinco componentes principales explicaron el 98% de la variación total de los datos (Cuadro 1), sin embargo los tres primeros fueron suficientes al registrar 91% de la variación total, aunque solo en el quinto componente aparece la concentración de betacianinas. Las variables con mayor contribución relativa en el primer componente fueron la densidad aparente, pH, Fósforo Bray, Potasio, Calcio, Cobre, Boro, Azufre y fertilización de Nitrógeno, Fósforo y Potasio; en el segundo, fueron grados día, densidad de plantas, concentración de clorofila, Nitrógeno, Magnesio, Sodio, Manganeseo y Azufre; para el tercero, los grados día, temperatura, radiación solar, área foliar, biomasa seca, en el cuarto, la temperatura, humedad y concentración de clorofila, y en el quinto, a la temperatura, biomasa seca de raíz, concentración de betacianinas, de clorofilas y fertilización nitrógenada.

Aplicando el modelo de Barrel y Richard S, fue posible proyectar la producción de biomasa durante el ciclo del cultivo, desde emergen-

cia hasta senescencia utilizando los valores obtenidos de los modelos Logístico (Richard y Weker-Montheit) (Cuadro 2). Los resultados obtenidos del ajuste mostraron que el modelo Logístico sobre estima el crecimiento del área foliar y biomasa seca durante la primera etapa de desarrollo del cultivo (GDA<500) (Figura 1 A), mientras que el Richard describió mejor el desarrollo del área foliar y biomasa seca durante todo el desarrollo del cultivo ($r^2 \geq 0.001$) (Figura 1 B).

El modelo propuesto para la partición de biomasa de raíz se ajustó a los datos experimentales para los tres modelos de crecimiento con el mismo coeficiente de correlación ($r^2=0.8854$). A partir de un análisis de correlación

Cuadro 1. Matriz de componentes principales.

Variable	CP1	CP2	CP3	CP 4	CP5
Eigenvalue	16.471	6.984	3.942	1.475	0.558
Proporción	0.549	0.233	0.131	0.049	0.019
Acumulativo	0.549	0.782	0.913	0.962	0.981
Grados día	0.052	-0.256	-0.330	0.175	0.006
Temperatura	0.085	-0.049	0.297	0.471	-0.431
Humedad	0.051	-0.066	-0.192	-0.685	-0.107
Radiación solar	0.157	-0.183	-0.272	0.170	0.022
Densidad de plantas	0.168	0.276	-0.017	0.053	0.027
Área foliar	0.193	-0.007	-0.309	-0.012	0.008
Biomasa seca total	0.161	-0.038	-0.366	0.046	-0.162
Biomasa seca de raíz	0.138	-0.057	-0.380	0.123	-0.252
Biomasa seca de aéreo	0.183	-0.008	-0.321	-0.066	-0.023
Concentración de betacianinas	-0.177	0.168	-0.013	-0.047	0.579
Concentración de clorofila	-0.042	-0.274	-0.095	0.413	0.430
Capacidad de campo	0.166	0.278	-0.018	0.053	0.027
Densidad aparente	0.201	-0.184	0.147	-0.069	0.036
pH	0.241	0.000	0.104	-0.026	0.041
Materia orgánica	-0.239	-0.068	-0.081	0.008	-0.041
Fósforo Bray	0.238	0.074	0.079	-0.007	0.041
Potasio	0.240	-0.017	0.109	-0.030	0.041
Nitrógeno	-0.179	0.231	-0.152	0.078	-0.032
Calcio	0.238	0.077	0.078	-0.006	0.040
Magnesio	0.121	0.325	-0.053	0.070	0.019
Sodio	0.034	0.364	-0.103	0.090	0.004
Fierro	0.198	-0.193	0.148	-0.071	0.035
Manganeseo	-0.186	-0.248	-0.000	-0.043	-0.030
Cobre	0.240	-0.009	0.107	-0.028	0.041
Boro	0.219	-0.136	0.139	-0.058	0.038
Zinc	0.125	0.322	-0.050	0.069	0.020
Azufre	0.227	0.142	0.052	0.012	0.038
Fertilización de Nitrógeno	0.211	-0.082	-0.123	0.055	0.409
Fertilización de Fósforo	0.229	-0.100	0.109	-0.037	0.060
Fertilización de Potasio	0.201	-0.184	0.147	-0.069	0.036

CP: Componente principal.

entre las variables que aparecen en el quinto componente se encontró que la correlación lineal más alta fue entre biomasa seca de raíz y cantidad de betacianinas en raíz ($r^2=0.42$), por lo que al ajustar estos datos con una ecuación potencial (Ecuación 15) se obtuvo un alto coeficiente de correlación ($r^2>0.90$) donde la cantidad de betacianinas está en función de la biomasa seca de la raíz. Realizando la derivación de la ecuación (15) respecto a la biomasa seca de la raíz se obtuvo la ecuación (16) que describe la concentración de betacianinas en la raíz en función de la biomasa

Cuadro 2. Parámetros de ajuste de los modelos de Barrel y Richard S para las curvas de desarrollo del área foliar de *B. vulgaris* del sitio experimental uno.

Parámetro	Modelo	
	Barrel	Richard S
f_m (cm ²)	2473	2655
t_0 (°C)	718	842
t_f (°C)	2200	2200
a	0.009	0.009
b	-8.1036×10^{-3}	3.7749×10^{-2}
c		-5.0034×10^{-3}
m		1.0908
r^2	0.99028	0.9912

sa seca de la raíz durante su desarrollo fenológico (Figura 2). Sustituyendo el valor de $Y_r=1$ en la Ecuación (27), esta se simplifica al producto de las constantes fenotípicas a y b (Cuadro 2) que indican el potencial de producción de betacianinas en la raíz de *B. vulgaris*.

$$Bet = bY_r^a \quad (15)$$

$$\frac{dBet}{dY_r} = abY_r^{(a-1)} \quad (16)$$

Dónde: *Bet*=Betacianinas (mg), Y_r =Biomasa seca de raíz (g), a y b =Constates fenotípicas.

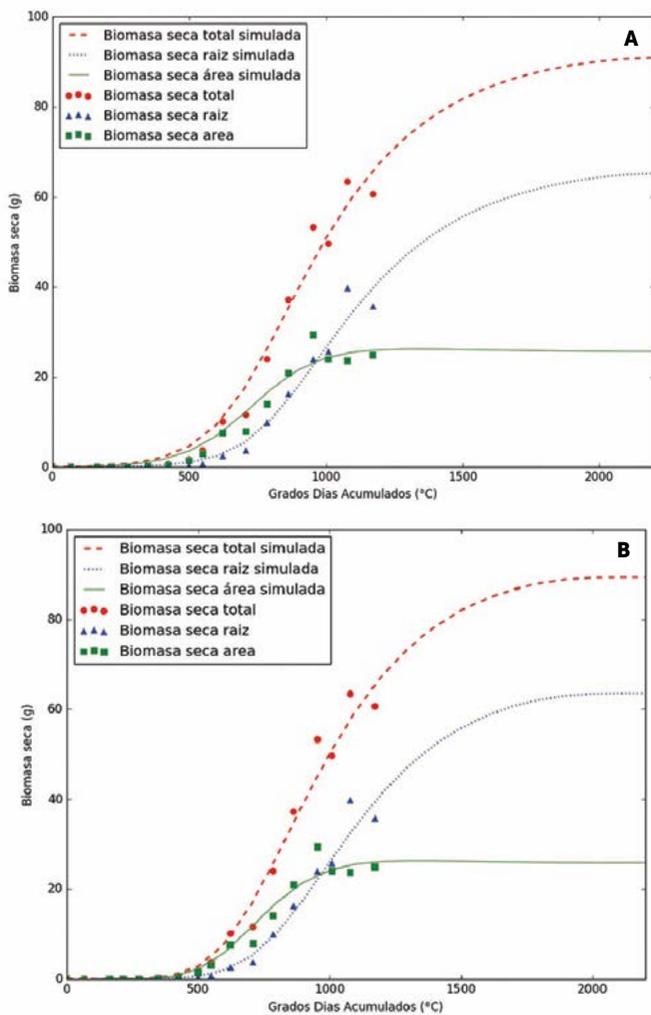


Figura 1. Proyección del desarrollo de biomasa de *Beta vulgaris*, desde siembra hasta senescencia, en el sitio experimental uno. A: mediante el modelo de Barrel. B: mediante el modelo de Richard S.

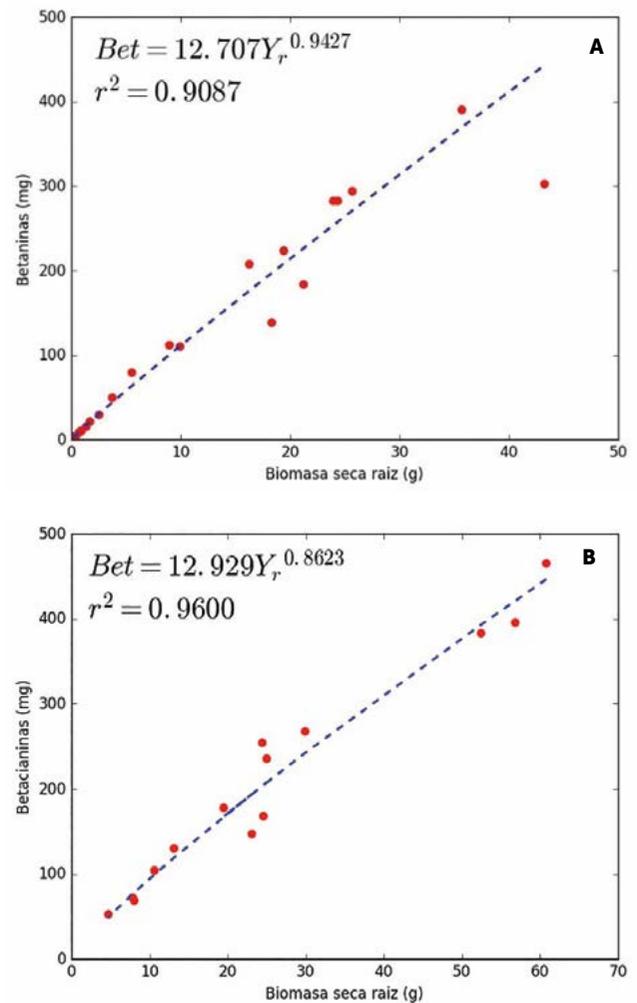


Figura 2. A: Simulación de producción de betacianinas respecto a biomasa de raíz en *Beta vulgaris* var. Redondo F1 usando el modelo potencial. B: Simulación de producción de betacianinas respecto a biomasa de raíz en *Beta vulgaris* var. Bettollo F1 usando el modelo potencial.

Al Ajustar los datos experimentales de los tres sitios experimentales de la variedad Redondo de *B. vulgaris*, F1 se obtuvieron las constantes fenotípicas *a* y *b* (Cuadro 2) (Figura 2 A), las cuales se compararon con las constantes fenotípicas de la variedad vegetal Bettollo F1 cultivado en la comunidad de San Francisco Tecoac, Huamantla (19° 23' 05" N; 97° 55' 52" O) durante el ciclo agrícola PV-2016 (Cuadro 3) (Figura 2 B), con lo que se observó un potencial de producción de betacianinas más alto en la variedad Redondo F1.

A partir de los datos experimentales se observó que la cantidad de betacianinas producidas en la raíz se podría deber a la actividad metabólica desarrollada durante el crecimiento de los diferentes tejidos que forman la raíz de *B. vulgaris*, ya que las enzimas y hormonas (Zeid, 1985) que están involucradas en la síntesis de betacianinas también están involucradas en los procesos de división celular, por lo tanto una alta tasa de crecimiento de los tejidos producirá mayor cantidad de betacianinas tal como lo reporta Kujala (2002) y Gaertner (2005). Además la concentración de betacianinas en la raíz de *B. vulgaris* esta inversamente relacionada a la cantidad de biomasa de la misma, lo que coincide con los resultados reportados por Nilson (1973), Von Elbe (1977) y Watso y Gabelman (1984), donde el tamaño y peso del betabel se correlacionaron negativamente con la concentración de las betacianinas, aunque estos autores no reportaron un modelo para dicha concentración.

Según el análisis de componentes principales las características del suelo (Densidad aparente, pH, Ni-

Cuadro 3. Parámetros de la Ecuación potencial de la producción de betacianinas en la raíz de *B. vulgaris*.

Grupo	Parámetro			
	a	b	ab	r ²
Sitio experimental 1	0.9908	12.212	12.01	0.9408
Sitio Experimental 2	0.9368	11.122	10.42	0.9496
Sitio experimental 3	0.9271	12.691	11.76	0.9061
Redondo F1	0.9427	12.707	11.97	0.9087
Betollo F1	0.8623	12.929	11.14	0.9600

trogeno, Fósforo Bray, Potasio, Calcio, Cobre, Boro, Azufre, Magnesio, Sodio, Manganeso y Azufre), sí como, 11 de los 17 nutrientes, y radiación solar (Grados día, densidad de plantación) tuvieron influencia sobre el desarrollo de la raíz *B. vulgaris*, y producción de betacianinas en los tres sitios experimentales, por lo que la producción de biomasa y betalainas quedo supe-ditada a la disponibilidad de nutrientes de los sitios experimentales; N₂₈₅ P₁₆₆ K₄₇₄ para el sitio 1, N₂₁₂ P₃₇ K₃₀₈ para el sitio 3 y N₂₃₅ P₈₄ K₄₁₆ para el sitio 2, esto también se reflejó en el ajuste de las curvas de crecimiento, donde el área foliar máxima alcanzable para los sitios experimentales 1, 3 y 2 fue de 2655 cm², 1837 cm² y 1337 cm² respectivamente en el modelo de Richard S.

Finalmente el impacto de estos factores nutrimentales fue observado también en el producto del coeficiente fenotipos (ab) del modelo potencial donde se mantuvo el orden descendente; 12.01 para el sitio experimental 1, 11.76 para el sitio 3, y 11.42 para el sitio 2 según la disponibilidad de nutrimentos durante el desarrollo del cultivo.

CONCLUSIONES

Aplicando los modelos Werker y Monteith en el modelo de Webb fue posible predecir la producción y partición de biomasa en la parte aérea y raíz de *B. vulgaris*. El ajuste de los modelos de curvas de crecimiento Logística, Gompertz y Richard permitió estimar el crecimiento del área foliar durante el desarrollo del cultivo desde la emergencia hasta que alcanza su máximo crecimiento encontrado que el modelo de Richard un factor de correlación (r²) 0.001 más alto, por lo que se ajusta mejor a los datos experimentales, pero no logran describir la senescencia, mientras que con el modelo de Barrel y "Richard S" fue posible describir el desarrollo del área foliar, desde la emergencia a la senescencia. Además se encontró que mediante una ecuación potencial es posible predecir la concentración de betacianinas en la raíz de *Beta vulgaris* L. en función de su biomasa seca (r² ≥ 0.90), debido a que la producción de betacianinas en la raíz de *B. vulgaris* está directamente relacionada con su tasa de crecimiento. Entonces para mejorar el rendimiento de betalainas y del cultivo, utilizado para la extracción de colorantes, es necesario gestionar anticipadamente el suministro o control de los factores biótico o abiótico del sistema de producción que afectan el crecimiento del cultivo, para favorecer la mayor biomasa de raíz para mayor cantidad de betalainas (betacianinas y betaxantinas) acumuladas.

LITERATURA CITADA

- Alard D., Wraya V., Grotjahna L., Reznik H., Strack D. 1985. Neobetanin: isolation and identification from *Beta vulgaris*. *Phytochemistry* 24(10): 2383–2385.
- Ashory S. A. 2013. Application of Richards function to the description of growth of Green gram. *International Journal of Farming and Allied Sciences* 2(18): 694-697.
- Ávalos G. A., Pérez U. C. E. 2009. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal* 2(3): 119-145.
- Bourgau F., Gravot A., Milesi S., Gontier E. 2001. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Science* 161(5): 839–851.
- Bradley Jr. R. L. 2010. Moisture and total solids analysis. *Food Analysis*. Ed. Nielsen SS, 4th ed. New York: Springer. 85–104 p.
- Castellar R., Obón J. M., Alacid M., Fernández L. J. A. 2003. Color Properties and Stability of Betacyanins from *Opuntia* Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(9): 2772–2776.
- Contcliffe O., Goodwin P.R. 1974. Effect of nitrogen rates, sources, and various anions and cations on NO₃ accumulation and nutrient constituents of table beets. *Agronomic Journal*, 66(1): 779-783.
- Danfort C. M., Kalnay E., Miyoshi T. 2007. Estimating and Correcting Global Weather Model Error. *American Meteorological Society* 135: 281-299.
- Davies K. (Ed.). 2004. Plant pigments and human health. Annual plant reviews, plant pigments and their manipulation, Vol. 14. John Wiley & Sons. 248-267.
- Feller C., Fink M. 2004. Nitrate content, soluble solids content, and yield of table beet as affected by cultivar, sowing date and nitrogen supply. *HortScience* 39(6): 1255-1259.
- Freckleton R. P., Watkinson A. R., Webb D. J., Thomas T. H. 1999. Yield of sugar beet in relation to weather and nutrients. *Agricultural and Forest Meteorology* 93(1): 39-51.
- Gaelen H. V. 2011. Simulating yield response of barley to weed infestation in AquaCrop: case study Tigray, Northern Ethiopia. (Master dissertation, Department of Earth and Environmental Sciences, University of Leuven).
- Gaertner V. L. and Goldman I. L. 2005. Pigment distribution and total dissolved solids of selected cycles of table beet from a recurrent selection program for increased pigment. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130(3): 424-433.
- Imtiyaj K. M., Giridhar P. 2015. Plant betalains: Chemistry and biochemistry. *Phytochemistry*, 117: 267-295.
- Kamara K.A. 2001. Nutrición, Regulación del Crecimiento y Desarrollo Vegetal. *Boletín informativo de Intrakam S.A. de C.V. Mexico*: 1-14 p.
- Kujala T. S., Vienola M. S., Klika K. D., Loponen J. M., Pihlaja K. 2002. Betalain and phenolic compositions of four beetroot (*Beta vulgaris*) cultivars. *European Food Research and Technology* 214(6): 505-510.
- Lichtenthaler H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 148: 350-382.
- Lobell D. B., Burke M. B. 2010. On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 150(11): 1443–1452.
- Lukombo L. J. C., Kizungu V. R., Nkongolo K. C. K., Lufuluabo M. M., Tsumbu M. 2013. Growth and Leaf Area Index Simulation in Maize (*Zea mays* L.) under Small-Scale Farm Conditions in a Sub-Saharan African Region. *American Journal of Plant Sciences* 4: 575-583.
- Malnoua C. S., Jaggard K. W., Sparkes D. L. 2006. A canopy approach to nitrogen fertilizer recommendations for the sugar beet crop. *European Journal of Agronomy* 25(3): 254–263.
- Monteiro C. D. A. H., Pereira A. C., Rodrigues D. S. A. C., Gouveia S. T., Barbosa M. K. C. 2009. Study on efficiency of betacyanin extraction from red beetroots. *International Journal of Food Science & Technology* 44(12): 2464-2469.
- Monteith J. L., Moss C. J. 1977. Climate and the Efficiency of Crop Production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 281(980): 277-294.
- Moreno D. A., García-Viguera C., Gil J. I., Gil-Izquierdo A. 2008. Betalains in the era of global agri-food science, technology and nutritional health. *Phytochemistry Reviews* 7(2): 261-280.
- Nagarjuna K. R., Sailaja B., Voleti S.R. 2011. Crop Modelling with Special Reference to Rice Crop. *Rice Knowledge Management Portal*. Recuperado el 12/04/17, <http://www.rkmp.co.in/sites/default/files/ris/research-themes/Crop%20Modelling%20with%20Special%20Reference%20to%20Rice%20Crop.pdf>
- Nilson T., 1973. The pigment content in beetroot with regard to cultivar, growth, development and growing conditions. *Swedish Journal of Agriculture Research* 3(4): 187-200.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM) (Ed.) 2010. Capítulo 5: Métodos estadísticos para analizar conjuntos de datos (1-20). Guía de prácticas climatológicas (OMM-Nº 100). Ginebra.
- Oteng D. P., Yeboah S., Addy S. N. T., Amponsah S. Owusu D. E. 2013. Crop modeling: A tool for agricultural research – A review. *Journal of Agricultural Research and Development* 2(1):1-6.
- Pavokovi D., Krsnik-Rasol M. 2011. Complex Biochemistry and Biotechnological Production of Betalains. *Food Technology and Biotechnology* 49(2):145–155.
- Popa A., Moldovan B., David L. 2015. Betanin from Red Beet (*Beta vulgaris* L.) Extraction conditions and evaluation of the thermal stability. *Chimie -Bucharest- Original Edition* 66(3): 413-416.
- Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Tlaxcala (SGGET) (ed.).1987. Los Municipios de Tlaxcala. *Enciclopedia de los Municipios de México*. Centro de Estudios Municipales.
- Sepúlveda J. G., Rueda B. P., Porta H., Rocha S. M. 2004. Betacyanin synthesis in red beet (*Beta vulgaris*) leaves induced by wounding and bacterial infiltration is preceded by an oxidative burst. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 64(3): 125-133.
- Setiyono T. D., Weiss A., Specht J. E., Bastidas A. M., Cassman K. G., Dobermann A. 2007. Understanding and modeling the effect of temperature and day length on soybean phenology under high-yield conditions. *Field Crops Research* 100(2-3): 257–271.
- Singh N.T., Dhaliwal G.S. 1972. Effect of soil temperature on seedling emergence in different crops. *Plant and Soil* 37(2): 441-442.
- Steven M.D., Biscoe P.V., Jaggard K.W., Paruntu J. 1986. Foliage cover and radiation interception. *Field Crops Research* 13: 75-87.
- Stintzing C. F., Carle R. 2007. Betalains-emerging prospects for food scientists. *Trends in Food Science & Technology* 18(10): 514-525.
- Strack D., Vogt T., Schliemann W. 2003. Recent advances in betalain research. *Phytochemistry* 62(3): 247–269.
- Sumanta N., Imranul H. C., Nishika J., Suprakash R. 2014. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids

- from commonly grown fern species by using various extracting solvents. *Research Journal of Chemical Sciences* 4(9): 63-69
- Von Elbe J. H. 1977. The betalains. In *current Aspects of food colorants*. Ed. T. E. Furia. CRC Press, Cleveland, OH. 29-39 p.
- Watson J. F., Gabelman W. H. 1984. Genetic analysis of betacyanin, betaxanthine, and sucrose concentrations in roots of table beet. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109: 386-391.
- Werker A. R., Jaggard, K. W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology* 89(3): 229-240.
- Yin X., Schapendonk A. H. C. M., Kropff M. J., Van O. M., Bindraban P. S. 2000. A generic equation for nitrogen-limited leaf area index and its application in crop growth models for predicting leaf senescence. *Annals of Botany* 85(5): 579-585.
- Zeid F. A. 1985. Effect of growth regulators benzyladenine and chlorcholinchloride on pure protein, carbohydrates and the two pigments (chlorophyll and betanin) of *Beta vulgaris*, *Bodenkultur* 36: 45-52.



ALFALFA (*Medicago sativa* L.) CULTIVADA EN CAMPECHE, MÉXICO Y SU INTEGRACIÓN LOCAL EN LA ALIMENTACIÓN DE CORDEROS EN CONFINAMIENTO

ALFALFA (*Medicago sativa* L.) GROWN IN CAMPECHE, MEXICO, AND ITS LOCAL INTEGRATION IN THE DIET OF CONFINED LAMBS

Chiquini-Medina, R.A.¹; Castillo-Águilar, C.C.^{2*}; Hernández-Sánchez, D.³; Torres-Hernández, G.³; Delgado-Licon, E.⁴

¹Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche. ²Colegio de Postgraduados, Campeche. ³Colegio de Postgraduados, Montecillo. ⁴New Mexico State University, EE.UU.

*Autor de correspondencia: ccca@colpos.mx

ABSTRACT

The use of different diets based on cultivated alfalfa hay (*Medicago sativa* L.) in Campeche was compared, and its relation with a commercial concentrate and Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*): T1=commercial concentrate, T2=T1+alfalfa hay, T3=T1+Taiwan grass, T4=alfalfa hay. The productive and metabolic behavior of lambs was evaluated in an intensive system using 20 male lambs with crosses of Pelibuey, Dorper and Black Belly of 12.5±1 kg live weight (LW). The consumption of total dry matter (TDM), the daily weight gain (DWG), dietary conversion (DC), and in situ digestibility of the dry matter (ISDDM) were measured. The pH, ammonia nitrogen (NH₃) and concentration of volatile fatty acids (VFA) in ruminal liquid were also evaluated. The best DWG in grams per day, of 234 g (p≤0.05) was obtained with T2; in contrast, T3 showed the lowest DWG. The diet that included the mixture of alfalfa hay and concentrate improved significantly the conditions of the variables pH, NH₃ and VFA (p≤0.05).

Keywords: animal diet, *Pennisetum purpureum*, intensive system, lambs, Tropics.

RESUMEN

Se comparó el uso de diferentes dietas con base en heno de alfalfa cultivada (*Medicago sativa* L.) en Campeche y su relación con un concentrado comercial y pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), T1=concentrado comercial, T2=T1+heno de alfalfa, T3=T1+pasto Taiwán, T4=heno de alfalfa. Se evaluó el comportamiento productivo y metabólico de corderos en sistema intensivo utilizando 20 corderos machos con encaste de Pelibuey, Dorper y Black Belly de 12.5±1 kg de peso vivo (PV). Se midió el consumo de materia seca total (CMS), la ganancia diaria de peso (GDP), la conversión alimenticia (CA), y la digestibilidad in situ de la materia seca (DISMS). También fueron evaluados el pH, nitrógeno amoniacal (NH₃) y la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) en líquido ruminal. La mejor GDP en gramos por día, de 234 g (p≤0.05) se obtuvo en el T2; en contraste, el T3 mostró la menor GDP. La dieta que incluyó la mezcla de heno de alfalfa y concentrado mejoró significativamente las condiciones de las variables pH, NH₃ y AGV (p≤0.05).

Palabras clave: Dieta animal, *Pennisetum purpureum*, sistema intensivo, corderos, trópico.

INTRODUCCIÓN

Las regiones tropicales representan una serie de beneficios para los sistemas de finalización relativamente baratos para la producción de ovejas y corderos debido a la cantidad de forraje producido en estas áreas. Sin embargo, los animales alimentados con forraje en estas zonas solo muestran aumentos de peso corporal de 50 a 100 g d⁻¹ (Sanginés *et al.*, 2014), en parte debido al bajo contenido proteico (PC) de los pastos; en consecuencia, se utilizan sistemas de producción intensivos basados en granos caros y alimento comercial. La alfalfa (*Medicago sativa* L.) ha sido el forraje de alta calidad por excelencia en regiones del mundo con climas templados. Aunque la alfalfa crece mejor a temperaturas que oscilan entre 22 y 24 °C y la latencia invernal (Alonzo y Paniagua, 2010), hay informes que señalan su adaptabilidad a las regiones tropicales (Ates *et al.*, 2013). Las dietas suplementadas con alfalfa favorecen una mayor ingesta de materia seca (CMS) y mantienen una ingesta constante de la dieta basal en los rumiantes. Los estudios realizados con alfalfa en ovejas Pelibuey, mostraron ganancias de peso corporal de animales y un rendimiento de canal de 90 a 181 g animal⁻¹ día⁻¹, y de 50.79 a 54.90%, respectivamente (Partida *et al.*, 2009). El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la alfalfa en el rendimiento productivo y metabólico de los corderos en confinamiento, en comparación con la alimentación comercial disponible y el pasto Taiwán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó el rendimiento productivo y metabólico de los corderos en crecimiento usando cinco repeticiones por tratamiento en un diseño experimental completamente aleatorizado. Se analizaron cuatro dietas diferentes; T1=concentrado comercial (CC), T2=50% CC más 50% heno de alfalfa (*Medicago sativa*), T3=50% CC más 50% de Taiwán cortada (*Pennisetum purpureum*) y T4=henos de alfalfa (AH). Las dietas fueron ofrecidas *ad libitum*. T1 consistió en Ovino engorda[®] (Purina Company, México) con un 16% de proteína bruta. T4 utilizó Alfalfa SMOG 57 (Nueva Zelanda) se cortó a intervalos de 26 días (65 cm de altura y 5% de floración) y se dejó secar en el campo durante tres días, almacenándose para su posterior uso en el experimento. El pasto Taiwán (*P. purpureum*) se cosechó 45 días después del rebrote y se picó a tamaño de 0.5 cm. Se analizó la composición bromatológica de los tres ingredientes de la dieta.

Se utilizaron 20 corderos machos con encaste de Pelibuey, Dorper y Black Belly, (crucía de razas común en la zona), con un peso corporal inicial (PC) de 12.5±1 kg; fueron enjaulados, pesados y recibieron vitaminas suplementarias (Vigantol[®], 1 mL animal⁻¹). Además, recibieron tratamientos contra parásitos internos y externos al inicio del experimento (Ripercol[®]), 1 mL animal⁻¹ y Taktik[®] y Neguvon[®], 1 mL animal⁻¹, respectivamente). Los parásitos fueron controlados también al comienzo del segundo y tercer mes de evaluación. Los corderos se mantuvieron en corrales individuales (2 m²) equipados con comederos y bebederos; las dietas fueron asignadas aleatoriamente. Los corderos fueron alimentados con el experimento correspondiente durante 90 días, después de un período de adaptación de diez días. El agua fresca y las dietas experimentales se ofrecían diariamente a las 7:00 am, pesando el

alimento sobrante. La alimentación se ofreció teniendo en cuenta una ingesta del 5% del peso corporal del animal en base seca.

Análisis químico de los suplementos. Se determinó el contenido de materia seca (MS) y proteína total (PT) (AOC, 2012), fibras detergentes neutras (FDN) y ácidas (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991).

Digestibilidad *in situ* y cinética de la digestión. Se determinó la digestibilidad *in situ* de la materia seca (Vanzant *et al.*, 1998). Se colocaron 5 g de cada muestra molida (CC, HA y Pp, 1 mm) en bolsas de nylon (5×7,5 cm, tamaño de poro 52±10 μm). Se colocaron dos bolsas de cada suplemento en el rumen de un bovino en pradera de pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y suplementado con CC (1.5% de PV en base seca). Este patrón de alimentación se mantuvo 15 días antes y durante la incubación. Los tiempos de incubación fueron: 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 y 72 h, y se utilizó un modelo de cinética de primer orden con fase de latencia y un punto final de digestión de 72 h para calcular las constantes de degradación ruminal de materia potencialmente digerible. La fracción potencialmente digerible se estimó con el modelo descrito por Mertens y Loften (1980).

Rendimiento animal. Se evaluaron el cambio de peso corporal (g d⁻¹, pesado cada 28 días), la ingesta de materia seca (g d⁻¹ pesando diariamente el rechazo) y la tasa de conversión alimenticia (consumo promedio total de MS entre la GDP).

Variables ruminales. Al final de los ensayos de alimentación, se recogieron muestras líquidas ruminales

de cuatro animales en cada tratamiento, utilizando una sonda esofágica, 4 h después de ofrecer el alimento. Los primeros 20 mL de la muestra se descartaron para evitar la contaminación por saliva. Finalmente, se midió el pH (potenciómetro Orion, modelo SA 210), nitrógeno amoniacal (Galyean, 1997) y la concentración de ácidos grasos volátiles (Erwin et al., 1961).

El análisis estadístico. El análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de los tratamientos (Tukey, $\alpha=0.05$), se llevó a cabo mediante el uso del programa estadístico SAS 2013. El peso corporal inicial se usó como covariable para el cambio de peso corporal y la ingesta de alimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los dos primeros meses del ensayo de crecimiento, el mayor consumo de materia seca de los corderos, se observó en el tratamiento que implicó el concentrado comercial y pasto Taiwán (T2) con 1093 g d⁻¹ de consumo diario. Al tercer mes la tendencia siguió favoreciendo a T2 y presentando un consumo promedio final de 1017 g d⁻¹. Cuando éstos alimentos se proporcionaron por separado (T1 y T4) su consumo se redujo significativamente respecto de T2, (Cuadro 2). En general, la ingesta de materia seca observada fue consistente con la informada por la NRC (2007). Estudios realizados por Hernández-Sánchez et al. (2015) con corderos, informan bajos consumos de materia seca en alimentos con alto contenido de humedad y fibra, y la baja digestibilidad (Sangines et al., 2014), similares a los observados en T3. Estos autores también señalan que la inclusión de forraje con PC alta (más del 18%) mejora el consumo

de materia seca en los corderos en pastoreo. Las dietas con alto contenido de concentrado están relacionadas con la acidosis ruminal, y las dietas basadas en forraje restringen los niveles de producción, lo que afecta el consumo y la contribución de nutrientes al animal. Las dietas para los rumiantes deben ser equilibradas, basadas en una combinación de concentrado y forraje de buena calidad, como en la dieta T2, para aumentar la ingesta y la productividad animal. Se observó que el mejor indicador para la ingesta voluntaria es el valor nutricional de los alimentos utilizados para los rumiantes (Sangines et al., 2014).

Ganancia diaria de peso

Los pesajes realizados durante los cuatro meses de duración de la evaluación fueron consistentes al indicar como el mejor tratamiento a T2 (concentrado +heno de alfalfa), con una ganancia de peso promedio final de 234 g d⁻¹, seguido por el uso por separado de heno de alfalfa y concentrado en la dieta, con una ganancia de peso promedio para ambos tratamientos de 195 g d⁻¹. La variabilidad en el cordero en GDP se ha demostrado en experimentos realizados en los trópicos; registrando baja GDP en corderos Pelibuey bajo condiciones de pastoreo, oscilando entre 40 y 60 g d⁻¹ (Lucero et al., 2011). Sin embargo, cuando los corderos se complementan con forraje de arbustos en la región tropical la GDP mejora significativamente, incluso más de 100 g d⁻¹ (Hernández-Sánchez et al., 2015), lo que se relaciona con una mayor ingesta de proteínas. Los resultados de esta investigación mostraron la mayor ingesta de alimento ($p<0.05$) y la mejor eficiencia en animales alimentados con T2 (Cuadro 4). La combinación de un concentrado comercial con heno de alfalfa mejoró el rendimiento productivo de los animales. Una baja ingesta de T3 se explica por su bajo contenido proteico y alto contenido de fibra, y se relaciona con un bajo aumento de peso corporal. En tales casos, se recomienda complementar las dietas basadas en forraje con una fuente rica en energía y proteína, con el fin de maximizar la síntesis de proteína microbiana en el rumen y favorecer el comportamiento animal.

Tasa de digestión de la materia seca

La alta digestibilidad de T1 y T4 puede explicarse por su bajo contenido de carbohidratos estructurales y altos niveles de proteína (Cuadro 1), lo que mejora la actividad microbiana en el rumen. Sin embargo, los altos niveles de T1 en la dieta están asociados con problemas metabólicos debido a la reducción del pH ruminal (Cuadro 5). El pasto Taiwán no proporciona los nutrientes necesarios para permitir la fermentación ruminal adecuada, debido a su alto nivel de fibra y PC baja (Cuadro 1), lo que resulta en una degradación pobre.

Variables ruminales

pH

Cuatro horas después de la alimentación de los corderos, el uso de concentrado comercial redujo el pH ruminal (6.1). Por el contrario, cuando se incluyó una fuente de fibra en forma parcial, como el pasto Taiwán, el pH obtenido fue de 7.0, valor similar con el uso de heno de alfalfa como componente parcial T2 con valor de 6.8 o total de la dieta T4 obteniendo 6.9 (Cuadro 5) (Tukey $\alpha=0.05$).

Cuadro 1. Composición química de la dieta.

Dieta	DM	CP	NDF	ADF
	%			
Concentrado	94.9	16.9	19.1	16.7
Alfalfa	92.7	26.8	31.3	24.7
Taiwan	41.3	8.0	73.1	63.7

DM=material seca, CP=proteína cruda, NDF=Fibra detergente neutro, ADF=Detergente ácido.

Cuadro 2. Consumo de materia seca total (g d⁻¹) de corderos alimentados con concentrado, heno de alfalfa (*Medicago sativa*), o pasto Taiwán (*Penisetum purpureum*).

Tratamiento	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Promedio
T1	794 a	1065 a	1335 b	1064 a
T2	794 a	1093 a	1436 a	1107 a
T3	718 b	966 b	1221 c	968 b
T4	794 a	1065 a	1335 b	1064 a
DMS	4.98	8.51	7.93	5.61

T1=Concentrado comercial, T2=Concentrado comercial+heno de alfalfa, T3=Concentrado comercial+pasto Taiwán, T4=Heno de alfalfa. CV=Coefficiente de Variación. Medias en la misma columna con distinta literal no son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05).

Cuadro 3. Ganancia diaria de peso (g d⁻¹) de corderos alimentados con concentrado, heno de alfalfa (*Medicago sativa*), o pasto Taiwán (*Penisetum purpureum*).

Tratamiento	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
T1	193 b	197 b	194 b	195 b
T2	225 a	232 a	246 a	234 a
T3	172 c	180 c	187 b	180 c
T4	193 b	197 b	194 b	195 b
DMS	5.22	3.49	4.14	2.41

T1=Concentrado comercial, T2=Concentrado comercial+heno de alfalfa, T3=Concentrado comercial+pasto Taiwán, T4=Heno de alfalfa. CV=Coefficiente de Variación. Medias en la misma columna con distinta literal no son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05).

Cuadro 4. Conversión alimenticia de corderos alimentados con concentrado, heno de alfalfa (*Medicago sativa*), o pasto Taiwán (*Penisetum purpureum*). (kg de alimento kg de ganancia de peso⁻¹).

Tratamiento	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
T1	4.11 a	5.40 a	6.85 a	5.45 a
T2	3.52 b	4.71 b	5.83 c	4.73 b
T3	4.17 a	5.36 a	6.52 b	5.45 a
T4	4.11 a	5.40 a	6.85 a	5.45 a
DMS	0.04	0.05	0.06	0.02

T1=Concentrado comercial, T2=Concentrado comercial+heno de alfalfa, T3=Concentrado comercial+pasto Taiwán, T4=Heno de alfalfa. CV=Coefficiente de Variación. Medias en la misma columna con distinta literal no son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05).

Se indica un valor de pH de 6.2 a 6.4 en corderos Pelibuey, para ser considerado un animal sano (Hernández-Sánchez *et al.*, 2015). Los valores de pH del rumen en T2, T3 y T4 se encontraban en un rango normal, aun cuando la dieta implica la administración de suplementos con concentrado. Sin embargo, el uso de CC en T1 afectó (p<0.05) al pH del rumen. Las dietas con un alto

contenido de concentrado afectan el crecimiento de microorganismos en el rumen y su actividad de fermentación (Cardozo *et al.*, 2006). Los resultados obtenidos en este estudio indican que se deben utilizar dietas que aporten una fuente rica en fibra, para mantener un pH ruminal saludable y funciones fermentativas. Los niveles bajos de pH registrados en T1 están relacionados con la acidosis ruminal.

Nitrógeno amoniacal (N-NH₃)

El contenido de nitrógeno amoniacal fue significativamente diferente entre los tratamientos (Cuadro 5). El N-NH₃ más alto (p<0.05) se obtuvo con el T2. No hubo diferencias significativas entre T1 y T4. El N-NH₃ más bajo (P≤0.05) se observó con animales alimentados con pasto Taiwan en el T3. El nitrógeno amoniacal contribuye al crecimiento de bacterias en el rumen y es el principal compuesto utilizado para la síntesis de aminoácidos y proteínas. La concentración de amoníaco necesaria para maximizar la síntesis de proteínas microbianas se obtiene con niveles de 12 a 14% de PC en la dieta (González *et al.*, 2012). Las concentraciones de N-NH₃ en este estudio se encuentran dentro del rango mencionado: las dietas T1, T2 y T4 proporcionaron este nutriente de manera adecuada (Cuadro 1). Se debe dar especial importancia a este hecho cuando se usan dietas que incluyen pastos tropicales, que son deficientes en proteínas (<8% PC) y contribuyen a una baja respuesta animal (Ates *et al.*, 2013). En condiciones de pastoreo, las concentraciones de N-NH₃ pueden alcanzar valores de 42 mg dL⁻¹, en contraste, utilizando forrajes de alta calidad como en el caso de la alfalfa, se muestran picos superiores a 60 mg dL⁻¹ (Castillo-Castillo *et*

al., 2015). Los niveles de nitrógeno amoniacal informados aquí se basaron en la concentración de proteína de la dieta (Cuadro 1) y su disponibilidad.

Ácidos grasos volátiles (AGV)

T2 mostró la concentración más alta ($p < 0.05$) de ácidos acético y propiónico, en comparación con las otras dietas (Cuadro 5), mientras que la concentración más baja ($p < 0.05$) de ácido acético se registró en animales alimentados con el T3. No hubo diferencias estadísticas entre la concentración de AGV en animales alimentados con T1 y T4. La concentración total de AGV en el líquido ruminal varió entre 0.2 y 1.5 g por 100 ml⁻¹, y dependió del tipo de dieta y tiempo de fermentación ruminal (Martineau et al., 2011). Los resultados que se muestran en este estudio están dentro del rango mencionado en la literatura (Martineau et al., 2011). La menor concentración de ácido propiónico en T1, en comparación con T2, puede explicarse por una posible inhibición de los microorganismos ruminales cuando se redujo el pH. T2 tuvo una mayor concentración de AGV debido a una fermentación ruminal más eficiente que produjo una mejor respuesta en el animal.

CONCLUSIONES

La combinación de CC y HA condujo a mejoras en la respuesta metabólica, el aumento de peso corporal y la conversión alimenticia. Aunque, cuando solo se utilizó HA en la dieta, el rendimiento productivo de los corderos fue similar al obtenido con CC. El heno de alfalfa se puede utilizar parcial o completamente para reemplazar CC para la producción intensiva de cordero bajo las condiciones tropicales.

Cuadro 5. Variables ruminales de corderos alimentados con concentrado, heno de alfalfa (*Medicago sativa*), o pasto Taiwán (*Penisetum purpureum*).

Variable	T1	T2	T3	T4	DMS
pH	6.1b	6.8a	7.0a	6.9a	0.04
N-NH ₃ , mg dl ⁻¹	18.7b	26.5a	10.4c	17.5b	0.10
Ácido acético, mmol l ⁻¹	32.4b	43.4a	29.5c	35.0b	0.06
Ácido propiónico, mmol l ⁻¹	16.2b	20.1a	14.7b	15.9b	0.03
Ácido butírico, mmol l ⁻¹	5.4a	3.3ab	5.0a	3.3ab	0.06

T1=Concentrado comercial, T2=Concentrado comercial+heno de alfalfa, T3=Concentrado comercial+pasto Taiwán, T4=Heno de alfalfa. CV=Coefficiente de Variación. AGV=Ácidos grasos volátiles. Medias en la misma fila con distinta literal no son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

LITERATURA CITADA

- Alonzo G.L.A., Paniagua A.P.L. 2010. Efectos de dosis de calcáreo sobre el comportamiento productivo y calidad de la alfalfa. *Investigaciones Agrarias*, 12 (1), 35-39.
- AOAC. 2012. *Official Methods of Analysis*, 19th. Ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington, D. C.
- Ates S., Feindel D., El Moneim A. and Ryan J. 2013. Annual forage legumes in dryland agricultural systems of the West Asia and North Africa Regions: research achievements and future perspective. *Grass Forage Science*, 69, 17-31.
- Cardozo P.W., Calsamiglia S., Ferret A., Kamel C. 2006. Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet. *Journal of Animal Science*, 84, 2801-2808.
- Castillo-Castillo Y., Ruiz-Barrera O., Burrola-Barraza E., Arzola-Alvarez C., Corral-Luna A., Rodríguez-Muela C., Murillo-Ortiz M. 2015. Inclusion Levels of Fermented Apple Bagasse on *in vitro* Rumen Fermentation of Alfalfa Hay. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 5, 40-46.
- Erwin E.S., Marco G.J., Emery E. 1961. Volatile fatty acids analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, 44, 1768-1771.
- Galyean M. 1997. *Techniques and Procedures in Animal Nutrition Research*. Texas Tech University.
- Gierus M., Kleen J., Loges R., Taube F. 2012. Forage legume species determine the nutritional quality of binary mixtures with perennial ryegrass in the first production year. *Animal feed science and technology*, 172(3), 150-161.
- González G.R., Torres H.G., Arece G.J. 2011. Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con diversas fuentes de proteína. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15(3), 3-20.
- González C.V., Valenzuela E.G., Santos J.A.O. 2012. Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 38(2), 1-16.
- Hernández-Sánchez D., Pinto-Ruiz R., Aranda-Ibáñez E.M., Mata-Espinosa M.Á., Hernández-Melchor G., Cruz-Hernández A., Ramírez-Bribiesca E., Hernández-Mendo O., Coutiño-Hernández P.R. 2015. Producción y calidad nutritiva de los forrajes de morera *Morus alba* y tulipán *Hibiscus rosa-sinensis* para la suplementación de ovinos en pastoreo. *Quehacer Científico en Chiapas*, 10 (1), 29-39.
- Lucero M.H., Briones E.F., Lucero M.F.A., Hernández M.J., Castillo R.S.P., Martínez G.J.C. 2011. Estrategias para incrementar la producción de carne de ovinos de pelo en la Huasteca Potosina México. *Zootecnia Tropical*, 29 (3), 255-260.
- Martineau R., Sauvant D., Ouellet D.R., Côrtes C., Vernet J., Ortigues M.I., Lapiere H. 2011. Relation of net portal flux of nitrogen compounds with dietary characteristics in ruminants: A meta-analysis approach. *Journal of Dairy Science*, 94, 2986-3001.
- Mertens D.R., Lofen J.R. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. *Journal of Dairy Science*, 63, 1437-1446.
- NRC. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants, Sheep, goats, cervids, and new world camelids* (The National Academy Press, Washington, DC).

- Partida P.J., Braña V.D., Martínez R.L. 2009. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruzas con Suffolk o Dorset. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 47, 313-322.
- Sanginés G.L., Dávila S.P., Solano L., Pérez G.R.F. 2014. Arvenses de cafetal: identificación, evaluación química y comportamiento etológico de ovinos en pastoreo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(3), 249-260.
- Van Soest P.J., Robertson J., Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Vanzant E.S., Cochran R.C., Titgemeyer E.C. 1998. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*, 76, 2717-2729.



IDENTIDAD ÉTNICA COMO ELEMENTO PARA FOMENTAR EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO EN UNA COMUNIDAD MAZAHUA

ETHNIC IDENTITY AS AN ELEMENT TO ENCOURAGE SOCIOECONOMIC DEVELOPMENT IN A MAZAHUA COMMUNITY

Serapio-Jerónimo, M.A.¹; García-Herrera E.J.¹; Morales-Flores, F.J.^{1*}; Rivera-Pineda F.²

¹Posgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. ²Universidad Intercultural del Estado de México, Libramiento Francisco Villa S/N, Col. Centro. San Felipe del Progreso, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia: franciscojmf@colpos.mx

ABSTRACT

Ethnic identity is a factor that determines the sense of belonging and the cultural values with regards to a particular native group. The objective of this study was to determine the degree of ethnic identity as an element for a socio-economic development strategy in a Mazahua community. A structured interview with ethnic identity characteristics was designed, it was applied to 57 individuals from the community of Rincón de los Pirules, Estado de México, in December 2016. The data were analyzed with a correlation and principal components analysis. The results showed that pride of belonging, knowledge and preservation of the native language were characteristics that explain the ethnic identity of the Mazahua population studied. Four degrees of ethnic identity were identified, the most representative being G1 with strong ethnic identity and G2 with moderate ethnic identity, in 86% of the population. Therefore, to propose a socioeconomic strategy in the community of Rincón de los Pirules, it is convenient to consider ethnic identity as an element to facilitate its adoption and implementation.

Keywords: cultural identity, development, pride of belonging.

RESUMEN

La identidad étnica es un factor que determina la pertenencia y los valores culturales con respecto a un grupo originario en particular. El objetivo del presente trabajo fue determinar el grado de Identidad Étnica como elemento para una estrategia de desarrollo socioeconómico en una comunidad mazahua. Se diseñó una encuesta estructurada con características de identidad étnica, que fue aplicada a 57 personas de la comunidad de Rincón de los Pirules, Estado de México. Los datos se analizaron mediante correlación y componentes principales. Los resultados mostraron que el orgullo de pertenencia, el conocimiento y conservación de la lengua originaria son características que explican la identidad étnica de la población mazahua estudiada. Se identificaron cuatro grados de identidad, siendo los más representativos el G1 con fuerte identidad étnica y el G2 con moderada identidad étnica en 86% de la población. Es conveniente para el planteamiento de una estrategia socioeconómica en la comunidad de Rincón de los Pirules, se considere a la identidad étnica como elemento para facilitar su adopción e implementación.

Palabras clave: identidad cultural, desarrollo, orgullo de pertenencia.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 75-80.

Recibido: febrero, 2018. **Aceptado:** julio, 2018.



INTRODUCCIÓN

México es un país multiétnico por la diversidad cultural, se registran 62 grupos originarios que se caracterizan por tener rasgos distintivos expresados en su idioma, tradición, cosmología, organización e identidad étnica (Núñez, 2017). La identidad étnica se ha definido como valores culturales, sentimientos, conocimientos y conductas sociales que se asocian al auto reconocimiento como perteneciente a un determinado grupo originario (Rascón-Gómez, 2017). Está expresada por dos dimensiones: un *sentimiento de pertenencia* que implica actitudes aprendidas por pertenecer a una etnia (componente interno); y un *interés por explorar*, donde se documenta información y experiencias sobre el grupo étnico al que se pertenece (componente externo) (Roberts *et al.*, 1999; Phinney, 1992; Isajiw, 1990). El mostrar una identidad étnica definida ha sido motivo para ser marginado y enfrentar desventajas sociales. Los pueblos originarios para superar este rezago del que son objeto, han respondido adaptándose a la sociedad que enfrentan, provocando un proceso de transculturación. En este sentido, el Convenio sobre Pueblos Indígenas y Tribales (169), de la Organización Internacional del Trabajo destaca el respeto de la identidad étnica de cada pueblo para el fomento del desarrollo socioeconómico (OIT, 1989). En México, se ha planteado la preservación y enriquecimiento de la identidad étnica para garantizar el desarrollo regional de los pueblos originarios y mitigar la pobreza (Nava y Núñez, 2016). La importancia de la identidad étnica radica en que es una forma de ser, ver y actuar creando una relación estrecha entre su territorio y el aprovechamiento de sus recursos como medio de subsistencia para un modelo de desarrollo sustentable (Núñez, 2017). No obstante, se desconoce el papel de la identidad étnica en la adopción de estrategias para mejorar la calidad de vida de la población originaria. Se

ha medido en estudiantes indígenas y mestizos para confirmar la fiabilidad de la escala de identidad étnica multigrupo (Phinney, 1992; Esteban, 2010), sin que se haya resuelto una problemática definida mediante su uso. La aplicación de una escala de identidad étnica puede ser de utilidad para la planeación de estrategias de desarrollo socioeconómico. La definición del grado de identidad étnica permite tener conocimiento sobre el sentido de pertenencia de una etnia, para la apropiación de estrategias de desarrollo socioeconómico. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar el grado de identidad étnica de la comunidad mazahua de Rincón de los Pirules, Estado de México, como elemento para la adopción de acciones estratégicas para el crecimiento económico de la localidad. La metodología planteada será de utilidad para considerar la identidad étnica en la formulación de iniciativas que beneficien a la comunidad y para establecer líneas de acción para fortalecer dicha identidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Rincón de los Pirules, municipio de San Felipe del Progreso, al noroeste del Estado de México (19° 44' 16.46" N y 100° 01' 50.36" O), con una altitud de 2840 m. Tiene un total de 1023 habitantes de los cuales 923 son reconocidos como personas pertenecientes a la etnia mazahua (CDI, 2010) (Figura 1).

Con el propósito de determinar el grado de identidad étnica (IE) se diseñó una encuesta estructurada con componentes de pertenencia (internos) e interés (externos). El instrumento indagó cinco características de la etnia mazahua, tales como el orgullo de pertenecer y conocimiento de la lengua como indicadores de pertenencia; y dar a conocer sus tradiciones, uso de vestimenta y conservar la lengua como rasgos de interés (Phinney, 1992 y Isajiw, 1990). Este esquema se considera que puede ser

utilizado para cualquier etnia en México. La encuesta se aplicó a 57 mujeres y hombres entre 18 a 80 años en la comunidad de Rincón de los Pirules durante diciembre de 2016.

Las características de identidad étnica evaluadas en la zona de estudio, se sometieron a un análisis



Figura 1. Rincón de los Pirules, San Felipe del Progreso, Estado de México, México.

de multivariado para clasificar grados de identidad étnica similares entre los habitantes. Se eliminaron características de identidad étnica que tuvieran un comportamiento similar (correlaciones mayores a |0.7|). Se definieron los componentes principales que más influyen en la identidad étnica, identificando el grado de influencia de las características. Se agruparon los habitantes con características similares y distintivas de identidad con un análisis de conglomerados, identificando su genealogía en un árbol de clasificación. Finalmente, se plantearon acciones para fortalecer la identidad étnica de la población según el grado de identidad con el fin de generar mayor posibilidad de aceptación de una estrategia de desarrollo socioeconómico entre la población.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayoría de las encuestas se aplicaron a mujeres (n=47) y el resto a hombres, la edad promedio de los encuestados osciló entre 18 y 36 años. En general, los habitantes encuestados fueron mujeres jóvenes con educación primaria concluida, cuyas actividades económicas predominantes son la agricultura y la ganadería. El grado de identidad étnica se definió con cinco características que no demostraron tener dependencia entre ellas (Cuadro 1). Por tanto, el modelo mental propuesto que utiliza características de identidad étnica es aplicable en 68% de la población (Figura 2).

Se obtuvieron tres componentes principales que explican el grado de identidad étnica, y se consideran dos porque explican el 68% de la varianza de las respuestas de los encuestados. El primer componente (CP1) fue dominado por el orgullo de pertenecer a la etnia mazahua, por

el dominio de hablar mazahua y por el interés en conservar la lengua originaria. Estas características permiten definir a este componente como “**pertenecía a un grupo originario**”. El segundo componente (CP2) estuvo influido por el interés de dar a conocer sus tradiciones, lo que se puede denominar como “**interés en mostrar sus usos y costumbres**” (Figura 3).

Al examinar la identidad étnica en estudiantes indígenas y mestizos en Chiapas, México, se encontró una “identificación con el grupo originario” (“estoy orgulloso de mi grupo étnico” y “estoy feliz de ser miembro de mi grupo étnico”) y una “exploración de su entorno” por el interés de conocer (“pienso cómo podría afectarse mi vida al pertenecer al grupo étnico” y “conocer más sobre historias, tradiciones y costumbres del grupo étnico”) (Esteban, 2010), lo que coincide con los resultados obtenidos en presente estudio.

La identidad étnica se agrupó en cuatro grados, que explican el 68% del comportamiento de los habitantes; sin embargo, para otras comunidades pueden existir más grados dependiendo de las características evaluadas y del total de población de la comunidad. La formación de los grados de identidad étnica estuvo influenciada en un primer momento por el orgullo de pertenecer a la etnia mazahua, el conocimiento de la lengua y conservar la lengua; y en un segundo momento por dar a conocer sus tradiciones.

Esta influencia de características puede variar dependiendo del grado de transculturación existente en la etnia.

A continuación, se exponen las características de los grupos según grado de

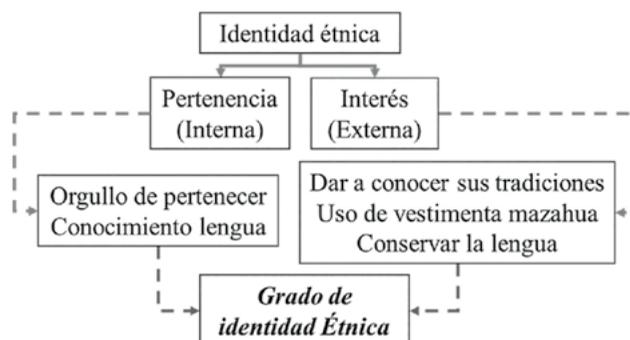


Figura 2. Características que determinan la identidad étnica de la población de Rincón de los Pirules, Estado de México.

Cuadro 1. Independencia de las características de identidad étnica en los pobladores de Rincón de los Pirules, San Felipe del Progreso, Estado de México.

	Habla mazahua	Orgullo de pertinencia	Dar conocer tradiciones	Uso vestimenta	Conservar lengua
Habla mazahua	1				
Orgullo de pertinencia	0.63	1			
Dar conocer tradiciones	0.17	0.38	1		
Uso vestimenta	0.26	0.30	0.29	1	
Conservar lengua	0.41	0.58	0.35	0.23	1

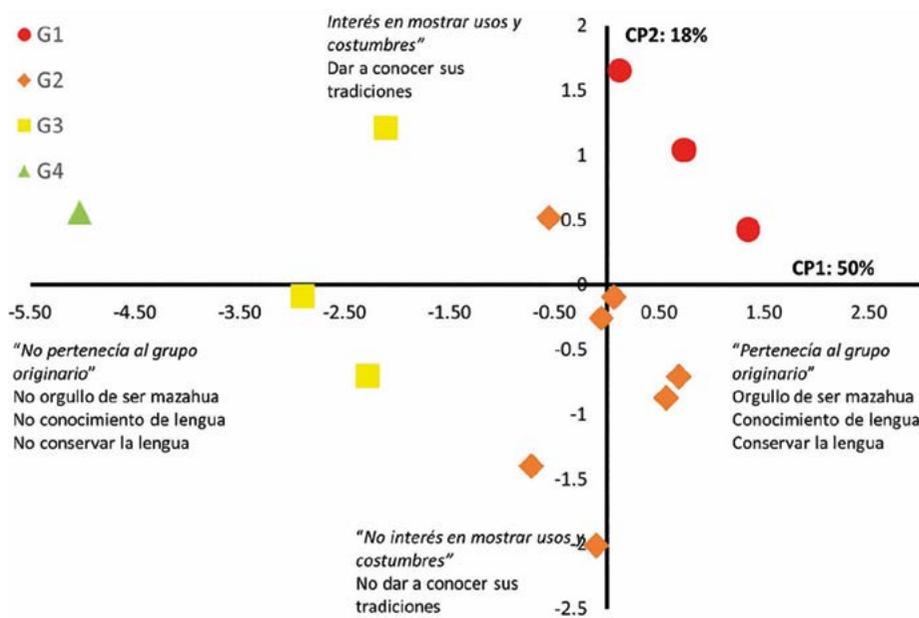


Figura 3. Influencia de pertinencia (CP1) e interés (CP2) para definir el grado de identidad étnica en la comunidad de Rincón de los Pirules, Estado de México.

identidad étnica, donde se muestran las similitudes y diferencias para la planificación de acciones para reforzar la identidad étnica como elementos clave para el desarrollo socioeconómico. El grupo 1 (G1) pobladores con *identidad étnica fuerte* se integró predominantemente por mujeres mayores que tienen orgullo de pertenencia a la etnia mazahua, que están interesados en conservar lengua originaria y en dar a conocer sus tradiciones utilizando el amplio conocimiento de la lengua, representaron el 39% de la población, siendo el segundo grupo representativo. El grupo 2 (G2), generalmente hombres adultos con *identidad étnica moderada* se agruparon aquellos que tienen orgullo de pertenencia e interesados en conservar lengua mazahua por el dominio que tienen con respecto a la lengua; sin embargo, no están interesados en dar a conocer sus tradiciones, representaron 47% de la población, siendo el grupo de mayor importancia. El grupo 3 (G3) fueron mujeres jóvenes con *poca identidad étnica* que están interesadas en conservar la lengua mazahua, pero carecen de orgullo de pertenecer a la etnia, y no tienen interés de dar a conocer sus tradiciones dado al poco conocimiento de la lengua mazahua, integran al 9% que los ubica como el tercer grupo representativo. El gru-

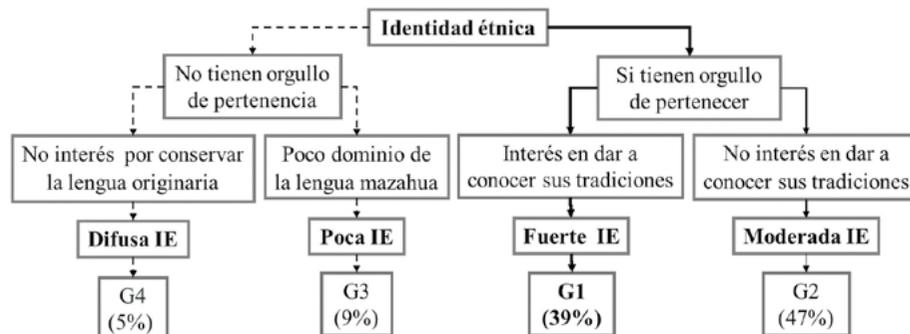


Figura 4. Genealogía de identidad étnica en los pobladores de Rincón de los Pirules, Estado de México.

po (G4) son en su mayoría, mujeres adultas con *difusa identidad étnica* que no tienen orgullo de pertenecer a la etnia, no están interesados en conservar lengua mazahua, ni en dar a conocer sus tradiciones por el nulo conocimiento de la lengua (Figura 4), constituyeron la minoría con 5%. Para la aceptación de una estrategia de desarrollo socioeconómica es importante fortalecer a los pobladores mejorando la poca identidad étnica e identidad étnica difusa (representaron el 14% de la población).

El 86% de los habitantes de la comunidad de Rincón de los Pirules tienen un nivel aceptable de identidad étnica (fuerte y moderada identidad étnica), respaldada por el componente de pertenencia, por el dominio de la lengua mazahua y por el interés de conservar la lengua. Este comportamiento es similar con los Aymara, indígenas ubicados en Arica y Parinacota en la región norte de Chile quienes mantienen la lengua originaria como parte y defensa de su identidad (González, 2014). Siendo, la lengua un factor importante que difunde o limita el conocimiento (Perales *et al.*, 2005 y Maffi, 2005), se evita la erosión del conocimiento sobre los diferentes usos de los recursos vegetales, como ocurre con los vascos asentados en el oeste de los Pirineos al noroeste de España y suroeste de Francia, quienes utilizan la lengua como medio para difundir los remedios tradicionales con plantas medicinales locales (Menendez-Baceta *et al.*, 2015). Además, la identidad étnica es considerada como un factor clave para la protección de los recursos naturales tal como sucede con los habitantes de Cherán, ubicados en la Meseta Purépecha de Michoacán, México (Hoyos, 2009), quienes protegen el bosque

como parte de su identidad (Martínez, 2017). Por su importancia, es preciso plantear acciones para mantener, revalorar y reforzar la identidad étnica para evitar su pérdida, a través de la enseñanza no formal de la lengua y de las tradiciones para los grupos identificados con poca o sin identidad étnica, mediante talleres impartidos por la misma población a partir de un estímulo proveniente de organizaciones (gubernamental o privada). Para los que tienen una fuerte identidad étnica se plantea proponerlos como encargados de transmitir el orgullo de pertinencia hacia las generaciones futuras con diferentes estrategias de promoción de la identidad mazahua (Cuadro 2). Para potencializar la utilidad de la identidad étnica debe existir una articulación, complementación y dinamización de los saberes culturales (Peredo et al., 2017).

La mayoría de la población aún conserva valores y costumbres asociados a su cultura. Por ende, la identidad étnica debe ser considerada en la planificación de estrategias de desarrollo socioeconómico sustentable de manera que prevalece un arraigo por su localidad, sus costumbres y sus recursos locales, lo que puede ser una ventaja para lograr una mejor estrategia.

CONCLUSIONES

El modelo planteado para determinar la identidad étnica basado en características de pertenencia e interés expresadas por la población, resulta de utilidad para plantear acciones que fortalezcan la participación en la formulación de una estrategia de desarrollo socioeconómico. Se identificó al orgullo de pertenencia a la etnia maza-

hua, el conocimiento de la lengua originaria, conservar la lengua y dar conocer sus tradiciones como características relevantes que explican la identidad étnica de la población mazahua de Rincón de los Pirules. La vestimenta no se mostró como característica influyente para determinar la identidad. Se concluye que la comunidad mazahua de Rincón de los Pirules posee una identidad étnica aceptable (86% de la población). La identificación del grado de identidad puede ser considerada en el planteamiento de estrategias socioeconómicas de manera que puede facilitar la aceptación de la estrategia de desarrollo.

LITERATURA CITADA

- CDI. 2010. Localidades Indígenas. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Consultado el 21 de abril de 2017 en: <http://www.cdi.gob.mx/localidades2010-gobmx/index.html>
- Esteban G. M. 2010. Propiedades psicométricas y estructura factorial de la Escala de Identidad Étnica Multigrupo en español (MEIM). *Revista Latinoamericana de Psicología* 42 (3): 405-412.
- González J. 2014. Intelectualidad, habla e identidad étnica. El caso de dos intelectuales aymara de Arica y Parinacota. *Revista Estudios Transfronterizos* 14 (1): 153-172.
- Hoyos D., Mariel P., Fernandez-Macho J. 2009. The influence of cultural on the WTP to protect natural resources: some empirical evidence. *Ecological Economics* (68): 2372-2381.
- Isajiw W. W. 1990. Ethnic identity retention. (eds): Breton R., Isajiw W. W., Kalbach W. E. y Reitz J. G. *In: Ethnic identity retention and equality*, Toronto: University of Toronto Press, 34-91.
- Maffi L. 2005. Linguistic, cultural and biological diversity. *Annual Review of Anthropology* 29: 599-617. doi: 10.1146/
- Martínez A. J. 2017. San Francisco Cherán. Revuelta comunitaria por la autonomía, la reapropiación territorial y la identidad. *Economía y Sociedad* 21 (3): 145-166.

Cuadro 2. Criterios de clasificación de identidad étnica (IE) para la población de Rincón de los Pirules, Estado de México.

Caracterización	Descripción	Acciones
Personas sin IE (G4)	No orgullo de pertenecer a la etnia mazahua No interés por conservar lengua originaria No habla mazahua No interés en dar a conocer sus tradiciones	Enseñanza intensiva no formal para fomentar el reconocimiento como parte de la etnia y rescate de la lengua
Personas con poca IE (G3)	No orgullo de pertenecer a la etnia mazahua Si interés por conservar lengua originaria Poco conocimiento de la lengua No interés en dar a conocer sus tradiciones	Enseñanza no formal para fomentar el reconocimiento como parte de la etnia y rescate de la lengua
Personas con fuerte IE (G1)	Si orgullo de pertenecer a la etnia mazahua Si interés por conservar lengua originaria Si habla mazahua Si interés en dar a conocer sus tradiciones	Capacitación para ser promotores de identidad étnica
Personas con moderada IE (G2)	Si orgullo de pertenecer a la etnia mazahua Si interés por conservar lengua originaria Si habla mazahua No interés en dar a conocer sus tradiciones	Capacitación para fomentar un interés en por sus tradiciones

- Menendez-Baceta G., Aceituno-Mata L., Reyes-García V., Tardío J., Salpeteur M., Pardo-de-Santayana. 2015. The importance of cultural factors in the distribution of medicinal plant knowledge: a case study in four Basque regions. *Journal of Ethnopharmacology* 161: 116-127.
- Nava R. A. y Núñez R. V. R. 2016. Derechos humanos de los pueblos y comunidades indígenas. Evaluación desde la constitución de los Estados Unidos Mexicanos. *Argumentos* 29 (82): 183-203.
- Núñez G. C. 2017. Trabajo y pueblos originarios en Bolivia: la integración constitucional del convenio 169 de la OIT. *Revista Boliviana de Derecho* (24): 296-319.
- OIT. 1989. Convenio sobre los pueblos indígenas y tribales (núm. 169). Organización Internacional del Trabajo. Consultado 23 de marzo de 2018 en: http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=Normlex:12100:0::NO::P12100_INSTRUMENT_ID:312314
- Perales H., Benz B., Brush S. 2005. Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, México. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102 (3): 949-954.
- Peredo S. y Barrera C. 2017. Usos etnobotánicos, estrategia de acción y transmisión cultural de los recursos vegetales en la región del Maule, zona centro sur de Chile. *Boletín latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 16 (4): 398-409.
- Phiney J. 1992. The multigroup Ethnic Identity Measure: a new scale for use with adolescents and youth adults from diverse groups. *Journal of Adolescent Research* (7): 156-176.
- Rascón-Gómez M. T. 2017. La construcción de la identidad en contextos hegemónicos. *Magis. Revista internacional de investigación en educación* 9 (19): 187-198. Doi:10.11144/javeriana.m9-19.cich
- Roberts R., Phinney J. S., Masse L. C., Chen Y. R., Roberts C. R. y Romero A. 1999. The structure of ethnic identity of young adolescents from diverse ethnocultural groups. *Journal of Early Adolescence* 19 (3): 301-322.



TIPOLOGÍA DE PRESTADORES DE SERVICIOS AGROPECUARIOS Y FORESTALES ESPECIALIZADOS PARA LAS ZONAS TROPICALES EN MÉXICO

TYOLOGY OF AGRICULTURAL-LIVESTOCK AND FORESTRY SERVICE PROVIDERS FOR TROPICAL ZONES IN MEXICO

Cadena-Iñiguez, P.¹; Rendón-Medel, R.^{2*}; Berdugo-Rejón, J.G.³; Cano-González, A.³; Espinosa-Villafuerte, S.G.⁴; Camas-Gómez, R.¹; Espinosa-Paz, N.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro de Chiapas, km. 3 carretera Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas.

²Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, Estado de México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá km. 25 antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán. ⁴Prestador de Servicios Profesionales independiente. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

*Autor de correspondencia: rendon.roberto@ciestaam.edu.mx

ABSTRACT

Presently, rural extension work in Mexico has developed under a vertical strategy, where technology transference is the main objective without taking into account the participation of producers; thus, it is necessary for professional service providers (PSP) to develop the human and social capital of people with a sustainable management of the natural resources available. With the objective of characterizing the professional service providers from the project of training for specialized technicians in tropical agriculture, livestock production and forestry for the development of tropical zones in Mexico, in the bilateral agreement signed between Mexico and Brazil, a survey was performed and analyzed, under three sections: general data, expectations and perspectives, which helped to identify the main characteristics of extension workers and the limitations they face to adequately carry out the activities of rural extension work in Mexico. The PSP indicated that inadequate public policies for the agricultural-livestock sector are the main factor that limits the service of the extension worker, as well as the discrepancy in salaries they earn, under the premise that a continuous improvement is necessary in the service of rural extension work in Mexico, in order to achieve the development of skills among them to be able to transmit them to peers and agricultural and livestock producers.

Keywords: characterization, extension workers, southeastern Mexico.

RESUMEN

Actualmente el Extensionismo rural en México se ha desarrollado bajo una estrategia vertical, donde la transferencia de tecnología es el objetivo principal sin contar la participación de los productores por lo que es necesario que el prestador de servicios profesionales (PSP) pueda desarrollar el capital humano y social de las personas con un manejo sostenible de recursos naturales que dispongan. Con el objetivo de caracterizar a los prestadores de servicios profesionales del proyecto de formación de técnicos especializados en agricultura, ganadería y silvicultura tropical para el desarrollo de las zonas tropicales de México, en el convenio bilateral celebrado entre México y Brasil, se realizó una encuesta y su análisis, bajo tres



Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 81-87.

Recibido: enero, 2018. **Aceptado:** julio, 2018.

apartados; datos generales, expectativas y perspectivas, que ayudaron a identificar las características principales de los extensionistas y las limitantes que afrontan para desarrollar adecuadamente las actividades del Extensionismo rural en México. Los PSP indicaron que las inadecuadas políticas públicas para el sector agropecuario es el factor principal que limita el servicio del extensionista, así como el desfase de salarios que perciben, bajo la premisa de que es necesario una mejora continua en el servicio del extensionismo rural en México, para lograr el desarrollo de capacidades entre ellos y poder transmitirlos a pares y a productores agropecuarios.

Palabras clave: Caracterización, extensionistas, sureste de México

INTRODUCCIÓN

En México La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), tiene diferenciados a los productores en los segmentos: **Productores de alto rendimiento**, cuya mentalidad moderna y su vinculación con el mercado les permite tener acceso a otro tipo de asistencia técnica, y representa el 10%. **Productores en transición** con potencial productivo, los cuales hacen uso de tecnología y mentalidad tradicional, trabajan en forma individual o grupos de trabajo con figura legal o en grupos funcionales, la producción de éstos llega al mercado esporádicamente, y son el 60% del universo de productores en México. Los últimos, **Productores de Subsistencia**, los cuales hacen uso de mínima tecnología, tienen una mentalidad tradicional y son individualistas, este grupo representa el 30% del total de productores en México, y su producción es de autoconsumo (SAGARPA, 2017).

El segmento de la agricultura familiar contribuye con un 45% en la producción nacional de alimentos para coadyuvar a la seguridad alimentaria y nutricional; sin embargo, en su mayoría presenta bajos rendimientos, bajo un sistema de producción con conocimientos empíricos, donde la extensión rural (ER) a través de la transferencia y desarrollo de capacidades puedan asistir a los productores a producir de una mejor manera. La ER en México comenzó a establecerse a mediados de la década de 1950 teniendo como base al modelo de EE.UU., donde el gobierno federal, instituciones de investigación agropecuarias y organismos de extensión, definían las ofertas tecnológicas (Rogers, 1983; Otero y Selis, 2016; Aguilar et al., 2015; Muñoz y Santoyo, 2010; Rendón et al., 2015), en esta época, el objetivo principal fue incrementar los rendimientos para satisfacer la demanda nacional de alimentos y el abasto para la industria, sin considerar la demanda real de los productores o de la región según el sistema-producto a beneficiar.

Los extensionistas agropecuarios, agentes de cambio o prestadores de servicios profesionales del sector agropecuario son los enlaces de esta estrategia lineal; sin embargo, en la actualidad es necesario un nuevo modelo de extensionismo, flexible, que promueva la participación del productor en las decisiones y que el profesionista además del componente tecnológico, sea capaz de desarrollar capital humano, en el seno de las familias rurales a través de competencias, habilidades y conocimientos técnicos, donde

se aproveche con eficiencia y sustentabilidad los recursos naturales disponibles, además de organizar productores de sistema producto, con el fin de que éstas den valor agregado al producto final, que puedan desarrollarse bajo las condiciones del mercado y con las características edafoclimáticas de la región e involucrarse en los demás eslabones de la cadena productiva: gerencial, comercial, planes de negocio, comunicación y difusión (Quintero y Ramírez, 2014; SAGARPA, 2017).

Landini (2016a) realizó un compendio de problemáticas identificadas de acuerdo a diversas literaturas del ER en Latinoamérica; "...(1) *Prácticas productivas inapropiadas de los productores y la no adopción de tecnologías*, (2) *Bajo nivel educativo de muchos productores*, (3) *Pasividad y/o falta de participación de los productores en distintos proyectos e iniciativas*, (4) *Las planificaciones no siempre se ajustan a la situación, características o necesidades de los productores que se busca beneficiar*, (5) *Problemas para la comercialización*, (6) *Un escaso nivel de organización, así como problemas de los productores para trabajar de modo asociado*, (7) *Implementación de estrategias o enfoques de extensión transferencistas o productivistas*, (8) *Debilidad o falta de cobertura de las instituciones de ER*, (9) *Falta de políticas apropiadas de desarrollo y ER*, (10) *La inestabilidad o fragilidad de la situación laboral*, (11) *Falta de formación apropiada a los extensionistas*, (12) *Problemas de comunicación con los productores*, (13) *Politización de la ER*, (14) *Escasos recursos de los productores*, (15) *Dificultad para conformar equipos interdisciplinarios en el ámbito de la extensión*".

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un muestreo entre 62 prestadores de servicios profesionales especializados para la zona sur-sureste de México, que permitiera caracterizarlos e identificar obstáculos, áreas de oportunidad para la mejora del servicio de extensión rural en el campo mexicano. Los extensionistas provenientes de diferentes regiones del sur-sureste de México, fueron capacitados por el Consorcio bilateral del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y de la Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias (EMBRAPA) en el año 2015-2016, en los sistemas productos; cacao, café, cítricos, palma de coco, hule, agroforestería y palma de aceite, la capacitación se desarrolló en tres etapas: la primera fue la inducción a los modelos de transferencia que el INIFAP ha implementado en los últimos 30 años (Cadena et al., 2009; Cadena et al., 2015), posteriormente los PSP's recibieron una actualización teórica-práctica de los procesos productivos, y si las evaluaciones eran satisfactorias entonces podían realizar una gira tecnológica en Brasil, en diversas regiones de Brasil, visitando a productores destacados, agroindustriales, académicos e investigadores. Se realizó un levantamiento de cédulas cuali-cuantitativa integrados por 35 preguntas contenidas en tres apartados:

1. Datos generales: *nombre, edad, género, estado civil, familiares dependientes, trabajo, empleador, nivel de escolaridad, educación continua, año de egreso.*

2. Experiencia: conocer antecedentes de su participación con los actores del sistema producto objetivo, como también las habilidades y desarrollo de su perfil con las siguientes variables; *institución que lo promovió a la capacitación, años de experiencia con productores, tipos, actividades y funciones de los empleos anteriores, habilidades previas a la capacitación, área de asesoría principal, modelo de transferencia de tecnología que aplicaba, y conocimientos adquiridos por las capacitaciones técnicas del INIFAP y EMBRAPA.*

3. Perspectivas: se identificó las situaciones de mejora y obstáculos que limitan el servicio de extensión rural, teniendo como variables; *problemática frecuente para el desempeño del PSP, expectativas a corto y mediano plazo post-capacitación, áreas de oportunidad para capacitarse, condiciones para trabajar en el campo mexicano, herramientas necesarias para el PSP, sueldo acorde al trabajo de extensión, sugerencia para que el PSP sea reconocido y comentarios.* Los datos obtenidos fueron

analizados por el programa estadístico SPSS® versión 17.0 para Windows.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra la edad promedio de los participantes (33 años). En cuanto al sexo, el 27.6 y 72.4% son mujeres y hombres, respectivamente. En el rango de edades la mayor participación de ambos géneros fue inferior a los 35 años de edad.

Respecto de la actividad laboral, el 95% de los PSP's, registraron un trabajo formal, y las instituciones donde prestan sus servicios profesionales son: gobierno federal, gobierno estatal, organización (de productores o

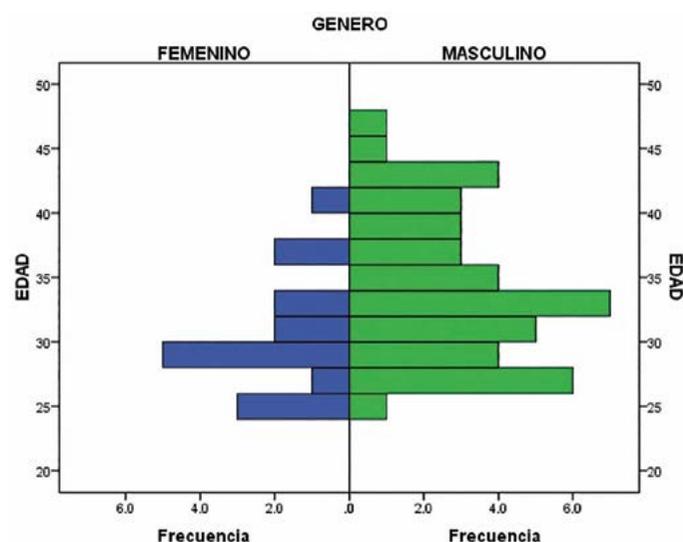


Figura 1. Participación de género a la edad del PSP. FUENTE: Elaboración propia a partir del trabajo de campo, INIFAP, 2016.

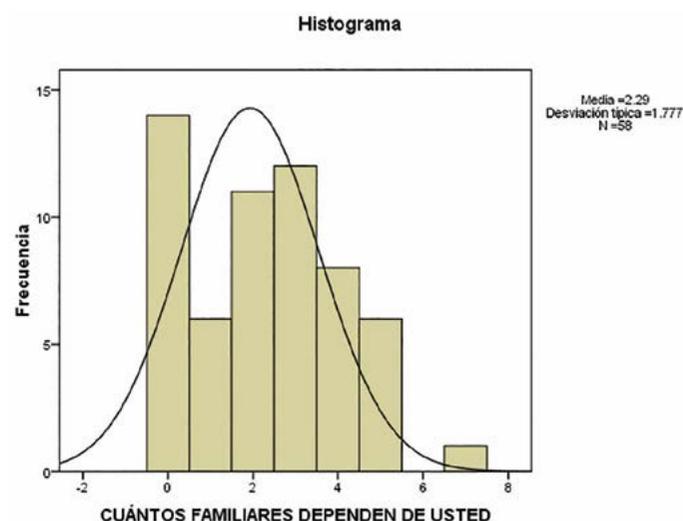


Figura 2. Número de codependientes de los PSP. FUENTE: Elaboración propia a partir del trabajo de campo, INIFAP, 2016. Media de 2.29, \pm desviación estándar de 1.77 y $n=58$.

profesionistas), despacho agropecuario y otros (independientes), donde se obtuvo 15.5, 20.7, 19, 25.9 y 19%, respectivamente, es importante hacer notar que los nuevos profesionistas están ocupados en despachos agropecuarios, por lo que la visión empresarial y de desarrollo de competencias laborales cobra mucho más importancia entre los entrevistados. El 52% de la muestra, son Ingenieros Agrónomos o especializados en Ciencias Agrarias, (Figura 3).

La experiencia en extensionismo o desarrollo de capacidades hacia los productores, fue tomado en cuenta en referencia al año de obtención del grado de licenciatura; el más antiguo fue del año 1991, y el más reciente en 2014. Predominan los egresados del año 2012 con una participación de 12.1%, aunque el año de obtención del grado de licenciatura no es sinónimo de experiencia efectiva. El 20.7% cuentan con reciente grado de maestría sobre todo en el área de administración agropecuaria y un PSP cuenta con el grado de doctorado. El 41.4% cuentan con diplomado y 27.6% con alguna especialidad, lo cual conduce a pensar que las competencias laborales son tan importantes para esta generación de extensionistas que están en constante actualización.

En forma más detallada, los temas de los diplomados con mayor participación son los relacionados al mane-

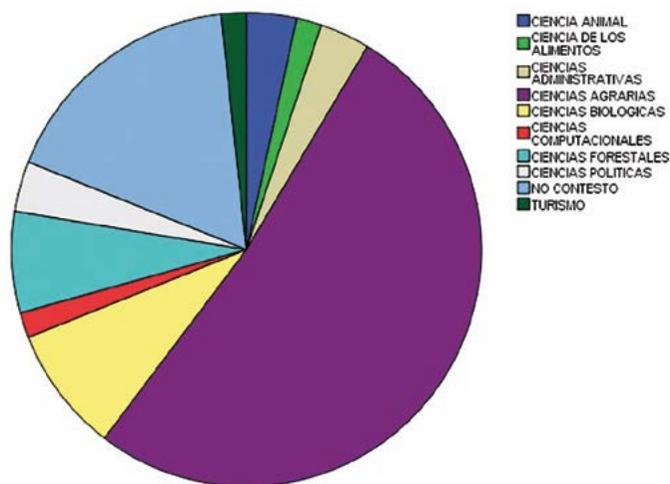


Figura 3. Formación profesional de los PSP participantes en la capacitación. FUENTE: Elaboración propia a partir del trabajo de campo, INIFAP. 2016.

jo de palma de aceite, gestión de redes de innovación, citricultura, cafecultura y agronegocios; sin embargo, la especialización sobre cafecultura fue predominante. Las instituciones que postularon los PSP's en la capacitación fueron; SAGARPA, INIFAP, FIRA, Fundación Produce, Sistema-Producto, Gobierno Estatal, Organización, Despacho e INCA Rural, importante destacar que los Sistemas-Productos participantes del proyecto, fueron los que promovieron al 41.4% del total de los PSP's, (Figura 4).

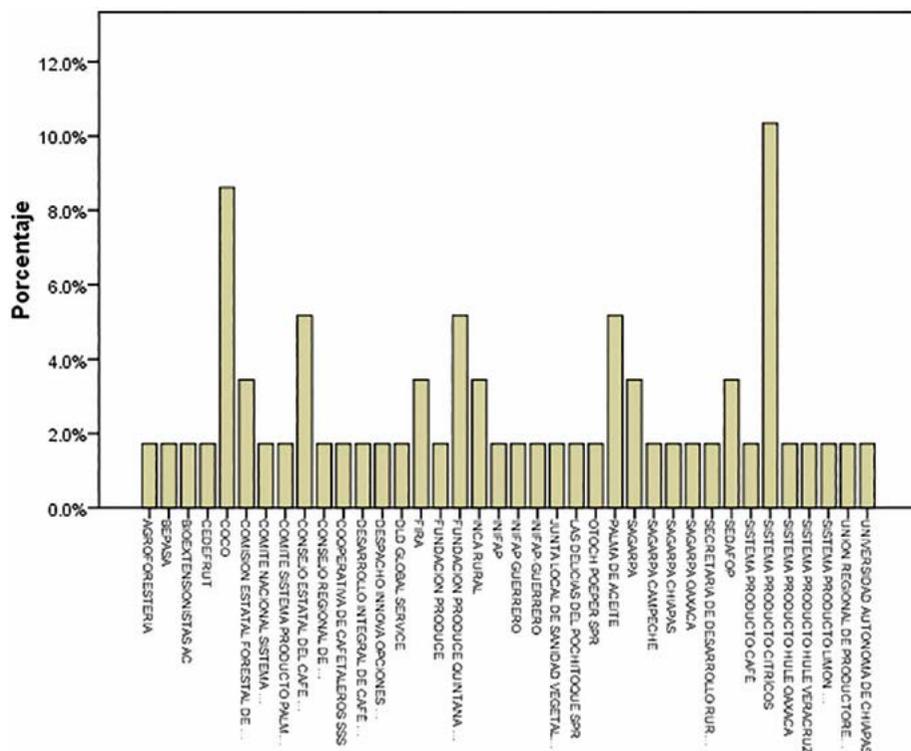


Figura 4. Institución proponente de los PSP's en la formación especializada. FUENTE: Elaboración propia a partir del trabajo de campo, INIFAP. 2016.

La experiencia de los PSP's en cada área de trabajo registrada fue de 1 a 24 años de experiencia. Los resultados indican que existen ocho grupos: Gobierno Federal, Gobierno Estatal, Empresa Privada, Despacho Agropecuario, Organización, Independiente y aquellos que se reservaron a contestar, esto debido a que la pregunta solicitaba si eran más de dos trabajos, que se mencionara, lo cual condujo a diferenciarlo como primer, segundo, tercero y cuarto empleo anteriores, obteniendo en esa secuencia, una participación de 24.1, 24.1, 13.8 y 8.6% como PSP para Gobierno Federal, Gobierno Estatal, Organización y Despacho, respectivamente. Respecto del área donde desarrolló su trabajo el 56.9% de los PSP's realizaron actividades en campo y

oficina, y en relación a las funciones que realizaron, el 60.3% realizaron Asistencia Técnica, lo cual consistió en el desarrollo de proyectos además de la asistencia técnica propiamente dicha en procesos productivos del sistema producto referido.

De acuerdo con las habilidades técnicas previas que los PSP's tenían antes de iniciar el proceso de capacitación, el 86.2% indicó ser consultor de proyectos, y esto es concordante con las actividades marcadas en las reglas de operación de la SAGARPA, dado que toda organización para acceder a los programas debe tener un proyecto productivo, de infraestructura o de equipamiento, que son las áreas de oportunidad y de trabajo para los PSP's. Respecto de las habilidades técnicas (HT) y sobre el ámbito de transferencia de conocimiento y tecnología (TT) que el PSP tiene se encontró lo siguiente: para las HT, se agrupó en Sistema de producción, Manejo, Sanidad, Insumos, Nutrición y Mejoramiento, para las TT, se ordenó en Modelos de TT, certificación, legislación agropecuaria, evaluación financiera, calidad e innovación, de acuerdo al sistema producto en que fueron capacitados. La actualización en los procesos productivos y los modelos de TT, fueron los predominantes, con 19 y 81%, respectivamente.

En cuanto al desarrollo de capacidades obtenidas por los Prestadores de Servicios Profesionales, indicaron que los dos aspectos anteriores son la actividad preponderante para llevar a cabo y realizar la multiplicación del conocimiento a productores. Sobre cuál es la problemática que repercute en su desempeño como PSP's, además para ejecutar de una mejor manera las actividades del plan de trabajo, se detectaron cinco respuestas; falta de interés del productor, organización ineficiente de productores, inadecuadas políticas públicas, bajo precio del sistema-producto, incertidumbre. La problemática con mayor índice fue: inadecuadas políticas públicas (51.7%) (Figura 5), esto concuerda con lo reportado por Landini (2016b).

Por otro lado, las expectativas de los PSP's a corto y mediano plazo, fueron agrupados en tres categorías; implementar proyectos, transferir tecnología y organizar productores, para ambos periodos predominó (51.7, 41.4%) la de transferir tecnología adquirida mediante las capacitaciones recibidas en México y Brasil por el consorcio INIFAP y EMBRAPA. Según lo manifestado por los PSP's, las prioridades de capacitación para ellos indicaron que prioritariamente debe ser en lo técnico (58.6%)

de acuerdo a cada sistema producto en el que se desenvuelven, en temas específicos como: manejo, sistema de producción, manejo de insumos, mejoramiento y sanidad, la segunda prioridad fue en el desarrollo de proyectos, es decir, capacitarse para realizar proyectos productivos y su gestión, queda claro que uno es práctico y el otro teórico. El 38% de los PSP's participantes ven como la opción más viable trabajar en equipo, para ello deberían organizarse en grupos de profesionales (federación o colegiado), para tener una seguridad en el mercado laboral, y poder competir con mayores herramientas de atención a los potenciales usuarios, es decir; ellos apuestan por ser multidisciplinarios y multifuncionales, algo que espera la SAGARPA de un extensionista, y lo que también espera un usuario del medio rural que contrate a un extensionista o PSP, es decir, que resuelva un problema cotidiano, sin tener que escuchar que es "uniespecialista".

El 97% de los PSP's encuentran condiciones favorables para trabajar en el campo mexicano; sin embargo, identifican algunas limitantes de las cuales destacan que las políticas públicas hacia el trabajo de los extensionistas son deficientes, dado que en los segmentos de atención a los productores marcados por la SAGARPA, no existe una cultura del pago hacia ellos, porque este se ha considerado como un servicio pagado por el Gobierno, los propios técnicos indican que ellos están desvalorizados o desacreditados ante la sociedad rural sin llegar a dar detalles, indican que los recién egresados se enfrentan a situaciones donde requieren de mayor capacitación que el mercado laboral o el problema atendido les solicita.

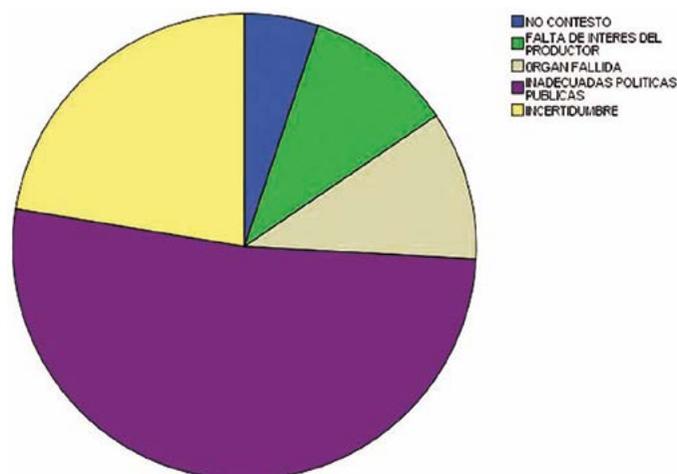


Figura 5. Problemática descrita por los PSP's para la ejecución de sus actividades. FUENTE: Elaboración propia a partir del trabajo de campo, INIFAP, 2016.

El 55.2% de los PSP's, indicaron que las herramientas necesarias con las que debe contar el nuevo extensionista para lograr mejores resultados son: mayores incentivos, medios de transporte y equipo para realizar su función de asesoría.

El punto más álgido fue el referido al sueldo percibido por el trabajo desempeñado, al respecto el 52% mencionó NO estar de acuerdo, un 8% que "SI" están de acuerdo, en relación a esto se les pidió la razón, los que se manifestaron positivamente es por los objetivos a alcanzar y en los negativos es por el pago insuficiente y desfasado, dado que indicaron que los contratos son seis a ocho meses y se les pide la asistencia a mítines de apoyo a los políticos, llenado de cuadros y cumplimiento de metas trazadas con los grupos de atención.

En las sugerencias, los PSP dan a conocer que la evaluación de su trabajo sea justa y equitativa (47%), seguido porque se divulguen los resultados de campo (17%), para el caso que sean reconocidos y bien pagados, el 21% de los PSP's coinciden en realizar un proyecto para poder transferir y multiplicar las experiencias obtenidas en las capacitaciones en México y Brasil, y que éstas beneficien a la población objetivo. En un estudio efectuado en el oriente del Estado de México, Monsalvo *et al.* (2017), encontraron que los técnicos son multifuncionales, que requieren capacitación en herramientas TIC, y que para lograr un extensionismo fortalecido se requiere de una reforma política; sin embargo, se cree que con la visión solicitada por la política de SAGARPA, aún no se logra la visión holística del extensionista o PSP. Los requerimientos para ser extensionista rural en el México de hoy, implica además en dominar y transferir componentes tecnológicos, desarrollar el capital humano y social, integrando el manejo eficiente de los recursos naturales que dispone la población objetivo, como también habilidades de comunicación, difusión y comprensión del nivel tecnológico acorde a los diferentes tipos de productores. Con esto se lograría una estrategia de extensionismo rural flexible y que acompañe a las demandas del mercado actual.

CONCLUSIONES

La mayoría de los prestadores de servicios profesionales analizados, capacitados por el INIFAP-EMBRAPA, son jóvenes en su mayoría del género masculino por debajo de los 35 años, de estatus nuevo en la actividad y postulados por Despachos Agropecuarios, con perfil en

ciencias agrarias, desarrollando actividades en campo y oficina con funciones en Asistencia Técnica, por lo que es indispensable que los extensionistas conozcan y tengan mayor empatía con las personas demandantes del servicio; sin embargo, para lograr esto se debe dedicar tiempo completo y bajo contrato de mayor duración, para que se logren conseguir las metas establecidas y el extensionista tenga una seguridad laboral. Los PSP's indican que las políticas públicas para el sector agropecuario son inadecuadas y es el factor principal que limita el servicio del extensionista, además de salarios bajos y desfasados. Bajo estas limitantes es necesario una mejora continua en el servicio del extensionismo rural en México.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Ávila J., Santoyo-Cortés V.H., Ocampo-Ledezma J.G., Muñoz-Rodríguez M., Palacio-Rangel M.A., Altamirano-Cárdenas R.J. 2015. Extensión universitaria y extensión agrícola. En: Modelos alternativos de capacitación y extensión comunitaria. Editores: Jorge Aguilar Ávila y Vinicio Horacio Santoyo Cortés. Primera edición. Editorial AM editores, ISBN 978-607-437-351-6. México. PP. 19-50
- Cadena I.P., Morales G.M., González C.M., Berdugo R.J.G., Ayala A.S. 2009. Estrategias de transferencia de tecnología, como herramientas del desarrollo rural. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. ISBN-978-607-425-200-2. 115 p.
- Cadena-Iñiguez P., Camas-Gómez R., Rodríguez-Hernández R.F., Berdugo-Rejón J.G., Ayala-Sánchez A., Zambada-Martínez A., Morales-Guerra M., Espinosa-Paz N., López-Báez W. 2015. Contribuciones del INIFAP al extensionismo en México y la gestión de la innovación. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, ISSN: 2007-0934. Vol.6 Núm.4. p. 883-895
- Landini F. 2016a. Problemas de la extensión rural en América Latina. Ed. Flacso México; Perfiles Latinoamericanos, 24(47). pp. 47-68 doi: 10.18504/pl2447-005-2016
- Landini F. 2016b. Concepción de extensión rural en 10 países latinoamericanos. Andamios. Revista de Investigación Social, vol. 13, núm. 30, enero-abril, 2016, pp. 211- 236. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62845862011>
- Otero J., Selis D. 2016. La revista "extensión en las Américas". Influencia de los EEUU en los servicios de extensión rural latinoamericanos. Extensão Rural, DEAR-CCR-UFSM, Santa María, v.23, n.1, jan/mar. pp. 42-57.
- Monsalvo-Zamora A., Jiménez-Velázquez M.A., García-Cué J.L., Sangerman-Jarquín S.D.M., Martínez-Saldaña T., Pimentel-Equihua J.L. 2017. Caracterización del perfil del extensionista rural en la zona oriente del Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.8 Núm.3 01 de abril - 15 de mayo, 2017. ISSN 2007-9230 p. 503-515.
- Muñoz-Rodríguez M., Santoyo-Cortés V.H. 2010. Del extensionismo a las redes de innovación. En: del Extensionismo agrícola a las redes de innovación rural. Editores: Jorge Aguilar Ávila, J. Reyes

- Altamirano Cárdenas y Roberto Rendón Medel. Universidad Autónoma Chapingo. PP. 31-70.
- Quintero-Peralta M.A., Ramirez-Miranda C.A. 2014. Asistencia técnica y pobreza alimentaria; Desafíos para el Desarrollo Rural. Textual (Chapingo) Vol. 64: 25-52.
- Rendón-Medel R., Roldán-Suárez E., Hernández-Hernández B., Cadena-Iñiguez P. 2015. Los procesos de extensión rural en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 6, núm. 1, enero-febrero, pp. 151-161.
- Rogers M.E. 1983. Diffusion of innovations. Third Edition. Nueva York: The Free Press. 134-149.
- SAGARPA. 2017. Desarrollo de capacidades, innovación tecnológica y extensionismo rural. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Documento de trabajo. Mimeografiado. Gobierno de México. Ciudad México. 10 p.



DESARROLLO DE UN PROYECTO PRODUCTIVO DE HORTALIZAS A UN GRUPO DE MUJERES EN TULA, TAMAULIPAS, MÉXICO

DEVELOPMENT OF A VEGETABLES PRODUCTIVE PROJECT FOR A GROUP OF WOMEN IN TULA, TAMAULIPAS, MEXICO

Segura-Martínez, M.T.J.^{1*}; Rodríguez-Rodríguez, H.¹; Caballero-Rico, F.C.²; Ramírez-de León, J.A.²; Estrada-Drouaillet, B.¹

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas. Doctorado en Gestión y Transferencia del Conocimiento. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

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

ABSTRACT

The knowledge and transference of technology to the field can improve the human development index in rural communities. The objective of this study was to identify the technologies transferred to a group of women heads of households with low school level that hope to become vegetable producers. The research was performed in Ejido Vicente Guerrero, Tula, Tamaulipas, during 2015-2016. Surveys were applied to seven women who produce vegetables, during and after three training workshops, as well as taking notes, data and interviews, during the development of the tasks assigned for the productive cycle in the different vegetable crops in the community; technical assistance and technology transference was provided (fertigation, seed selection, soil and substrate preparation, pest and disease management, diagnosis and environmental monitoring, among others), the application of new knowledge and technologies modified the productive process, easing the field tasks, increasing the production, and generating a higher economic benefit. A human development index (HDI) was estimated before the training, as well as economic and development variables to evaluate the impact of the application of the technologies. It was found that the HDI in the Ejido for the seven producers was 0.48 to 0.63, with an average age of 54 years, schooling level of 0 to 9 years, and 2 to 9 children.

Keywords: transference, technologies, knowledge, human development.

RESUMEN

El conocimiento y transferencia de tecnología al campo puede mejorar el índice de desarrollo humano en comunidades rurales. El objetivo de la presente investigación fue identificar las tecnologías transferidas a un grupo de jefas de familia con bajo nivel escolar que pretenden arraigarse como productoras de hortalizas. La investigación se llevó a cabo en el Ejido Vicente Guerrero, Tula, Tamaulipas durante 2015-2016. Se aplicaron encuestas a siete mujeres productoras de hortalizas, durante y después de tres talleres de capacitación, así como la toma de notas, datos y entrevistas, durante el desarrollo de las tareas asignadas del ciclo productivo en los diferentes cultivos hortícolas en la comunidad, se dio asistencia técnica y transferencia de tecnología (fertiriego, selección de semilla, preparación de suelo y sustratos, manejo de plagas y

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 89-97.

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



enfermedades, diagnóstico y monitoreo ambiental entre otras), la aplicación de nuevos conocimientos y tecnologías modificaron el proceso productivo, facilitando las tareas en el campo, incrementando la producción generando un mayor beneficio económico. Se estimó un índice de desarrollo humano (IDH) antes de la capacitación, así como, variables económicas y desarrollo para evaluar el impacto de la aplicación de tecnologías. Se encontró que el IDH en el Ejido para las siete productoras fue entre 0.48 a 0.63, con un promedio de edad de 54 años, el nivel de escolaridad entre 0 a 9 años y con 2 a 9 hijos.

Palabras clave: transferencia, tecnologías, conocimientos, desarrollo humano.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en México enfrenta grandes retos como la falta de mano de obra y el empleo de manera general. La causa principal de la mano de obra barata o bajos salarios en el campo son la causa de la migración de la población rural a otras ciudades o países como Estados Unidos de América (Carton de Grammont y Lara, 2011; Flores, 2012; Andrade-Rubio, 2016). En el Altiplano de Tamaulipas, en el municipio de Tula, se tiene una región semi-árida donde el agua proviene del subsuelo y el principal cultivo es el maíz (*Zea mays* L.) con un rendimiento bajo y utilizado para el autoconsumo (SIAP, 2010). La baja productividad del municipio de Tula requiere de constantes cambios que permitan, o faciliten las tareas en el campo, mediante la utilización de técnicas o nuevos conocimientos que transformen las tareas de la producción de alimentos. La utilización de tecnologías como la agricultura protegida puede contribuir con esta transformación al sostener y fomentar el desarrollo agroindustrial, generando beneficios económicos y empleos (Marcelino, 2012), ya que incrementa la rentabilidad, disminuye el riesgo de producción y contaminación ambiental y daños a la salud (Grijalva y Robles, 2003; López-Eliás *et al.*, 2011). La agricultura protegida, está siendo adoptada en México con una tasa media de crecimiento anual de 34.5%. En Tamaulipas en el año 2010 se registraron más de 200 ha, con cultivos como el tomate (*Solanum lycopersicum*), el pepino (*Cucumis sativum*) y el chile pimiento (*Capsicum annum*).

La utilización de tecnologías en los sistemas de producción con ambientes extremos, como el altiplano tamaulipeco requiere de factores, tales como el aprendizaje tecnológico y la transferencia de conocimiento. Dichos factores son fundamentales para el desarrollo de unidades de producción (Porter, 2008; Pietrobelli y Rabellotti, 2009; Olea-Miranda *et al.*, 2016), ya que genera cambios en el proceso productivo de la comunidad (Máñez y Noriega, 2015), al incorporar conocimiento técnico, científico y/o tecnológico e interactuando con instituciones educativas (Stezano, 2010; Stezano, 2012; López *et al.*, 2005), lo cual permitirá el desarrollo de las personas. De acuerdo con Martínez-Pellegrini *et al.* (2008), el desarrollo se refiere, a crear un ambiente en el que las personas puedan desarrollar plenamente su potencial, además de llevar vidas productivas y creativas de acuerdo con sus necesidades e intereses. El desarrollo consiste en expandir las oportu-

nidades a las que las personas tienen acceso. La expansión de este rango de oportunidades depende de la construcción de capacidades humanas: lo que las personas pueden ser o hacer durante su vida. Las capacidades humanas básicas son llevar una vida larga y saludable, poseer conocimientos, tener acceso a los recursos necesarios para tener un nivel de vida digno y poder participar en la vida comunitaria. Sin estas capacidades, muchas opciones simplemente no están disponibles y hay oportunidades que permanecen inaccesibles (PNUD, 2016). Por consiguiente, se puede establecer que la reducción de la desigualdad es importante. El paradigma de desarrollo humano se centra en las personas, sus oportunidades y la generación de las condiciones para que los individuos alcancen su potencial y tengan la posibilidad de decidir sobre la vida que valoran. Por ende, la inequidad en la distribución de estas condiciones y oportunidades tiene un impacto negativo en el desarrollo humano de una sociedad (PNUD, 2016). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue identificar las tecnologías transferidas a un grupo de jefas de familia con bajo nivel escolar que pretenden arraigarse como productoras de hortalizas en el municipio de Tula, Tamaulipas, innovando su proceso productivo.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se desarrolló en el Ejido Guadalupe Victoria de la subregión de Tula número 5 en la zona suroeste de Tamaulipas (22° 49' 24" N y 099° 10' 59" O) a 1039 m de altitud (Figura 1). De acuerdo con el INEGI (2010), el Ejido cuenta con una población de 40 hombres y 38 mujeres. La relación mujeres/hombres es de 1.07,

el promedio de fecundidad de la población femenina es de 3.05 hijos por mujer, el porcentaje de analfabetismo entre los adultos es del 11.24% (13.95% en los hombres y 8.7% en las mujeres) y el grado de escolaridad de 4.42 años (4.12 en hombres y 4.68 en mujeres).

Antecedentes de trabajo con grupo de productoras

A partir del año 2010, en la parte sur de Tula, Tamaulipas, se inició la producción de hortalizas en agricultura protegida (en invernaderos y malla antiáfida) y en campo abierto, tomando en cuenta que esta región se caracteriza por tener condiciones geográficas, ambientales, físicas deseables para la producción de hortalizas, con temperaturas medias anuales de 27 °C, niveles de radiación global de 1000 w/m², oportunidad en recursos humanos, buena calidad del suelo y agua. El establecimiento de empresas privadas, mediante la renta de tierras ejidales por períodos de 5 y 10 años, con la ventaja para la zona de generación de empleos, ya que para la producción de estos cultivos requieren de mucha mano de obra.

En el 2013, en el Ejido Cruces, del municipio, se conformó un grupo de productores, quienes fueron apoyados por la SAGARPA, con el proyecto, denominado productores de hortalizas en agricultura protegida Cruces. Este trabajó registró trabajo en equipo, trabajo colaborativo de la familia, y asesoría técnica por investigadores y prestadores de servicio social, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

De acuerdo a los resultados obtenidos por los productores de hortalizas en la región, la vinculación de la Universidad, se conforma un nuevo grupo de trabajo en el Ejido Guadalupe Victoria y a solicitud de los productores, ante la Asamblea Ejidal, se les asigna un predio para producción de hortalizas, quedando conformado el Grupo Productores de hortalizas en el Ejido Guadalupe Victoria, del Municipio de Tula, Tamaulipas, con la participación de 33 ejidatarios, se conformó una Asociación de productores de hortalizas conformada por un total de 14 inte-

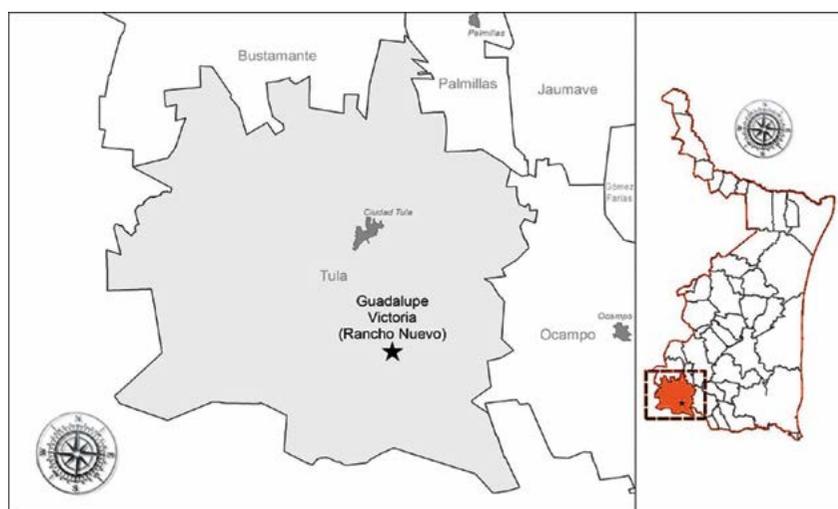


Figura 1. Ubicación del sitio de estudio.

grantes (12 mujeres esposas de ejidatarios y dos hombres), ante la asamblea se designa a las representantes del grupo, quienes realizan las funciones de presidente, secretaria y tesorera.

Algunas integrantes, formaron parte del grupo de hortalizas en el Ejido Cruces, de manera directa o informal, participando en los cursos de actualización o bien en actividades de siembra o trasplante de hortalizas, de esta manera se involucraron y aprendieron de los grandes beneficios que se obtienen mediante la utilización de nuevas técnicas en el proceso productivo. Al paso del tiempo y durante el desarrollo y gestión de apoyos para promover el desarrollo de capacidades, servicios técnicos, asesorías y recursos, se formó el grupo en una Asociación Civil, denominándose, "Las Adelitas". Posteriormente el Ejido autorizó un predio más cercano a sus viviendas, de tal forma que pudieron cumplir con sus funciones de amas de casa. En el presente estudio se evaluó la capacitación de siete mujeres productoras de acuerdo con su interés de participación en el Proyecto, con un nivel de escolaridad de 5.14 años y un promedio de edad de 54 años (Cuadro 1).

Cuadro 1. Perfil de las productoras que participaron en el Proyecto.

Clave	Escolaridad	Edad	Estado Civil	No. de Hijos	Hijos en casa
Productora 1	9	48	casada	3	1
Productora 2	9	44	casada	3	3
Productora 3	6	54	casada	3	0
Productora 4	0	73	casada	9	0
Productora 5	3	49	viuda	3	1
Productora 6	0	67	viuda	5	2
Productora 7	9	40	casada	2	2

El enfoque metodológico en la presente investigación fue cualitativo, mediante la aplicación de encuestas estructuradas (Cuadro 2) y la descripción y toma de notas y opiniones de las productoras, durante el desarrollo del trabajo agrícola.

Índice de desarrollo humano (IDH)

De acuerdo con Martínez Pellegrini *et al.* (2008) el IDH es una medida sinóptica del desarrollo humano que mide el progreso conseguido por un país o individuo en tres dimensiones: esperanza de vida, educación e ingreso. A este respecto PNUD (2014) indican que el cálculo del IDH es:

$$IDH = \frac{1}{3}IEV + \frac{1}{3}IE + \frac{1}{3}IPIB$$

Donde: *IDH*=índice de desarrollo humano; *IEV*=Índice de esperanza de vida; *IE*=Índice de educación; *IPIB*=Índice de PIB o ingreso económico. Los cálculos se hicieron basados en la metodología propuesta por PNUD (2014) utilizando la plataforma de la PNUD en México (2015). Los datos fueron analizados con estadística descriptiva.

Cursos de capacitación

La capacitación a grupo de productoras se dio de acuerdo a las necesidades del cultivo establecido y con el acompañamiento del técnico asesor del grupo, para ello se desarrollaron tres talleres de capacitación, los cuales se llevaron a cabo en el Ejido Vicente Guerrero y en el

Cuadro 2. Preguntas Generales y número de opciones en encuesta aplicada a Productoras del Ejido Vicente Guerrero para obtener el Índice de Desarrollo Humano.

Pregunta o indicador	Opciones
Nombre	1
Edad	1
Estado civil	1
Religión	
Lugar de Residencia	1
¿Algún miembro de la familia habla una lengua indígena?	1
¿Sabe leer?	1
Grado de Escolaridad	12
Ingreso mensual	Respuesta Libre
Número de personas en el hogar	Respuesta Libre

Centro Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología en Agricultura de Precisión, ubicado en el km 23.5 de la carretera Victoria-Monterrey, perteneciente a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (Cuadro 3 y 4), Figura 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La capacitación impacto en el incremento de la producción y benefició económicamente a las familias, así como, el beneficio social de la comunidad, mediante la modificación del proceso productivo de hortalizas, mejorando la calidad de vida de las familias involucradas. En el predio facilitado a las productoras (±7 ha), se instaló un sistema de riego por cintilla (incluyendo un cabezal de descarga). El sistema se equipó con un inyector venturi, para dejar de usar el sistema de riego rodado, que por muchos años utilizaron y que lo consideran dema-

Cuadro 3. Seminarios de capacitación del taller llevado a cabo en el Centro Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología en Agricultura de Precisión.

CLAVE	FER	MC	CPE	SPT	PPH	PSS	SRI	CTV	DMN	FCT	LCI	CPC
Productora 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Productora 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Productora 3	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Productora 4	x		x									
Productora 5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Productora 6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Productora 7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

FER=Fertiriego; MC=Manejo de Cultivos; CPE=Control de Plagas y Enfermedades del tomate; SPT=Sistema de producción de tomate en invernadero; PPH=Producción de Plantas Hortícolas; PSS=Preparación de suelo y sustrato en producción de tomate en invernadero; SRI=Sistemas de riego en invernadero; CTV=Cultivo de tejidos vegetales una herramienta biotecnológica para la agricultura; DMN=Diagnostico y monitoreo nutricional del cultivo de tomate en invernadero; FCT=Fertilización de cultivo de tomate en invernadero; LCI=Labores culturales e inocuidad en producción de tomate en invernadero; CPC=Cosecha, poscosecha y comercialización del tomate.

Cuadro 4. Seminarios de capacitación del taller llevado a cabo en Ejido Vicente Guerrero y en Tula, Tamaulipas, México.

CLAVE	TULA					EJIDO		
	UIP	UBN	CPI	DME	NFER	FER	MC	PE
Productora 1	x	x	x	x	x	x	x	x
Productora 2	x	x	x	x	x	x	x	x
Productora 3	x	x	x	x	x	x	x	
Productora 4	x		x			x		x
Productora 5		x	x	x		x	x	x
Productora 6	x		x		x	x	x	x
Productora 7	x	x	x	x	x	x	x	x

UIP=Uso del injerto en la producción de plántulas; UBN=Uso de baterías en la nutrición de cultivos de invernadero; CPI=Cultivos que prosperan en invernadero; DME=Diagnóstico y manejo de enfermedades del tomate; NFER=nutrición y fertirrigación; FER=Fertiriego; MC= Manejo de Cultivos; PE=Plagas y enfermedades.

siado agotador y pesado para sus condiciones físicas. Aun cuando, el sistema de riego rodado no era eficiente, las productoras mencionaron que no conocían otro método y el riego lo realizaron varias veces de acuerdo con las necesidades hídricas del cultivo; sin embargo, con el nuevo sistema de riego se facilitó incluso la aplicación del fertilizante al cultivo. Se instaló un túnel cubierto de malla antiáfida de una superficie de 500 m², instalación que ellas mismas realizaron con la orientación técnica de expertos en invernaderos de la Universidad, para darle la orientación adecuada y la colocación de la malla antiáfida.

El grupo de productoras analizó ventajas y desventajas de cada cultivo y de manera organizada, tomaron la decisión del cultivo a establecer por mayor rentabilidad económica, menos agotador en cuanto a trabajo de campo, considerando todos los pormenores y compromisos que implicaba el cultivo.

La capacitación fue constante, desde la desinfección del suelo, para poder realizar la siembra de semillas del cultivo seleccionado, las dudas y comentarios se anotaban en un cuaderno, para cuando la visita del asesor, las presentaban para su solución, de esta manera a la hora del almuerzo, comentaban decidían o establecían las estrategias para alcanzar el máximo beneficio, el aprendizaje les fue dando herramientas que les facilitarían

las tareas de campo, desde seleccionar el sustrato a utilizar, y la forma más económica y práctica de desinfección del suelo o sustrato. La distribución o asignación de tareas fue de manera homogénea, todas con la misma responsabilidad de cumplir con el trabajo de campo asignado, existiendo rotación de actividades y en ocasiones fueron distribuidas de manera específica, de acuerdo con la que tuviese mayor experiencia en una determinada tarea a desempeñar.

Es importante recalcar, que cada una logró ciertas habilidades y destrezas, en determinadas tareas, en las que se sintieron más cómodas y seguras al realizarlas.

Índice de desarrollo humano

En 2010, México reportó un índice de desarrollo humano considerado como alto de 0.739, para Tamaulipas se reportó un índice de 0.758, y para el municipio de Tula, Tamaulipas el IDH, fue de 0.652 (Figura 3), la medición y el seguimiento de las condiciones de desarrollo son fundamentales para identificar y atender los rezagos y diferencias asociados al género, al ingreso, al lugar, entre otros factores. Si bien México es un país con desarrollo humano alto, las condiciones de bienestar no son homogéneas en el interior del territorio. La desigualdad existe entre entidades y llega a ser significativa entre municipios, incluso en una misma entidad.



Figura 2. Grupo de productoras en los cursos de capacitación.

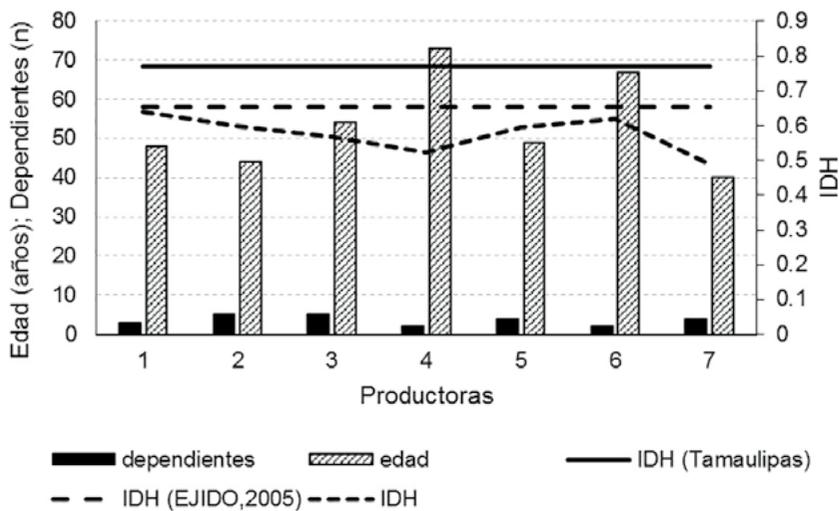


Figura 3. Índice de Desarrollo Humano, del Grupo de Productoras "Las Adelitas".

El promedio del índice de desarrollo humano de las productoras de hortalizas fue inferior al reportado para Tamaulipas y para el municipio de Tula; sin embargo, no se reporta a Tula dentro de los cuatro municipios de Tamaulipas con bajo índice de desarrollo, lo cual pudiera deberse al ingreso de divisas la cual es mayor en éste que los municipios colindantes. El IDH resume esta información en un solo indicador, de forma tal que la falta de oportunidades en una de las dimensiones del índice redundan en un bajo nivel del IDH, aun cuando el bienestar en los otros dos componentes sea mayor. Sin embargo, la baja escolaridad, la poca percepción de ingresos, la falta de oportunidades en su comunidad no fue para ellas un factor determinante, para emprender un nuevo reto, el aprender y conocer mecanismos que facilitaran su tarea en la producción de cultivos en ambientes controlados,

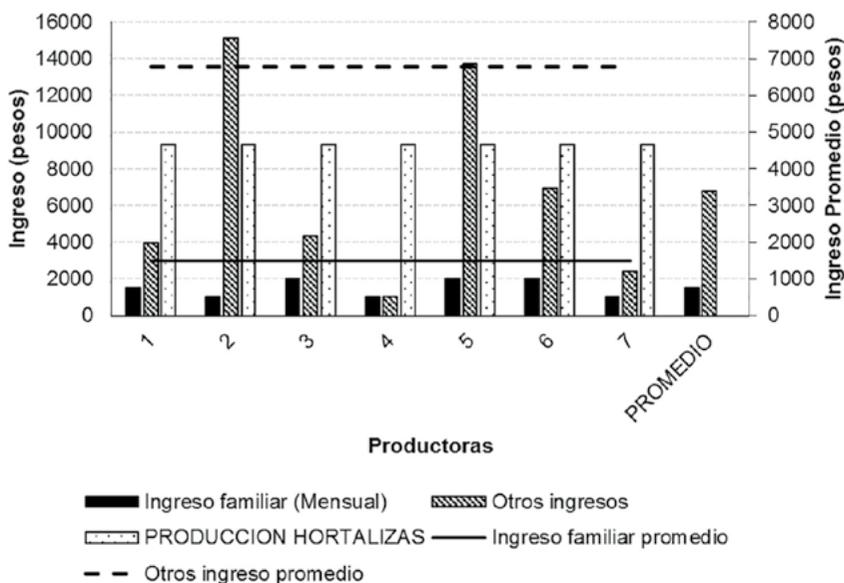


Figura 4. Otros Ingresos comparado con el Ingreso por venta de Hortalizas.

o a campo abierto, que les permitió generar un incremento económico en su familia.

El entusiasmo del grupo, el apoyo constante por parte del asesor de manera directa, el deseo de aprender, de modificar su manera de producir y la motivación personal de manera constante, el apoyo de sus familias y el reconocimiento por parte de sus compradores, de quienes recibieron la felicitación y reconocimiento a su esfuerzo y su capacidad de integrarse en labores agrícolas que durante años ha sido una actividad con enfoque prioritario hacia el hombre.

Las productoras involucradas registraron 54 años de edad promedio con bajo nivel de escolaridad, cuentan con dependientes económicos, son jefas de familia, dos de ellas viudas, las productoras de mayor edad, recibe otros ingresos de los hijos y su marido la apoyó en la realización de las tareas asignadas, considerando que los ingresos por la producción de hortalizas, le generó un ingreso extra que le beneficia de manera directa en el hogar (Figura 4).

Las productoras casadas, mencionaron que en ocasiones ellas por temporadas son el pilar de la casa, pues sus maridos salen a otras ciudades a buscar empleo, o llegan a emigrar a los Estados Unidos de Norteamérica, con el fin de generar un ingreso mayor para mantener a la familia, y la oportunidad para ellas de producir hortalizas ha generado un ingreso que les beneficia de manera directa a su familia, y que les genera una gran satisfacción personal. Se consideraba que solo las viudas o las mujeres cuyos maridos han migrado, tenían "necesidad de trabajar" en el campo, al no contar con alguna otra actividad pertinente a su género. Siendo muy pocas la mujeres que se incorporan a trabajo agrícola (Córdova, 2003).

La respuesta del grupo

Las productoras establecieron sus metas y marcaron sus reglas a seguir durante el establecimiento y seguimiento del cultivo hasta su producción y venta, estableciendo horarios de trabajo que les permitiera cumplir de manera ordenada sus actividades familiares (Figura 5). Ni la baja escolaridad, o poca percepción de ingresos, no



Figura 5. Productoras en la preparación y manejo de los diversos cultivos. A) Trasplante, B) Inspección de plagas, C) Cultivo de tomate en condiciones de campo, D) Cultivo de tomate en condiciones de malla sombra.

fueron factores limitantes para seguir desempeñando su papel en la producción de hortalizas. Cabe mencionar que al inicio no se sentían con la confianza de preguntar o exponer sus dudas, que al paso del tiempo y mediante la práctica y la capacitación han logrado la habilidad y la capacidad de poder comunicarse con los técnicos.

El cuaderno es la bitácora, en la que llevan el control de fecha de siembra, variedad de semilla utilizada, gastos, costos, horarios de tareas asignadas, dosis utilizadas para determinada plaga de un producto aplicado, láminas de riego, fechas del riego, así como los fertilizantes aplicados mediante el sistema de riego. Rendimiento de productos obtenidos del cultivo, y sus ingresos para poder analizar sus ganancias.

La cordialidad, la empatía del grupo ha propiciado el trabajar de manera coordinada y perseguir determinado fin que ellas se propusieron. La administración de tiempo, la distribución de tareas necesarias para mantener el cultivo en condiciones óptimas fue un factor clave que les

permite obtener un mayor rendimiento de mejor calidad y se convencieron de que a mayores cuidados obtendrán un mejor beneficio económico para su familia.

La percepción cultural sobre la poca o nula capacidad femenina para los trabajos agrícolas, condicionan el sesgo masculino en los programas estatales de distribución y titulación en la tenencia de la tierra (Deere y de León, 2000), y el escaso o nulo acceso a créditos e innovaciones técnicas (Lara 1995; Lazos, 1995; Córdova, 2003).

La distribución del total de la venta de la producción se realiza de manera equitativa, y les permite contar con dinero para la compra de insumos que resultan ser caros; sin embargo, el ahorro de cierta cantidad de dinero por productora les permite mantener el cultivo en condiciones adecuadas. La venta de los productos se realizó en la cabecera municipal, en la plaza, se ofrece a tiendas cercanas a la localidad, una parte se ofrece al sistema DIF (Desarrollo Integral de la Familia), estatal que les compro buena cantidad de producto, gran satisfacción les generó la venta de chile pimiento morrón que fue para exportación.

El impacto de la capacitación

La participación, el aprendizaje, el acompañamiento técnico y la asesoría constante, al grupo de productoras, permitió visualizar a un grupo de mujeres con una actitud diferente, capaces de cuestionar, implementar y decidir el proceso productivo a establecer, de tal forma que les benefició económicamente y que les permita desarrollar sus funciones de amas de casa.

La universidad en el campo

El compromiso de la Universidad, se convirtió en un vínculo ligado estrechamente a las productoras rurales (Figura 6), que continúan con empeño y dedicación y en la búsqueda constante de nuevos conocimientos, siempre con el compromiso de continuar produciendo, mediante las gestiones actuales ya sin la constante cercanía del asesor, han gestionado para el 2018, el apoyo para el establecimiento e instalación del sistema de riego para las siguientes 5.3 ha, del terreno disponible para producción de hortalizas.



Figura 6. El trabajo productivo de "las Adelitas" A) Producción de repollo a campo abierto, B) Exposición ante productores, estudiantes y posibles compradores del producto, C) Cosecha de cebolla D) Asesoría, capacitación y supervisión del cultivo de tomate.

Algunos estudios indican que esta percepción ha sido transformada como resultado de más de dos décadas de crisis agrícola, con la introducción de nuevos modelos productivos, que han provocado una creciente incorporación de amplios contingentes de individuos, hombres y mujeres, al trabajo agrícola asalariado, una situación que permite una relación entre géneros menos asimétricas, donde las mujeres, al contribuir más activamente a mejorar los niveles de vida familiares, tienen una mayor presencia en la toma de decisiones y en la administración de los ingresos (Mummert, 1995; Valdés, 1995; Córdova Plaza, 2003)

CONCLUSIONES

La transferencia de conocimientos y tecnologías, induce la innovación del proceso productivo, incrementa los ingresos económicos y la calidad de vida del grupo de las mujeres involucradas. Es necesario la inversión en proyectos productivos ya que ayuda al desarrollo humano mejora el entorno de la comunidad.

LITERATURA CITADA

Andrade-Rubio K.L. 2016. Víctimas de trata: mujeres migrantes, trabajo agrario y acoso sexual en Tamaulipas. *Ciencia UAT*, 11(1), 22-36.

Carton de Grammont H., Lara Flores S.M. 2011. Reestructuraciones productivas y encadenamientos migratorios en las hortalizas sinaloenses. 273 p.

Córdova Plaza, R. 2003. Acceso de las mujeres a la tierra y patrones de herencia en tres comunidades ejidales del centro de Veracruz. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 24(93).

Deere, C. D., y León, M. 2000. Neo-liberal agrarian legislation, gender equality, and indigenous rights: the impact of new social movements. *Current land policy in Latin America: regulating land tenure under neo-liberalism*, 75-92.

Flores S.M.L. 2012. Los territorios migratorios como espacios de articulación de migraciones nacionales e internacionales. Cuatro casos del contexto mexicano/Migrant territories as spaces of Articulation of National and International Migration. *Four cases of Mexican context. Política y Sociedad*, 49(1), 89.

Grijalva, R. L. y Robles, F. 2003 Avances en la producción de hortalizas en invernaderos. *Publicación Técnica No. 7. INIFAP-CIRNO-CECAB. Caborca, Sonora. México.* 14-18.

INEGI 2010. Instituto Nacional de Geografía e Informática. <http://geoweb2.inegi.org.mx/ahl/realizaBusquedaurl.do?cvegeo=280390054>

Lara Flores, S. M. 1995. Jornaleras, temporeras y boías frías. *El rostro femenino del mercado de trabajo rural en América Latina*.

Lazos Chavero, E. 1995. De la candela al mercado: el papel de la mujer en la agricultura comercial del sur de Yucatán. *Relaciones de género y transformaciones agrarias: Estudios sobre el campo mexicano*, 91-133.

López-Elías J., Rodríguez J.C., Huez M.A., Garza S., Jiménez J., Leyva E.I. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *Idesia (Arica)*, 29(2), 21-27.

López, M. D. S., Cabrales, F., y Schmal, R. 2005. Gestión del conocimiento: una revisión teórica y su asociación con la universidad. *Panorama Socioeconómico*, (30).

Marcelino R.M. 2012. Respuesta de tomate Cherry a diferentes sustratos

- orgánicos y frecuencias de riego. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 55 pp.
- Martínez-Pellégrini S., Flámand L., Hernández A. 2008. Panorama del desarrollo municipal en México: Antecedentes, diseño y hallazgos del Índice de Desarrollo Municipal Básico. *Gestión y Política Pública*, 17(1), 145-192.
- Máynez-Guaderrama A.I., Noriega-Morales S.A. 2015. Transferencia de conocimiento dentro de la empresa: Beneficios y riesgos individuales percibidos. *Frontera Norte*, 27(54), 29-52.
- Mummert, G. 1995. "El proceso de incorporación de la mujer al mercado de trabajo: tres cohortes de obreras, maestras y comerciantes en el valle de Zacapu", en: González y Salles (coords.) 9-145.
- Olea-Miranda J., Contreras O. F., Barcelo-Valenzuela M. 2016. Las capacidades de absorción del conocimiento como ventajas competitivas para la inserción de pymes en cadenas globales de valor. *Estudios Gerenciales*, 32(139), 127-136.
- Pietrobelli, C. y Rabellotti, R. 2009. Innovation systems and global value chains. *WP Series*, 3(9), 1-18.
- PNUD, 2014. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Índice de Desarrollo Humano Municipal en México: nueva metodología.
- PNUD, 2015. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PNUD, 2016. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Índice de Desarrollo Humano de Hogares e Individuos 2016: el desarrollo humano incluyente.
- Porter, M. E. 2008. What is strategy? En *Harvard Business Review Book* (Ed.), *On Competition* (pp. 37-71). Boston, Massachusetts: Harvard Business School.
- SIAP. 2010. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. (SAGARPA) Situación actual y Perspectivas del maíz en México 1996-2010 <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/97934/maiz96-10.pdf>
- Stezano-Pérez F.A. 2012. Construcción de redes de transferencia ciencia-industria en el sector de biotecnología en México: Estudio de caso sobre las vinculaciones tecnológicas entre investigadores de CINVESTAV Irapuato y LANGEBIO y empresas del sector agro-biotecnológico. *Estudios Sociales* (Hermosillo, Son.), 20(39), 9-38. Recuperado en 14 de febrero de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100001&lng=es&tlng=es.
- Stezano F. 2010. La transferencia de conocimientos y tecnología como proceso multidimensional. *Innovación RICEC*, 2(1), 1-18.
- Valdés, X. 1995. "Cambios en la división sexual del trabajo y en las relaciones de género entre la hacienda y la empresa exportadora en Chile", en: Lara (coord.).



BIODIVERSIFICACIÓN EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE CHIAUTZINGO, PUEBLA: ESTUDIO DE CASO

BIODIVERSITY IN FAMILY AGRICULTURE OF CHIAUTZINGO, PUEBLA: A CASE STUDY

Mendoza-Robles, R.^{1*}; Hernández-Romero, E.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla Núm. 205, Santiago Momoxpan, municipio de San Pedro Cholula. Puebla, México.

*Autor de correspondencia: rimero52@hotmail.com

ABSTRACT

The loss of biological diversity in agroecosystems is widely understood, from the degree of disturbance that has been taking place, which is why it is important to contribute with cultivation patterns and species exploitation that reduce this damage and even improve the current situation, in the context of family agriculture. The objective of this study is to analyze the type and degree of diversity of species and varieties that a family is managing and the crop associations and rotations that it is using. For this purpose, information collected from 2015 to 2017 in a plot located in Sierra Nevada, Puebla, was reviewed. Results indicate that the family, every year, is managing commercially and efficiently 12 agricultural species (6 annual and 6 fruit) and 20 varieties; that the most frequently used cultivation systems consist in lines of Creole and improved fruit trees (tejocote, pear, peach, apple, apricot, fig), interspersed with patterns of annual crops (associations of maize-bean, maize-ayocote, and maize-squash), as well as with the simple cultivation of these species and others like chili, squash and amaranth, in annual rotations of grass-legumes-chili. In this manner, it is possible to contribute to reducing the loss of agrobiodiversity and even to improve the variety of crops available in rural communities.

Keywords: simple crops, compounds, associations, rotations.

RESUMEN

Es ampliamente conocido el perjuicio de la diversidad biológica en los agroecosistemas a partir del grado de perturbación que se ha venido ocasionando, por lo que es importante contribuir con patrones de cultivo y el aprovechamiento de especies que reduzcan ese daño e inclusive mejoren la situación actual, en el contexto de la agricultura familiar. El objetivo de este trabajo es analizar el tipo y grado de diversidad de especies y variedades que una familia viene manejando y las asociaciones y rotaciones de cultivos que está empleando. Para esto se revisó información recabada de 2015 a 2017 en una parcela ubicada en la Sierra Nevada de Puebla. Los resultados indican que la familia, cada año, está manejando comercialmente y de manera eficaz 12 especies agrícolas (6 anuales y 6 frutales) y 20 variedades; que los sistemas de cultivo más empleados consisten en hileras de frutales criollos y mejorados (tejocote, pera, durazno, manzano, chabacano, higo) intercalados con patrones de cultivos anuales (asociaciones de maíz-frijol, maíz-ayocote y maíz-calabaza), así como, con el cultivo simple de estas especies y otras como chile, calabaza y amaranto, en rotaciones anuales gramínea-leguminosas-chile. De esta forma es posible contribuir a reducir la pérdida de la agrobiodiversidad e inclusive de mejorar la variedad de cultivos disponibles en las comunidades rurales.

Palabras clave: Cultivos simples, compuestos, asociaciones, rotaciones.



INTRODUCCIÓN

Ante la situación de escasez de recursos económicos en la agricultura familiar campesina (Caballero y Paredes, 2016), y a daños de importancia económica en la producción por heladas recurrentes y por algunos problemas fitosanitarios en los frutales y cultivos anuales, en la Sierra Nevada de Puebla, México, se han puesto en marcha varios trabajos de investigación, con el fin de generar nuevas opciones tecnológicas para los productores (Mendoza *et al.*, 2016). Aspectos como, el estudio de factores y prácticas de producción más eficientes, patrones intensivos de cultivo, evaluación y validación de variedades sobresalientes de frutales, tales como durazno (*Prunus pérsica* L.), manzano (*Malus domestica* Borkh), chabacano (*Prunus armeniaca* L.), así como, de básicos como, maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), entre otros, cuyas características permitan tolerar mejor los embates de los factores adversos del clima y daños por plagas, facilitando aumentos en la productividad. El objetivo de este trabajo fue analizar cuál es el tipo y grado de diversificación, en relación con las especies y variedades de frutales y cultivos anuales establecidos, para disponer de información de que tan factible es conservar o mejorar la agrobiodiversidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde a la comunidad de San Lorenzo Chiantzingo, Puebla, México, y el trabajo de campo se realizó en una parcela con acceso a riego de 2.4 ha. Las actividades productivas con fines comerciales que se realizan en la parcela, son las de interés de la familia que están relacionadas con obtener productos para consumo y comercio local, y a éstas se sumaron acciones con académicos en aspectos de asesoría técnica e investigación. Los trabajos de asesoría en el manejo de durazno se iniciaron en 2010 (Mendoza *et al.*, 2015), y posteriormente, se ha dado seguimiento a las acciones de investigación y difusión en otras especies de frutales y cultivos anuales, relacionadas con el estudio de prácticas mejoradas de producción, evaluación y validación de variedades, entre otras acciones (Mendoza *et al.*, 2016). El trabajo de campo que se analiza en este documento se realizó de 2015 a 2017, obteniendo información de los cultivos que se han venido estableciendo en el terreno mencionado. Esto con el fin de analizar, por medio de concentrados de datos, el tipo y grado de diversidad biológica orientada a la producción agrícola que está desarrollando la familia intervenida, comparando los resultados con estudios previos de la zona y de la literatura revisada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversificación y distribución de especies y variedades de frutales

Las especies de frutales establecido son: en la porción sur-oriente y central del terreno se plantaron cinco hileras anchas (11 m) de árboles de manzano con la variedad Gala, además de huerto simple para evaluar ocho variedades de manzano (rojas y amarillas), que, en 2017, ambos trabajos cumplieron cuatro años, y que sustituyeron a árboles de durazno criollo procedente de Zacatecas, México, y que habían sido establecidos en 2008. Estas rotaciones fueron largas por la relación con las especies perennes (Figura 1). En la parte sur-poniente se estableció una hilera de frutales que incluyó una mezcla de peras (*Pyrus communis* L.), higos (*Ficus carica* L.), chabacanos, manzanas, aguacates (*Persea americana* Mill), chirimoyas (*Annona cherimola* Mill), un limón (*Citrus* sp.) y un guayabo (*Psidium guajava* L.). Así también, hileras completas y angostas (5-7 m) de varias especies como higo de la región (dos hileras en 2016), durazno (también dos filas en 2016), dos hileras para evaluar cinco variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) para industria y cinco variedades de pera (en 2015) y chabacano (dos hileras en 2014). Todas estas especies con variedades mejoradas (excepto el higo), en sustitución de duraznos mejorados como var. Diamante (amarillo) y var. Oro Azteca (rojo) de 15 años de edad (que ya cumplieron su ciclo productivo) y de durazno criollo de Zacatecas, que no prosperó por susceptibilidad a enfermedades.

La porción nororiente del terreno estuvo plantada con durazno var. Diamante que fue sembrado desde el 2000, pero los árboles ya se eliminaron porque cumplieron con su ciclo de vida productiva. Mientras que en la parte centro poniente de la porción norte se tienen, desde que el productor adquirió el terreno, nueve hileras anchas (10 m) de árboles muy antiguos (alrededor de 40 años) de pera criolla Kieffer y árboles de tejocote (injertados) (*Crataegus* sp.), estos en forma dispersa entre otros perales y duraznos criollos y algunos duraznos mejorados recientes (otra fila de este tipo está en la parte extrema sur poniente). En 2016 y 2017 los productores incluyeron la prueba de árboles de capulín criollo (*Prunus salicifolia* Kunth) y de manzana "panochera", esta última por su importancia como ingrediente de los chiles en nogada, que actualmente tienen gran demanda en la ciudad de Puebla. Por lo que, a partir del trabajo previo con especies nativas y variedades criollas como el tejocote, peral y durazno, en el proceso de diversificación de frutales los productores han ido incorporando otros, tales como

Área terreno vecino	Camino	
	Calabaza, frijol, ayocote (2015, 2016, 2017)	Ayocote, maíz, frijol
<p>Área poniente: chabacano, peral, vid, durazno (mejorados), higo, otras</p> <p>2015: Maíz-frijol guía y maíz-ayocote guía</p> <p>2016: Ayocote de mata</p> <p>2017: Maíz-frijol guía y maíz-ayocote guía</p>	<p>Área poniente: tejocote, peral Kieffer, durazno criollo</p> <p>2015: Chile poblano (ancho)</p> <p>2016: Maíz-frijol de guía-calabaza</p> <p>2017: Frijol de mata</p>	
<p>Área centro: manzanos tipo Gala2</p> <p>2015: Amaranto con flor roja y verde</p> <p>2016: Maíz-frijol guía y maíz-ayocote guía</p> <p>2017: Ayocote de mata</p>	<p>Área centro: perales criollos, durazno mejor.</p> <p>2015: Chile poblano (ancho)</p> <p>2016: Ayocote y frijol de mata</p> <p>2017: Maíz-calabaza</p>	
<p>Área oriente: manzanos tipo Gala1</p> <p>2015: Amaranto (evaluación de variedades)</p> <p>2016: Chile poblano-frijol de mata</p> <p>2017: Maíz cacahuacintle</p>	<p>Área oriente: sin hileras de árboles</p> <p>2015: Chile-frijol de mata</p> <p>2016: Amaranto con flor roja y verde</p> <p>2017: Amaranto con flor verde</p>	

Figura 1. Esquema de uso de especies frutales y de rotaciones de patrones de cultivos anuales (2015 a 2017) por secciones del terreno: norte (derecha) y sur (izquierda).

el higo. Este es un indicador del tipo de mejorar la agro-diversidad frutícola que se ha fomentado.

Diversidad y distribución de especies y variedades de cultivos anuales

Entre las principales especies de cultivos anuales que se han establecido por los productores está el maíz (criollo, híbrido y cacahuacintle), frijol de mata (pinto, negro) y de guía (mantequilla, negro), ayocote (*Phaseolus coccineus*) de mata (morado) y de guía (multicolor), chile poblano (ancho) (*Capsicum annuus*), calabaza (redonda y de cáscara dura) (*Cucurbita* sp.) y el amaranto (*Amaranthus* sp.) recientemente introducido. En esta última especie

se evaluaron 10 variedades y seleccionó una de flor roja y otra de flor verde para producción comercial. Esto ha sido, tanto en cultivos simples (solos), que en el caso de frijol y ayocote es con variedades de tipo mata, arbustivo o crecimiento determinado; como cultivos compuestos en forma asociada, casos de maíz-frijol, maíz-ayocote y maíz-calabaza, en los que se han utilizado variedades de fabáceas de tipo guía larga (hábito indeterminado), incluyendo algo de maíz-frijol guía-calabaza (Figura 2). Ante esto, los principales tipos de rotaciones de cultivos anuales que se intercalaron en las hileras de frutales, en los años 2015 a 2017, son las que aparecen en la Figura 1 por secciones del terreno: norte y sur (oriente, centro y poniente) y en las cuchillas (cornejales) norte y sur.

También en la Figura 1 se aprecian los patrones de cultivos anuales establecidos, por lo que, en un periodo de tres años, se obtienen varias formas de policultivo (Turrent, 1979): intercalados de cultivos simples y compuestos de especies anuales entre las hileras de árboles frutales de todo el terreno, asociaciones entre cultivos



Figura 2. Algunos patrones de cultivos de la parcela: a) durazno mejorado intercalado con chile, b) manzano tipo Gala intercalado con amaranto, c) asociación maíz-frijol guía-manzano, d) ayocote de mata intercalado en durazno criollo.

anuales (maíz-frijol, maíz-ayocote, maíz-calabaza, chile-frijol) y rotaciones anuales de cultivo (varias de 2015-2017).

En el caso de las rotaciones, los productores conocen muy bien la importancia de ir rotando poáceas y fabáceas anualmente; y es relevante recordar que el frijol y el ayocote no prosperan en el mismo sitio en periodos prolongados, o sea, como monocultivos. Así como también el caso del chile poblano, en rotación con el cultivo simple de maíz, con amaranto o con maíz-frijol y maíz-ayocote asociados, lo que se ha dado más intensivamente por lo menos en los últimos cinco años; en el caso de las rotaciones chile-poáceas y chile-poáceas-fabáceas es para reducir daños por nematodos y hongos de la raíz en el chile, que causan la “secadera” de la planta tanto en la etapa de crecimiento como productiva.

Por todo lo anterior, el terreno ha sido dividido espacialmente por los productores, a discreción pero en forma efectiva, en varias franjas o áreas para lograr los propósitos de la rotación anual, tales como: supervivencia de las fabáceas a largo plazo, romper el ciclo biológico de los parásitos del suelo que afectan a cada especie, sobre todo del frijol, ayocote y chile, mejorar la fertilidad del suelo que es aprovechada por las poáceas (maíz) en el siguiente ciclo agrícola (Ocampo y Cruz, 2016) con lo que se aumenta su productividad (Mendoza et al., 2017). En este caso, en el proceso de agrobiodiversificación, las especies que se han introducido al sistema de producción local

tradicional de maíz, frijol, ayocote y calabaza son el chile y el amaranto, así como, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) que se retomó en 2017 porque ya se había utilizado en 2007 en la parte sur poniente. Este es otro indicador del tipo de biodiversidad que se está empleando (cultivos anuales).

Biodiversidad de sistemas agrícolas

Prácticamente en casi todos los casos o áreas del terreno se da el intercalado de cultivos anuales entre las hileras de árboles frutales. En los

ciclos agrícolas de 2015 a 2017 en total se manejaron siete especies de frutales (seis con fines comerciales cada año), otras siete especies de cultivos anuales y forrajeros para producción comercial anualmente (que ya se mencionaron) y de 20 a 21 variedades de ambos tipos de especies, perennes y anuales (Cuadro 1). Este es un indicador del grado de biodiversidad agrícola que está empleando la familia involucrada, el cual es mucho mayor al reportado en estudios previos realizados en la Sierra Nevada (Mendoza et al., 1993;

Cuadro 1. Especies y variedades establecidas principalmente con fines comerciales en la parcela de 2015 a 2017.

Especie	Nombre de las variedades	No. de variedades		
		2015	2016	2017
Árboles frutales				
Manzano	Gala Buckey, Royal Gala ¹	1	2	2
Durazno	Diamante, Oro Azteca Mejorado, Criollo	3	2	2
Chabacano	Rosana, nombre puesto por los productores	1	1	1
Peral	Kieffer (piña), Criollo, Mejorado ¹	2	2	2
Higo	Criollo de la región, muy utilizado en conservas	0	1	1
Tejocote	Grande, referente al tamaño del fruto, injertado	1	1	1
Vid, industria	Evaluación experimental de cinco variedades ¹	-	-	-
Otras	Varias especies, una hilera no contabilizada ²	-	-	-
Subtotal	(especies usadas anualmente: 6, 7 y 7)	8	9	9
Cultivos anuales y forrajeros				
Maíz	Criollo, Niebla [®] (híbrido), Cacahuacintle	2	2	3
Frijol común	Mata: Pinto, Negro; Guía: Mantequilla, Negro	4	3	3
Ayocote	Mata: Morado; Guía: Colores (mezcla)	2	2	2
Chile ancho	De la región, con algo de chile loco (más picoso)	1	1	1
Amaranto	Flor verde, roja, evaluación de 10 variedades ¹	2	2	1
Calabaza	Redonda, de cáscara dura	1	1	1
Alfalfa	Atlixqueña, adaptada a la región	0	0	1
Subtotal	(especies usadas anualmente: 6, 6 y 7)	12	11	12
Total	(especies usadas anualmente: 12, 13 y 14)	20	20	21

¹ Se están probando y evaluando ocho variedades de manzana, cinco de pera, cinco de vid y 10 de amaranto (ésta en 2015), en total 28 variedades mejoradas adicionales a las que se presentan en este cuadro (en total son 48 variedades entre las usadas comercialmente y las evaluadas), más dos evaluaciones de fertilización química y orgánica, una en manzano y otra en chabacano. Las variedades de pera y vid están en la fase de crecimiento, al igual que el higo y el durazno que se establecieron en 2016, sustituyendo a árboles de durazno en producción que cumplieron su ciclo de vida productiva en 2015.

² Las especies de esta hilera no se contabilizan e incluyen otras peras, higos, chabacanos, manzanas, aguacates, chirimoyas, un limón y un guayabo, y recientemente se incluyeron en el terreno árboles de manzana panochera y de capulín.

Mendoza *et al.*, 2011), en los que el número de especies y variedades fluctuaron de una a seis en una misma parcela y ciclo agrícola.

Si bien uno de los trabajos donde se involucró a 13 productores, durante un periodo de cuatro años, indicó que el número de variedades usadas fue de nueve, y que se intercalaron en el durazno mejorado 13 especies, 11 como cultivos simples (la mayoría con maíz, frijol, alfalfa y chile y en menor grado con calabaza, avena (*Avena sativa* L.), haba (*Vicia faba* L.), ayocote y flores) y 13 cultivos compuestos (en su mayoría sobre maíz intercalado y asociado con frijol y calabaza, pero además incluye asociaciones de frijol, calabaza, chile y cultivos forrajeros y cañuela con sucesiones de haba, avena y quelite (*Chenopodium* sp.), entre otros) (Mendoza *et al.*, 2011). De un total de 50 observaciones en las parcelas, el 36% se estableció con dos especies, 44% con tres y el 20% restante con cuatro a seis especies (6% incluyó el máximo de seis especies). O sea, que en la parcela en cuestión de Chiautzingo se establece cada año el doble de especies y más del triple de variedades, en relación con el máximo de especies utilizadas en este estudio, sólo que en este caso se trató de observaciones puntuales, lo que significa falta de consistencia porque el número de especies está fluctuando cada año en ese 6% de parcelas. Desde otra perspectiva, la parcela de este trabajo prácticamente involucra un número similar de especies y más del doble de variedades que las 50 observaciones de los 13 productores involucrados en el estudio comparativo.

Sobre la apuesta a una alta diversidad de especies, variedades y patrones de cultivo, en comparación con el uso de un menor grado de diversificación agrícola (pocos cultivos), la respuesta de los productores es que en términos prácticos resulta lo mismo. Solo que, con la ventaja del primer caso de aprovechar mejor los recursos económicos escasos y la mano de obra familiar (distribución más amplia de los gastos y jornales al largo del año), a la vez que se dispone de una mayor diversidad de productos para el consumo familiar y para la venta. Lo que no sería posible al integrar solo una o dos opciones de las ya mencionadas (por ejemplo, maíz o frijol o maíz-frijol), porque tendría que contratarse mano de obra y disponer de mayores recursos en ciertos momentos o periodos del proceso productivo agrícola.

Dimensiones y proporciones de los patrones de cultivos anuales y de frutales

Para el establecimiento de los cultivos anuales se usa un número variable de surcos de frijol mata (siembras de finales de junio a 0.6 m) y ayocote de mata (siembras de mediados de junio a 0.8 m), de chile o amaranto, o bien, de maíz (siembras de abril con punta de riego) como cultivo simple o asociado este con dichas leguminosas de hábito indeterminado (guía) o con cucurbitáceas (calabaza), todas estas a 0.9 m entre surcos (Cuadro 2). Lo que se da en forma variable, ya sea intercalando las especies anuales en hileras anchas de frutales (más de 10 m) o angostas (5 m), establecidas estas últimas primordialmente como cultivos simples de frutales, pero en este caso poniendo menor cantidad de surcos de cultivos anuales en etapas de crecimiento de los árboles (incluyendo al maíz), o bien, colocando especies de porte bajo (leguminosas, chile, calabaza) en etapas productivas de los árboles. En realidad, solo en la parte nororiente y en la cuchilla sur, donde el terreno tiene una

anchura mayor a los 20 m, puede considerarse que los cultivos establecidos son simples; el área nororiente es la que anteriormente estuvo plantada con durazno mejorado.

En relación con la superficie del terreno ocupada por los cultivos anuales (1.9 ha), una cuarta parte se siembra con maíz y sus asociaciones con frijol, ayocote y calabaza, otro 40% se establece con frijol y ayocote de mata como cultivos simples y el 35% restante con chile, amaranto y calabaza, en donde el amaranto prácticamente ha desplazado al chile ante los problemas de nematodos y hongos de la raíz; los árboles ocupan una superficie de 0.5 ha. Por lo que además de las asociaciones de maíz-frijoles, los cultivos simples también ocupan importantes proporciones del terreno, tales como el maíz criollo y cacahuacintle, el frijol y ayocote de mata, el chile ancho y la calabaza en 2015 y el amaranto; lo que permite entender cuáles son los elementos a los que le están apostando los productores, aquellos que según sus experiencias les dan mejores resultados para el sustento familiar.

La parcela involucrada está empleando, en forma eficiente, 12 especies agrícolas y 20 variedades, que se están produciendo comercialmente en un terreno de 2.4 ha, lo que constituye un ejemplo de lo que debe promoverse entre los productores, tendiente a conservar la diversidad actual disponible, reducir la pérdida de la agrobiodiversidad que se ha venido dando e inclusive de mejorar aquella con la que se cuenta. En relación con otro estudio de la zona, la parcela en cuestión de este trabajo supera en 100% y más del 300%, respectivamente, el número de especies y variedades

Cuadro 2. Superficie del terreno ocupada por los sistemas de producción de cultivos anuales y por las hileras de árboles frutales.

Cultivos anuales asociados y cultivos simples que se intercalan en hileras de frutales	Superficie (m ²)				%	% integrado
	2015	2016	2017	Promedio		
Maíz híbrido-frijol común de guía larga en asociación	1,000	1,400	1,700	1,400	7.4	25.6
Maíz híbrido-ayocote de guía larga (hábito indeterminado)	1,200	700	600	800	4.3	
Maíz criollo-calabaza (una mata cada 4 surcos de maíz y a 5 m entre matas)	1,700	0	2,700	1,500	8.0	
Maíz criollo y cacahuacintle como cultivos simples (solos)	700	0	2,600	1,100	5.9	
Frijol común de mata en cultivo simple (arbustivo o hábito determinado) ¹	2,100	6,000	3,900	4,000	21.3	38.9
Ayocote de mata simple (semiguía, de hábito determinado)	1,200	4,500	4,200	3,300	17.6	
Chile poblano (ancho) como cultivo simple ¹	5,400	1,400	800	2,500	13.3	35.3
Amaranto en cultivo simple con inflorescencias rojas y verdes	5,300	3,100	2,400	3,600	19.1	
Calabaza redonda de cáscara dura como cultivo simple	1,800	0	0	600	3.2	
Subtotal	18,700	18,800	18,900	18,800	100	100
Espacio ocupado por 24 filas de árboles frutales de 2.2x100 m		5,200			27.7	
Espacio total del terreno o parcela familiar		24,000			100	

¹ La siembra de chile en 2015 fue de 6,500 m² y en 2016 de 2,100 m², pero como no prosperó y se substituyó por frijol de mata, quedando entremezclados ambos cultivos.

involucradas hacia el interior de los sitios, y tomando en cuenta solo el 6% de las observaciones del estudio comparativo, y se asocia con un número similar de especies y más del doble de variedades con respecto a las 50 observaciones de dicho estudio.

CONCLUSIONES

De la superficie del terreno ocupada por los cultivos anuales (1.9 ha), un 25% se siembra con maíz y sus asociaciones con frijol, ayocote y calabaza, otro 40% se establece con frijol y ayocote de mata como cultivos simples y el 35% restante con chile, amaranto y calabaza, donde el amaranto prácticamente está desplazando al chile debido a problemas con patógenos del suelo, y la superficie restante (0.5 ha) está plantada con las especies de frutales. Las rotaciones de cultivos anuales poáceas-fabáceas se están realizando de forma adecuada a partir de la propia experiencia de la familia intervenida y su parcela, con el consecuente beneficio productivo, ya conocido, del maíz después de un ciclo agrícola con frijol o ayocote que mejoran la fertilidad del suelo, y de estas fabáceas después de un año con maíz que contribuye a romper el ciclo biológico de patógenos que las afectan.

LITERATURA CITADA

Caballero M.R., Paredes S.J.A. 2016. Family agriculture and food security. In: Álvarez G. J. F., Aguirre A. L., Paredes S. A., Salcido R. B. (coords.). *Lessons on family agriculture and its contribution to food safety*. p. 23-37. Colegio de Postgraduados, IICA.

Ocampo M.J., Cruz H.J. 2016. Agroecological techniques for soil management. In: Álvarez G. J. F., Aguirre A. L., Paredes S. A., Salcido R. B. (coords.). *Lessons on family agriculture and its contribution to food safety*. p. 137-155. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, IICA.

Mendoza R.R., Cortés F.J.I., Turrent F.A. 1993. Análisis de eficiencia del maíz sembrado solo y como cultivo compuesto con varias especies. *Memorias del I Simposio Internacional y II Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible*. p. 175-182. Puebla, México.

Mendoza R.R., Hernández R.E., Cortés F. J. I., Turrent F. A., Parra I. F. 2011. Apropriación de tecnología en el sistema de producción de maíz y frijol intercalados en durazno. En: Díaz R. R., Álvarez G. F., Huerta de la P. A. (coords.). *Desarrollo de la agricultura sostenible: alternativas tecnológicas y enfoques sociales*. p. 221-235. Ed. Colegio de Postgraduados Campus Puebla y Altres Costa-Amic Editores.

Mendoza R. R., Hernández R. E. y Corona A. P. 2015. Análisis sobre el auge y la situación actual de la producción de durazno en Puebla. En: Villanueva J. J. A. y Jarquín G. R. *Agricultura sostenible, armonía entre el hombre y la naturaleza*. SOMAS. 17 p. Aguascalientes.

Mendoza R.R., Hernández R. E., Regalado L. J. 2016. La Microrregión de Atención Prioritaria (MAP) Huejotzingo: Enfoque y acciones en un sistema intercalado de frutales-cultivos anuales. En: Ocampo F. I., Ramírez J. J. (coords.). *Libro en prensa*. p. 120-157. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.

Mendoza R.R., Hernández R. E. 2017. Sistema de producción milpa intercalada en árboles frutales (MIAF-durazno). *Desarrollo tecnológico*. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. 112 p.

Turrent F.A. 1979. El sistema agrícola, un marco de referencia necesario para la planeación de la investigación agrícola en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Colegio de Postgraduados, CEICADAR, Unidad Puebla. 103 p.

MODELOS DE NEGOCIO DE EMPRESAS DE HORTICULTURA PROTEGIDA EN TEXCOCO, MÉXICO

BUSINESS MODELS OF PROTECTED HORTICULTURE ENTERPRISES IN TEXCOCO, MÉXICO

Cortés-Morales, G.¹; V. Santoyo-Cortés, V.H.^{2*}; Altamirano-Cárdenas, J.R.²; Olivares-Gutiérrez, R.²

¹Universidad Autónoma Chapingo, México; Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial. CIESTAAM. ²Universidad Autónoma Chapingo, México, CIESTAAM.

*Autor de correspondencia: hsantoyo@gmail.com

ABSTRACT

With the objective of describing the business models of protected horticulture (PH) enterprises in the region of Texcoco, Mexico, the adoption of innovations and family integration of 36 family businesses was analyzed. A typology of enterprises was built, and the business models of the groups formed were described. In general, it was found that the businesses with problems in entrepreneurial succession are related to the low adoption of commercial and organizational innovations. The study identified traditional enterprises, with backward productive and commercial processes, businesses with emphasis on production, with productive innovations, but with serious managerial and commercial limitations; and integral businesses with high level of competitiveness and insertion in the market. The competition over water and land in the peri-urban environment of the region is a limiting factor for the development of PH, and only the enterprises that offer high-value products, with good technical and commercial performance, will be capable of remaining beyond the next generation.

Keywords: Protected Agriculture, Texcoco, business models, greenhouses.

RESUMEN

Con el objetivo de describir los modelos de negocio de las empresas de horticultura protegida (HP) en la región de Texcoco, México, se analizó la adopción de innovaciones e integración familiar de 36 empresas familiares. Se construyó una tipología de empresas y se describieron los modelos de negocio de los grupos formados. En general, se registró que las empresas con problemas en la sucesión empresarial, están relacionadas con baja adopción de innovaciones comerciales y organizacionales. El estudio identificó empresas tradicionales, con procesos productivos y comerciales retrasados, empresas con énfasis en la producción, con innovaciones productivas, pero con serias limitaciones gerenciales y comerciales; y empresas integrales con alto nivel de competitividad e inserción en el mercado. La competencia por el agua y el suelo en el entorno periurbano de la región es una limitante para el desarrollo de la HP, y sólo aquellas empresas que ofrecen productos de alto valor, con buen desempeño técnico y comercial podrán permanecer más allá de la próxima generación.

Palabras clave: Agricultura Protegida, Texcoco, Modelos de negocio, Invernaderos.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 105-110.

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

INTRODUCCIÓN

La horticultura protegida (HP) en México comprende sistemas de cultivo en micro túneles, macro túneles, casas sombra e invernaderos. En 2016, existían más de 25 mil hectáreas de AP a nivel nacional, y, para el año siguiente, la superficie superaba las 40862 ha (SIAP, 2016, 2017). Los principales estados en los que se desarrolla la HP son Sinaloa, Baja California Norte, Sonora, Jalisco y el Estado de México, con cultivos como tomate, pepino, chile, berenjena y flores. Texcoco Estado de México, registra actividad florícola importante, y la HP se desarrolla en un entorno periurbano, cercano a amplias zonas de mercado y centros de investigación. La mayoría de las unidades de producción en HP de la región son administradas por familias que ofrecen recursos económicos y laborales para llevar a cabo la producción, por lo que pueden ser tratadas como empresas familiares (FAO, 2014). Dichas empresas familiares mantienen como prioridad la mejora de la infraestructura de sus unidades de producción y el manejo agronómico del cultivo, especialmente en nutrición y control de plagas y enfermedades (Tejeda-Sartorius *et al.*, 2015). Este trabajo busca explorar los modelos de negocio de las empresas en HP de Texcoco, basados en su integración familiar y su dinámica de innovación, para precisar las estrategias que las lleven a aprovechar eficazmente, los recursos limitados y las oportunidades que esta área periurbana ofrece.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolecta de datos tuvo lugar en Texcoco, Estado de México. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a 36 productores de HP de la región. Se consultaron variables como; edad, escolaridad, años de experiencia en HP, el cultivo principal que producían y precio promedio de venta, la superficie de invernadero con la que contaban y años de antigüedad de la empresa. Se realizaron preguntas sobre la administración familiar y la certeza de la sucesión en la empresa (Cuadro 1). Las respuestas fueron sistematizadas en variables binomiales y fueron analizadas con la proporción de respuestas positivas por categoría.

Además, se consultó a los productores si adoptaban las innovaciones específicas (Cuadro 2).

Dichas variables fueron analizadas asignando el valor 0 a las respuestas negativas y 1 a las respuestas positivas. Para el cálculo del índice de adopción de innovaciones por categoría (IAIC), y el índice de adopción de innovaciones general (INAI) se utilizaron las fórmulas propuestas por (Muñoz-Rodríguez *et al.*, 2004). Con los valores estandarizados de las variables descritas, se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos mediante la prueba de vinculación de Ward y distancias euclídeas al cuadrado. A partir del dendrograma se clasificaron los tipos de empresas existentes en

Cuadro 1. Variables para el análisis de dinámica familiar en las empresas de HP.

Administración Familiar

- ¿Las metas empresariales están definidas para los integrantes de la familia?
- ¿Hacen evaluaciones del desempeño de los trabajadores familiares de la empresa?
- ¿Se promueve el desarrollo de los miembros de la generación más joven?
- ¿La empresa tiene reglas claras sobre la contratación, aún de parientes?
- ¿La entrada a la empresa es totalmente voluntaria, y no existe presión alguna por parte de la familia para incorporarse a ella?
- ¿Hay compromiso por parte de la familia hacia la empresa?
- ¿Los integrantes de la familia trabajan armónicamente, o en caso de discusiones, son capaces de solucionarlas?
- ¿La información financiera se presenta a quien la solicite?

Certeza en Sucesión

- ¿Existe un plan estratégico de largo plazo para la empresa?
- ¿Dichos planes a largo plazo toman en cuenta las circunstancias de la familia?
- ¿Los miembros de la generación mayor tiene planes para después del retiro?
- ¿Existe un acuerdo de compraventa de acciones claro y aceptado entre familiares?
- ¿Existe un plan de sucesión de la empresa por escrito?
- ¿El sucedido ha hecho testamento y lo ha comunicado a los involucrados?
- ¿El sucedido y su cónyuge han hecho presupuesto para el retiro?

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Belausteguigoitia (2012).

Cuadro 2. Catálogo de innovaciones específicas.

Innovaciones de Producto	
1. Uso de técnicas de producción orgánica	
2. Uso de variedades mejoradas certificadas	
3. Uso de variedades con vida de anaquel extendida	
4. Uso de variedades considerando gustos del consumidor	
Innovaciones de Proceso	
5. Manejo integrado de plagas	
6. Usos de técnicas de agricultura vertical	
7. Uso de fertirriego	
8. Rotación de cultivos	
9. Control automatizado del ambiente	
10. Manejo nutrimental de suelos	
11. Sanidad del cultivo	
12. Pruebas de insumos	
Innovaciones Comerciales	
13. Tiene relación comercial con agroindustrias	
14. Uso de empaque adaptado para comercialización	
15. Planes de venta	
16. Contratos de compra-venta	
17. Exploración de nuevos mercados	
18. Análisis de precios	
19. Creación de marca y logotipos	
20. Vende a consumidor final	
Innovaciones Organizativas	
21. Empresa con estructura formal	
22. Uso de bitácoras	
23. Cuenta con asesoría organizativa	
24. Asistencia a cursos de capacitación	
25. Uso de bitácoras	
26. Uso de manuales de procedimientos	

Fuente: Elaboración propia a partir de Vargas-Canales et al. (2015).

la región, determinando el punto de corte a través de un análisis cualitativo. Además, se realizaron pruebas de diferencia de medias de Scheffé para las variables cuantitativas analizadas entre los diferentes grupos. Finalmente, para cada tipo de empresas, se describió su modelo de negocio, utilizando la metodología propuesta por Osterwalder y Pigneur (2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Agrupamiento de las empresas

El análisis de las características de las empresas, sus métodos de comercialización y los procesos internos

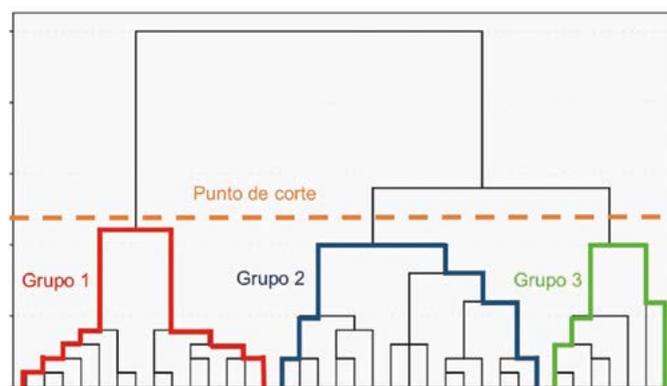


Figura 1. Grupos resultantes del análisis de conglomerados jerárquicos. Fuente: Elaboración propia.

que mantienen, permitió distinguir tres grupos de empresas en la región (Figura 1).

Entre grupos, las características que difieren (con 5% de significancia) fueron la escolaridad del productor y el precio promedio de venta alcanzado por los productos que ofrecen (Cuadro 3). Aunque no hay diferencia estadística, la superficie influye en la formación de la tipología, pues está relacionada con la adopción de innovaciones.

Los tres grupos de empresas identificados presentaron diferencias en dos aspectos clave, la integración familiar y la dinámica de la innovación, a saber:

Integración familiar a las empresas: en relación con las dinámicas familiares, fueron las empresas del tercer grupo las que se diferenciaron de otros grupos, especialmente en la certeza en la sucesión empresarial (Cuadro 4).

Son pocos los herederos del primer grupo que continuarán la producción bajo invernadero como actividad económica, y en su caso no será la de carácter

Cuadro 3. Variables de productores y unidades de producción entre grupos^z.

Variable (unidades)	Grupo		
	1	2	3
Edad del productor (años)	52.50 ^a	49.47 ^a	53.57 ^a
Escolaridad del productor (años)	8.86 ^a	10.80 ^{ab}	14.29 ^b
Experiencia en invernadero (años)	23.21 ^a	21.53 ^a	13.29 ^a
Superficie de invernadero (m ²)	992.85 ^a	3580.00 ^a	1828.57 ^a
Precio promedio de venta (\$ kg ⁻¹)	21.35 ^a	22.64 ^a	258.00 ^b
Antigüedad de la empresa (años)	18.57 ^a	19.47 ^a	12.29 ^a

^z Valores con la misma letra dentro de filas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Scheffé ($P \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4. Índice de integración familiar a la empresa en los grupos (%)^z.

Variable	Grupo		
	1	2	3
Índice promedio de administración familiar	55.8 ^a	80.0 ^b	83.9 ^b
Índice promedio de certeza en la sucesión empresarial	36.7 ^a	44.7 ^a	73.5 ^b
Índice promedio de integración familiar a la empresa	44.7 ^a	63.5 ^{ab}	79.0 ^b

^zValores con la misma letra dentro de filas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Scheffé ($P \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia.

principal, pues la mayoría poseen un empleo estable en las zonas urbanas de la región.

Dinámica de innovación: las empresas del tercer grupo destacan por su alta adopción de innovaciones comerciales y organizacionales (Cuadro 5).

Asimismo, existe una clara tendencia a privilegiar las innovaciones técnicas de producto, mientras que las comerciales y organizativas son poco incorporadas en particular por los grupos 1 y 2.

Tipología de modelos de negocio

Al conocer las características de los grupos, y las características empresariales de los miembros de cada grupo, es posible construir modelos de negocio que reflejen la manera en que las empresas administran sus empresas, describiendo sus fortalezas, y la manera en que obtienen valor. A partir de los grupos identificados se propone una tipología de empresas: i) empresas tradicionales, ii) empresas con énfasis productivo y iii) empresas integrales, respectivamente.

Empresas tradicionales (ET)

Las ET mantienen un modelo de negocio de sobrevivencia y se dedican a la producción de productos estacionales, especialmente flores de crisantemo (*Chrysanthemum* sp.), que compiten en el mercado regional por precio. Sus productos son ofertados a comercializadores regionales, quienes juntan la producción de varios agricultores para distribuir en mercados regionales, y centrales de abastos cercanas. Sus productos son tratados como un commodity por sus clientes, obedeciendo al precio marcado por otros productos idénticos disponibles en el medio, pues no cuentan con ningún atributo que los diferencie para aumentar su valor. Para la comercialización de sus pro-

Cuadro 5. Adopción efectiva de innovaciones específicas entre grupos (%).

Adopción efectiva	Grupo		
	1	2	3
Innovaciones de Producto	60.7 ^a	68.3 ^a	100.0 ^b
Innovaciones de Proceso	33.0 ^a	65.8 ^b	69.6 ^b
Innovaciones Comerciales	12.5 ^a	31.6 ^a	58.9 ^b
Innovaciones Organizacionales	15.5 ^a	37.7 ^b	61.9 ^c
INAI general	30.4 ^a	50.9 ^b	72.6 ^c

^zValores con la misma letra dentro de filas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Scheffé ($P \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia.

ductos, los productores entregan las cosechas en las unidades de producción a los revendedores. Así, los tratos de venta se hacen personalmente con el productor, en un ambiente de confianza entre las partes. Dichos compradores mantienen una relación de afinidad, o compadrazgo con los productores, lo que evita los problemas de cobranza.

En cuanto al funcionamiento de las ET, los productores mantienen una producción tradicional de flores, utilizando fertilizantes químicos sin el uso de análisis de suelo y agua. Su material vegetativo consta de variedades que han sido adaptadas a las condiciones ambientales de la región, por la selección de plantas que denotan mejor calidad, duración de vida postcosecha y tamaño en flor. Los productores tienen invernaderos de tecnología básica que no superan los 1000 m², sin ninguna medida de control climático mayor a la apertura y cierre de ventilas laterales.

La mayoría de estas empresas no cuenta con asesoría técnica o comercial y, por la superficie y rendimientos obtenidos, se puede presumir que realizan prácticas de manejo adecuadas. En el aspecto administrativo, los productores no cuentan con registros de datos productivos, ni mantienen registros sistemáticos de costos, por lo que sus decisiones técnicas y comerciales son tomadas de forma subjetiva. Para estos productores, los ingresos obtenidos de la venta de sus productos, no supone ingresos mayores a un salario mínimo por la producción de crisantemo.

El modelo de negocios tradicional de las ET aprovecha las relaciones de confianza y cercanía de los

productores con sus vecinos para la comercialización de productos. Sin embargo, los volúmenes que producen rebasan esta demanda, por lo que solo comercializan pequeñas cantidades a través de este canal de comercialización. La mayoría de los actores intervenidos no ven la producción en invernadero como una prioridad económica, pues los ingresos derivados de ésta son bajos y sus familias obtienen ingresos de otras fuentes. Esto provoca desinterés en mejorar sus sistemas de producción y sus métodos de comercialización. Las limitantes de este modelo de negocios se centran en la administración familiar, especialmente en la sucesión empresarial. La baja certidumbre de sucesión en las empresas influye negativamente en la adopción de innovaciones, dejando a los productores con un sistema de producción estancado y una comercialización deficiente.

Empresas con énfasis productivo (EEP)

Las EEP tienen un modelo de negocios basado en la adopción de innovaciones para mejorar sus rendimientos productivos. Sin embargo, no han innovado en la parte comercial, utilizando canales que no agregan valor a la producción. Se dedican a la producción de cultivos hortícolas de buena calidad, con disponibilidad en gran parte del año. La mayoría de las EEP comercializan regionalmente y en centrales de abasto debido al alto volumen que producen. Las EEP llevan su producción directamente a las bodegas o centros de comercialización de sus clientes, absorbiendo el costo del transporte. En algunos casos, ofrecen crédito a los clientes de mayor antigüedad, quienes les ofrecen mejores precios que a los proveedores nuevos. A diferen-

cia de las ET, cuentan con asesoría técnica y mantienen alta adopción de innovaciones de producto y proceso, usando variedades mejoradas y técnicas de fertilización y control de plagas más refinados, además, mantienen registros técnicos y contables básicos. Sin embargo, la carencia de vínculos asociativos con organizaciones y otros productores, retrasa el flujo de innovaciones entre productores, especialmente de innovaciones organizacionales y comerciales. El modelo de negocio de las EEP aprovecha el mercado de productos de alto consumo y la asesoría técnica para producir y comercializar volúmenes importantes de productos, pero en el mercado son tomadores de precio en las redes de comercialización tradicionales. Otra fortaleza de las EEP es la certeza en la sucesión empresarial, un factor que influye en la adopción de innovaciones y la inversión de recursos familiares.

Empresas Integrales (EI)

Las EI mantienen un modelo de negocios que ha desarrollado la producción y la comercialización de sus productos, conformando redes dinámicas y con mayor diferenciación. Las EI se dedican a la producción, y comercialización de productos hortícolas de alto valor, principalmente estevia (*Stevia rebaudiana* B.) con disponibilidad anual. Sus métodos de producción involucran técnicas de agricultura orgánica e innovaciones de producto y proceso, asesoradas por técnicos calificados, lo que agrega valor al producto en el mercado. Además de la asesoría técnica, las EI cuentan con asesoría organizativa y legal, lo cual les permite agregar socios e inversionistas a la empresa, sin poner en riesgo su continuidad por diferencias entre socios. Algu-

nas pertenecen a organizaciones de productores, especializadas en el cultivo objetivo, o mantienen relación comercial con organizaciones y agroindustrias cercanas a la región. Para la mayoría de las EI la producción en invernadero funge como su actividad económica principal, y se relacionan con otros productores para acceder a mercados y clientes importantes. La comercialización en las EI se realiza a través de redes de distribuidores, quienes se encargan de la búsqueda de nuevos mercados, entregan el producto, y realizan promoción de los productos en diferentes canales. Dichos productos son comercializados directamente al consumidor final o tiendas especializadas mediante estrechas relaciones de confianza, donde los distribuidores se encargan de mantener contacto asiduo con los clientes por medio de internet y visitas personales. Junto con la búsqueda intensiva de mercados potenciales, las EI asisten regularmente a cursos de capacitación empresarial y comercial, para desarrollar sus actividades con mayor especialidad. Cuentan con registros técnicos y contables detallados que los usan ampliamente en su toma de decisiones. Sus estrategias productivas están asociadas a planes comerciales y contratos de venta, lo que les permite mantener precios estables con sus clientes. El modelo de negocio de las EI aprovecha el desarrollo de canales de comercialización y la eficacia de sus métodos de producción para valorizar mejor su producto. Sin embargo, los costos de la tierra, las restricciones para el uso del agua y competencia con los empleos urbanos que dificulta el contar con mano de obra especializada, son retos que tendrán que resolver si quieren mantenerse en esta región.

CONCLUSIONES

Las empresas en HP de la región de Texcoco se distinguen por desarrollarse en zonas periurbanas y de alto consumo local. Dichas empresas pueden ser clasificadas en: i) empresas tradicionales, ii) empresas con énfasis productivo y iii) empresas integrales. Las empresas por su carácter periurbano, compiten con la urbanización por recursos, tales como tierra, agua y mano de obra; por tanto, para su continuidad requieren mejorar su desempeño económico, con productos de mayor valor, procesos productivos eficientes y canales comerciales eficaces.

LITERATURA CITADA

- Belausteguigoitia R.I. 2012. Empresas familiares. Dinámica, equilibrio y consolidación. México, D.F.
- FAO. 2014. Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe. Recomendaciones de Política. Agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Recomendaciones de Política. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/019/i3788s/i3788s.pdf>
- Rodríguez, M., Rendón M.R., Aguilar Á.J., García M.J.G., Altamirano C.J.R. 2004. Redes de innovación: Un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural (Primera Ed). Michoacán, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Osterwalder, A., Pigneur Y. 2011. Generación de modelos de negocio. (T. Clark, Ed.). DEUSTO.
- SIAP. 2016. Atlas agroalimentario (Primera ed). México, D.F.: SIAP.
- SIAP. 2017. Atlas Agroalimentario (Primera ed). México, D.F.: SIAP.
- Tejeda-Sartorius O., Ríos-Barreto Y., Trejo-Téllez L., Vaquera-Huerta H. 2015. Caracterización de la producción y comercialización de flor de corte en Texcoco, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 6(5), 1105–1118.
- Vargas-Canales J.M., Palacios-Rangel M.I., Camacho-Vera J.H., Aguilar-Ávila J., Ocampo-Ledesma J.G. 2015. Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 6, 827–840.



PRODUCTIVIDAD DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN CHIAUTZINGO, PUEBLA: ESTUDIO DE CASO

PRODUCTIVITY OF FAMILY AGRICULTURE IN CHIAUTZINGO, PUEBLA: A CASE STUDY

Mendoza-Robles, R.^{1*}; Hernández-Romero, E.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla Núm. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. Puebla, México.

*Autor de correspondencia: rimero52@hotmail.com

ABSTRACT

The productivity of family agriculture in Sierra Nevada, Puebla, Mexico, is affected by the scarcity of economic resources, adverse climate factors (drought, low temperatures and relative humidity), the aggressive development of some parasites, and the lack of access to information, among other factors. The objective of this study was to analyze the levels of productivity and profitability that can be obtained in some cultivation systems, to suggest alternatives to the situation described. Information generated from 2015 to 2017 in the plot of a family of two producers was analyzed. The results indicated that under irrigation it is feasible to obtain production of maize higher than 10 t ha⁻¹, bean higher than 2 t ha⁻¹, in ayocote and amaranth 4 t ha⁻¹, in addition to close to 13 t ha⁻¹ of peach and apple. The associated crop patterns improve the productive efficiency compared to the simple crops, 50 % in maize-ayocote guide and 70 % in maize-bean guide. Stemming from an adequate technical management plan, even when the family establishes a large number of crops (12 species and 20 varieties), it is concluded that it is possible to contribute to increasing productivity and profitability of the agricultural systems of annual and fruit crops that small-scale producers have access to in the study region.

Keywords: pluriactivity, profitability, simple crops, associated crops.

RESUMEN

La productividad de la agricultura familiar en la Sierra Nevada de Puebla, México, es afectada por la escasez de recursos económicos, factores climáticos adversos (sequía, bajas temperaturas, humedad relativa), desarrollo agresivo de algunos parásitos y falta de acceso a la información entre otros factores. El objetivo de este trabajo fue analizar los niveles de productividad y rentabilidad que pueden obtenerse en algunos sistemas de cultivo, para plantear alternativas a la situación descrita. Se analizó información generada de 2015 a 2017 en la parcela de una familia de dos productores. Los resultados indicaron que bajo riego es factible obtener producciones de maíz superiores a 10 t ha⁻¹, en frijol más de 2 t ha⁻¹, 4 t ha⁻¹ tanto en ayocote como en amaranto, además de cerca de 13 t ha⁻¹ de durazno y manzano. Los patrones de cultivos asociados mejoran la eficiencia productiva en relación con sus cultivos simples, un 50% en maíz-ayocote guía y 70% en maíz-frijol guía. A partir de un plan de manejo técnico adecuado, aun cuando la familia establece una gran cantidad de cultivos (12 especies y 20 variedades), se concluye que es posible contribuir a aumentar la productividad y rentabilidad de los sistemas agrícolas de cultivos anuales y de frutales que disponen los pequeños productores de la región de estudio.

Palabras clave: pluriactividad, rentabilidad, cultivos simples, cultivos asociados.

INTRODUCCIÓN

La agricultura familiar de la Sierra Nevada del estado de Puebla (Caballero y Paredes, 2016) es cada vez más afectada, por factores climáticos limitativos relacionados con bajas temperaturas (heladas en 6 de los últimos 9 años), con mayores temperaturas durante el día, vientos que ocasionan polvaredas y humedad relativa baja que en la época seca y canícula provocan, el desarrollo más agresivo de parásitos como la araña roja en durazno y el frailecillo en manzano y maíz, y condiciones de humedad relativa alta en los periodos de lluvias, asociada a presencia de hongos patógenos (roya del tejocote, varias enfermedades en durazno y marchitez del chile) (Mendoza y Hernández, 2017). Aunado a lo anterior, la escasez de recursos económicos por los pequeños productores, el encarecimiento de los insumos agrícolas (semillas y plantas mejoradas, fertilizantes, pesticidas) y la falta o poco acceso a la información y tecnologías disponibles, por técnicos y productores, que contribuyen a desmotivar el uso de nuevos conocimientos más eficaces. Por lo que prevalece una situación productiva bajo condiciones de temporal donde la sequía es otro factor limitante para la producción de cultivos básicos y frutales. Todo lo anterior conlleva a que la productividad y rentabilidad de la agricultura sean bajas, lo que se relaciona con la generación de bienes y servicios en cantidad y calidad deficientes, y lo que, a su vez, incide en forma negativa en los precios de los productos y los beneficios económicos de los productores.

No obstante, bajo temporal y desde luego en condiciones de riego, aun con estas limitantes, se tienen experiencias de productores y estudios técnicos que demuestran que en ésta y otras zonas con agricultura familiar de pequeños productores, existen oportunidades de mejora (Suárez, 2015). Lo anterior, tanto de los rendimientos como de la calidad y precio de los productos, siempre y cuando se utilicen planes de manejo adecuado en los patrones de cultivo (Díaz y Ocampo, 2016) y se realicen inversiones acordes con la factibilidad de obtener buenas ganancias.

En este trabajo se examina el comportamiento productivo y económico de algunas especies anuales y frutales que se han establecido en una parcela, para reforzar las recomendaciones técnicas disponibles y para proporcionar una mejor asesoría, tendiente a que los productores obtengan mayor producción y calidad en los productos y utilicen de manera más eficiente sus recursos disponibles escasos. El objetivo específico es analizar los niveles de productividad y rentabilidad de algunos componentes agrícolas, específicamente en durazno y manzano y en los cultivos simples y las asociaciones de maíz-frijol y maíz-ayocote.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la comunidad de San Lorenzo Chiautzingo, Puebla, en una parcela de 2.4 hectáreas con acceso a agua para riego que es propiedad de dos miembros de una familia. Se seleccionó este terreno dado que en el municipio el 80% de las tierras de labor cuentan con riego, y por el interés de la familia en participar en acciones conjuntas con académicos, de asesoría, producción con fines comerciales e investigación.

El trabajo de campo que se analiza en este documento se realizó en los años 2015-2017, se obtuvo información de los cultivos anuales y frutales que se han establecido en el terreno mencionado, a los cuales se les proporcionó un manejo apropiado sobre uso de variedades, densidad de plantas, fertilización, poda en el caso de los árboles, protección contra parásitos y malezas, etc.

En este periodo también se realizaron estimaciones de rendimientos en los cultivos de maíz, frijol y ayocote tanto en la forma de patrones de cultivos asociados como de cultivos simples (solos), para llevar a cabo, un análisis productivo de eficiencia relativa de la tierra (ERT) (Turrent, 1979; Mead y Willey, 1980). Por otra parte, en la parcela se realizaron estimaciones de rendimientos previos y otras actuales, que se incluyen en este trabajo, principalmente en los cultivos de durazno y manzano.

Todo esto con el fin de disponer con información para analizar, por medio de concentrados de datos, los niveles de productividad, rentabilidad económica y de eficiencia productiva, que se tienen en la parcela en estudio, comparar estos resultados con investigaciones previas de la zona y de la literatura revisada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la parcela objeto de estudio: patrones de cultivo

En la parte norte del terreno se tienen nueve hileras anchas (10 m) de 100 m de longitud, plantadas con perales (seis) y duraznos criollos (tres) y árboles de tejocote entremezclados en dichas hileras, mientras que en la parte sur-oriente se

cuenta con cinco filas anchas (11 a 13 m), también de 100 m de largo, de manzanas mejoradas y en la porción surponiente con una hilera de varias especies, dos de higo, dos de durazno, una de vid, dos de chabacano y una de peral, todas estas principalmente en filas angostas (5 m). Entre las variedades empleadas y producidas con fines comerciales están, en la parte norte, el tejocote injertado (fruto grande), el peral Kieffer (piña y otro criollo local) y el durazno criollo. En la porción sur está el higo de la región y materiales mejorados de durazno como el Oro Azteca (rojo) y también se ha tenido los tipos Diamante (amarillos y algo chapeados), en manzano los tipos Gala (Buckey y Royal Gala) y en chabacano una variedad que los productores han denominado Rosana. Entre todas las hileras de árboles frutales se intercalan surcos de cultivos anuales, en diferente cantidad, dependiendo de su amplitud. Las variedades de cultivos anuales que utilizan los dos productores son el maíz criollo, principalmente en la parte norte del terreno, el híbrido comercial Niebla® y el cacahuacintle en el área sur. De las variedades locales de frijol y ayocote disponibles algunas se asocian al maíz (las de guía), otras se establecen como cultivos simples (las de mata) y son comunes las rotaciones anuales de maíz y leguminosas, indistintamente en las porciones norte y sur del terreno. Las variedades de frijol de guía que se asocian al maíz son de color negro y mantequilla, y en frijol arbustivo o de mata es el pinto, pero se cuenta también con frijol negro y otros colores. En el caso de ayocote de guía predomina el multicolor (granos de varios colores), mientras que el ayocote de mata es morado. La calabaza criolla, sola o asociada al maíz es la misma (redonda y de cáscara dura); el chile poblano (ancho) con algo de chile loco (alargado y más picoso) corresponde a variedades locales con sabor algo dulce cuando está seco, muy cotizado y valorado para preparar mole, mientras que el amaranto es de dos tipos, el que presenta inflorescencias de color verde y el tipo rojo.

La superficie del terreno ocupada por los frutales es de 0.5 ha y por cultivos anuales de 1.9 ha, mientras que cada especie anual, de 2015-2017 se estableció en la forma siguiente (m²): maíz híbrido-frijol asociados (1,400), maíz híbrido-ayocote asociados (800), maíz criollo-calabaza asociados (1,400), maíz criollo y cacahuacintle en cultivo simple o solo (1,100), frijol solo (4,000), ayocote solo (3,300), chile (2,500), amaranto (3,600) y calabaza (600). Por lo que el maíz y sus asociaciones ocuparon el 25% de la superficie, el cultivo simple de frijol y ayocote el 40% y el chile, amaranto y calabaza el restante 35%.

La pluriactividad que se está dando en la parcela, además de la relacionada con la amplia diversidad de especies (12) y variedades presentes (20), se tiene aquella que involucra a los sistemas de producción agrícola y a las actividades que tienen que realizarse para su instrumentación. Por una parte, se encuentran las acciones necesarias para el establecimiento de los cultivos simples, referentes a cada especie de frutales y cultivos anuales por separado, aquellas encaminadas a los patrones de cultivos compuestos (asociaciones y rotaciones de cultivos anuales) y las formas de intercalamiento de estos tipos de cultivos entre las hileras de frutales. Por otro lado, las actividades y tecnologías que se requieren para lograr un buen manejo de cada cultivo o sistema productivo: perenne o anual, simple o compuesto; donde en cada caso hay similitudes y diferencias. En los cultivos anuales se requiere roturar el suelo (barbecho o rastreo, surcado, primer y segundo cultivo), sembrar, fertilizar, cosechar y actividades poscosecha (secado, desgrane, tratamiento, almacenamiento), etc. En los frutales es indispensable, cada año, después de la preparación del suelo y la plantación de los árboles, realizar riegos, poda, nutrición, protección y prevención de plagas y enfermedades, y actividades poscosecha (selección, empaque) y de comercialización de los productos.

Rendimientos, eficiencia productiva e ingresos de sistemas de cultivos anuales

Los rendimientos de cultivos simples corresponden a superficies menores en la parcela de estudio, que comúnmente se intercalan en los frutales del terreno son importantes (Cuadros 1 y 2), considerando el grado de diversidad de especies que se manejan. Estos son equivalentes a 12 ton ha⁻¹ en promedio durante 2015 y 2016 en maíz criollo y a 13 ton ha⁻¹ en maíz híbrido (Niebla®), 2 ton ha⁻¹ en frijol de mata (pinto) y casi 4 ton ha⁻¹ en ayocote de mata (morado), con fluctuaciones anuales importantes; así como, en el caso asociado 10.5 ton ha⁻¹ de maíz, casi 2 ton ha⁻¹ de frijol guía (mantequilla) y cerca de 3 ton ha⁻¹ de ayocote guía (mezcla de colores).

Al respecto, estudios previos en esta misma zona, indican que en promedio el maíz híbrido HS-2® con riego de auxilio y a escala comercial generó rendimientos alrededor de 10 ton ha⁻¹ (Mendoza *et al.*, 2002), en una muestra de diferentes sitios y varias condiciones productivas, por lo que esto es congruente con lo que se observa en la parcela en estudio que dispone de riego. El rendimiento de 13 ton ha⁻¹, es probablemente debido a que se está dando un mejor manejo del cultivo (por una familia),

y desde luego, a que existe una menor variabilidad de las condiciones de producción (en un solo sitio).

En el Cuadro 2 se percibe que el maíz híbrido asociado con leguminosas es una mejor opción que el criollo, como lo asegura el productor, porque contribuye a producir más frijol (800 kg ha⁻¹), debido a su resistencia al acame en años con presencia de vientos fuertes, como ocurrió en 2016 en que más del 50% de las plantas de maíz criollo asociado con frijol se acamaron. En 2015 el rendimiento del maíz criollo asociado fue considerablemente menor (2.5 ton ha⁻¹) que el del híbrido, también asociado, lo que refuerza la anterior percepción y el análisis.

Por tanto, el uso de híbridos como el Niebla[®], además de su capacidad productiva, es con el fin de dar un soporte seguro al frijol de guía, por su resistencia al acame, pero si en este caso, se tienen dudas sobre su empleo o por los elevados costos de la semilla, se tiene la opción de utilizar el híbrido HS-2[®], que es de doble propósito (grano y rastrojo), tolerante al acame y el costo de la semilla es menor.

Para evaluar la eficiencia productiva del maíz, frijol y ayocote (Cuadro 3), se comparan los sistemas asociados de maíz-frijol y de maíz-ayocote

con los cultivos simples de estas tres especies. Para esto se utiliza el concepto de eficiencia relativa (porcentual) en el uso de la tierra (ERT) (Turrent, 1979; Mead y Willey, 1980), que consiste en dividir los rendimientos de cada especie como cultivo intercalado entre sus respectivos rendimientos como cultivos simples, es decir, el rendimiento de maíz intercalado entre el rendimiento de maíz en cultivo simple, y así sucesivamente para el frijol y ayocote, y al final se suman los dos resultados, uno para maíz y frijol y otro para maíz y ayocote. Por lo que la ERT se interpreta como la superficie de tierra requerida para que los cultivos simples rindan lo mismo que los cultivos en forma asociada.

Cuadro 1. Niveles de fertilización, densidad de población y rendimientos de maíz, frijol común y ayocote en asociación y como cultivos simples en 2015.

Especie	Variedad	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Densidad (plantas ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	
				Cultivo asociado	Cultivo simple
Maíz	Niebla [®]	200-70-0	54,540	11,093	13,898
Maíz	Criollo	200-70-0	60,600	8,645	No estimado
Frijol	Pinto mata	60-40-0	86,355	No aplica	1,373
Ayocote	Morado mata	150-46-0	68,175	No aplica	2,532
Frijol ¹	Negro guía	No aplica	12,120	1,267	No aplica
Ayocote	Colores guía1	No aplica	12,120	1,952	No aplica
Ayocote	Colores guía2	No aplica	16,800	2,763	No aplica

¹Tanto el frijol como el ayocote de guía se asociaron al maíz híbrido, observar que con el incremento de casi 5 mil plantas ha⁻¹ el rendimiento de ayocote aumentó aproximadamente 800 kg ha⁻¹.

Cuadro 2. Densidad de población y rendimientos de maíz, frijol y ayocote en asociación y como cultivos simples en 2016.

Especie	Variedad	Cultivo asociado	Densidad (plantas ha ⁻¹)		Rendimiento (kg ha ⁻¹)	
			Asociado	Simple	Asociado	Simple
Maíz	Niebla [®]	Frijol mantequilla	41,410	48,480	10,375	12,573
Maíz	Criollo	Frijol mantequilla	42,420	45,450	10,568	13,681
Maíz	Niebla [®]	Ayocote guía	46,662	50,197	9,911	13,186
Frijol	Pinto mata	Ninguno	No aplica	75,750	No aplica	2,727
Ayocote	Morado mata	Ninguno	No aplica	39,053	No aplica	5,167
Frijol	Mantequilla	Maíz Niebla [®]	8,080	No aplica	2,235	No aplica
Frijol	Mantequilla	Maíz Criollo	9,426	No aplica	1,434	No aplica
Ayocote	Colores guía	Maíz Niebla [®]	11,447	No aplica	3,786	No aplica

Cuadro 3. Rendimientos (kg ha⁻¹) de maíz híbrido, frijol común y ayocote en condiciones de riego y sus respectivas eficiencias relativas de la tierra (ERT).

Ciclo agrícola	Asociación maíz-frijol		Cultivos simples		ERT asociación maíz-frijol		
	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol	Total
2015	11,093	1,267	13,898	1,373	0.80	0.92	1.72
2016	10,375	2,235	12,573	2,727	0.83	0.82	1.65
Promedio	10,734	1,751	13,236	2,050	0.81	0.85	1.66
Ciclo agrícola	Asociación maíz-ayocote		Cultivos simples		ERT asociación maíz-ayocote		
	Maíz	Ayocote	Maíz	Ayocote	Maíz	Ayocote	Total
2015	11,000	1,952	13,898	2,532	0.79	0.77	1.56
2016	9,911	3,786	12,573	5,167	0.79	0.73	1.52
Promedio	10,455	2,869	13,236	3,850	0.79	0.75	1.54

La ERT de maíz, frijol y ayocote como cultivos simples es de 1.0 en cada caso, valor que es considerablemente menor a las ERT totales de las asociaciones, lo que indica la medida en que éstas son más productivas que los cultivos simples (en promedio 67% más en maíz-frijol y 54% más en maíz-ayocote). Cuando se usó maíz criollo en 2016, contrariamente a lo esperado por ser un material más adaptado al cultivo en asociación, la ERT total fue de 1.29, valor más pequeño debido al daño por acame manifestado en el rendimiento de frijol guía asociado.

En el Cuadro 3 se observa que en ambos ciclos agrícolas (2015 y 2016) las ERT individuales y su promedio son del orden de 1.7 para la asociación maíz-frijol de guía, y de 1.5 para la asociación maíz-ayocote de guía. Considerando que cada uno de los cultivos simples de maíz, frijol y ayocote tienen una ERT de 1.0, debido a que el cultivo simple ocupa el 100% de una superficie determinada, entonces la eficiencia productiva del maíz asociado con frijol arroja un valor mayor de 0.7 (70%), y en el caso del maíz asociado con ayocote un valor adicional de 0.5 (50%). Por lo que la diferencia en la eficiencia productiva del maíz asociado con frijol y con ayocote es del 20%, a favor del frijol, esto se debe a que el ayocote produce una mayor cantidad de biomasa (grano y follaje) que el frijol, provocando un mayor detrimento en el desarrollo y producción del maíz (300 kg ha⁻¹). Al respecto, en otro estudio, en la asociación maíz-frijol de guía se ha estimado una ERT del orden de 1.4 (Mendoza *et al.*, 1993), lo cual es comparable con las ERT reportadas por Mendoza y Hernández (2017) que fluctuaron de 1.4 a 1.6.

Además del aspecto productivo, los resultados de los ingresos asociados a los cultivos de maíz, frijol y ayocote bajo condiciones de riego indican que las asociaciones de maíz-leguminosas de guía son cultivos altamente rentables, si bien la asociación maíz-ayocote es la más productiva, aunque igualmente rentable que la de maíz-frijol. Porque el ayocote rinde un 50% más en asociación con el maíz y el doble que el frijol común como cultivo simple, pero el ayocote tiene un menor valor de mercado al productor (\$9.00 por kg) comparado con el frijol común (\$14.00 por kg), aunque estos precios cambian

de acuerdo con la oferta y demanda de estos dos granos (a veces son similares), en tanto que ambos tienen un precio mayor que el maíz (\$4.00 por kg). En el caso de que el ayocote fuera una mejor opción económica (venta para elaboración de "tlacoyos"), el frijol lo sería desde una perspectiva de consumo familiar y de una mayor amplitud de mercado.

Por lo que un rendimiento promedio por hectárea aproximado de 10.5 ton de maíz, 2 ton de frijol o 3 ton de ayocote, y tomando en cuenta una inversión de 20 mil pesos por ha en maíz asociado con frijol o con ayocote, esto genera un ingreso neto del orden de 50 mil pesos por ha y una relación beneficio/costo de aproximadamente 3.5, en ambos casos, con maíz-frijol o maíz-ayocote en forma asociada. Considerando que la superficie en asociación de maíz mejorado, por ciclo agrícola, con ambas leguminosas en el terreno fue de 2,200 m², por lo que las ganancias anuales derivadas de estas asociaciones son de alrededor de 11 mil pesos.

En el caso de los cultivos simples no se cuenta con los costos requeridos para su establecimiento, sin embargo, un cálculo del valor bruto de la producción para el frijol de mata sería de 28 mil pesos por ha y para el ayocote de mata de 36 mil pesos por ha (ambos ocupan cada año 7,300 m² del terreno), por lo que en este caso, a diferencia del maíz asociado con estas dos leguminosas, aquí sí se observa una mayor ganancia económica asociada al ayocote, aun con un precio menor que el frijol. En el caso del cultivo único de maíz, que se siembra en 2,600 m², el valor bruto de la producción sería de

48 mil pesos por ha para el material criollo y de 52 mil pesos por ha para el híbrido (el costo aproximado es de 15 mil pesos por ha). Es evidente que las producciones e ingresos provenientes de la asociación maíz-leguminosas son los mejores, lo que está de acuerdo con Díaz y Ocampo (2016), siguiendo en importancia los de maíz, ayocote y frijol como cultivos simples.

Mientras que en amaranto las dos mejores variedades (una de flor roja y otra verde) rindieron en 2015 entre 4.5 y 5.0 ton ha⁻¹, experimentalmente, por lo que se estima una producción comercial de 3.5 a 4.0 ton ha⁻¹. El amaranto, que se cultiva en 3,600 m², tiene un precio al productor de \$15.00 por kg lo que refleja su potencial económico, mientras que en chile poblano (ancho) que se establece en 2,500 m² no se cuenta con su rendimiento, aunque está claro su nivel productivo bajo condiciones normales, por lo que señalan los productores, que es más rentable que el maíz y sus asociaciones en el caso del chile seco para preparar mole que se vende por piezas (cientos).

Rendimientos e ingresos de los frutales mejorados que se están empleando

Las porciones del terreno, correspondientes a los huertos comerciales de durazno, que fueron establecidos con las variedades mejoradas tipo Diamante (amarillo) y Oro Azteca (rojo) y una densidad de plantación de 833 árboles ha⁻¹, demostraron su bondad siempre y cuando se aplicara un plan de manejo adecuado de los árboles consistente en el uso de agua para riego, nutrición (fertilización foliar y al suelo a base nitrógeno, fósforo y potasio), poda en verde y en invierno, así como tra-

tamientos para el control de plagas, enfermedades y malezas. Por lo que esto, contribuyó a obtener buenos niveles de producción, es decir, un promedio anual equivalente a 10.8 ton ha⁻¹ en huerto simple en un periodo de cuatro años (20, 4, 16 y 3 ton ha⁻¹), considerando que en dos años las heladas afectaron los rendimientos en 80% y en promedio durante los cuatro años en 46%.

El plan de manejo adecuado también mejoró la calidad del producto (tamaño, sabor, color), y esto a su vez, el precio del durazno entre un 50 y 100% en el mercado local-regional de Huejotzingo, que está muy cercano a la comunidad de Chiautzingo. En inversiones del orden de \$50.00 por árbol en cinco filas de árboles de durazno de 100 m (un cuarto de hectárea), considerando un precio del producto de \$9.00 por kg (al productor) y un costo de producción para 0.25 ha de 10 mil pesos, se tiene una ganancia de 14 mil pesos y una relación beneficio/costo de 2.4. Como se observa, la calidad y los niveles de producción de durazno obtenidos, aun en presencia de fuertes heladas, son rentables, y son también en el caso de cuatro huertos comerciales donde el promedio fue de 13 ton ha⁻¹ (Mendoza *et al.*, 2015), sin tomar en cuenta que ya se dispone de algunas variedades tolerantes a las heladas y que además puedan usarse otras medidas de protección en este caso.

En algunos de los módulos sobre evaluación de variedades de manzano de Chiautzingo que se han establecido desde 2012, se observa que se pueden obtener rendimientos de 2 a 3 ton ha⁻¹ en manzanas tipo Gala (árboles aun jóvenes y pequeños) y de 5 ton ha⁻¹ en otras varie-

dades de manzanas rojas (Hernández *et al.*, 2017). En el caso de Agua Nueva (amarilla) en un sitio cercano donde el huerto ya tiene más de 10 años de plantado, es un ejemplo de las importantes producciones (12 ton ha⁻¹ o más) y beneficios económicos que pueden obtenerse, similares a los del durazno o mayores (Mendoza y Hernández, 2017).

Los rendimientos en chabacano de la serie Rosana han llegado a 6 ton ha⁻¹, y en 2016 el kilogramo en Chiautzingo, al menudeo, se vendió entre \$20.00 y \$40.00 pesos dependiendo del grado de daños por "rajadura" que se presentó este año; en junio de 2017, ocurrió algo similar con el precio, incluso éste, aumentó en variedades de chabacano mejoradas que fueron evaluadas en Huejotzingo, lo que es un indicador de su potencial económico.

CONCLUSIONES

La productividad de la parcela, equivalente a más de 10 ton ha⁻¹ de maíz híbrido y cerca de 2 y 3 ton ha⁻¹ de frijol y ayocote criollos, respectivamente, indica que las asociaciones de maíz con ayocote de guía y maíz con frijol común de guía son más eficientes en un 50 y 70%, respectivamente, que los cultivos simples de estas especies. El análisis de rentabilidad de ambas asociaciones arroja una relación beneficio/costo de 3.5.

Los cultivos simples también son eficientes, productiva y económicamente, como es el caso de maíz (12 ton ha⁻¹ de criollo y 13 ton ha⁻¹ de híbrido), frijol (más de 2 ton ha⁻¹), ayocote (casi 4 ton ha⁻¹), amaranto (3.5 ton ha⁻¹) y chile, y algunos frutales mejorados como el durazno de hueso pegado (11 ton ha⁻¹) y manzano amarillo (12 ton ha⁻¹).

Estos niveles de productividad se dan aún bajo las restricciones de presencia de fuertes heladas, y bajo la consideración de que la familia tiene que realizar esfuerzos sustanciales (mano de obra, inversiones) para sufragar gastos y atender la pluriactividad requerida en todos los cultivos que manejan con fines comerciales: 12 especies y 20 variedades.

Las rotaciones anuales de maíz y leguminosas que se realizan se están manejando en forma adecuada, pero no se conoce bien la importancia de las rotaciones largas de chile, maíz y leguminosas (ni las que incluyen al amaranto), si bien se consideran valiosas, pero esto no ha sido suficiente para eliminar el grado actual de infestación del suelo con patógenos asociados al problema de "secadera" o marchitez del chile.

LITERATURA CITADA

- Caballero M. R., Paredes S. J. A. 2016. Family agriculture and food security. *In: Álvarez G. F., Aguirre A. L., Paredes S. A., Salcido R. B. (coordinadores). Lessons on family agriculture and its contribution to food safety. Colegio de Postgraduados, IICA. pp. 23-37.*
- Díaz R. R., Ocampo M. J. 2016. Agricultural technologies for crop production. *In: Álvarez G. J. F., Aguirre A. L., Paredes S. A., Salcido R. B. (coordinadores). Lessons on family agriculture and its contribution to food safety. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, IICA. pp. 121-136.*
- Hernández R. E., Mendoza R. R., Rojano H. R. 2017. Evaluación y promoción de especies y variedades frutícolas de clima templado en la Sierra Nevada de Puebla. *In: Mendoza R. R. (coordinador). Informe de avances y resultados de proyectos de la MAP Huejotzingo, 2016. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. pp. 30-36.*
- Mead R., Willey R. W. 1980. The concept of a "land equivalent ratio" and advantages in yield from intercropping. *Experimental Agriculture* 16: 217-228.
- Mendoza R. R., Cortés F. J. I., Turrent F. A. 1993. Análisis de eficiencia del maíz sembrado solo y como cultivo compuesto con varias especies. *Memorias del I Simposio Internacional y II Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible. Puebla. pp. 175-182.*
- Mendoza R. R., Hernández R. E., Cortés F. J. I., Turrent F. A., Lerma V. L., Aceves R. E. 2002. Tecnologías sobre fertilización, densidad de población y variedades de maíz a escala comercial. *Terra Latinoamericana*. 20: 485-495.
- Mendoza R. R., Hernández R. E., Corona A. P. 2015. Análisis sobre el auge y la situación actual de la producción de durazno en Puebla. *In: Villanueva J. J. A. y Jarquín G. R. Agricultura sostenible, armonía entre el hombre y la naturaleza. SOMAS. 17 p. Aguascalientes.*
- Mendoza R. R., Hernández R. E. 2017. Sistema de producción milpa intercalada en árboles frutales (MIAF-durazno). *Desarrollo tecnológico. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. 112 p.*
- Suárez C. V. 2015. El potencial productivo del pequeño productor. *In: Suplemento informativo de La Jornada del Campo. No. 95, año VIII, 15 de agosto de 2015. pp. 4-5.*
- Turrent F. A. 1979. El sistema agrícola, un marco de referencia necesario para la planeación de la investigación agrícola en México. *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Colegio de Postgraduados, CEICADAR, Unidad Puebla. 103 p.*



EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE INFECCIÓN PARA DETERMINAR LA REACCIÓN DE NUEVOS CLONES A LA ENFERMEDAD DEL CARBÓN (*Sporisorium scitamineum*) EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

EVALUATION OF TWO INFECTION METHODS TO DETERMINE THE REACTION OF NEW CLONES TO SMUT DISEASE (*Sporisorium scitamineum*) IN SUGARCANE (*Saccharum* spp.)

Loyo-Joachin, R.¹; Valdez-Balero, A.^{1*}; Silva-Rojas, H.V.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N. Cárdenas, Tabasco. México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km 36.5, Texcoco, Estado de México.

*Autor responsable: apoloniouvb@colpos.mx

ABSTRACT

Two infection methods of smut disease in sugarcane caused by the fungus *Sporisorium scitamineum* were evaluated, to generate future recommendations and to define their reaction in promising clones obtained in the selection process in Mexico. The methods evaluated: natural infection, through the interspersed use of highly susceptible clones as a source of inoculate and inoculation, the stems were inoculated with 2 g of spores per liter of water. Field assessment of both methods was carried out on the third and seventh month of the crop's life, in two cycles (seedling and shoot). It is concluded that both methods are reliable, however, the method from natural infection is practical and less laborious.

Keywords: *Saccharum* spp., fungi diseases, reliability.

RESUMEN

Se evaluaron dos métodos de infección de la enfermedad del carbón de la caña de azúcar causado por el hongo *Sporisorium scitamineum*, para generar futuras recomendaciones y determinar su reacción en clones prometedores obtenidos en el proceso de selección en México. Los métodos evaluados: infección natural, mediante el uso intercalado de clones altamente susceptibles como fuente de inóculo e inoculación, los tallos se inocularon con 2 g de esporas por litro de agua. La evaluación en campo de ambos métodos se realizó al tercer y séptimo mes de edad del cultivo, en dos ciclos (plantilla y soca). Se concluye que ambos métodos son confiables, sin embargo, el método por infección natural es práctico y menos laborioso.

Palabras clave: *Saccharum* spp., enfermedades fungosas, confiabilidad.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*), es uno de los cultivos de importancia industrial en las zonas tropicales y subtropicales. Se cultiva en más de 130 países, con 1,842 millones de toneladas producidas; Brasil aporta el 36%, India el 19% y China el 7%, seguidos por Tailandia, Pakistán, México, Colombia, Australia, Filipinas e Indonesia (FAO, 2015). En México, se cultivan en 826,909.67 ha, las cuales producen 55,396,061.34 t, con rendimiento promedio nacional de 73.02 t ha⁻¹ (SIAP, 2015). En el sureste del país se cultivan 113,336 ha, con rendimientos promedio de 60.78 t ha⁻¹ (CNIAA, 2017).

Esta gramínea tiene la capacidad de cultivarse en diferentes ambientes en donde se expone a diversas condiciones, sujetas a la interacción con una gran cantidad de agentes y factores, que afectan su productividad, siendo las enfermedades uno de ellos. El carbón (*Sporisorium scitamineum*), es un problema serio en el cultivo de la caña de azúcar a nivel mundial, se caracteriza por producir la formación de un apéndice alargado semejante a un látigo, compuesto por las teliosporas, que se forman a partir de la transformación del tejido del meristemo apical (Figura 1). En clones altamente susceptibles la cepa desarrolla tallos con un aspecto zacatoso (Figura 2).

Uno de los objetivos en los programas de mejoramiento en caña de azúcar es la selección de cultivares resistentes (Croft *et al.*, 2000), así como la propagación comercial de material vegetativo debidamente evaluado (Nass *et al.*, 1989).

En México se recomienda determinar la respuesta a la enfermedad del carbón mediante la inoculación y evaluación de 120 cepas (Ayala y Marín, 2000). Existen otras opciones para determinar la respuesta a la enfermedad del carbón, como es el uso del método de infección natural; sin embargo, en México no ha sido explorado.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la evaluación de los dos métodos de infección se utilizaron 44 clones de caña de azúcar; en 39 se determinó su reacción a la enfermedad y los cinco clones restantes se usaron como testigos: dos están reportados como resistentes y tres como susceptibles (Cuadro 1).

Información climatológica. Se registraron los datos de temperatura (máxima y mínima) y humedad relativa, durante el período de evaluación de la enfermedad, y se analizaron para determinar la presencia de la enfermedad en campo.



Figura 1. Meristemo transformado por el hongo.



Figura 2. Aspecto zacatoso de la cepa contaminada por las esporas del carbón de la caña de azúcar.

Colecta de esporas. Se recorrieron lotes cultivados con el clon NCo 310 (altamente susceptible), para coleccionar látigos y obtener las esporas del carbón. Los látigos fueron desprovistos de hojas, vainas, parte basal y apical, posteriormente se inició el proceso de obtención de las teliosporas, el cual consistió en el secado de los látigos por 5 d a temperatura de 35 °C, la cual permitió la separación y liberación de esporas de las estructuras parenquimatosas.

Preparación del inóculo. El inóculo presentó una viabilidad del 80%. Para la inoculación de yemas se utilizaron 2 g de esporas por un litro de agua destilada, obteniéndose una suspensión homogenizada de esporas a una concentración de 5×10^6 .

Evaluación de los métodos para determinar la reacción a la enfermedad

Método por infección natural. En el método de infección natural, el

número de cepas evaluadas en campo fueron 20 por clon. Para obtener el número de cepas se usaron 40 estacas con tres yemas por clon, por lo que, para evaluar un clon por este método se ocuparon 120 yemas, que se sembraron en un surco de 5 m de longitud, su distribución en campo fue completamente al azar, intercalando entre cada clon a evaluar, un surco del clon

Cuadro 1. Relación de clones de caña de azúcar a evaluar por dos métodos de infección.

No.	Clones	País de origen	No.	Clones	País de origen	No.	Clones	Clones
1	B 78-266	Barbados	16	EMex 00-21	México	31	Mex 02-16	México
2	B 86-492	Barbados	17	EMex 00-62	México	32	SP 71-6180	Brasil
3	ColMex 94-8	México	18	ITV 92-373	México	33	SP 72-4928	Brasil
4	ColMex 95-27	México	19	ITV 92-1424	México	34	SP 74-5203	Brasil
5	COLPOSCTMex 05-51	México	20	L 79-321	México	35	SP 80-1815	Brasil
6	COLPOSCTMex 05-204	México	21	LGM 92-65	México	36	SP 80-1816	Brasil
7	COLPOSCTMex 05-223	México	22	LTMex 94-2	México	37	SP 83-5073	Brasil
8	COLPOSCTMex 05-224	México	23	LTMex 96-10	México	38	TCP 89-3493	USA
9	COLPOSCTMEX 06-039	México	24	Mex 91-566	México	39	YZ 84-7	China
10	CP 80-1743	USA	25	Mex 94-192	México	40	T- CP 72-2086	USA
11	CP 87-1233	USA	26	Mex 95-3	México	41	T- Mex 69-290	México
12	CP 89-2143	USA	27	Mex 95-52	México	42	T+Co 213	India
13	CP 90-1424	USA	28	Mex 95-60	México	43	T+L 60-14	USA
14	CP 94-1674	USA	29	Mex 95-104	México	44	T+Nco 310	Sudafrica
15	CXZ 75-644	USA	30	Mex 96-19	México			
			Testigos negativos			Testigos positivos		

T- =Clon resistente; T+ =Clon altamente susceptible.

altamente susceptible NCo 310, que fungió como fuente de inóculo. Los clones evaluados se rodearon con clones altamente susceptibles, previamente inoculados con el objetivo de asegurar abundantes esporas en el ambiente.

Método de infección por inoculación. El número de cepas a evaluar en campo fue de 120 por clon, para obtener el número de cepas se utilizaron 240 estacas con tres yemas, por lo que, se ocuparon 720 yemas por clon. Las estacas se inocularon en una suspensión con una concentración de 5×10^6 por mililitro de agua. Inicialmente se utilizaron 40 litros de agua a los que se les adicionaron 80 g de esporas (Figura 3A). Las 240 estacas de cada clon se sumergieron en la suspensión homogeneizada de esporas por 20 min (Figura 3B). Posteriormente,

se incubaron durante 24 h a temperatura ambiente, transcurrido este tiempo, las estacas fueron sembradas, a cordón doble a una distancia 70 cm (Figura 3C).

Variables evaluadas. En ambos métodos las evaluaciones fueron cuantitativas, a los 4 y 7 meses de edad de los tallos, en los ciclos planta y soca. Se consideró el total de tallos (sanos y enfermos), en los 20 m lineales en el método de infección natural y en los 84 m de longitud del surco en el método de infección por inoculación. Se determinó la severidad para ambos métodos, mediante el porcentaje de infección, el cual se obtuvo, al dividir el número de tallos enfermos entre número de tallos sanos y multiplicar por 100, se utilizó la escala de severidad propuesta por Young-Kong (1976), la cual se muestra en el Cuadro 2.



Figura 3. Proceso de inoculación. Inóculo (A), Inoculación (B) e Incubación (C).

Diseño experimental y análisis estadístico.

En el método por infección natural se conformó por un surco de 5 m de largo, se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En el método de inoculación, se sembró un surco de 84 metros lineales por cada clon a evaluar, incluyendo los testigos negativos y positivos. Al experimento se le adicionó una franja de 4 m, que sirvió de protección y como fuente de inóculo. Para comparar los dos métodos se analizaron los datos bajo un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial con dos factores (método de infección y variedades). Para el procesamiento estadístico de la información se empleó el paquete de R para Windows versión R-2.10.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 4, se observa que durante el proceso de desarrollo del experimento existieron las condiciones óptimas para la infección y la producción de esporas de entre los meses de julio a agosto, concordando con la época de lluvias. Barrante y Chavarría (2008), observaron que ciclos alternos de lluvia con días secos y la presencia de rocío durante las noches y parte de las mañanas, son favorables para diseminación de la enfermedad. Según Osada y Reyes (1981) la temperatura máxima juega un papel primordial en la severidad de la enfermedad.

En este estudio la severidad incrementó conforme pasó el tiempo, a partir del mes de agosto. Torres *et al.* (1989), señalaron que el medio fundamental de dispersión del hongo del carbón de la caña de azúcar lo constituye el viento, el cual facilita el arrastre de las esporas a largas distancias.

Evaluación de métodos para determinar la reacción a la enfermedad del carbón de la caña de azúcar

Método por infección natural. La respuesta de los clones a la enfermedad del carbón bajo las condiciones de infección natural, durante el ciclo soca

Cuadro 2. Escala de evaluación para determinar la reacción de los clones a la enfermedad del carbón (Young-Kong, 1976).

Severidad (%)	Reacción
0 - 5.0	Resistente
5.1 -15.0	Moderadamente resistente
15.1 - 30.0	Susceptible
30.1 - 100.0	Altamente susceptible

del cultivo para un grupo de 39 clones prometedores en fases avanzadas de selección en México y cinco testigos se muestra en el Cuadro 3. Briceño *et al.* (2005), mencionan que la prueba conducida en ciclo planta serviría

para señalar los clones altamente susceptibles, pero si se requiere de seguridad en la respuesta del clon a la enfermedad, se debe conducir la prueba al menos por dos ciclos.

Con base en los resultados y su reacción a la enfermedad del carbón determinada por el porcentaje de severidad en el ciclo soca, los clones se dividieron en dos grupos. El grupo I estuvo conformado por 41 clones resistentes, al grupo II lo conformaron los clones Co 213, L 60-14 y NCo 310 clasificados como altamente susceptibles a la enfermedad del carbón. Briceño *et al.* (2005), mencionan que la infección por el hongo *S. scitamineum* ocurre únicamente a través de las yemas y los brotes jóvenes, siendo mayor, a medida que aumentan los ciclos de cultivo e incrementan las fuentes de inóculo o tallos infectados, tal y como ocurrió con los clones NCo 310, L 60-14 y Co 213.

Método por inoculación. En el método de inoculación los 44 clones evaluados se dividieron en dos grupos, de acuerdo con el porcentaje de severidad. El primero

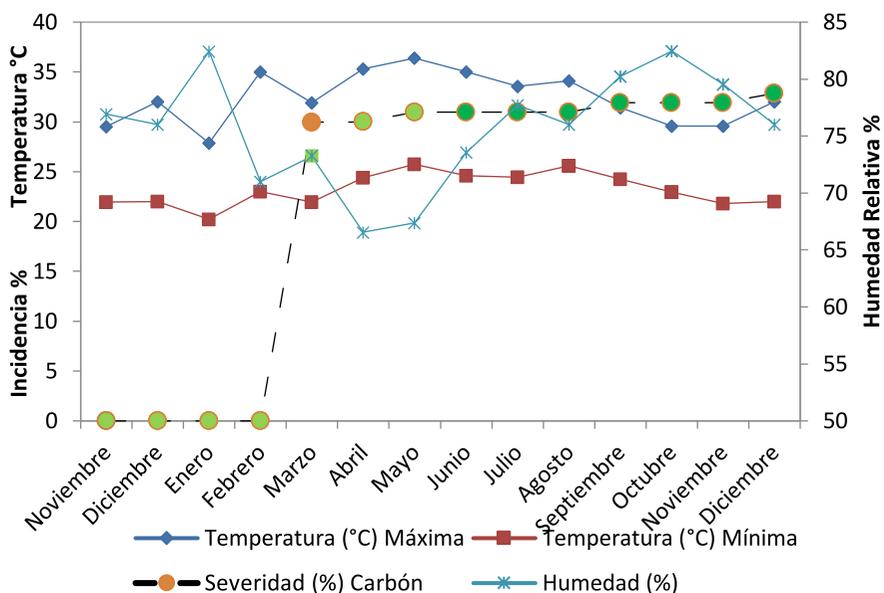


Figura 4. Temperatura y humedad relativa prevalecientes durante la evaluación de la enfermedad.

Cuadro 3. Respuesta en ciclo soca de 39 clones prometedores y cinco clones testigos de acuerdo con el porcentaje de severidad.

Método de infección natural						
No.	Clones	Total de tallos	Tallos sanos	Tallos enfermos en ciclo soca	Severidad (%)	Reacción
1	B 78-266	254	254	0	0	R
2	B 86-492	222	222	0	0	R
3	ColMex 94-8	392	392	0	0	R
4	ColMex 95-27	227	227	0	0	R
5	COLPOSCTMex 05-51	255	255	0	0	R
6	COLPOSCTMex 05-204	232	232	0	0	R
7	COLPOSCTMex 05-223	221	221	0	0	R
8	COLPOSCTMex 05-224	267	267	0	0	R
9	COLPOSCTMEX 06-039	244	244	0	0	R
10	CP 80-1743	219	219	0	0	R
11	CP 87-1233	314	314	0	0	R
12	CP 89-2143	261	261	0	0	R
13	CP 90-1424	197	197	0	0	R
14	CP 94-1674	257	257	0	0	R
15	CXZ 75-644	290	290	0	0	R
16	EMex 00-21	163	163	0	0	R
17	EMex 00-62	201	201	0	0	R
18	ITV 92-373	241	241	0	0	R
19	ITV 92-1424	258	258	0	0	R
20	L 79-321	177	177	0	0	R
21	LGM 92-65	356	356	0	0	R
22	LTMex 94-2	292	292	0	0	R
23	LTMex 96-10	237	237	0	0	R
24	Mex 91-566	280	280	0	0	R
25	Mex 94-192	157	157	0	0	R
26	Mex 95-3	222	222	0	0	R
27	Mex 95-52	276	276	0	0	R
28	Mex 95-60	193	193	0	0	R
29	Mex 95-104	173	193	0	0	R
30	Mex 96-19	275	275	0	0	R
31	Mex 02-16	276	276	0	0	R
32	SP 71-6180	192	192	0	0	R
33	SP 72-4928	307	307	0	0	R
34	SP 74-5203	259	259	0	0	R
35	SP 80-1815	171	171	0	0	R
36	SP 80-1816	288	288	0	0	R
37	SP 83-5073	176	176	0	0	R
38	TCP 89-3493	253	253	0	0	R
39	YZ 84-7	296	296	0	0	R
40	CP 72-2086	252	252	0	0	R
41	Mex 69-290	271	271	0	0	R
42	Co 213	199	143	71	35.68	AS
43	L 60-14	210	146	72	34.29	AS
44	Nco 310	248	174	78	31.45	AS

R: resistente; AS: altamente susceptible.

estuvo conformado por 41 clones resistentes y el segundo por tres clones altamente susceptibles Co 213, L 60-14 y NCo 310, con un porcentaje de severidad mayor al 30% (Cuadro 4).

Fiallos y Quilambaqui (2002) indicaron que el proceso de infección se inicia, cuando las condiciones de humedad son las adecuadas, las esporas producen un micelio que penetra al tejido a través de las yemas caulinares e invaden la región meristemática. En clones susceptibles, se producen tallos herbáceos tal y como ocurrió con los clones positivos, donde se apreció un amacollo anormal de la cepa.

Comparación de los métodos de infección. Como resultado del análisis comparativo entre los métodos de infección evaluados se observó que no existió interacción entre ellos, ya que el valor de $p=0.9999$ expresó significancia para clones. En el método por infección natural, los clones evaluados para determinar su reacción no presentaron infección por la enfermedad. En el método por inoculación, los clones CXZ 75-644, LGM 92-65, Mex 91-566 y Mex 95-60 presentaron presencia de tallos enfermos, sin embargo, éstos no fueron suficientes para cambiar su reacción (Cuadro 5). El método de infección natural tiene la ventaja de ser muy preciso, ya que el síntoma evidente de la formación del látigo es la característica de esta enfermedad, sin embargo, ambos métodos presentan el inconveniente de que las estructuras carbonosas demoran de 3 a 6 meses en emerger tomando en consideración el grado de susceptibilidad de los clones y de las condiciones ambientales. Sin embargo, el método por infección natural tiene la ventaja de requerir una menor superficie para su establecimiento en campo, además de que el material vegetativo de cada clon es mucho menor (120 yemas) que el requerido por el método por inoculación (720 yemas). De igual manera esta ventaja se ve reflejada en la cantidad de inóculo que se necesita para realizar la prueba. Una ventaja del método por infección natural sobre el método de infección inducida es el tiempo para el establecimiento del experimento. Mientras que, en el método de infección inducida se emplearon 76 h para establecer el experimento, en el de infección natural solo se requieren de 8 h, reflejándose en la cantidad de mano de obra y por consecuencia en menores costos.

Destacando la ventaja que puede tener el método de infección natural, ya que para el establecimiento en

campo del experimento es mucho más eficiente respecto a tiempo, superficie y cantidad de inóculo, siempre y cuando se presenten las condiciones climáticas para que la enfermedad se desarrolle.

Es importante señalar que, en la evaluación de clones bajo condiciones de infección natural, son imprescindibles los bordes de protección y el intercalado de surcos con clones altamente susceptibles, debido a que un látigo de carbón puede liberar de 10^8 a 10^9 esporas por día y es capaz de producir 10^{11} esporas durante su periodo de desarrollo. Muñiz *et al.* (2004), señalaron que no es posible realizar un diagnóstico de la enfermedad del carbón de la caña de azúcar en etapas tempranas del desarrollo y crecimiento de los tallos. Garcés (2010), mencionó que la edad de la planta con mayor emergencia de látigos se encuentra entre los 4 y 7 meses dependiendo de la susceptibilidad de los clones. La enfermedad del carbón de la caña de azúcar es uno de los problemas más serios en el cultivo a nivel mundial, por lo que, una de las metas en el Programa de Mejoramiento Genético es la selección y recomendaciones de clones resistentes. Fiallos y Quimabaqui (2002), mencionan que la información fitosanitaria de los clones obtenida ayudará a prevenir la siembra y propagación de clones susceptibles en los campos comerciales.

CONCLUSIONES

En ambos métodos de infección evaluados, natural y por inoculación, de los 44 clones evaluados, 41 resultaron resistentes y tres altamente susceptibles.

Ambos métodos son confiables para determinar la reacción a la enfermedad del carbón de la caña de azúcar. El método de infección natural es de fácil manejo y además, es práctico.

En futuras evaluaciones se recomienda utilizar el método de infección natural en clones prometedores de caña de azúcar, que se encuentren en fases avanzadas de selección en México, por su confiabilidad y fácil manejo. De acuerdo con los resultados obtenidos y la respuesta de resistencia de los 41 clones, se recomienda su inclusión en el banco de germoplasma para su uso como fuente de resistencia a la enfermedad del carbón de la caña de azúcar.

Cuadro 4. Reacción de 44 clones de caña de azúcar evaluados en ciclo soca de acuerdo con el porcentaje de severidad.

Método de infección por inoculación						
No.	Clones	Total de tallos	Tallos sanos	Tallos enfermos en ciclo soca	Severidad (%)	Reacción
1	B 78-266	1551	1551	0	0	R
2	B 86-492	1417	1417	0	0	R
3	ColMex 94-8	1364	1364	0	0	R
4	ColMex 95-27	1161	1161	0	0	R
5	COLPOSCTMex 05-51	1158	1158	0	0	R
6	COLPOSCTMex 05-204	1308	1308	0	0	R
7	COLPOSCTMex 05-223	1098	1098	0	0	R
8	COLPOSCTMex 05-224	1234	1234	0	0	R
9	COLPOSCTMex 06-039	1238	1238	0	0	R
10	CP 80-1743	1156	1156	0	0	R
11	CP 87-1233	1440	1440	0	0	R
12	CP 89-2143	1529	1529	0	0	R
13	CP 90-1424	1518	1518	0	0	R
14	CP 94-1674	1716	1716	0	0	R
15	CXZ 75-644	1071	1067	4	0.37	R
16	EMex 00-21	1294	1284	0	0	R
17	EMex 00-62	1206	1206	0	0	R
18	ITV 92-373	1044	1044	0	0	R
19	ITV 92-1424	1452	1452	0	0	R
20	L 79-321	1232	1232	0	0	R
21	LGM 92-65	1364	1361	3	0.22	R
22	LTMex 94-2	1708	1708	0	0	R
23	LTMex 96-10	1478	1478	0	0	R
24	Mex 91-566	1024	1017	7	0.68	R
25	Mex 94-192	1794	1794	0	0	R
26	Mex 95-3	1237	1237	0	0	R
27	Mex 95-52	1311	1311	0	0	R
28	Mex 95-60	1668	1650	18	1.08	R
29	Mex 95-104	2192	2192	0	0	R
30	Mex 96-19	1867	1867	0	0	R
31	Mex 02-16	1589	1589	0	0	R
32	SP 71-6180	1536	1536	0	0	R
33	SP 72-4928	1400	1400	0	0	R
34	SP 74-5203	1462	1462	0	0	R
35	SP 80-1815	1440	1440	0	0	R
36	SP 80-1816	1368	1368	0	0	R
37	SP 83-5073	1529	1529	0	0	R
38	TCP 89-3493	1320	1320	0	0	R
39	YZ 84-7	1240	1240	0	0	R
40	CP 72-2086	1890	1890	0	0	R
41	Mex 69-290	1730	1730	0	0	R
42	Co 213	1950	1327	623	31.95	AS
43	L 60-14	1200	815	385	32.08	AS
44	Nco 310	1870	1288	582	31.12	AS

R: resistente; AS: altamente susceptible.



Cuadro 5. Comparación de los métodos de infección natural e inoculación.

Métodos de evaluación											
Infección natural							Infección por inoculación				
No.	Clones	Tallos totales	Tallos sanos	Tallos enfermos en ciclo soca	Severidad (%)	Reacción	Tallos totales	Tallos sanos	Tallos enfermos en ciclo soca	Severidad (%)	Reacción
1	B 78-266	254	254	0	0	R	1551	1551	0	0	R
2	B 86-492	222	222	0	0	R	1417	1417	0	0	R
3	ColMex 94-8	392	392	0	0	R	1364	1364	0	0	R
4	ColMex 95-27	227	227	0	0	R	1161	1161	0	0	R
5	COLPOSCTMex 05-51	255	255	0	0	R	1158	1158	0	0	R
6	COLPOSCTMex 05-204	232	232	0	0	R	1308	1308	0	0	R
7	COLPOSCTMex 05-223	221	221	0	0	R	1098	1098	0	0	R
8	COLPOSCTMex 05-224	267	267	0	0	R	1234	1234	0	0	R
9	COLPOSCTMex 06-039	244	244	0	0	R	1238	1238	0	0	R
10	CP 80-1743	219	219	0	0	R	1156	1156	0	0	R
11	CP 87-1233	314	314	0	0	R	1440	1440	0	0	R
12	CP 89-2143	261	261	0	0	R	1529	1529	0	0	R
13	CP 90-1424	197	197	0	0	R	1518	1518	0	0	R
14	CP 94-1674	257	257	0	0	R	1716	1716	0	0	R
15	CXZ 75-644	290	290	0	0	R	1071	1067	4	0.37	R
16	EMex 00-21	163	163	0	0	R	1294	1294	0	0	R
17	EMex 00-62	163	163	0	0	R	1206	1206	0	0	R
18	ITV 92-373	241	241	0	0	R	1044	1044	0	0	R
19	ITV 92-1424	258	258	0	0	R	1452	1452	0	0	R
20	L 79-321	177	177	0	0	R	1232	1232	0	0	R
21	LGM 92-65	356	356	0	0	R	1364	1361	3	0.22	R
22	LTMex 94-2	292	292	0	0	R	1708	1708	0	0	R
23	LTMex 96-10	237	237	0	0	R	1478	1478	0	0	R
24	Mex 91-566	280	280	0	0	R	1024	1017	7	0.68	R
25	Mex 94-192	157	157	0	0	R	1794	1794	0	0	R
26	Mex 95-3	222	222	0	0	R	1237	1237	0	0	R
27	Mex 95-52	276	276	0	0	R	1311	1311	0	0	R
28	Mex 95-60	193	193	0	0	R	1668	1650	18	1.08	R
29	Mex 95-104	173	193	0	0	R	2192	2192	0	0	R
30	Mex 96-19	275	275	0	0	R	1867	1867	0	0	R
31	Mex 02-16	276	276	0	0	R	1589	1589	0	0	R
32	SP 71-6180	192	192	0	0	R	1536	1536	0	0	R
33	SP 72-4928	307	307	0	0	R	1400	1400	0	0	R
34	SP 74-5203	259	259	0	0	R			0	0	R
35	SP 80-1815	171	171	0	0	R	1440	1440	0	0	R
36	SP 80-1816	288	288	0	0	R	1368	1368	0	0	R
37	SP 83-5073	176	176	0	0	R	1529	1529	0	0	R
38	TCP 89-3493	253	253	0	0	R	1320	1320	0	0	R
39	YZ 84-7	296	296	0	0	R	1240	1240	0	0	R
40	CP 72-2086	252	252	0	0	R	1890	1890	0	0	R
41	Mex 69-290	271	271	0	0	R	1730	1730	0	0	R
42	Co 213	199	143	71	35.68	AS	1950	1327	623	31.95	AS
43	L 60-14	210	146	72	34.29	AS	1200	815	385	32.08	AS
44	Nco 310	248	174	78	31.45	AS	1870	1288	582	31.12	AS

R: resistente; AS: altamente susceptible.

LITERATURA CITADA

- Ayala G. F., Marín S. R. 2000. Resistencia varietal a la enfermedad del carbón de la caña de azúcar. Cámara nacional de las industrias azucareras y alcoholeras. México. 83 p.
- Barrante J., Chavarría E. 2008. Acciones estratégicas realizadas y en proceso como respuesta para enfrentar el ataque de roya en la zona sur. Informe presentado por la Liga Agrícola Industrial de Caña de Azúcar (Laica), Costa Rica, septiembre del 2008. Disponible en línea en: <http://www.cengicaña.org/Portal/>
- Briceño R., Vieira O. S., Rea R. 2005. Reacción de veinte clones de caña de azúcar a la enfermedad del carbón *Ustilago scitaminea* Sydow. Revista de la Facultad de Agronomía 22: 407-415.
- CNIAA (Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y alcoholera). 2017. Manual Azucarero Mexicano Edición 60. 491 p.
- Croft B.J., Irawan, Berding N. 2000. Screening Australian sugarcane clones for smut reaction in Indonesia: Initial results. Proceedings of the 2000 Conference of Australian Society of Sugar Cane Technologists held at Bundaberg, Queensland, Australia 22: 170-177.
- FAO. 2015. Crop Water Management for Sugarcane. Disponible en línea. <http://www.fao.org/landandwater/aglw/cropwater/sugarcane.stm>
- Fiallos F. F., Quilambaqui J. M. 2002. Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) del Banco de Germoplasma del CINCAE, al Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow) y Mosaico (Sugarcane Mosaico Virus) en la zona del Cantón El Triunfo. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 8 p.
- Garcés F. 2010. Manejo preventivo en el Ecuador. Dpto. Fitopatología. CINCAE. El Triunfo, Ecuador. 29 p.
- Muñiz Y., Martínez B., La O. M. 2004. El carbón de la caña de azúcar (*Ustilago scitaminea* Sydow): Métodos de diagnóstico. Revista Protección Vegetal 19: 1-6.
- Nass H. A., Rodríguez H. A., Ramón M. 1989. Efecto del tratamiento de esquejes con triadimefon sobre el desarrollo del carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow) de la caña de azúcar. Caña de Azúcar 7: 31-47.
- Osada K. S., Reyes E. 1981. Estudio preliminar de la influencia de algunos factores en la incidencia de la roya. IMPA México. pp. 48-53.
- SIAP. 2015. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP. SIACON. Consulta de bases de indicadores de Producción Nacional y Estatal. Disponible en línea en: www.siap.sagarpa.gob.mx
- Torres J. P., Verano B., Moya N., Rodríguez S., Acosta J., Caballero M. 1989. Fitotecnia de la caña de azúcar. ENPES. Cuba. 582 p.
- Young-Kong V. H. 1976. El impacto potencial del carbón de la caña de azúcar (*Ustilago scitaminea*) en la industria azucarera del caribe. In: El carbón de la caña de azúcar. GEPLACEA. Reproducción 8-5 A. México pp. 97-109.



BIOLOGÍA FLORAL DE CACAO (*Theobroma cacao* L.); CRIOLLO, TRINITARIO Y FORASTERO EN MÉXICO

FLORAL BIOLOGY OF CREOLE, TRINITARIO AND FORASTERO CACAO (*Theobroma cacao* L.) IN MEXICO

López-Hernández, J.G.¹; López-Hernández, L.E.¹; Avendaño-Arrazate, C.H.^{*2}; Aguirre-Medina, J.F.¹;
Espinosa-Zagarza, S.¹; Moreno-Martínez, J.L.¹; Mendoza-López, A.²; Suárez-Venero, G.M.³

¹Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Chiapas, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas, México. ³Universidad de Guantánamo, Cuba.

*Autor de correspondencia: avendano.carlos@inifap.gob.mx

ABSTRACT

With the objective of identifying the dynamic of the floral biology and fruit development of cacao (*Theobroma cacao* L.) varieties, Creole, Trinitario and Forastero in the Soconusco region, Chiapas, Mexico, and relating them with environmental variables, the floral biology of five biological variants of *T. cacao* L. called: Creole: Carmelo, Lacandón, Lagarto; Trinitario: RIM 24 and Forastero: PMCT-58, was studied. The trees used were of juvenile stage (4-5 years) with 3 m height. Randomly, 10 floral buds from each tree were identified, without considering their position (n=150 floral buds between the five materials). The variables were: growth of floral bud, growth, development and maturation of the fruit, related to the variables precipitation/temperature with fruit growth. The longitudinal growth period of the fruit was differential between the materials and varied from 110 to 150 daa (days after anthesis) and the diameter from 50 to 70 daa. The longest fruit (270 mm) was Creole lagarto and it grew until 150 daa; however, Trinitario RIM 24 cacao presented the highest growth in less time, reaching a length of 230 mm and diameter of 60 mm in 120 daa. The lowest growth was found in Forastero PMCT-58 cacao with 150 mm of length and 70 mm of width in 130 daa. The floral biology of the Creole, Trinitario and Forastero genotypes showed small variations in length and diameter of the floral bud, as well as the time of highest growth in the five materials of cacao.

Keywords: chocolate, flowering, fruit.

RESUMEN

Con el objetivo de identificar la dinámica de la biología floral y del desarrollo del fruto en cacao (*Theobroma cacao* L.) Criollos, Trinitarios y Forasteros en el Soconusco, Chiapas, México, y relacionarla con variables ambientales, se estudió la biología floral de cinco variantes biológicas de *T. cacao* L., denominadas: Criollos: Carmelo, Lacandón, Lagarto; Trinitario: RIM 24 y Forastero: PMCT-58. Los árboles utilizados fueron de etapa juvenil (4-5 años) con 3 m de altura. Se identificaron al azar 10 botones florales de cada árbol sin considerar su posición (n=150 botones florales entre los cinco materiales). Las variables fueron:

Crecimiento del botón floral, crecimiento, desarrollo y maduración del fruto, relacionadas con



Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 129-135.

Recibido: mayo, 2018. **Aceptado:** julio, 2018.

las variables precipitación/temperatura con el crecimiento de los frutos. El tiempo de crecimiento longitudinal del fruto fue diferencial entre los materiales y varió de 110 a 150 dda (días después de anthesis) y el diámetro de 50 a 70 dda. El fruto más largo (270 mm) fue el criollo lagarto y creció hasta los 150 dda; sin embargo, el cacao trinitario RIM 24 presentó el mayor crecimiento en menor tiempo, alcanzó longitud de 230 mm y diámetro de 60 mm en 120 dda. El menor crecimiento se registró en el cacao forastero PMCT-58 con 150 mm de longitud y 70 mm de ancho en 130 dda. La biología floral de los genotipos criollos, trinitarios y forasteros registraron pequeñas variaciones en longitud y diámetro del botón floral, así como el tiempo de mayor crecimiento en los cinco materiales de cacao.

Palabras clave: Chocolate, floración, fruto.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) (Malvaceae) es un cultivo tropical de importancia económica y social, y esta condición, ha favorecido su expansión en el ámbito nacional e internacional (Avenidaño *et al.*, 2010). A nivel mundial los países tropicales con mayor producción de cacao son: Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Camerún, Ecuador, Perú, República Dominicana, Colombia, Nueva Guinea y México, este último ocupa el doceavo lugar. La producción en los diferentes continentes está distribuida en América Latina (16%), África (72%), Asia y Oceanía (12%) (ICCO, 2013). *T. cacao*, se originó a partir de plantas silvestres procedentes de las regiones tropicales húmedas de América Central y Sur América, específicamente de la cuenca del río Amazonas. Este sitio ha sido considerado como el centro de diversidad genética del cacao (Chesman, 1944). Las investigaciones en cacao en el Soconusco, Chiapas, México, se iniciaron a partir de 1945 con énfasis en la recolecta de materiales regionales y en los años siguientes, se generaron componentes tecnológicos en diversas líneas de investigación que favorecieron su desarrollo (Aguirre-Medina e Iracheta, 2005). No se abordaron estudios relacionados a la morfología, botánica o genética de los mismos. La población regional de cacao, desde el punto de vista del fruto, se representa por los forasteros, criollos y trinitarios, mismos que presentan diferenciación en su desarrollo y producción. Esta variabilidad regional ha favorecido el interés por entender los efectos del ambiente en la floración y fructificación del cacao, con el fin de identificar su dinámica durante estas etapas fenológicas, con fines de mejoramiento genético o producción. El estudio de la biología floral permite identificar las diferentes etapas desde la formación de primordios florales hasta la madurez fisiológica del fruto, contribuyendo al conocimiento de la dinámica del crecimiento del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la presente investigación de carácter descriptivo sobre la biología floral, se usaron los genotipos de cacao criollo: Carmelo, Lagarto y Lacandón; como trinitario al clon RIM-24, y dentro de los forasteros, al clon PMCT-58. En cada uno de ellos, se identificaron al azar 10 botones florales sin considerar la posición en el árbol (n=150 botones florales entre los cinco geno-

tipos representativos). Los botones florales se marcaron con el fin de realizar el seguimiento del desarrollo en intervalos de 2 a 3 días.

Variables

Crecimiento del botón floral: Se midió con un vernier digital la longitud del botón completo, longitud del pedúnculo, longitud del botón y diámetro del botón floral, en un lapso de tiempo de 30 días desde que el botón floral nace hasta que ocurre la apertura del mismo; y una vez abierta la flor se registraron datos en un periodo de tiempo de dos días, ya que la viabilidad del grano del polen es generalmente de 48 h, y en algunas condiciones especiales de 72 h (Enríquez, 1985), y después de ello, ocurre la caída de flor (Enríquez, 2004).

Crecimiento y desarrollo del fruto: Durante el crecimiento del fruto se registraron la longitud del fruto completo, del pedúnculo, fruto, y el diámetro del éste, desde anthesis, hasta la maduración del mismo.

Maduración del fruto: Los frutos procedentes de los botones florales seleccionados alcanzaron la madurez fisiológica la cual correspondió al momento en el que las semillas estaban suficientemente desarrolladas para ser viables y germinar. Un fruto fisiológicamente maduro es cuando sus semillas tienen la capacidad de germinar y de auto perpetuar la especie (De Los Cobos, 2012).

La información registrada se analizó determinando promedio y media de todos los datos obtenidos para cada variable. Se construyeron curvas de crecimiento con promedios de diez botones florales y diez frutos por varietal de cacao. Las gráficas de

correlación entre variables se realizaron con la ayuda del Programa Sigma Plot versión 10 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento del botón floral: El periodo de tiempo desde la aparición del botón floral, hasta la apertura del mismo, fue de aproximadamente 30 d, lo cual coincide a lo reportado por Enríquez (1985). El periodo de crecimiento del botón floral en los tres genotipos de cacao es diferente para cada genotipo. La diferencia en dimensiones entre los botones florales de los cinco varietales fue más evidente en el crecimiento longitudinal, sobresaliendo el trinitario RIM-24 con el mayor

valor promedio de 29.57 mm y diámetro ecuatorial de 13.66 mm al momento de la apertura del botón, en orden descendente le siguieron los genotipos criollo Lacandón con 27.84 mm y 12.32 mm respectivamente, en seguida el forastero PMCT-58 con un promedio de 27.50 mm de longitud y 12.28 mm de diámetro floral, posteriormente se registró que el criollo Carmelo presentó promedios de 24.94 mm y 11.27 mm. Finalmente el Lagarto obtuvo un promedio de 24.71 mm de crecimiento longitudinal y 11.80 mm de diámetro ecuatorial, siendo ligeramente mayor este último para la variable diámetro ecuatorial en comparación al Carmelo (Figura 1).

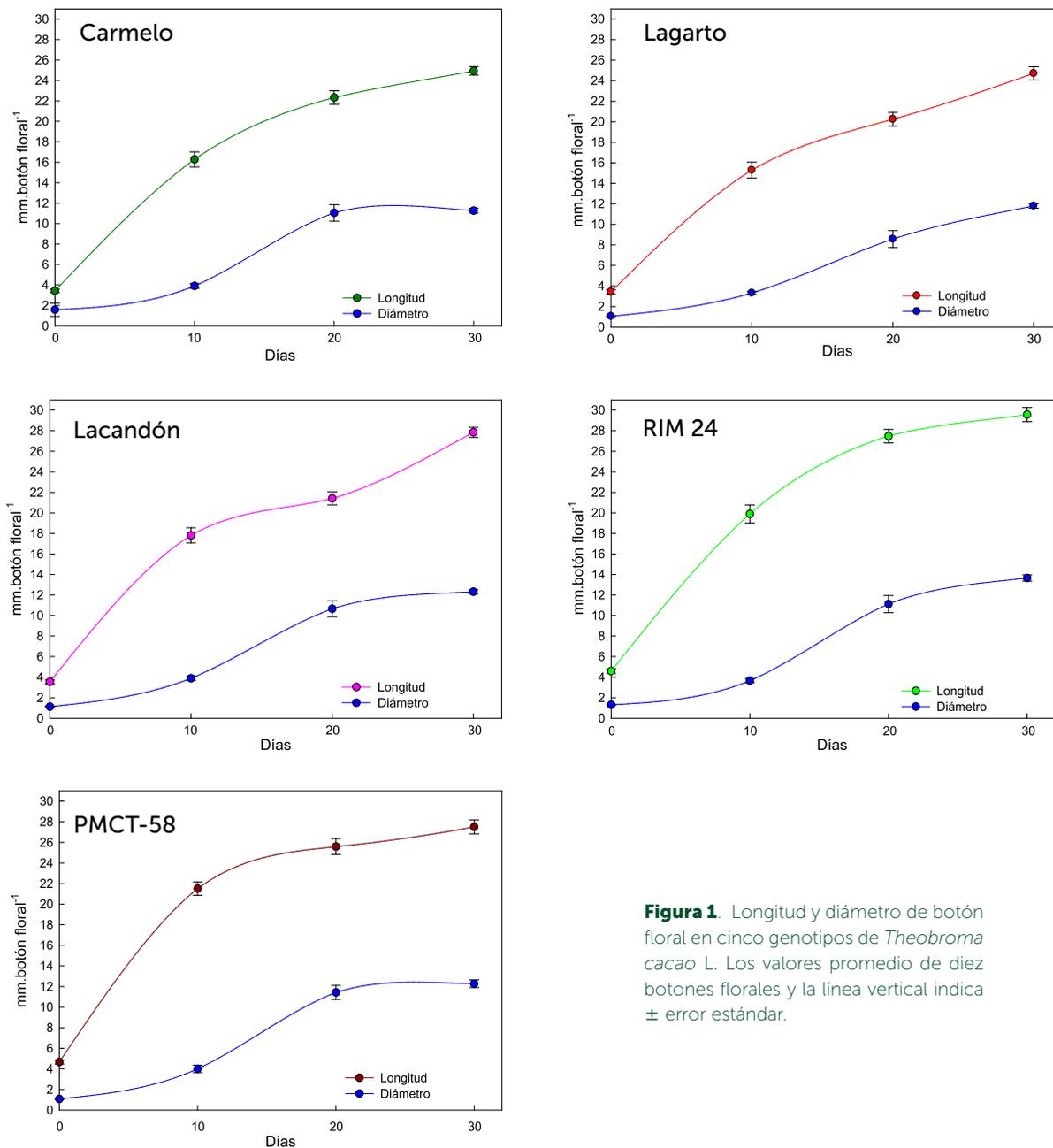


Figura 1. Longitud y diámetro de botón floral en cinco genotipos de *Theobroma cacao* L. Los valores promedio de diez botones florales y la línea vertical indica \pm error estándar.

El crecimiento de los botones florales se apega a un patrón de crecimiento tipo sigmoidea mostrando los mayores incrementos, logrando el 67% del tamaño final del crecimiento longitudinal en los primeros 10 días y el 33% restante hacia el día 30 después de la aparición del botón floral.

Para la variable diámetro ecuatorial, en los primeros diez días logra el 30% del tamaño final caso contrario a lo que ocurre en la variable longitud (logra más del 50% de su tamaño final a los 10 días) y el 70% restante del crecimiento del diámetro ecuatorial se logra hacia el día 30, y ocurre la apertura del botón floral listo para ser polinizado. Las tasas de crecimiento en longitud y diámetro de los botones florales presentan una relación inversa, cuando la variable longitud presenta las mayores tasas de crecimiento, el diámetro expresa un crecimiento relativamente bajo; al disminuir la tasa de crecimiento longitudinal, se observa un incremento mayor en el diámetro ecuatorial, obteniendo crecimientos similares cuando los botones florales se acercan a la apertura, es decir, esto ocurre entre el día 20 y 30 después de la aparición de los botones. Durante el crecimiento de los botones florales, el pedúnculo presenta aumentos en longitud de manera constante.

En los tres genotipos de cacao la forma del botón floral de acuerdo a la relación entre el crecimiento longitudinal y diámetro ecuatorial es alargada (2.21 en Carmelo, 2.09 en Lagarto, 2.25 en Lacandón, 2.16 en RIM-24 y 2.23 en PMCT-58 respectivamente), sabiendo que una relación de 1:1 indica forma esférica, valores mayores a 1 se refieren a formas más alargadas y menores a 1 a formas achatadas (Melgarejo, 2015). La forma más alargada de acuerdo a la relación entre las dos variables la presentó el material Lacandón (2.25 respectivamente).

Crecimiento y desarrollo del fruto: El crecimiento del fruto de cacao parece comprender dos periodos: a) la fase del crecimiento que consta de unos 75 días, y b) la fase de maduración durante la cual aumenta considerablemente la actividad metabólica. Posteriormente cada fase puede subdividirse de acuerdo con los aumentos y disminuciones de las cantidades de los distintos componentes químicos, orgánicos e inorgánicos que ocurren en la pared y en la pulpa (Hardy, 1961). El patrón de crecimiento de los frutos de los cinco varietales de cacao, describió una curva sigmoidea para las variables longitud y diámetro del fruto. Se observó que el creci-

miento longitudinal y diámetro ecuatorial presentó tres fases bien marcadas: Fase I: Aunque en la mayoría de los frutos, el desarrollo temprano se divide en tres fases: desarrollo del ovario, división celular y expansión celular (Enríquez, 1985), dado que las mediciones se graficaron cada 10 días, y para detectar los cambios en la pendiente de la curva, especialmente en los primeros días de desarrollo del fruto, fue necesario hacer mediciones con mayor frecuencia (Gillaspay *et al.*, 1993).

A pesar de esto, se observó que inicialmente la velocidad de crecimiento (aumento en el tamaño por unidad de tiempo) del fruto de los cinco genotipos fue mínima en los primeros 10 d, lo cual es característica en esta etapa, con tasa de división celular muy elevada. En la fase II el periodo de crecimiento es rápido y el chillillo (fruto inmaduro) crece de acuerdo al desarrollo de los óvulos, que adquieren su máxima velocidad entre los 75 días después de que ocurre la fecundación (Enríquez, 1985). A partir de los 50 días después de antesis (dda) hasta el día 90 se presenta la etapa de mayor crecimiento caracterizada por un aumento exponencial del tamaño del fruto. En esta etapa se presentó el 80% del tamaño final del fruto. El 20% de crecimiento restante se logró entre los días 100 y 130 después de antesis. Fase III: A partir del día 90 dda, el crecimiento nuevamente es lento, se detiene la división y los procesos de elongación celular, provocando en el fruto cambios en el color, proceso observado por Enríquez (1985). Este mismo autor señala que los óvulos se llenan de un endospermo gelatinoso que poco a poco es consumido por el embrión, hasta los 140 días. Esta fase comprende todos los cambios asociados con la maduración del fruto y termina con su cosecha.

La longitud final de los frutos de los cinco genotipos de cacao en el intervalo de crecimiento, estuvo comprendida entre 161.28 y 269.71 mm. Los frutos de mayor crecimiento longitudinal se obtuvieron en el criollo Lagarto con promedio de crecimiento final de 269.71 mm, seguido por el trinitario RIM-24 con 234.40 mm, posteriormente fueron los criollos Lacandón y Carmelo con 205.89 y 192.25 mm respectivamente; y por último el forastero PMCT-58 con 161.28 mm de longitud. En este periodo, entre antesis y madurez, los factores genéticos de la planta son determinantes, ya que el componente varietal tiene gran influencia sobre la velocidad de crecimiento, tamaño final y forma del fruto (Azcón y Talón, 2001) (Figura 2).

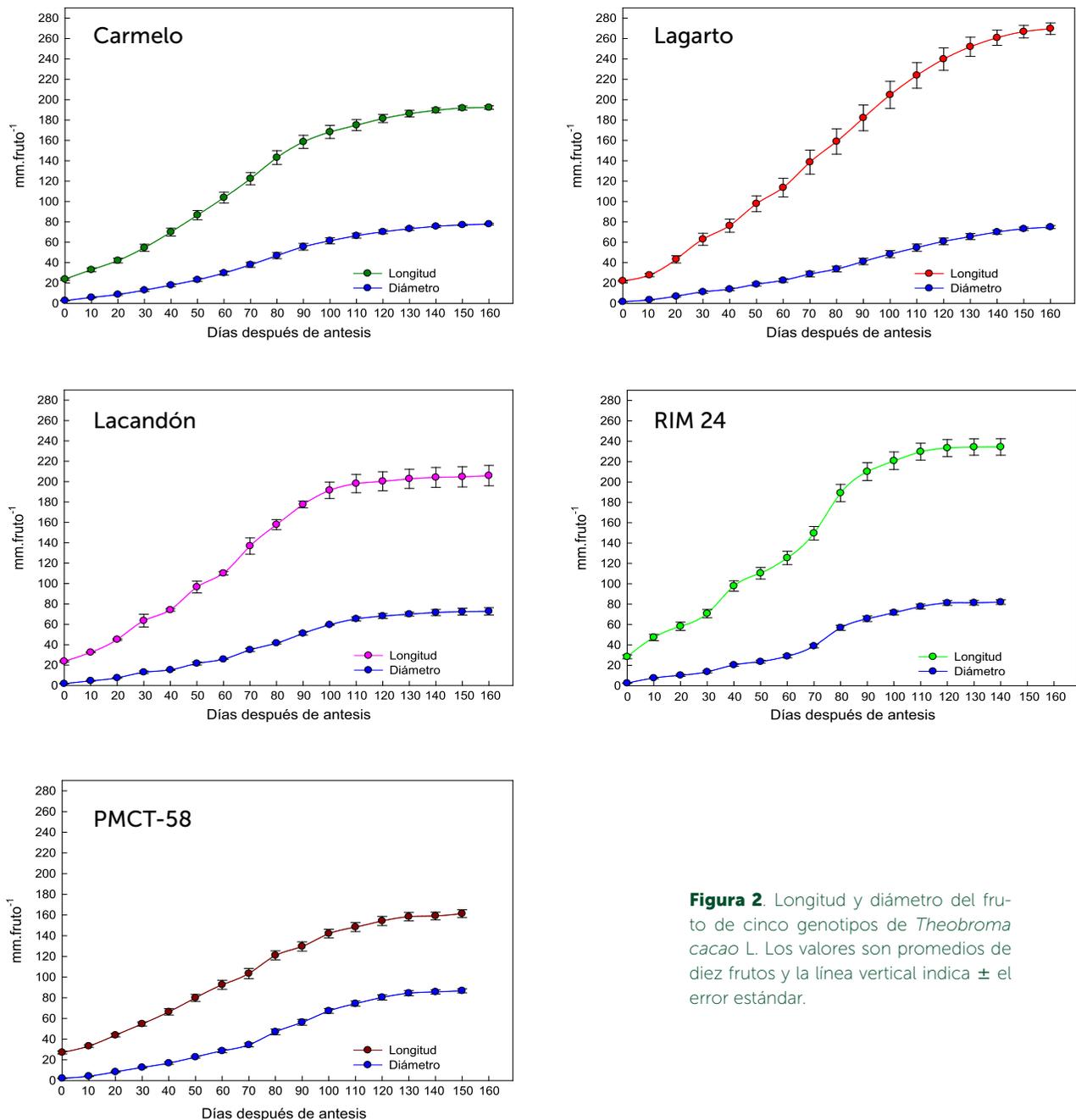


Figura 2. Longitud y diámetro del fruto de cinco genotipos de *Theobroma cacao* L. Los valores son promedios de diez frutos y la línea vertical indica \pm el error estándar.

Un panorama diferente se observó para la variable diámetro del fruto donde se presentaron ligeras diferencias entre los cinco varietales, el forastero PMCT-58 se caracterizó por presentar el mayor diámetro con respecto a los demás genotipos con un promedio de 86.80 mm, le siguió el trinitario RIM-24 con 82.15 mm, y después los criollos Carmelo, Lagarto y Lacandón con promedios de 77.81, 75.01 y 72.70 mm respectivamente. El diámetro final de los frutos en el intervalo de crecimiento estuvo comprendido entre 72.70 y 86.80 mm con un orden distinto al de la longitud final del fruto ya mencionado, expresando los mayores diámetros los genotipos forastero y trinitario, mientras que los criollos mostraron los me-

nores valores en diámetro, observando que, al aumentar el tamaño del fruto, el pedúnculo disminuye debido al engrosamiento de la constricción basal del fruto (Figuras 3, 4, 5 y 6).

Maduración del fruto: La última etapa del crecimiento del fruto es la maduración la cual consistió en la entrada del fruto en un proceso de senescencia. En los frutos de los cinco genotipos evaluados, se obtuvieron promedios en días diferentes para cada uno, 160 días para los genotipos criollos Carmelo, Lagarto o Pentágona y Lacandón; 140 días para el trinitario RIM-24 y 150 días para el forastero PMCT-58, registrando a partir de éstas, el inicio de madurez del fruto con un periodo de entre 10-15 d,

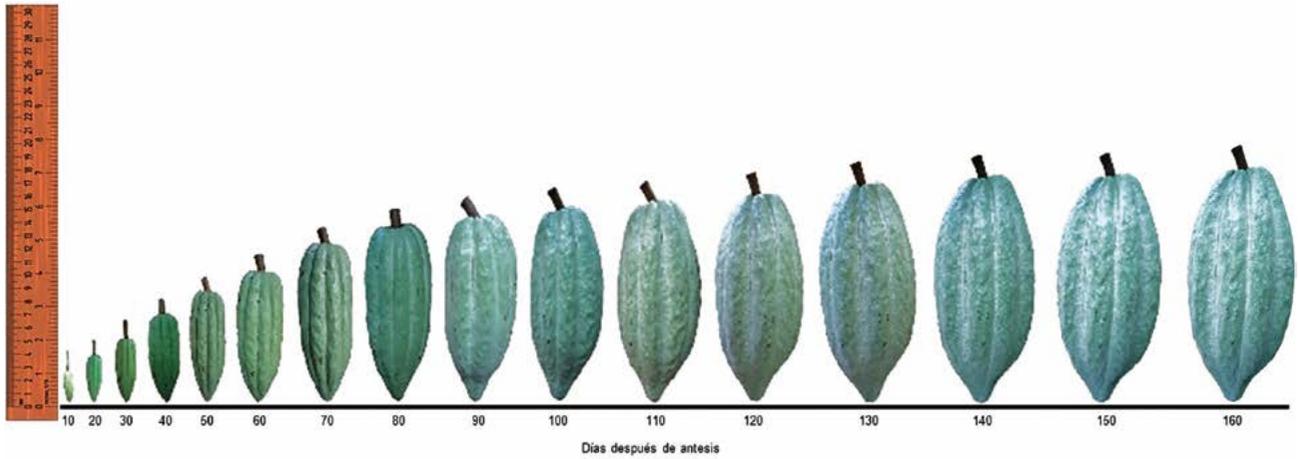


Figura 3. Desarrollo del fruto de *Theobroma cacao* L. var., Carmelo, desde antesis hasta madurez fisiológica. La línea vertical indica \pm el error estándar de 10 repeticiones.

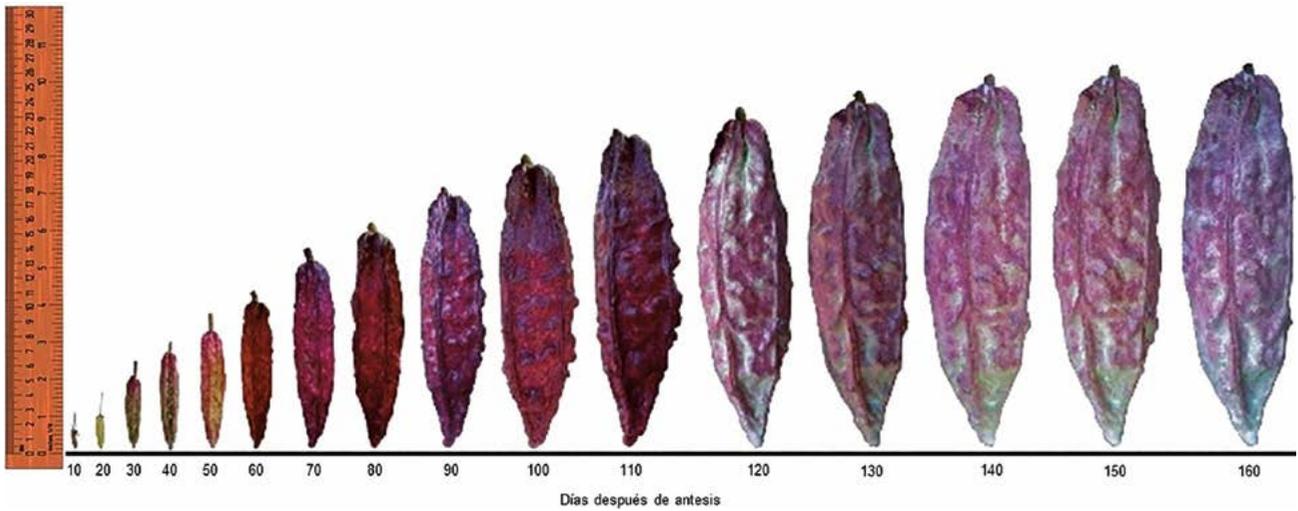


Figura 4. Desarrollo del fruto de *Theobroma cacao* L. var., Lagarto desde antesis hasta madurez fisiológica. La línea vertical indica \pm el error estándar de 10 repeticiones.



Figura 5. Desarrollo del fruto de *Theobroma cacao* L. var., RIM-24 desde antesis hasta madurez fisiológica. La línea vertical indica \pm el error estándar de 10 repeticiones.

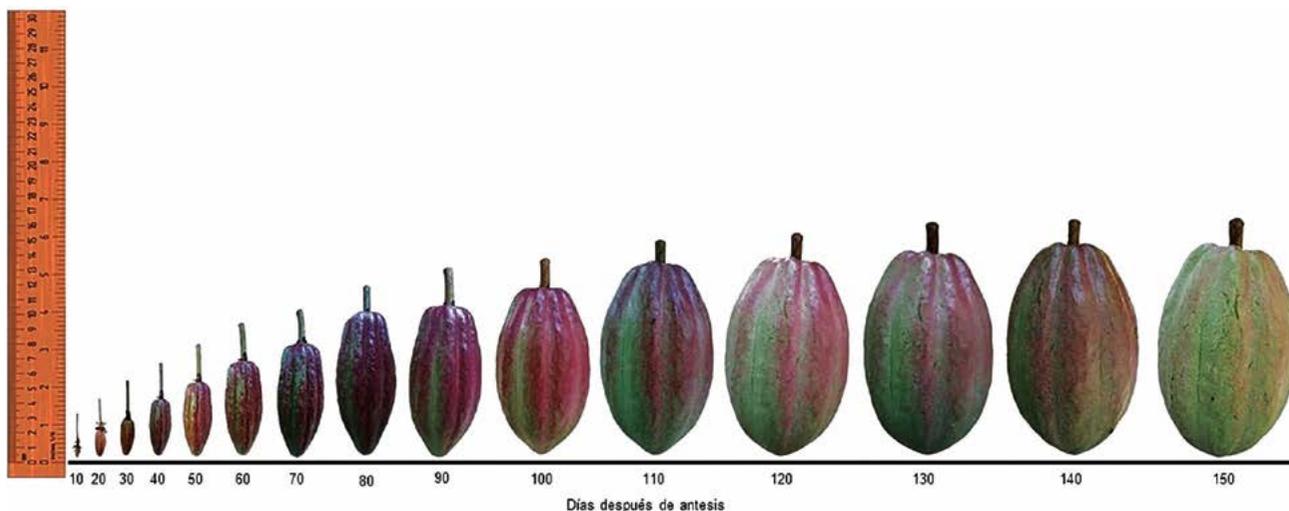


Figura 6. Desarrollo del fruto de *Theobroma cacao* L. var., PMCT-58 desde anthesis hasta madurez fisiológica. La línea vertical indica \pm el error estándar de 10 repeticiones.

dependiendo del estado nutricional del árbol (número de frutos madurados), y del ambiente (Enríquez, 1985). Avendaño et al. (2011), mencionan que, durante los meses más calurosos, los frutos generalmente maduran entre los 140 y 175 días, mientras que cuando los frutos maduran en los meses más fríos tardan entre 167 y 205 días.

CONCLUSIONES

La biología floral de los genotipos criollos, trinitarios y forasteros presenta variaciones pequeñas en longitud y diámetro en botón floral, así como el tiempo de mayor crecimiento. El crecimiento longitudinal del fruto fue diferencial entre los genotipos y varió de 110 a 150 dda, y para el diámetro fue de 50 a 70 dda. El fruto de mayor longitud (270 mm) fue el lagarto, y creció hasta los 150 dda. El genotipo RIM 24 presentó el mayor crecimiento en menos tiempo, registrando longitud de 230 mm y grosor de 60 mm en 120 dda, mientras que el de menor valor fue el genotipo PMCT-58 con 150 mm de longitud y 70 mm de ancho en 130 dda. El crecimiento de los frutos de cacao de los tres genotipos (criollo, trinitario y forastero) presentó variaciones en cuanto a longitud y diámetro así como en días a madurez fisiológica; teniendo para los genotipos criollos Carmelo 192.25 mm de longitud y 77.81 mm de diámetro, Lagarto con 269.71 y 75.01 mm, Lacandón con 205.89 y 72.70 mm y un tiempo de 160 días a madurez fisiológica, en cambio el forastero PMCT-58 presentó 161.28 y 86.80 mm con 150 días a madurez fisiológica, y el genotipo trinitario RIM-24 presentó 234.40 y 82.15 mm con 140 días a madurez fisiológica, teniendo menor tiempo a maduración el genotipo trinitario RIM-24.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina J.F., Iracheta-Donjuan L. 2005. Rosario Izapa: 60 años de Ciencia e Innovación Tecnológica en el Trópico. Libro Técnico número 1. INIFAP, CIRPAS, CERI.
- Avendaño A.C.H., Juan F.J.M., Campos R.E., Gallardo M.R. A., Mendoza L. A., Aguirre M.J. F., Sandoval E. A., Espinosa Z. S. 2011. Diagnóstico del Cacao en México. Primera Edición en español. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. pp 18-21.
- Avendaño-Arrazate C.H., Ogata-Aguilar N., Gallardo-Méndez R.A., Mendoza-López A., Aguirre-Medina J.F., Sandoval-Esquivez A. 2010. Cacao diversidad en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. 86 p.
- Azcón J., Talón M. 2001. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill-Interamericana, España. 522 p.
- Cheesman E.E. 1944. Notes on the nomenclature classification and possible relationship ut cacao population. *Tropical Agriculture* 21 (8): 144-159.
- De Los Cobos A. R. P. 2012. Crecimiento y maduración del fruto en aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Has. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Almería. Almería, España. 76 p.
- Enríquez G. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. CATIE. Turrialba CR. 240 p.
- Enríquez G. 2004. Cacao orgánico. Guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones agropecuarias. Quito, Ecuador. 360 p.
- Gillaspy G., Ben-David H., Gruißem W. 1993. Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell* 5: 1439– 1451.
- Hardy F. 1961. Manual del curso del cacao. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 113-118.
- ICCO, 2013. Estadísticas de la producción Mundial de cacao. Londres Inglaterra.
- Melgarejo L.M. 2015. Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss): Caracterización ecofisiológica del cultivo. Facultad de Ciencias: Colciencias: Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia – CEPASS, 304 páginas.

CALIBRACIÓN DE SENSORES DE RESISTENCIA EN LA MEDICIÓN DEL POTENCIAL MÁTRICO EN TRES TIPOS DE SUELOS EN CONDICIONES DE INVERNADERO

CALIBRATION OF RESISTANCE SENSORS IN THE MEASUREMENT OF MATRIX POTENTIAL IN THREE TYPES OF SOILS UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Medina-Puente, A.^{1*}, García-Delgado, M. A.², Varela-Fuentes, S. E.¹, Ramírez-De-León, J. A.³, Ruvalcaba-Sánchez, L. G.³

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. ³Universidad Autónoma de Tamaulipas, Rectoría, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

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

ABSTRACT

Monitoring water content in the soil is an appropriate tool to increase the efficiency in the application of agricultural irrigation. Modern agriculture and technification of the high-frequency irrigation systems such as those of drip irrigation and micro spraying need fast, precise and automatized measures to monitor the soil moisture content. To achieve this, appropriate and economic techniques, instruments and tools are needed, such as the resistance-tension sensor of soil water potential, Watermark[®] Model 200SS (Irrometer Company, Inc.) due to its versatility, ease in installation, and measuring exactness of the matrix potential in soil water retention, with more frequent uses of instruments. Several of these sensors were evaluated and calibrated with the gravimetric method under greenhouse conditions to determine their punctual and continuous variation to measure the soil matrix potential (SMP), temperature and variation in three types of soils from different localities; the texture, apparent density, real density, and variation of the moisture content at different tensions were determined in each soil. The moisture contents of the soil measured with the resistance-tension sensors were compared to the readings recorded with direct-measurement pressure gauges, the sensors and the gauges were installed at two depths of the soil, of 0.30 and 0.60 m. Resistance-tension Watermark[®] 200SS sensors were evaluated, compared and analyzed, of continuous measurement of the soil matrix potential and conventional direct-measurement pressure gauges installed on soil sample columns representative of three citrus producing regions in the central area of the state of Tamaulipas. The three equations of logarithmic adjustment from each were highly significant; the best determination coefficient (R^2) of 0.9772 was found in the adjustment model of the soil in El Barretal, Tamaulipas.

Keywords: water content in the soil, matrix potential, granular matrix sensor, pressure gauge.

RESUMEN

El monitoreo del contenido de agua en el suelo es una herramienta apropiada para incrementar la eficiencia en la aplicación del riego agrícola. La agricultura moderna y la tecnificación de los sistemas de riego de alta frecuencia como son los de riego por goteo y microaspersión necesitan de mediciones rápidas, precisas y automatizadas para monitorear el contenido de humedad del suelo. Para lograr lo anterior se requieren técnicas, instrumentos y herramientas

apropiadas y económicas como el sensor de resistencia-tensión del potencial hídrico del suelo Watermark® Modelo 200SS (Irrrometer Company, Inc.), por su versatilidad, facilidad de instalación y exactitud de medición del potencial mátrico en la retención del agua del suelo, con usos más frecuente de instrumentos. Varios de estos sensores se evaluaron y se calibraron con el método gravimétrico en condiciones de invernadero para determinar su variación puntual y de manera continua en la medición del potencial mátrico del suelo (PMS), temperatura y su variación en tres tipos de suelos de diferentes localidades, se determinó la textura, densidad aparente, densidad real y la variación del contenido de humedad a diferentes tensiones en cada suelo. Los contenidos de humedad del suelo medidos con los sensores de resistencia-tensión se compararon con las lecturas registradas con tensiómetros de medición directa, los sensores y los tensiómetros se instalaron a dos profundidades de suelo de 0.30 y 0.60 m. Se evaluaron, compararon y analizaron sensores de resistencia-tensión Watermark® 200SS, de medición continua del potencial mátrico del suelo y tensiómetros convencionales de medición directa, instalados en columnas de muestras de suelo representativas de tres regiones citrícolas del centro del estado de Tamaulipas. Las tres ecuaciones de ajuste logarítmico de cada fueron altamente significativas; el mejor coeficiente de determinación (R^2) de 0.9772 lo presentó el modelo de ajuste del suelo de El Barretal, Tamaulipas.

Palabras clave: contenido de agua en el suelo, potencial mátrico, sensor de matriz granular, tensiómetro.

INTRODUCCIÓN

El agua destinada al riego en la agricultura de alto rendimiento está cada vez más limitada, el monitoreo del contenido de agua en el suelo es esencial para optimizar la producción, conservar el agua, reducir los impactos ambientales y ahorrar dinero (Enciso *et al.*, 2007; Levidow *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2017). Esto es decisivo para el desarrollo de las plantas, el rendimiento y calidad de los productos agrícolas (Intrigliolo y Castel, 2004). En áreas agrícolas donde el agua es un factor limitante, el riego es necesario para garantizar el crecimiento de las plantas (Fraga *et al.*, 2012). Por otro lado, el exceso de riego promueve e induce las pérdidas de agua, y la energía potencialmente productiva; agua y nutrientes, debido que éstos pueden lixiviarse y drenarse profundamente al agua subterránea (Périard *et al.*, 2012; Suresh y Raju, 2014). Una opción para alcanzar estos objetivos es implementar una estrategia de riego y evitar la lixiviación, para el suministro de agua orientado a la demanda de la planta y de acuerdo con el monitoreo del contenido del agua en el suelo (Morgan *et al.*, 2001). La medición de la tensión de la humedad del suelo es útil para determinar el momento oportuno de aplicar el riego basado en la textura del suelo y la especie cultivada (Leib *et al.*, 2003; Zermeño *et al.*, 2007).

En este sentido, el estado del agua del suelo puede describirse por el contenido de agua del suelo (SWC por sus siglas en inglés) o por el potencial mátrico del suelo (PMS) o por ambos. El PMS representa la energía que se necesita

aplicar para extraer agua de la matriz del suelo (Nolz *et al.*, 2016). El monitoreo de la retención y contenido de agua en el suelo permite que la programación del riego se adapte a los requisitos particulares de cada cultivo y campo (Thompson *et al.*, 2006; Evett *et al.*, 2011). Levidow *et al.* (2014), señalan que las prácticas de riego innovadoras pueden mejorar la eficiencia de agua, obteniendo beneficios de la tecnología y ventajas económicas, como maximizar el rendimiento por unidad de superficie, minimizar los requerimientos energéticos y el rendimiento máximo al agua aplicada.

Para medir el contenido de agua en el suelo, actualmente se utilizan los sensores de matriz granular (Vellidis *et al.*, 2008) y el tensiómetro el cual se adapta a los sistemas de riego por goteo y microaspersión (Zermeño *et al.*, 2007; Buttaro *et al.*, 2015). Es un método tradicional para determinar la tensión de agua en el suelo, es la tensión de todo el sistema radicular que debe superar para extraer agua en el suelo contiguo (Leib *et al.*, 2003; Shock y Wang, 2011). Los tensiómetros son muy utilizados en el manejo de la humedad del suelo especialmente en cítricos (Campbell y Mulla, 1990; Paramasivam *et al.*, 2000; Zermeño *et al.*, 2007) y hortalizas (Thompson *et al.*, 2007; Srbinovska *et al.*, 2015).

Por tanto, el uso de sensores de matriz granular (GMS) y los tensiómetros, que miden el PMS y el contenido de humedad del suelo, son considerados por especialistas como instrumentos esenciales para la programación y calendarización del riego de los cultivos (Irmak y Haman, 2001; Soulis *et al.*, 2015). Este tipo de sensores proporcionan información útil para regular las con-

diciones requeridas por cada una de estas estrategias de programación de riego (Navarro-Hellín et al., 2015).

Los tensiómetros y los sensores de matriz granular como son los sensores de resistencia-tensión Watermark®, pueden ser instrumentos muy útiles en la programación del riego agrícola (Marković et al., 2016). Sin embargo, la relación entre el potencial mátrico del agua medido con los tensiómetros y los sensores de resistencia-tensión deben determinarse antes de que estos instrumentos se puedan utilizar de manera efectiva en condiciones de campo (Bórquez-López et al., 2013). El objetivo de esta investigación fue calibrar los sensores resistencia-tensión Watermark® contra el PMS y comparar la relación que existe entre el contenido de agua en muestras de suelos de tres localidades de la zona centro de Tamaulipas, medidos con tensiómetros y los sensores de matriz granular Watermark®.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental. El estudio se realizó en el periodo comprendido del 18 de julio al 19 de octubre del 2016 en condiciones de invernadero en el Centro Experimental de Transferencia de Tecnología de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, ubicado en Cd. Victoria, Tamaulipas. El sitio se ubica geográficamente a 23° 42' 56.7" LN y 99° 09' 09.9" LO, a una altitud media de 327 m. La nave de invernadero está cubierta con polietileno, policarbonato y malla antiáfidos, cuenta con ventanas cenitales y laterales. Las dimensiones de la nave de invernadero son de 40 m de largo por 20 m de ancho; dicha nave no cuenta con calefacción ni extractores de aire, en dicho sitio se instalaron 3 columnas de madera, cada una con diferentes muestras de suelo representativas de las regiones citrícolas de Tamaulipas: Padilla (Sitio Las Águilas, 24° 02' 00" LN, 98° 54' 00" LO y 140 m de altitud), Barretal (Sitio La Gloria, 24° 05' 21" LN, 99° 06' 44.4" LO y 190 m de altitud) y Llera (Sitio La Huerta, 23° 19' 04" LN, 99° 01' 27" LO y 291 m de altitud). Para la medición del PMS se instalaron sensores Watermark® y tensiómetros convencio-

nales y de medición directa en cada columna de suelo, a 0.30 y 0.60 m de profundidad.

Características físicas y químicas de los suelos utilizados en el estudio. Con el fin caracteriza cada muestra representativa, se analizaron cinco muestras de suelos de cada una de las tres localidades en estudio. Los resultados de los análisis de suelo se presentan en el Cuadro 1.

Calibración del sensor resistencia-tensión Watermark®. Para convertir la salida de resistencia eléctrica de los sensores resistencia-tensión Watermark® 200SS en PMS, se hizo la calibración en un ambiente de laboratorio e invernadero. Durante la calibración, se comparó los datos de salida (PMS) del registrador de datos con las lecturas tomados del tensiómetro manualmente. La calibración se realizó en el mes de mayo a junio en el laboratorio y el mes de julio a octubre del 2016 dentro del invernadero. Para evaluar y calibrar el funcionamiento del sensor resistencia-tensión, se instalaron juegos completos a dos diferentes profundidades a 0.30 y 0.60 m, dentro de tubos de PVC de 6" de diámetro por 1 m de largo con suelo representativo del sitio Llera, en el laboratorio y en tres columnas de suelo de 0.80 m de largo por 0.45 m de ancho, adaptados en un cajón de madera dentro del invernadero, en cada profundidad del suelo, se instaló un juego de instrumentos el cual estuvo compuesto de dos sensores Watermark®, con un tensiómetro de medición directa y un sensor de temperatura del suelo DS18B20 (Maxim Integrated, San José, CA, EE.UU.). Los tratamientos se saturaron un día antes de la instalación de los sensores, en promedio se aplicaron 40 L de agua en cada columna y se drenaron 3.7 L, permitiendo así una fácil instalación y buen contacto con el suelo. Los sensores se humedecieron días antes para tener una mejor respuesta de su lectura y calibración según lo recomendado por el fabricante (Irrrometer Company, Inc.) y se dejaron reposar por un periodo de 24 h para realizar las mediciones continuas de tensión.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los suelos de cada una de las localidades citrícolas representativas de Tamaulipas.

Sitio	Profundidad (cm)	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Dr	Dap	pH
		%				(g cm ⁻³)		
Llera	0 - 30	8.0	24.0	68.0	Arcilla	2.38	1.27	8.4
Padilla	0 - 30	49.3	22.7	28.0	Franco arcillo arenosa	2.44	1.40	8.7
El Barretal	0 - 30	30.0	28.0	42.0	Arcilla	2.33	1.32	8.3

Nota: Dr es la densidad real; Dap es la densidad aparente; pH es el potencial hidrógeno del extracto del suelo.

El suelo se secó por evaporación lenta y continua en la superficie del suelo. El experimento continuo hasta que el aire entro en los tensiómetros.

Curva de calibración de tensión en los sensores. Se analizaron las propiedades de retención-tensión del contenido de humedad o potencial mátrico en los tres suelos. En los tres suelos, se registraron los potenciales matriciales de los sensores Watermark® y los tensiómetros analógicos o convencionales a dos diferentes profundidades de suelo a 0.30 m y 0.60 m. La instalación de los sensores y los tensiómetros convencionales se realizó en el primer riego el 16 de julio del 2016, el estudio se realizó durante el periodo comprendido del 17 de julio al 17 de octubre del 2016 esta actividad se hizo en las tres columnas de suelo.

La medición de la temperatura edáfica se realizó a 0.25 m de profundidad, estas medidas se realizaron con un sensor de temperatura de suelo DS18B20 (Maxim Integrated, San José, CA, EE. UU.).

El rango de valores de contenido de humedad gravimétrica se realizaron con la calibración cruzada, el contenido de humedad determinado por el método gravimétrico (Zermeño *et al.*, 2007) se inició cuando el tensiómetro de medición directa instalado a una profundidad del suelo de 0.30 m indicó una tensión de 5 kPa, en cada suelo representativo de cada localidad, se realizaron tres repeticiones por tensión y tipo de suelo, el resto de mediciones se realizaron a tensiones de 10, 15, 20, 35, 60 y 85 kPa, éstos fueron el punto de partida para realizar y analizar las comparaciones que se realizaron para estimar y ajustar las lecturas de resonancia magnética medidas por el sensor Watermark®, durante el periodo de estudio. Mediante el uso del paquete SAS (2010) se realizó el análisis de varianza de la ecuación de regresión logarítmica (Leib *et al.*, 2003; Zermeño *et al.*, 2007), en cada suelo se utilizaron los datos de las siete tensiones de humedad del suelo (x) y el contenido de humedad expresada como Pw en % de tres repeticiones por cada valor de tensión, expresada como la variable de respuesta (y); en cada suelo representativo por localidad se determinó la ecuación o modelo de ajuste con los parámetros probabilidad ($Pr \geq F$), coeficientes de determinación (R^2) y coeficientes de variación (CV).

Monitoreo del potencial mátrico del agua del suelo (SWP). Para monitorear el potencial mátrico del suelo

(Ψ_m , PMS), se midió continuamente con 6 sensores resistencia-tensión Watermark®, dos instrumentos, instalados a dos profundidades 0.30 m y 0.60 m por tipo de suelo respectivamente. El registrador de datos (Data-logger) para monitorear el Ψ_m está diseñado y adaptado en la plataforma Arduino (Arduino, 2017), utilizado por varios autores que ensamblaron el hardware abierto e instrumentación para aplicaciones en la agricultura de bajo costo (Fisher y Gould, 2012; Payero *et al.*, 2017).

Dado que la confiabilidad y exactitud del sensor varía ligeramente con la temperatura (T), se incluyó el factor de corrección de temperatura, basado en la ecuación de calibración respectiva (Spaans y Baker, 1992). Para obtener el potencial mátrico del agua del suelo la ecuación de calibración utilizada para convertir los valores de resistencia eléctrica medida con los sensores a diferentes valores fue calculada mediante la ecuación [1] propuesto por Shock *et al.* (1998) y fueron utilizados por Fisher y Gould (2012) y Payero *et al.* (2017).

$$SWP \text{ (kPa)} = \frac{4.093 + 3.213R_s}{[(1 - 0.009733R_s) - (0.0101060 T_s)]}$$

Ecuación 1

Dónde: SWP es el potencial mátrico del agua del suelo expresada en kPa, R_s es la resistencia de salida del sensor expresada en $k\Omega$ y T_s es la temperatura estimada del suelo expresada en °C.

La prueba se realizó usando Arduino UNO y un adaptador de registro de datos (Sd Card Shield), que permitió registrar los datos recopilados individuales de cada sensor Watermark®. El algoritmo para esta prueba se desarrolló usando la ecuación 1 para calcular potencial mátrico del suelo. El registro de datos se realizó diariamente a las 8:30 y 17:00 h.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calibración del sensor de resistencia-tensión y del tensiómetro convencional. La Figura 1 muestra los datos de calibración del sitio de Padilla con fines de ilustración. Las lecturas se registraron a las 8:30 y 17:00 h diariamente en dos ciclos de humedecimiento y secado del suelo.

Modelos de ajuste por regresión del contenido de humedad gravimétrica y los potenciales mátricos (tensión de humedad) en los tres suelos. Las ecuaciones

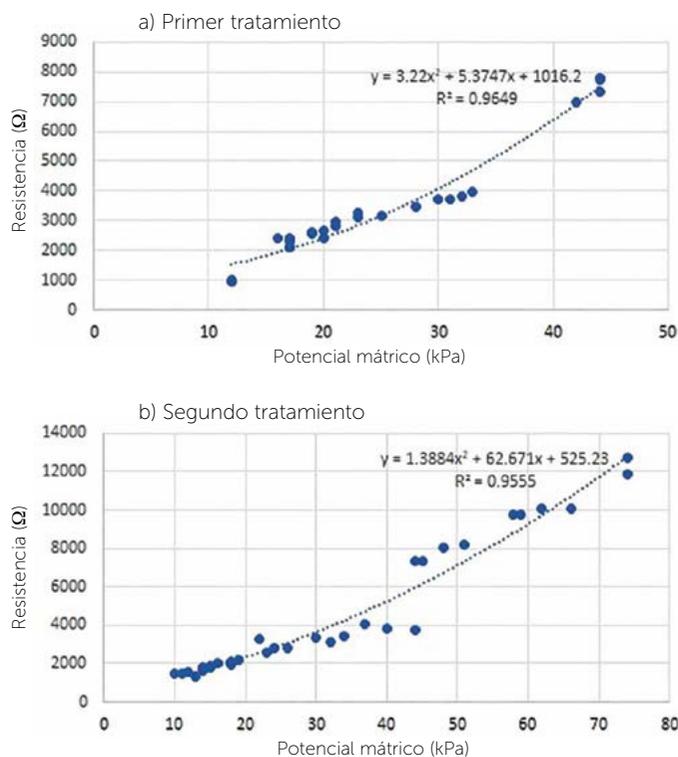


Figura 1. Potencial mátrico del agua del suelo, registrados con un tensiómetro en función de la resistencia del sensor utilizando un sensor de humedad del suelo Watermark® modelo 200SS a 21 °C. Datos provienen de un solo sensor del sitio de Padilla. Las lecturas se registraron a las 8:30 y 17:00 h diariamente en dos ciclos de humedecimiento y secado del suelo.

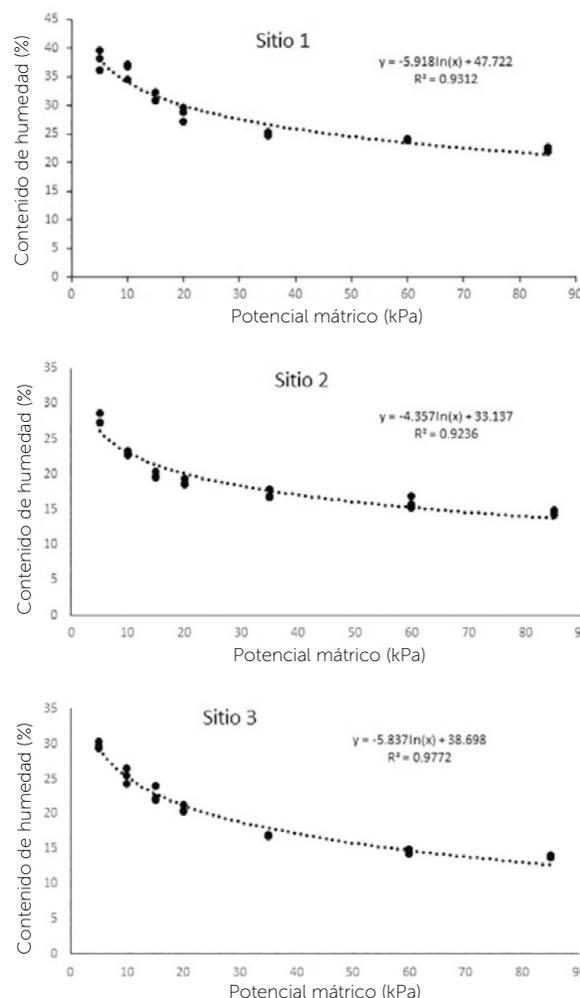


Figura 2. Ecuaciones de regresión logarítmica de la tensión o potencial mátrico y el contenido de humedad (Pw) del suelo observadas en los tres suelos: Sitio 1 Llera, Sitio 2 Padilla, Sitio 3 Barretal.

de regresión de los diferentes contenidos de humedad del suelo a distintos rangos de tensión en los suelos de las tres localidades presentaron una tendencia logarítmica (Leib et al., 2003; Zermeño et al., 2007). El mayor contenido de humedad del suelo a una tensión de 5 kPa lo presentó el suelo de Llera, este suelo de textura arcillosa presenta el mayor contenido de partículas finas, posteriormente los contenidos de humedad del suelo descendieron gradual y consecutivamente en los suelos de Barretal y Padilla respectivamente (Figura 2; Cuadro 1).

Las tres ecuaciones o modelos de ajuste fueron altamente significativos ($P < 0.0001$), con coeficientes de determinación (R^2) mayores del 90%, el valor más alto en

la ecuación de regresión lo presentó el suelo del sitio 3 Barretal, los coeficientes de variación presentaron variaciones de 4.22 a 6.23, lo que indica una alta uniformidad en los contenidos de humedad a las diferentes tensiones medidos en cada suelo, a su respectiva ecuación de regresión logarítmica (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

La practicidad de la utilización del sensor de humedad Watermark® permite registrar los cambios de humedad basado en la temperatura ambiente y su efecto de

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión del contenido de humedad del suelo expresada en porcentaje (Pw) a diferentes tensiones en los suelos de los tres sitios de estudio, Tamaulipas.

Sitio	Ecuación de ajuste	Pr≥F	R ²	CV
Llera	Y=47.722-5.918ln(x)	0.0001	0.9312	5.34
Padilla	Y=33.137-4.357ln(x)	0.0001	0.9236	6.23
Barretal	Y=38.698-5.837ln(x)	0.0001	0.9772	4.22

Y es el Pw del suelo expresado en por ciento; x es la tensión de la humedad expresada en kPa.

la temperatura de suelo y la medición continua de las tensiones a diferentes profundidades del suelo, lo que conduce a ahorrar tiempo, evitar el uso de la columna de agua del tensiómetro convencional y además permite la medición en tiempo real del potencial mátrico del suelo.

Esta evaluación de la variación de los contenidos de humedad a diferentes potenciales mátricos realizados en los tres suelos cítricos, permitirá utilizar los resultados en la segunda etapa de la investigación como guía de riego, con la aplicación del software para iniciar los riegos en una huerta de naranjo del sitio Padilla, Tamaulipas.

LITERATURA CITADA

- Arduino. 2017. Una plataforma de creación de prototipos de electrónica de código abierto. Disponible en línea en: <http://www.arduino.cc>
- Bórquez-López R. A., Valdez-Torres L. C., Yépez-González E., Garatuzapayán J. 2013. Calibración del sensor de matriz granular (SMG) para determinar la retención de agua en el suelo para la programación de riego en tomate en el Valle del Yaqui. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 1: 11-16.
- Buttaro D., Santamaria P., Signore A., Cantore V., Boari F., Montesano F. F., Parente A. 2015. Irrigation Management of Greenhouse Tomato and Cucumber Using Tensiometer: Effects on Yield, Quality and Water Use. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 4: 440-444.
- Campbell G. S., Mulla D. J. 1990. Measurement of soil water content and potential. *In: Stewart B. A., Nielsen D. R. (eds.). Irrigation of agricultural crops*. ASA, Madison, EE. UU. pp. 127-142.
- Enciso J., Porter P., Peries X. 2007. Irrigation Monitoring with Soil Water Sensors (Spanish). Disponible en línea en: <http://hdl.handle.net/1969.1/87470>
- Evelt S. R., Schwartz R. C., Mazahrih N. Th., Jitan M. A., Shaqir I. M. 2011. Soil water sensors for irrigation scheduling: Can they deliver a management allowed depletion? *Acta Horticulturae* 888: 231-237.
- Fisher D. K., Gould P. J. 2012. Open-Source Hardware Is a Low-Cost Alternative for Scientific Instrumentation and Research. *Modern Instrumentation* 1: 8-20.
- Fraga H., Malheiro A. C., Moutinho-Pereira J., Santos, J. A. 2012. An overview of climate change impacts on European viticulture. *Food and Energy Security* 1: 94-110.
- Intrigliolo D. S., Castel J. R. 2004. Continuous measurement of plant and soil water status for irrigation scheduling in plum. *Irrigation Science* 23: 93-102.
- Irmak S., Haman D. Z. 2001. Performance of the Watermark Granular Matrix Sensor in Sandy Soils. *Applied Engineering in Agriculture* 17: 787-795.
- Irrrometer. 2010. Watermark soil moisture sensor-Model 200SS. Specification document. Irrrometer Company: PO Box 2424, Riverside, CA. Disponible en línea en: <http://www.irrometer.com/pdf/sensors/403%20WATERMARK%20Sensor-WEB.pdf>
- Leib B.G., Jabro J. D., Matthews, G. R. 2003. Field Evaluation and Performance Comparison of Soil Moisture Sensors. *Soil Science* 168(6): 396-408.
- Levidow Les., Zaccaria D., Maia R., Vivas E., Todorovic M., Scardigno A. 2014. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management* 146: 84-94.
- Marković M., Josipović M., Sostaric J., Zebec V., Rapcan I. 2016. Effectiveness of granular matrix sensors in different irrigation treatments and installation depths. *Journal of Agricultural Sciences* 61: 257-269.
- Morgan K. T., Parsons L.R., Adair Wheaton T. 2001. Comparison of laboratory- and field-derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric, resistance and capacitance methods. *Plant and Soil* 234: 153-157.
- Navarro-Hellín H., Torres-Sánchez R., Soto-Valles F., Albaladejo-Pérez C., López-Riqueleme J. A., Domingo-Miguel R. 2015. A wireless sensors architecture for efficient irrigation water management. *Agricultural Water Management* 151: 64-74.
- Nolz R., Cepuder P., Balas J., Loskandl W. 2016. Soil water monitoring in a vineyard and assessment of unsaturated hydraulic parameters as thresholds for irrigation management. *Agricultural Water Management* 164: 235-242.
- Paramasivam S., Alva A. K., Ali F. 2000. An evaluation of soil water status using tensiometers in a sandy soil profile under citrus production. *Soil Science* 165: 343-353.
- Payero J., Mirzakhani-Nafchi A., Khalilian A., Qiao X., Davis R. 2017. Development of a Low-Cost Internet-of-Things (IoT) System for Monitoring Soil Water Potential Using Watermark 200SS Sensors. *Advances in Internet of Things* 7: 71-86.
- Périard Y., Caron J., Jutras S., Lafond J. A., Houlliot A. 2012. Irrigation management of romaine lettuce in histosols at two spatial scales: Water, energy, leaching and yield impacts. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 168: 171-188.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. The SAS System Release 9.0 for Windows, SAS Institute.
- Shock C. C., Barnum J. M., Seddigh M. 1998. Calibration of Watermark Soil Moisture Sensors for Irrigation Management. *In: Proceedings of the International Irrigation Show, San Diego*. pp. 139-146.
- Shock C. C., Wang F. X. 2011. Soil water tension, a powerful measurement for productivity and stewardship. *HortScience* 46: 178-185.
- Soulis K. X., Elmaloglou S., Dercas N. 2015. Investigating the effects of soil moisture sensors positioning and accuracy on soil moisture based drip irrigation scheduling systems. *Agricultural Water Management* 148: 258-268.
- Spaans E. J. A., Baker J. M. 1992. Calibration of Watermark soil moisture sensors for soil matric potential and temperature. *Plant and Soil* 143: 213-217.
- Srbinska M., Gavrovski C., Dimcev V., Krkoleva A., Borozan V. 2015. Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. *Journal of Cleaner Production* 88: 297-307.
- Suresh A., Raju S. S. 2014. Poverty and Sustainability Implications of Groundwater Based Irrigation: Insights from Indian Experience. *Economic Affairs* 59: 311-320.

- Thompson R. B., Gallardo M., Agüera T., Valdez L. C., Fernández M. D. 2006. Evaluation of the Watermark sensor for use with drip irrigated vegetable crops. *Irrigation Science* 24: 185-202.
- Thompson R. B., Gallardo M., Valdez L. C., Fernández M. D. 2007. Using plant water status to define threshold values for irrigation management of vegetable crops using soil moisture sensors. *Agricultural Water Management* 88: 147-158.
- Vellidis G., Tucker M., Perry C., Kvein C., Bednarz C. 2008. A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture* 61: 44-50.
- Wu X., Zhang W., Liu W., Zuo Q., Shi J., Yan X., Zhang H., Xue X., Wang L., Zhang M., Ben-Gal A. 2017. Root-weighted soil water status for plant water deficit index based irrigation scheduling. *Agricultural Water Management* 189: 137-147.
- Zermeño-González A., García-Delgado M. A., Castro-Meza B. I., Rodríguez-Rodríguez H. 2007. Tensión de humedad del suelo y rendimiento de fruto de limón italiano. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 295-303.



PROPUESTA PARTICIPATIVA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE EXCRETAS DE GANADO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE TRASPATIO, CASO MICROCUENCA LA JOYA, QUERÉTARO

PARTICIPATORY PROPOSAL FOR THE INTEGRAL MANAGEMENT OF LIVESTOCK MANURE IN FAMILY PRODUCTION SYSTEMS, CASE MICROCUENCA LA JOYA, QUERÉTARO

Contreras Contreras, E.A.^{1*}, Gómez Rosales, S.¹, Bustos Contreras, D.E.², Ángeles, M.L.¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Km. 1 Carretera a Colón, Ajuchitlán, Colón, Qro. ²Centro de Investigación Regional del Centro, Campo Experimental-Querétaro. Av. Pasteur Sur #414, Col. Valle Alameda.

*Autor de correspondencia: contreras.elsa@inifap.gob.mx

ABSTRACT

A serious problem identified in La Joya microbasin is the inadequate management of animal excretions. The potential risk of contamination of the drinking water sources for human and animal populations demands the need to generate technologies that lead to environment-friendly production systems. The objective of this study was to document the factors associated to the adoption of ensilage technology and manure worm composting as part of a participative proposal for technology transference. The information presented next is the result of a participative study in the microbasin, where four demonstrative modules for manure management were established, two training workshops were carried out on worm composting and manure ensilage which 45 producers attended and, later, follow-up visits were performed in 16 production units where a questionnaire was applied making emphasis on the manure management practices, availability, location, corral cleaning actions and facilities, workforce employed, destination of the manure, use of chemical fertilizers, and factors why the decision was adopted; the sampling was directed at producers who received the training. As part of the conclusions it was found that the technologies were accepted by inhabitants of the microbasin, primarily because they adapt to the socioeconomic context of the communities, are of easy use and management by all family members, promote family organization in work division, do not imply a high cost and, on the contrary, there are savings in fertilizer purchase; also, the contamination of water sources is avoided and soil regeneration is promoted, especially in the PU II (intermediate marriages, between 40 and 59 years) which have the potential of recovering 54 % of the nitrogen and phosphorus that animals excrete.

Keywords: microbasin, appropriate technology, worm composting, manure ensilage, rural development.

RESUMEN

Un problema grave identificado en la microcuenca La Joya es el inadecuado manejo de excretas animales. El riesgo potencial de contaminación de las fuentes de agua de bebida para la población humana y los animales demanda la necesidad de generar tecnologías que conduzcan a sistemas de producción amigables con el medio ambiente. El objetivo de este trabajo fue documentar los factores asociados a la adopción de la tecnología de ensilaje y lombricompostaje de estiércol como parte de una propuesta participativa para la transferencia de tecnología. La información que se presenta a continuación es resultado de un trabajo participativo en la microcuenca, en donde se establecieron cuatro módulos demostrativos sobre manejo del estiércol, se realizaron dos talleres de capacitación sobre lombricomposta y ensilaje de estiércol a los cuales asistieron 45 productores y, posteriormente, se realizaron visitas de seguimiento en 16 unidades

de producción, en las que se aplicó un cuestionario haciéndose énfasis en las prácticas de manejo del estiércol, la disponibilidad, ubicación, forma y facilidades de limpieza de corrales, mano de obra empleada, destino del estiércol, uso de fertilizantes químicos, y los factores por los que se decidió adoptar la tecnología, el muestreo fue dirigido a productores que recibieron la capacitación. Como parte de las conclusiones se encontró que las tecnologías fueron aceptadas por los habitantes de la microcuenca principalmente porque se adaptaron al contexto socioeconómico de las comunidades, son de fácil uso y manejo por todos los miembros de la familia, promueven la organización familiar en la división del trabajo, no les implica un costo elevado y, por el contrario, hay ahorros en la compra de fertilizantes; se evita contaminación de fuentes de agua y se promueve la regeneración de suelo, en especial en las UP II (matrimonios intermedios, entre 40 y 59 años) que tienen el potencial de recuperar 54% del nitrógeno y fósforo que excretan los animales.

Palabras clave: microcuenca, tecnología apropiada, lombricomposta, ensilaje de estiércol, desarrollo rural.

INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria contribuye al crecimiento del producto interno bruto, en algunos casos ayuda a dinamizar las exportaciones de productos pecuarios, genera empleos, además de ser proveedor de alimentos y es factor clave para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural sustentable (De Grammont, 2009).

En este contexto los sistemas de producción de traspatio en México siguen siendo pilar sustentante de la economía familiar; actualmente en cada familia del medio rural se encontrará al menos una especie animal productiva: bovinos, ovinos, caprinos, aves, porcinos, equinos, entre otros (Soto *et al.*, 1983; CEDRSSA, 2016).

Actualmente la directriz de los proyectos agropecuarios para el desarrollo de las comunidades rurales, es la sustentabilidad ambiental, económica y social. Reconocer la importancia de cada elemento y aprender a realizar un correcto uso y aprovechamiento de ellos es la manera de lograr la subsistencia de las comunidades (Casas, 2002). Para aprender a integrar los factores involucrados se necesita la asimilación de que, dados los modelos productivos modernos, no hay recursos inagotables (agua, suelo, biodiversidad, se desgastan y se agotan), lo que está llevando a un deterioro acelerado e irreversible de los sistemas productivos y sociales, con lo que se está arriesgando la vida futura del planeta en su conjunto (Toledo, 2013; SEMARNAT, 2016).

Las necesidades actuales requieren de conocimientos científicos y tecnológicos con los que se logre una eficiencia productiva que arroje resultados más competitivos pero que no comprometan los recursos futuros, asimismo se debe dotar a los productores rurales de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes para que ellos mismos quieran, sepan y puedan protagonizar la solución de su problemática, promoviendo así, su participación como

actores principales en la gestión de su desarrollo (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2016).

En la microcuenca La Joya, Municipio de Querétaro, opera un proyecto financiado por la Fundación Gonzalo Río Arronte en coordinación con la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), entre otras instituciones, el cual tiene como objetivo implementar 70 buenas prácticas que contribuyan al manejo integral de la microcuenca; en este sentido el recurso agua cobra especial relevancia. En la microcuenca la disponibilidad de agua en forma de bordos, manantiales y arroyos, es muy importante pues determina las rutas de pastoreo y de movilización del ganado. Un grave problema identificado es el inadecuado manejo de excretas animales. Actualmente, el 80% de los corrales están construidos en las laderas o se han instalado en algún escurrimiento de agua, para que la lluvia arrastre las excretas y así facilitarse los productores la limpieza de los corrales, contaminando las fuentes de agua (Escobar *et al.*, 2012; Gómez *et al.*, 2013). El estiércol contiene cantidades importantes de nitrógeno, fósforo y otros minerales, la mayor parte de estos nutrimentos que son consumidos por los animales a través de sus alimentos, son excretados en las heces y orina. El nitrógeno y fósforo son los elementos que causan el riesgo más alto de contaminación del suelo y agua, sin embargo, son esenciales para lograr un mayor crecimiento vegetal y lograr mayores rendimientos, por lo que es muy deseable fomentar

su reutilización en suelos agrícolas (Gómez et al., 2009; Gómez et al., 2013).

El riesgo potencial de contaminación de las fuentes de agua para consumo humano demanda la necesidad de generar tecnologías que conduzcan a sistemas de producción amigables con el medio ambiente; en este sentido, el manejo integral de las excretas de ganado permite mitigar los efectos del cambio climático por la disminución de gases de efecto invernadero (Gómez et al., 2012). El correcto uso del estiércol permite que éste pase de factor contaminante a ser un recurso para mejorar los suelos de las parcelas; mientras que, el uso inadecuado tiene consecuencias ambientales que ponen el aire, el agua y el suelo en situación de riesgo. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue documentar los factores asociados a la adopción de la tecnología de ensilaje de estiércol y lombricomposta como parte de una propuesta participativa para la transferencia de tecnología.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio: Microcuenca La Joya, Querétaro se localiza en la parte noroeste del Municipio de Querétaro, situada en la delegación Santa Rosa Jáuregui, en los límites político-administrativos con el estado de Guanajuato, incluye las localidades La Joya y El Charape. Cuenta con una superficie de 15.92 km² y una extensión perimetral de 16.9 km y su rango de altitud abarca desde los 2,250 hasta los 2,715 m (Plan Rector de Producción y Conservación, 2011). La microcuenca por sus condiciones climáticas, edáficas y líticas es susceptible de erosión natural, que puede ser acelerada por las actividades humanas que ahí se desarrollan.

La población está conformada en la comunidad El Charape por 94 personas y en La Joya por 151 personas, representando el 0.04 % de la población municipal. De acuerdo a la distribución poblacional en función al sexo, hay 51.5% mujeres y 48.5% varones. De acuerdo con Contreras (2011), las Unidades de Producción (UP) en la microcuenca, pueden clasificarse en tres en función a su ciclo de vida, determinado éste por la edad de la pareja. Los matrimonios jóvenes (entre 24 y 39 años: UP I) están al comienzo de su ciclo de vida; los conformados por matrimonios intermedios (entre 40 y 59 años: UP II) están en expansión; mientras que aquellos donde hay adultos mayores de sesenta años, ya sea en pareja o solos, están en una etapa de contracción, es decir, tienen menos integrantes que el resto (UP III).

En la UP I, el promedio de hijos es de tres en edad menor a los 9 años. La principal fuente de ingresos proviene del esposo, se emplean principalmente como albañiles en el municipio de Querétaro o se van a Estados Unidos, otra fuente de ingresos importante es el subsidio, pues al tener hijos en la escuela reciben el apoyo de Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). En la UP II, el promedio de hijos es de siete, en edades que oscilan entre los 10 y 21 años, el apoyo económico de los hijos mayores representa un ingreso importante pues colaboran con los gastos de la casa. Por último, la UP III está integrado por adultos mayores, es el grupo que prevalece en la microcuenca, de 56 UP 21 se encuentran en esta situación. Esto habla de un fenómeno relacionado con el envejecimiento del campo, situación presente en todo el país (Zapata et al., 2008).

El modo de producción animal se caracteriza por ser semiestabulado para cabras y ovinos y extensivo para los bovinos (González, 2011). La reproducción pecuaria está determinada por la disponibilidad de alimento en el agostadero; para la ganadería de pastoreo la principal limitante radica en la escasa calidad y superficie de los agostaderos además de las condiciones agroecológicas bajo las que se desarrolla como el clima, la orografía y la fragilidad de los suelos.

Tomando en cuenta sus conocimientos, se hizo una propuesta para la transferencia de tecnologías como el ensilaje y la lombricomposta usando como sustrato las excretas del ganado. Como parte de las actividades se realizaron cuatro talleres y se establecieron dos módulos demostrativos en cada comunidad. A los talleres asistieron el 100% de la población que tiene ganado, es decir 51 productores. Es importante destacar que después de los talleres de capacitación, se realizaron visitas de seguimiento a 16 unidades de producción, se aplicó un cuestionario haciéndose énfasis en información técnica como número de hectáreas y tipo de cultivos, especie y número de animales, mano de obra para las actividades agropecuarias. También se hizo hincapié en las prácticas de manejo del estiércol, destino, uso de fertilizante químicos, y los factores por los que decidió adoptar la tecnología.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las personas participantes de acuerdo con el tipo de UP. En el Cuadro 1 se presenta las características de los participantes de acuerdo con el tipo de Unidad de Producción (UP). Solamente se tuvo

participación de personas pertenecientes a UP I y II, probablemente porque los del estrato III juntan su ganado con el de sus hijos o hijas que pertenecen a las UP I y II (Contreras, 2011).

De las 16 personas encuestadas, el número de participantes fue de 7 y 9 de la UP I y UP II, lo que representa 43.75 y 56.25%, respectivamente. La diferencia entre la UP I y la UP II se debe a que en la UP I predominan matrimonios jóvenes con hijos pequeños, mientras que en la UP II los matrimonios son consolidados y tienen hijos mayores que ayudan en las labores del campo (Contreras, 2011). Esto coincide con lo mencionado en el Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC, 2011) en referencia a que, en el sistema agropecuario de la microcuenca, la mano de obra familiar es fundamental, junto con aspectos como tenencia de la

Cuadro 1. Características de los participantes de acuerdo al tipo de unidad pecuaria.

Variables	Unidad de Producción (UP)	
	I	II
Total de participantes	7.00	9.00
Mujeres participantes	6.00	8.00
Mujeres/total de participantes, %	85.70	88.90
Hombres participantes	1.00	1.00
Hombres/total de participantes, %	14.30	11.10
Edad promedio, años	34.00	47.00
Número de hijos, promedio	3.00	5.00
Superficie de siembra, ha	2.71	2.92

de 85.71 y 14.29% en la UP I y de 88.89 y 11.11% en la UP II. La mayor participación de mujeres respecto a los hombres, en ambos grupos tiene que ver con la feminización de las actividades productivas, en este caso, la microcuenca no es la excepción, debido a que la participación de las mujeres en la adopción de las tecnologías fue un factor determinante. La razón principal de este fenómeno presente en la microcuenca es la migración de los hombres, la cual se da en tres niveles: municipal,

hacia la ciudad de Querétaro; nacional, hacia diferentes ciudades del país, principalmente a la Ciudad de México y ciudades del Estado de México; y finalmente internacional, en los Estados Unidos de Norteamérica (Contreras, 2011).

Inventarios y sistemas de producción animal.

En el Cuadro 2 se presenta el número de animales y los sistemas de producción predominantes por tipo de UP. En la producción de bovinos, la mayor proporción se presenta en la UP II, y aunque el número total de animales y toretes es menor respecto a la UP I, destaca que la producción de leche es superior en la UP II, lo cual puede derivar en mayor ingreso por venta de leche o queso. Una menor proporción de UP II crían ovinos, pero tienen más animales y corderos; así mismo, una mayor proporción de UP II crían ganado caprino, tienen más número de animales y cabritos. Además, un 42.9% de las UP II ordeñan a sus ovejas o cabras; estos resultados

Cuadro 2. Inventarios y sistemas de producción animal.

	Unidad de Producción (UP)	
	I	II
Producción de bovinos		
Proporción de productores con ganado bovino, %	42.9	66.7
Número de bovinos por unidad	12.0	8.8
Número de toretes	5.3	3.7
Proporción de productores que ordeñan, %	33.3	33.3
Producción de leche por día, L	6.0	40.0
Producción de ovinos y caprinos		
Proporción de productores con ganado ovino, %	100.0	77.8
Número de ovinos por unidad	18.7	21.6
Número de corderos	5.8	8.6
Proporción de productores con ganado caprino, %	42.9	55.6
Número de caprinos por unidad	20.0	22.2
Número de cabritos	5.0	16.7
Proporción de productores que ordeñan ovinos/caprinos, %	14.3	42.9
Producción de leche por día, L	6.0	6.0
Sistema de producción de ganado bovino		
Proporción de ganado en sistema extensivo, %	100.0	50.0
Proporción de ganado en sistema estabulado, %	0.0	50.0
Sistema de producción de ganado ovino y caprino		
Proporción de ganado en sistema extensivo, %	0.0	0.0
Proporción de ganado en sistema semi-estabulado, %	100.0	100.0

sugieren que las productoras de la UP II reciben mayores ingresos económicos por venta de corderos, cabritos, leche o queso, comparados con las de la UP I.

El sistema de producción de bovinos que predomina en las UP I es el extensivo, el ganado pastorea libremente en las colinas la mayor parte de su vida, y no se usan complementos alimenticios de manera que su productividad depende de lo que consumen en el campo; en cambio, en la mitad de las UP II el ganado se mantiene en sistema extensivo, y en la otra mitad se mantiene estabulado, donde reciben alimentos, principalmente forrajes de corte como la avena y el rastrojo que queda después de la cosecha. A diferencia del ganado bovino, el sistema de producción predominante en los ovinos y caprinos en ambas UP es el semi-estabulado, en el cual, los animales son pastoreados en el campo durante el día, y en la noche duermen en corrales.

Estos resultados indican que una proporción de UP II tienen ganado bovino y producen más leche que las UP I; también una mayor proporción de UP II tienen caprinos y obtienen leche de los ovinos y caprinos, además de producir más animales para venta o reemplazos (corderitos y cabritos). La cantidad de ganado está determinada

por la mano de obra familiar con la que cuentan, ya que las actividades de pastoreo y manejo las realizan entre toda la familia, principalmente mujeres y niños. En concordancia con los sistemas intensivos y semi-estabulados, en un estudio previo se identificaron 28 pastores de los cuales 23 son hombres y cinco mujeres, con un rango de edad de 11 a 70 años (González, 2011). El ganado bovino representa la especie con el menor número de animales, los bovinos representan una baja fuente de ingresos económicos; sin embargo, socialmente significa estatus, sobre todo para los productores mayores de 60 años (Contreras, 2011; González, 2011).

Cultivos sembrados y rendimiento, tipo de fertilización y actividades de cuidado ambiental. En el Cuadro 3 se presentan los cultivos sembrados y rendimiento, tipo de fertilización y actividades de cuidado ambiental. La agricultura es muy importante para los habitantes de la microcuenca ya que representa su fuente de alimento, de germoplasma y de esquilmos para alimentar al ganado. Siembran maíz y frijol, principalmente asociados con calabaza, en el sistema de producción denominado "milpa". En este sistema agrícola tradicional, se aprovechan otras especies como son los quelites, verdolagas y tomatillos, además de que la combinación de cultivos permite que se fije el nitrógeno, previene el crecimiento de malas hierbas y conserva la humedad (Toledo, 2013).

En UP I y II, el 100% de los participantes siembran en sus milpas maíz, frijol y calabaza. La producción por cultivo y la producción total fue superior en la UP II. Por el contrario, una mayor proporción de participantes de la UP I producen avena forrajera para consumo animal, aunque la producción total de forraje es similar entre los dos tipos de UP. En cuanto al uso de fertilizante, el 100% de los encuestados en ambas UP usan el estiércol para abonar sus tierras, pero el 14.3% de productoras de la UP II combinan el estiércol con la urea.

Es notorio que en ambas UP (I y II) los rendimientos de los cultivos son muy bajos y lo cosechado alcanza solamente para el consumo de la familia, y en algunos casos para

Cuadro 3. Cultivos sembrados y rendimiento, tipo de fertilización y actividades de cuidado ambiental.

	Unidad de Producción (UP)	
	I	II
Cultivos cosechados para autoconsumo		
Proporción de productores que siembran maíz, %	100.0	100.0
Producción de maíz, kg	1070.0	1240.0
Proporción de productores que siembran frijol, %	100.0	100.0
Producción de frijol, kg	115.9	142.2
Proporción de productores que siembran calabaza, %	100.0	100.0
Producción de semilla de calabaza, kg	16.3	19.6
Producción total, kg	1202.2	1401.8
Cultivos cosechados para consumo animal		
Proporción de productores que siembran avena, %	57.1	22.2
Producción de forraje de avena, kg	2050.0	2000.0
Tipo de fertilizante		
Proporción de productores que usan estiércol, %	100.0	100.0
Proporción de productores que combinan estiércol y urea, %	14.3	33.3
Obras de rehabilitación o conservación		
Proporción de productores que realizan conservación del suelo, %	71.0	78.0
Proporción de productores que realizan reforestación, revegetación o resiembra, %	29.0	44.0

complementar la alimentación del ganado. A pesar de esto la importancia de la agricultura radica en que les brinda autosuficiencia alimentaria (PRPC, 2011). Aunado a lo anterior, la producción de maíz no solo está dirigida a satisfacer las demandas de la familia, ya que el rastrojo que genera es aprovechado para la alimentación del ganado, como se explicó previamente.

La cantidad de estiércol aplicada en los suelos está determinada por el número de animales disponibles, y generalmente resulta insuficiente, por lo que sólo se abonan algunas partes de la parcela, alternando su aplicación en diferentes zonas del terreno año con año. Adicionalmente, un problema identificado en la microcuenca es que los corrales de los animales están construidos en las laderas o se han instalado sobre o cerca de algún escurrimiento de agua, lo que causa contaminación de las fuentes de agua por bacterias patógenas contenidas en el estiércol (Escobar *et al.*, 2012; Gómez *et al.*, 2013). El estiércol contiene cantidades importantes de nitrógeno, fósforo y otros minerales, parte de estos nutrientes que son consumidos por los animales, son excretados a través de las heces y orina, son esenciales para lograr un mejor crecimiento vegetal y lograr mayores rendimientos, por lo que es muy deseable fomentar su reutilización en suelos agrícolas (Gómez *et al.*, 2009; Gómez *et al.*, 2013). El manejo integral del estiércol permite mitigar los efectos del cambio climático debido al aprovechamiento de sus nutrientes en la producción agrícola y coadyuvar en la regeneración de suelo.

Uso de ensilaje y lombricomposta de estiércol. Los rumiantes contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero debido a la producción de metano entérico y óxido nitroso de las excretas, y contribuyen en la contaminación del suelo y agua debido a la excreción de nitrógeno y fósforo (Gerber *et al.*, 2013; Opio *et al.*, 2013). El 80% del total de metano es producido por fermentación entérica y es eliminado al ambiente a través del eructo; otro 20% del metano se origina en las excretas, principalmente de los efluentes líquidos que se descomponen en condiciones anaeróbicas. El óxido nitroso se origina de las excretas que son usadas en suelos de cultivo (Gerber *et al.*, 2013; Gómez *et al.*, 2012). El metano y óxido nitroso representan pérdidas volátiles de carbono y nitrógeno que no se pueden recuperar. Sin embargo, el nitrógeno y fósforo se pueden recuperar en las excretas sólidas, principalmente, cuando son sometidas a procesos que favorecen su uso como abonos orgánicos. Mediante procesos como el ensilaje, la mayor

parte de nitrógeno es fijado en forma de proteína bacteriana, y mediante el lombricompostaje, el nitrógeno es recuperado como proteína bacteriana y como parte de las sustancias húmicas; y como resultado, se reducen las emisiones de amoníaco y óxido nitroso (Gómez *et al.*, 2009; Gómez *et al.*, 2013).

En el Cuadro 4 se presenta la excreción y potencial de recuperación de nitrógeno y fósforo por los animales y porcentaje de adopción de las tecnologías. Aunque el número de bovinos fue superior en las UP I, la excreción diaria y anual de nitrógeno y fósforo fue mayor en las UP II debido a que una mayor proporción de estas unidades tenían ganado de esta especie. El potencial de recuperación de nitrógeno y fósforo en las UP I fue de cero ya que el sistema de producción de bovinos es extensivo y no se puede recolectar el estiércol. En cambio, el potencial de recuperación anual de nitrógeno y fósforo fue de 898 y 142 kg en las UP II; esto porque el 50% del ganado se mantiene estabulado. En ganado ovino, aunque proporcionalmente el 100% de las productoras de las UP I tenían ovinos (siete de siete), también en la UP II siete productoras tenían ovinos, la diferencia radica en que el tamaño del hato es mayor en estas unidades, por lo que, la excreción diaria y anual de nitrógeno y fósforo y el potencial de recuperación de estos dos nutrientes fueron superiores en las UP II. El potencial de recuperación en ambas UP, representó el 50% del nitrógeno y fósforo excretados anualmente debido a que en el sistema semi-estabulado los animales pastorean de día y solo están en los corrales de noche, quedando el estiércol en los corrales. En ganado caprino, el número de unidades y número de animales fueron mayores también en las UP II, por lo que, la excreción diaria y anual de nitrógeno y fósforo y el potencial de recuperación de estos dos nutrientes fueron superiores. También en las UP II, los animales están semi-estabulados por lo que el potencial de recuperación en ambas UP, representó el 50% del nitrógeno y fósforo excretados anualmente.

Al contabilizar el nitrógeno de todos los animales, la excreción diaria y anual fueron 53 y 37% superiores, respectivamente, pero lo que llama la atención es que el potencial de recuperación fue 13 veces mayor en las UP II comparadas con las UP I. De la misma manera, la excreción diaria y anual de fósforo fueron 52 y 46% superiores, respectivamente, en las UP II; pero el potencial de recuperación fue casi 18 veces mayor en las UP II comparadas con las UP I. Estas diferencias tan grandes se deben a que el nitrógeno y fósforo de los bovinos

Cuadro 4. Excreción y potencial de recuperación de nitrógeno y fósforo por los animales y porcentaje de adopción de las tecnologías.

	Unidad de Producción	
	I	II
Ganado bovino		
Excreción diaria de nitrógeno, kg	3.35	4.92
Excreción anual de nitrógeno, kg	1224.30	1795.60
Potencial de recuperación anual de nitrógeno, kg	0.00	897.80
Excreción diaria de fósforo, kg	0.53	0.78
Excreción anual de fósforo, kg	193.20	283.30
Potencial de recuperación anual de fósforo, kg	0.00	141.60
Ganado ovino		
Excreción diaria de nitrógeno, kg	1.47	1.70
Excreción anual de nitrógeno, kg	76.88	88.80
Potencial de recuperación anual de nitrógeno, kg	38.40	44.40
Excreción diaria de fósforo, kg	0.21	0.24
Excreción anual de fósforo, kg	10.78	12.45
Potencial de recuperación anual de fósforo, kg	5.39	6.23
Ganado caprino		
Excreción diaria de nitrógeno, g	0.69	1.82
Excreción anual de nitrógeno, kg	84.35	12.74
Potencial de recuperación anual de nitrógeno, kg	42.17	89.17
Excreción diaria de fósforo, g	0.10	0.26
Excreción anual de fósforo, kg	0.29	1.79
Potencial de recuperación anual de fósforo, kg	0.88	12.51
Todos los animales		
Excreción diaria de nitrógeno, g	5.52	8.44
Excreción anual de nitrógeno, kg	1385.53	1897.11
Potencial de recuperación anual de nitrógeno, kg	80.57	1031.36
Excreción diaria de fósforo, g	0.83	1.27
Excreción anual de fósforo, kg	204.23	297.54
Potencial de recuperación anual de fósforo, kg	6.27	160.38
Tecnologías adoptadas		
Ensilaje	100.00	100.00
Lombricomposta	25.00	38.00

zar hombres, mujeres y niños, es de baja inversión económica pues se utilizan los materiales disponibles en las unidades de producción, como son costales y bolsas negras (Gómez et al., 2009). Algo importante de resaltar es que la tecnología se adaptó al contexto; de origen la tecnología contemplaba el uso de melaza y bacterias acidolácticas, adicionadas directamente en forma de inóculo o a través de derivados lácteos, para acelerar la fermentación (Gómez et al., 2009); sin embargo, incluir estos ingredientes no resultaba pertinente pues implicaba un costo extra y el hecho de destinar la leche para este fin resultaba poco viable en un contexto en el que la desnutrición en niños es un problema; omitirla del proceso no modificaba la tecnología, y por el contrario, permitió que los productores la aceptaran con facilidad.

En lo que respecta a la lombricomposta, los resultados de adopción fueron menores respecto al ensilaje, en este proceso si se encontraron diferencias entre las UP I y las UP II, en las primeras solo el 25% la habían adoptado y en la UP II el 38% (Cuadro 4).

A pesar de que durante el proceso de capacitación y seguimiento se hizo hincapié en los beneficios de la lombricomposta, esta tecnología no fue tan bien recibida como el ensilaje de estiércol; esto tiene que ver con el

representan alrededor del 60% de la excreción que no se puede recolectar en las UP I debido a que los animales se mantienen en el campo todo el tiempo. Otra diferencia es que en las UP II un número más grande de productoras contaban con animales de todas las especies, y tenían hatos más numerosos.

Todas las UP I y II adoptaron el ensilaje de estiércol; esto está relacionado con varios factores; en primer lugar, que es una tecnología sencilla de realizar, es decir, no requiere un alto nivel de educación y la pueden reali-

zar tiempo y trabajo que implica, y con el hecho de que no están familiarizados con el uso de humus y el manejo de las lombrices. Sin embargo, las mujeres que la adoptaron mencionaron que han visto beneficios en sus huertos.

En el caso del ensilaje del estiércol se requiere de la ayuda de uno o dos miembros de la familia, pues si bien no es un trabajo pesado, realizarlo una sola persona les quitaría casi todo un día de trabajo, entre limpiar el corral y meterlo a los costales y amontonarlo. A pesar del trabajo que implica, los habitantes de la microcuenca

mencionaron sentirse satisfechos con esta práctica, expresaron que les resulta benéfico pues les ahorra dinero en fertilizante, es más fácil de transportar a la parcela y disminuye el riesgo de enfermedades en el ganado.

Los resultados del presente estudio indican que en el diseño de estrategias para llevar a cabo la validación, transferencia y adopción de tecnologías bajo el esquema participativo se deben tomar en cuenta varios factores con el fin de asegurar una alta apropiación de tecnologías e impactos de índole productivo, económico, social y ambiental, en función de las características particulares de la población objetivo y del ambiente agroecológico. Se debe de tomar en cuenta: 1) la participación de la mujer, 2) la edad de la población objetivo, 3) el número y edad de los hijos, 4) la disponibilidad de tierras de cultivo, el tipo de cultivos y rendimiento, y 5) el tipo y número de animales. Cuando las tecnologías demandan más tiempo y esfuerzo, el tipo de UP, y particularmente, la experiencia de las personas, el número y edad de los hijos influyen significativamente.

CONCLUSIONES

Las tecnologías de ensilaje de estiércol y lombricomposta fueron aceptadas por los habitantes de la microcuenca principalmente porque se adaptaron al contexto socioeconómico de las comunidades, de fácil uso y manejo por todos los miembros de la familia y no implica un costo elevado. La mano de obra familiar y la participación de la mujer en las actividades productivas, son dos factores que influyeron en la adopción de las tecnologías, estas diferencias se encontraron en las UP I y UP II, cuando las tecnologías son sencillas de llevar a cabo, la adopción se da más fácilmente, sin embargo, cuando las tecnologías demandan más tiempo y esfuerzo, el tipo de UP, y particularmente, la experiencia de las personas, el número y edad de los hijos influyen significativamente, así lo demuestran los datos de las UPII, en la que el porcentaje de adopción fue mayor respecto al de las UP I. Las ventajas de estas tecnologías son: reducción de enfermedades tanto del ganado como de las personas, socialmente promueven la organización familiar en la división del trabajo al ser tecnologías de fácil manejo y ambientalmente evitan la contaminación de fuentes de agua y promueven la regeneración de suelo. Las UP II tienen un alto potencial de recuperación de nitrógeno y fósforo excretado por los animales, pudiendo fertilizar con el nitrógeno una hectárea y con el fósforo hasta cuatro hectáreas de forraje de maíz, traduciéndose en beneficios como ahorros en

compra de fertilizantes, mejoras en la fertilidad de los suelos y reducción de la contaminación ambiental, en especial, del agua.

LITERATURA CITADA

- Casas C. R., Martínez T., García M. E., Peña B. V. 2002. Globalización, Sustentabilidad Pobreza y Campesinos en México. *Textual* 40: 75-99.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). 2016. Reporte: El desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria en el México contemporáneo. Palacio Legislativo de San Lázaro. Ciudad de México.
- Contreras E.A. 2011. Género y agua en la microcuenca La Joya, Querétaro. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. Estado de México. 139 p.
- De Grammont H. 2009. La nueva estructura ocupacional en los hogares rurales mexicanos. *In*: De Grammont H., Martínez-Valle L. (coordinadores). La pluriactividad en el campo mexicano, FLACSO, Ecuador. pp. 273-303.
- Escobar M. C., Hernández A. L., Alvarado I. A., Gómez R. S., Ángeles M. L. 2012. Diagnóstico y control de microorganismos patógenos en establos de lechería familiar. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico No. 3, Colón, Querétaro. 70 p.
- Gerber P. J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A., Tempio G. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 115 p.
- Gómez R. S., Ángeles M. L., Becerra J., Espinosa J. A. 2009. Estrategias para el reciclaje de excretas animales y producción de abonos orgánicos. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP-SAGARPA. Publicación Técnica No. 10, Colón, Querétaro. 52 p.
- Gómez R. S., Ángeles M. L., Bonilla J. A. 2012. Tecnologías para reducir las emisiones de metano en rumiantes, Libro Técnico No. 2, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP, Ajuchitlán, Colón, Querétaro. 80 p.
- Gómez R. S., Ángeles M. L., Núñez H. G., Figueroa V. U. 2013. Guía de buenas prácticas de manejo de excretas: Metodologías para la elaboración de compostas y lombricompostas de excretas de ganado de leche. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico No. 20, Colón, Querétaro. 52 p.
- González E. L. 2011. La producción pecuaria en el manejo integrado de la microcuenca La Joya. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Querétaro. 186 p.
- Opio C., Gerber P., Mottet A., Falcucci A., Tempio G., MacLeod M., Vellinga T., Henderson B., Steinfeld H. 2013. Greenhouse gas emissions from ruminant supply chain– A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 191 p.
- Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC) 2011. Microcuenca La Joya, Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro. 155 p.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2016. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. Semarnat. México. 470 p.
- Soto I. E. A., De Haro D., Frish U. G., Ruiz B. 1983. Panorama de la ganadería mexicana. Aspectos estructurales. Centro Nacional de Investigaciones Agrarias, México.
- Toledo V. M. 2013. El paradigma biocultural: crisis ecológica, modernidad y culturas tradicionales. *Sociedad y Ambiente* 1: 50-60.
- Zapata E., Suárez B., Garza L. E. 2008. Con el sol a cuestas. Balance de la vejez en el México rural. México: GIMTRAP, INDESOL. 281 p.



PATRONES DE FERMENTACIÓN RUMINAL EN RESPUESTA A LA ADICIÓN DE UN PRECURSOR GLUCOGÉNICO A LA DIETA DE BECERROS EN ENGORDA

PATTERNS OF RUMINAL FERMENTATION IN RESPONSE TO ADDITION OF GLUCOGENIC PRECURSOR TO THE DIET OF FEEDLOT STEERS

Murillo-Ortiz, M.¹; Carrillo-Herrera, J.D.¹; Pamanes-Carrasco, G.²; Muro-Reyes, A.³; Herrera-Torres, E.^{1*}

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera al Mezquital km 11.5 Durango, México. ²Universidad Juárez del Estado de Durango, Consejo nacional de Ciencia y Tecnología. ³Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

*Autor de correspondencia: hetoes99@yahoo.com.mx

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of a glucogenic precursor on ruminal fermentation patterns. Therefore, four steers with rumen fistulas (700 kg \pm 100) were fed with four experimental diets; T1: 15% alfalfa hay, 15% oats hay, 20% harinolina, 47% rotated maize, 1% mineral mixture, 2% bicarbonate; for T2, T3 and T4, 20, 40 and 60 g of the glucogenic precursor were added to T1, respectively. Four experimental periods of 11 d were developed. Approximately 100 ml of ruminal liquid was collected in each one of the four experimental periods, when the pH was measured. Aliquots of 10 ml of ruminal liquid were frozen for their later analysis of AGV and N-NH₃. The concentrations of AGV, ammonia and ruminal pH were analyzed with a Latin square with 4x4 factorial arrangement. The interaction treatment per sampling time was significant for the AGVT and N-NH₃ concentration (P<0.05). The AGVT concentration increased with the addition of the glucogenic substrate at 4 h, while the concentration of N-NH₃ was higher in T2 compared to T1. Therefore, it is concluded that the addition of the glucogenic precursor improves the parameters of ruminal fermentation.

Keywords: volatile fatty acids, ammonia, acetate, propionate.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de un precursor glucogénico en los patrones de fermentación ruminal. Por lo tanto, cuatro novillos fistulados de rumen (700 kg \pm 100) fueron alimentados con cuatro dietas experimentales; T1: 15% heno de alfalfa, 15% heno de avena, 20% harinolina, 47% maíz rolado, 1% mezcla mineral, 2% bicarbonato; T2, T3 y T4 se le adicionó al T1 20, 40 y 60 g del precursor glucogénico, respectivamente. Cuatro periodos experimentales de 11 d fueron desarrollados. Aproximadamente 100 ml de líquido ruminal fue recolectado en cada uno de los cuatro periodos experimentales, a los cuales se le midió pH. Alícuotas de 10 ml de líquido ruminal se congelaron para su posterior análisis de AGV y N-NH₃. Las concentraciones de AGV, amoníaco y pH ruminal fueron analizadas con un cuadrado latino con arreglo factorial 4x4. La interacción tratamiento por tiempo de muestreo fue significativa para la concentración de AGVT y N-NH₃ (P<0.05). La concentración de AGVT se incrementó con la adición del sustrato glucogénico a las 4h, mientras que la concentración de N-NH₃ fue superior en T2 comparado con T1. Por lo tanto, se concluye que la adición del precursor glucogénico mejora los parámetros de fermentación ruminal.

Palabras clave: ácidos grasos volátiles, amoníaco, acetato, propionato.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 155-159.

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



INTRODUCCIÓN

El empleo de aditivos alimenticios es una estrategia que se utiliza con el objetivo de incrementar la eficiencia en el rendimiento productivo de bovinos en corral de engorda. Tradicionalmente, los principales aditivos alimenticios que utilizan en dietas para ganado bovino en engorda intensiva son los cultivos de levaduras, ionóforos y enzimas fibrolíticas (Muriillo *et al.*, 2001). Recientemente, el uso de precursores glucogénicos en la nutrición animal ha tomado auge. En el caso particular de los rumiantes, los precursores glucogénicos influyen en la dinámica de fermentación, debido a los cambios en los metabolitos intermediarios requeridos en el metabolismo oxidativo, los cuales afectan positivamente el empleo de la energía (Mulliniks *et al.*, 2011). El uso de precursores glucogénicos es una de las alternativas alimenticias para controlar la fermentación ruminal en las dietas de rumiantes que contribuyen a la suplementación de niveles adicionales de energía más cercanos a los requeridos por los animales de alta producción y como consecuencia mejoran la utilización de la energía digestible de la dieta (Hess *et al.*, 2008). De algunos estudios se desprende que la adición de precursores glucogénicos a la dieta de bovinos incrementa el rendimiento productivo, así como las concentraciones ruminales de propionato, pero disminuye las concentraciones de acetato y nitrógeno amoniacal (Sánchez *et al.*, 2014; Madoka *et al.*, 1994). Actualmente, se oferta en el mercado de la nutrición animal un sustrato glucogénico elaborado a base de 1,2 propanodiol y propionato de calcio el cual de acuerdo con las especificaciones técnicas y biológicas del producto podría mejorar el rendimiento productivo y los parámetros de fermentación ruminal de ganado bovino en corral de engorda. Hasta la fecha, la información científica entorno a la influencia del 1,2 propanodiol en combinación con propionato de calcio es incipiente, por lo que su estudio en los diferentes sistemas pecuarios de producción es relevante, vigente y pertinente. El objetivo fue evaluar el efecto de la adición de un precursor glucogénico a la dieta de becerros en corral de engorda en el comportamiento productivo y los patrones de fermentación ruminal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La prueba de fermentación ruminal se realizó en el área metabólica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez de Durango, México. Ambos sitios de trabajo se ubican sobre la carretera

Durango-Mezquital a una altitud de 1890 m, con temperaturas promedio de 31 °C durante los meses de mayo y junio y de 1.7 °C en el mes de enero. La precipitación media anual es de 450 mm (INEGI, 2004).

Dietas y tratamientos experimentales

Las dietas experimentales fueron isonitrogenadas e isoenergéticas y se formularon de acuerdo a los requerimientos para bovinos de carne en crecimiento propuestos por la NRC (2000). La composición de las dietas y su perfil nutricional se muestra en el Cuadro 1. Los tratamientos evaluados consistieron en cuatro niveles de un precursor glucogénico comercial (0, 20, 40 y 60 g a/d). La cantidad de precursor glucogénico se mezcló con los ingredientes de las dietas. Las dietas se proporcionaron a los animales en dos horarios 7:00 h y 19:00 h. El consumo de cada dieta se restringió al 2.8 % del peso vivo de los animales.

Prueba de fermentación ruminal

En esta prueba se utilizaron cuatro novillos fistulados de rumen con un peso promedio de 700 kg \pm 100, los cuales se alojaron en corraletas individuales de 6×16 m provistas de bebederos y comederos individuales. Antes de iniciar la prueba, los novillos fueron vacunados, desparasitados y vitaminados. En esta prueba, se evaluaron las mismas dietas que se utilizaron en la prueba de comportamiento productivo y fueron proporcionadas dos veces al día (8:00 y 15:00 h).

Periodos experimentales y obtención de muestras

Se utilizaron periodos experimentales de 11 días de los cuales, 10 días fueron para la adaptación a las dietas experimentales y un solo día para la obtención de muestras de líquido ruminal. Durante la toma de muestras y antes de proporcionar la dieta de la mañana, se extrajeron muestras de líquido ruminal a las cuales de inmediato se les midió el pH. Enseguida, después de proporcionar la porción de la dieta de la mañana se tomaron muestras de líquido ruminal a las 4, 8 y 12. El líquido ruminal obtenido, se filtró y luego se dividió en dos sub muestras de 10 mL. La primera de ellas fue acidificada con 0.3 mL H₂SO₄ al 50% y la segunda con 2.5 mL de H₃PO₄ para determinar nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y ácidos grasos volátiles (AGV), respectivamente (Galyean, 1997). El amoniacal se midió en un espectrofotómetro de UV-VIS a 390 nm, mientras que los AGV se obtuvieron mediante cromatografía de gases en un equipo Agilent Technologies 6890 N.

Cuadro 1. Composición de las dietas y tratamientos experimentales.

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Heno de alfalfa (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
Heno de avena (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
Harinolina (%)	20.0	20.0	20.0	20.0
Maíz rolado (%)	47.0	47.0	47.0	47.0
Mezcla mineral (%)	1.0	1.0	1.0	1.0
Carbonato de calcio (%)	2.0	2.0	2.0	2.0
Rumensin (g) ^a	2	2	2	2
Precursor glucogénico (g/a/d) ^b	0	20	40	60
Composición Nutricional (BS)^c				
ENm (Mcal kg ⁻¹)	1.79	1.79	1.79	1.79
ENg (Mcal kg ⁻¹)	1.12	1.12	1.12	1.12
TND (%)	80.0	80.0	80.0	80.0
PC (%)	17.2	17.2	17.2	17.2
EE (%)	3.0	3.0	3.0	3.0
FDN (%)	25.5	25.5	25.5	25.5
Ca (%)	1.18	1.18	1.18	1.18
P (%)	0.45	0.45	0.45	0.45

^a Monensina adicionada en 2 g a/d/d.

^b Precursor glucogénico.

^c Valores tabulares generados con el programa NRC (2000).

Análisis estadístico

Las variables de fermentación ruminal fueron analizadas con un diseño de cuadrado latino con un arreglo factorial 4×4. Los factores evaluados fueron los niveles de precursor glucogénico (tratamientos) y los tiempos de muestreo de líquido ruminal. El modelo incluyó los efectos de tratamiento, tiempos de muestreo y la interacción entre ambos. Como efecto aleatorio se consideró el animal anidado dentro del tratamiento. En ambos diseños se utilizó el procedimiento MIXED de SAS (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba de fermentación ruminal

El Cuadro 2 muestra las concentraciones ruminales de

nitrógeno amoniacal obtenidas con los niveles de precursor glucogénico. La interacción tratamiento por tiempo de muestreo fue significativa para la concentración de N-NH₃ en el rumen (P<0.05). En el T1 y T3 se presentaron las mayores concentraciones de N-NH₃ a las 0 y 12 h de muestreo, con un aumento de 26.11% y 84.33% con respecto a T1, respectivamente. Este efecto podría atribuirse a la adición de precursor glucogénico a la dieta al propiciar un mayor reciclaje de urea proveniente de la desaminación de los aminoácidos absorbidos (Sutan et al. 1992). De hecho, la revisión de Kennedy et al. (1980) correlaciona las concentraciones de aminoácidos con la concentración de urea en el plasma y esta a su vez, con un mayor intercambio de N-NH₃ hacia el rumen. También se menciona que el aumento en las concentraciones de N-NH₃, se relacionan con la actividad proteolítica de las bacterias ruminales tales como *Prevotella ruminicola* (Schelling, 1984). De tal manera que, en este estudio

las concentraciones de N-NH₃ registradas a las 0 y 12 h presentaron niveles adecuados mayores a 5 mg/dl lo que permite garantizar la síntesis de proteína microbiana. Además, se observó una disminución en las concentraciones de N-NH₃ a las 4 y 8 h de muestreo. Este comportamiento es igual al que registraron Ghorbani et al. (2002) quienes suplementaron con un precursor glucogénico. Por el contrario, Lehloennya et al. (2008) reportaron 4.8 mg dl⁻¹ de N-NH₃ a las 8 h de muestreo en novillos suplementados con la propionibacteria P169. A su vez, Khorrami et al. (2015) registraron una disminución en la concentración de de N-NH₃ (16.4 mg dl⁻¹) con respecto a la dieta control al incluir monensina en la dieta de becerros.

Cuadro 2. Medias mínimas cuadráticas de las concentraciones de nitrógeno amoniacal en novillos suplementados con un precursor glucogénico.

Tiempo; h	T1	T2	T3	T4	Media	EE	P<
N-NH ₃ ; mg/dl							
0	10.76 ^b	13.57 ^a	7.42 ^b	11.51 ^b	5.55	21.5	<0.05
4	2.19 ^a	2.04 ^a	3.14 ^a	2.42 ^a	6.43	21.5	>0.05
8	3.74 ^a	2.59 ^a	2.75 ^a	4.95 ^a	5.86	21.5	>0.05
12	5.49 ^b	7.52 ^b	10.12 ^a	9.56 ^b	7.11	21.5	<0.05

^{ab}Medias dentro de las hileras con distinta literal son diferentes (P<0.05).

En el Cuadro 3 se indican las concentraciones ruminales de ácidos grasos volátiles totales obtenidas con los niveles de precursor glucogénico. La interacción tratamiento por tiempo de muestreo fue significativa para la concentración ruminal de AGVT ($P < 0.05$). La concentración de AGVT disminuyó 50.19% a las 4 h de muestreo en T1 con respecto a T2. Así mismo, con 40 g del precursor glucogénico disminuyó 49.68%. En todos los tratamientos, la mayor concentración de AGVT se registró a las 4 h post alimentación, lo cual coincide con Bonner (1974) quien encontró la mayor concentración de AGV en

el rumen después de que transcurrieron de 3 a 6 horas después de la primera alimentación de la mañana.

Cuando la concentración total de ácidos grasos volátiles en el líquido ruminal es reducida, significa que el animal realizó bajos consumos de energía digestible. Si el nivel de amoníaco es también bajo, el consumo de proteínas o el aporte de proteínas degradables de la ración fueron inadecuados. Pedroso (2008) reporta un índice de AGVT de 107 ± 32.6 mM para que se desarrolle una actividad ruminal normal en bovinos cuando la dieta es base de ensilados. En este

estudio, los valores de AGVT a las 4 h post alimentación fueron mayores a la cantidad antes mencionada. En el Cuadro 4 se muestran las concentraciones individuales de ácidos grasos volátiles en novillos suplementados con un precursor glucogénico. La interacción tratamiento por tiempo de muestreo fue significativa para las concentraciones ruminales de acetato, propionato y butirato ($P < 0.05$). Con la adición de 20 g (T2) a la dieta, se obtuvieron las mayores concentraciones ruminales de acetato en todos los tiempos de muestreo (excepto a las 12 h); en tanto las mayores concentraciones ruminales de acetato se registraron

Cuadro 3. Medias mínimas cuadráticas de la concentración ruminal de ácidos grasos volátiles en novillos suplementados con un precursor glucogénico.

Tiempo (h)	T1	T2	T3	T4	Media	EE	P<
AGVT (mM)							
0	76.95 ^a	103.84 ^a	89.43 ^a	94.64 ^a	87.73	10.50	<.0001
4	105.72 ^b	158.79 ^a	123.18 ^a	136.18 ^a	113.99	10.50	<.0001
8	77.66 ^a	96.20 ^a	106.78 ^a	92.93 ^a	113.75	10.50	<.0001
12	90.59 ^b	97.10 ^b	135.60 ^a	101.88 ^b	106.41	10.50	<.0001

^{ab} Medias dentro de las hileras con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 4. Medias mínimas cuadráticas de las concentraciones individuales de ácidos grasos volátiles en novillos suplementados con un precursor glucogénico.

Tiempo (h)	T1	T2	T3	T4	Media	EE	P<
Acetato (mol 100 ⁻¹ moles)							
0	44.13 ^b	65.66 ^a	51.76 ^b	58.30 ^b	54.24	5.6	<0.0025
4	67.34 ^b	86.02 ^a	74.34 ^b	82.63 ^b	77.58	5.6	<0.0025
8	48.76 ^a	61.32 ^a	61.45 ^a	56.60 ^a	65.49	5.6	<0.0025
12	56.74 ^b	60.73 ^b	74.42 ^a	66.69 ^b	66.06	5.6	<0.0025
Propionato (mol 100 ⁻¹ moles)							
0	27.42 ^a	32.02 ^a	35.16 ^a	30.65 ^a	28.64	5.85	<.0001
4	33.03 ^b	55.12 ^a	43.18 ^b	47.66 ^b	36.76	5.85	<.0001
8	24.45 ^b	28.94 ^b	41.62 ^a	31.22 ^b	43.50	5.85	<.0001
12	29.67 ^b	30.97 ^b	54.04 ^a	32.18 ^b	35.43	5.85	<.0001
Butirato (mol 100 ⁻¹ moles)							
0	5.39 ^a	6.15 ^a	2.51 ^b	5.68 ^a	4.83	0.87	<.0001
4	5.33 ^b	10.39 ^a	5.64 ^b	5.87 ^b	6.96	0.87	<.0001
8	4.44 ^a	5.93 ^a	3.70 ^a	5.10 ^a	4.74	0.87	<.0001
12	4.17 ^b	5.39 ^b	7.13 ^a	2.99 ^b	4.91	0.87	<.0001

^{ab} Medias dentro de las hileras con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

a las 4 h de tiempo de muestreo en todos los tratamientos ($P < 0.05$).

Las concentraciones ruminales de propionato se incrementaron 66.87% a las 4 h de tiempo de muestreo con la adición de 20 g del precursor glucogénico (T2) a la dieta y 70.2 y 82.1% a las 8 y 12 h de tiempo de muestreo en T3, respectivamente ($P < 0.05$). Las concentraciones ruminales de butirato disminuyeron en 114.7% a las 0 h de tiempo de muestreo en T3 con respecto a T1. Contrariamente, con la adición a la dieta de 20 y 40 g de precursor glucogénico, las concentraciones ruminales de butirato aumentaron 94.9% y 70.9% a las 4 y 12 h, respectivamente. Resultados similares a los de este estudio fueron reportados por Ghorbani *et al.* (2002), quienes registraron una disminución en la concentración de acetato en ganado de carne suplementado con propinobacterium (55.9mMol/100 moles). De la misma manera, Sánchez *et al.* (2014) detectaron una disminución en la concentración de acetato y un incremento en el propionato en ganado alimentado a base de forraje de baja calidad y suplementado con propinobacterium ácido propionico. Esta disminución se observa cuando se adicionan concentrados a las raciones a base de forraje, la cual es compensada con un aumento en las concentraciones ruminales de propionato o de butirato. Regularmente, la tasa de producción de propionato y otros AGV está directamente relacionada con el consumo de sustratos fermentables de la dieta lo que favorece la síntesis de propionato a partir de la fermentación microbiana por las bacterias amilolíticas (Van Soest, 1994).

CONCLUSIONES

La suplementación con el precursor glucogénico incrementó la concentración de propionato y de N-NH₃ ruminal, mejorando el desempeño animal y las características de fermentación ruminal.

LITERATURA CITADA

- Bonner F.T., Rudolf P.O. 1974. Ziziphus Mill. Jujube. In Seeds of woody plants in the United States. Agriculture Handbook N° 450. Schopmeyer C.S Technical Coordinator. Forest Service, United States Department of Agriculture, Washington, D.C.: 862-863.
- Corona L.S., Rodríguez R., Ware A., Zinn R.A. 2005. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled, and steam flaked corn on digestion and growth performance in feed lot cattle. Prof Anim Sci. 21:200-206.
- Galyean M. 1997. Techniques and Procedures in Animal Nutrition Research. Texas Tech University.
- Ghorbani G.R., Morgavi D.P., Beauchemin K.A., Leedle J.A.Z. 2002. Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal fermentation, blood variables, and the microbial populations of feedlot cattle. J. anim. Sci. 80:1977-1986.
- Hess B.W., Moss G.E., Hule D.C. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. J. Anim. Sci. 86:188-204.
- INEGI. 2004. Cuaderno Estadístico Municipal, Durango. Estado de Durango. México.
- Kennedy P.M., Milligan L.P. 1980. The degradation and utilization of endogenous urea in the gastrointestinal tract of ruminants. Canadian J. Anim. Sci., 60:205-114.
- Khorrami B., Vakili A.R., Danesh M., Klevenhusen F. 2015. Thyme and cinnamon essential oils: Potential alternatives for monensin as a rumen modifier in beef production systems. Anim. Feed Sci. and Technol. 200:8-16.
- Madoka S., Yoshiaki O.B., Susumu M. 1994. Effects on Nitrogen Kinetics in Sheep of the Supplementation of Sodium Propionate and Sodium Acetate to the Diet. Anim. Sci. Technol. 65:7:593-601.
- Mulliniks J.T. Kemp M.E., Cox S.H., Hawkins D.E., Cibilis A.T. 2011. The effect of increasing amount of glucogenic precursors on reproductive performance in young post partum range cows. J. Anim. Sci. 89:9:2932-2943.
- Murillo O.M., Cervantes J., Castro H.L., Sánchez F., Vázquez M.S., Zinn R. 2001. Efecto de Fibrozyme sobre la digestión ruminal y flujo post ruminal de la fracción fibra en dietas de bovinos de carne. En: Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal. Alltech (ed) V VIII. p 49.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition, 1996. National Academy Press. Washington, D.C.
- Pedroso A., Nussio D.L.G., Santana D.R., Paziani L.S.F., Ribeiro J.L., Mari L.J., Zopollatto M., Schmidt P., Soares W.R., Horii, J. 2008. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. Sci. Agric. 65(6):589-594.
- Sanchez P.H., Tracey L.N., Browne-Silva J., Lodge-Ivey S.L. 2014. Propionibacterium acidipropionici P169 and glucogenic precursors improve rumen fermentation of low-quality forage in beef cattle. J. Anim. Sci. 92:1738-1746.
- SAS. 2003. SAS User's Guide (Release 9.1): SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Schelling G.T. 1984. Monensin mode of action in the rumen. J. Anim. Sci. 58: 1518-1527. 1984.
- Scott T.L. Milton C.T., Erickson G.E., Klopfenstein T.J., Stock R.A. 2003. Corn processing method in finishing diets containing wet corn gluten feed. J. Anim. Sci. 81:12:3182-3190.
- Sultan J. I., Loerch S.C. 1992. Effects of protein and energy supplementation of wheat straw-based diet on site of nutrient digestion and nitrogen metabolism of lambs. J. Anim. Sci., 70:2228-2234.
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1994. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J.Dairy.Sci.74:3583-3597.

TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LOS PRODUCTORES POBRES DE MÉXICO EN EL MARCO DEL NUEVO EXTENSIONISMO RURAL

APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR POOR PRODUCERS IN MEXICO WITHIN THE NEW RURAL EXTENSION MODEL

Bustos-Contreras, D.E.^{1*}; Téliz-Triujeque R.¹; Tapia-Naranjo, C.A.¹; Contreras-Contreras, E.A.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Av Pasteur Sur 414-1° piso, Col. Valle Alameda, 76040 Querétaro, México.

*Autor de correspondencia: bustos.diana@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Appropriate technology is completely in agreement with new extension work, mandatory concept in the work with strata one and two of producers, the poorest and most numerous in Mexico. Increasing their production and also contributing to reach the goals of food security is possible, but it is a challenge that implies an interinstitutional and interdisciplinary effort of high complexity, since it is necessary to understand it from the causes that explain poverty in order to later suggest better strategies for their approach. In this study, some criteria are defined for the identification and selection of appropriate technologies and study cases are reported as well as their follow-up for those strata, in the state of Querétaro, Mexico.

Keywords: technology, rural producers, new extension work.

RESUMEN

La tecnología apropiada es totalmente acorde con el nuevo extensionismo, concepto obligado en el trabajo con los Estratos uno y dos de productores, los más pobres y numerosos de México. Incrementar su producción y además aportar para alcanzar las metas de seguridad alimentaria es posible, pero es un reto que implica un esfuerzo interinstitucional e interdisciplinario de alta complejidad, ya que es necesario entender desde las causas que explican la pobreza para después proponer mejores estrategias para su abordaje. En este trabajo, se definen algunos criterios para la identificación y elección de tecnologías apropiadas y para dichos estratos, se reportan estudios de caso y su seguimiento en el estado de Querétaro, México.

Palabras clave: tecnología, productores rurales, nuevo extensionismo

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 161-167.

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



INTRODUCCIÓN

A los productores pobres, se les ha asignado la tarea de producir excedentes para aportar a la seguridad alimentaria del país; por lo que han sido objeto de atención por el gobierno en los últimos años. En el 2012, México se incorporó al Programa Estratégico de Seguridad Alimentaria (PESA) y sigue vigente. Actualmente, de 5'325,223 Unidades Económicas Rurales (UER), el 22.4% son de subsistencia sin vinculación al mercado, mientras que el 50.6% son de subsistencia con incipiente participación en el mercado (FAO-SAGARPA, 2012). Predomina el minifundio y la baja escala productiva, ya que 72.6% de las UER son menores a 5 ha, lo que provoca baja productividad y rentabilidad. Además, el 74% de la superficie agrícola se cultiva bajo condiciones de temporal, con suelos poco profundos y pobres en materia orgánica lo que aumenta el riesgo de siniestro y dificulta el acceso a los servicios de financiamiento y seguro agrícola y la incorporación de innovaciones tecnológicas.

El reto de aumentar la producción en dichas condiciones implica intervenir en la restauración de los recursos productivos, en el reconocimiento de realidades, tales como las estrategias de sobrevivencia y de manejo del riesgo de los campesinos pobres, la feminización del campo, la "descampesinización", la organización para el manejo de recursos comunales, la degradación de los recursos naturales, el impacto de los efectos de la decadencia social. En este contexto, cobra relevancia el concepto de tecnologías apropiadas, como una herramienta para la incorporación de los estratos de productores pobres a la producción de excedentes de alimentos más allá de la producción para la subsistencia. Este documento tiene como objetivo discutir el concepto de tecnologías apropiadas como una herramienta viable para el incremento de la producción en los sistemas agropecuarios pobres en el marco del nuevo extensionismo.

El nuevo extensionismo

El "Nuevo Extensionismo" connota una integración de la agricultura con una visión de mercado mediante "cadenas de valor" donde la labor del extensionista además de atender el eslabón primario, deberá ser un promotor y gestor de la producción orientada por el mercado para atender las demandas de los consumidores y abonar a la seguridad alimentaria del país. 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). Para lograr lo anterior el Programa Sectorial propone "Impulsar la innovación, el desarrollo tecnológico aplicado y la asistencia técnica con un nuevo extensionismo". En este marco sobresalen dos líneas de acción: **Impulsar la productividad** en el sector mediante inversión en capital físico, humano y tecnológico que garantice la seguridad alimentaria", orientando la investigación y el desarrollo tecnológico a generar innovaciones aplicadas que eleven la productividad y competitividad y mediante el desarrollo de capacidades productivas con visión empresarial de las y los pequeños productores; y 2) **Impulsar modelos de asociación** que generen economías de escala y mayor valor agregado en el sector agroalimentario. Se deduce "que los pequeños y medianos propietarios eleven su

producción y mejoren sus ingresos a través de esquemas de asociación, empresas integradoras o la agricultura por contrato". Esto implica promover el uso de "innovaciones aplicadas que eleven la productividad y competitividad", así como "desarrollar las capacidades productivas con visión empresarial de las y los pequeños productores".

En este marco de políticas públicas, el Nuevo Extensionismo propone: Satisfacer las demandas de mayor productividad y planeación que se requiere para sincronizar la oferta y la demanda de los productos agropecuarios. Preparar a los productores para definir el tipo de cultivo o actividad que sea más rentable acorde a las condiciones de suelo, agua y ubicación que tengan disponibles, y comercializar en mejores circunstancias.

La meta del nuevo extensionismo es contribuir a transformar al campesino en agricultor mediante un esquema que destierre del campo la visión del autoconsumo y la subsistencia. Esto implica una estrategia de intervención que tome en cuenta los valores, la cultura y las prioridades de los pequeños productores, lo que exige a quienes intervienen, actitudes y conocimientos que faciliten inducir la innovación mediante el diseño e impulso de tecnologías apropiadas. Más allá del asistencialismo social, la participación que se da a los productores pobres para producir excedentes para el mercado, amerita la revisión del concepto de tecnología apropiada.

¿Qué se entiende por tecnología apropiada?

El concepto de tecnología apropiada surge en los años setenta (Schumacher, 1990) y se basa en tres

principios: a) la importancia de los conocimientos de la población rural; b) la participación de la población para desarrollar una tecnología realmente apropiada a sus necesidades, con enfoque participativo; y c) la sostenibilidad del medio ambiente.

Las tecnologías apropiadas son flexibles por lo que pueden adaptarse a diferentes contextos socioculturales, lugares y circunstancias cambiantes sin dañar el medio ambiente (ARQHYS, 2012; Eade y Williams, 1995; FUNDESYRAM, 2011). “La tecnología verdaderamente adecuada es la que la gente puede usar para su propio beneficio y el de su comunidad, la que no los hace dependientes de sistemas sobre los que no tienen control” (Turner, 1972).

Méndez-Fajardo *et al.* (2011), definen apropiar como “acomodar o aplicar con propiedad las circunstancias o moralidad de un suceso al caso de que se trata”, condición que se busca bajo el concepto de tecnología apropiada. Este concepto, unido al de transferencia – compartir, intercambiar, comunicar– de tecnología –saber hacer– (CETEP, 2006), en sus dimensiones cultural, política y técnica, se considera relevante para lograr la verdadera transferencia y apropiación. De acuerdo a Belcredi *et al.* (2011) y Masera (1986) lo importante para generar un tipo de tecnología que realmente represente una alternativa para las familias no son únicamente las características técnicas de las innovaciones sino también el proceso por medio del cual una población adopta y se apropia de dicha tecnología.

¿Para quién son las tecnologías apropiadas?

Los productores con menos disponibilidad de recursos económicos y ambientales, y cuya prioridad es garantizar el abasto familiar de alimentos, son quienes inspiran este concepto, ya que su pobreza se explica por tener todo en contra; es así que las visiones y estrategias convencionales que pretenden promover el desarrollo no logran los resultados esperados con los productores pobres. La racionalidad de los productores pobres no coincide con la visión economicista de los modelos productivistas. En este contexto ideológico el concepto de tecnologías apropiadas va en contrasentido y por eso hay que analizarlo y tenerlo presente como alternativa.

Para el presente trabajo se hace referencia al Estrato 1 (E1), al que se le denomina “Familiar de Subsistencia sin vinculación al mercado” y al Estrato 2 (E2) “Familiar de subsistencia con incipiente vinculación al mercado”. La

problemática principal en ambos estratos es la pobreza, dada por la baja productividad de las actividades agropecuarias, bajo desarrollo y aprovechamiento de actividades económicas no agropecuarias y bajos niveles de educación, factores que dificultan el emprendimiento de actividades que contribuyan a mejorar el ingreso para lograr un desarrollo integral de las familias (FAO-SAGARPA, 2012). En este contexto, la estratificación de unidades de producción realizada por la FAO en colaboración con SAGARPA (2012), clasifica a las unidades económicas rurales (UER) en seis estratos. A la fecha esta tipología es la que sirve como base para la implementación de los programas sectoriales de SAGARPA. La variable utilizada fue el ingreso por ventas, a partir de lo cual las UER se clasificaron en dos bloques; el primero agrupa a aquellas cuyo ingreso por venta es igual a cero (que constituyó el Estrato 1, son los productores de autoconsumo), y el segundo agrupa a aquellas cuyo ingreso por venta es mayor que cero (Estratos 2, 3, 4, 5 y 6).

Abordar el extensionismo por los investigadores en agronomía desde una perspectiva social, exige poner en juego su creatividad para identificar problemas, plantear soluciones, revisar métodos y conceptos alternativos tales como la investigación en la acción, procesos participativos, tecnologías apropiadas con enfoques de sustentabilidad.

Sumados a otras instituciones de fomento y actores clave, interactuando con profesionistas de diferentes especialidades y con técnicos capaces de masificar las experiencias y recomendaciones, la intervención con productores pobres ha tenido como objetivo incrementar la producción y productividad, lo que obliga a los investigadores a insistir en la precisión del diagnóstico para trabajar con los estratos de productores 1 (E1) y 2 (E2) (FAO-SAGARPA, 2012).

Para los productores de los estratos E1 y E2, respectivamente, la tecnología está muy abajo en sus prioridades, antes está resolver los problemas de escasez de agua, salud, alimentación de la familia y del ganado, nutrición, educación, transporte, religión. Así que el término tecnología como tal, es poco comprensible para ellos. La deducción de que la tecnología es la alternativa de solución a los problemas técnicos de este tipo de productores es de los investigadores. Generar alternativas de solución a la baja producción y productividad agropecuaria y forestal, empieza por tomar posición y tener claro que la intervención es para lograr que los pobres se auto ayu-



Figura 1. Construcción de infraestructura para captación de agua.

den y el uso de las tecnologías apropiadas (Shumacher 1990) es una forma de iniciar el proceso (Bustos, 2003).

A continuación, se presentan algunas experiencias orientadas a estratos de productores pobres, en las que, de manera interinstitucional, el INIFAP ha participado en Querétaro.

Captación de agua. En la reflexión conjunta de su problemática, productores del semiárido e investigadores, coinciden en que coadyuvar a su solución, es contar con una población bien alimentada porque se enferma menos, y lo que requieren para nutrirse es acceder a los alimentos en suficiente calidad, cantidad y oportunidad, para lo cual, es necesario asegurar la disponibilidad de agua. Se diseñó una estrategia de organización para que todos los habitantes de las comunidades rurales construyeran y mantuvieran infraestructura para captar y almacenar agua potable, de lluvia, de manantial, etcétera. Se rehabilitaron hoyas de agua en la Pastilla, municipio de Cadereyta, con financiamiento público (SEMARNAT), y así se pudo abreviar a las cabras, y se

redujo el índice de mortalidad hasta en un 50% (Álvarez, 2008) (Figura 1).

Huertos bio-intensivos. Se capacitó en la acción a los habitantes de comunidades del semidesierto queretano, de la Sierra Gorda y de la Sierra del municipio de Querétaro, en la construcción de cisternas de ferrocemento con el fin de captar agua de lluvia para sostener la producción de huertos biointensivos de traspatio, lo cual aseguró la diversidad y disponibilidad de alimentos para las familias y, a la vez, se disminuyó la contaminación porque surgió la necesidad y oportunidad de compostear y lombricompostear el estiércol del ganado para sostener la producción de traspatio intensiva hortícola de aves y conejos (Figura 2).

Nopal para forraje y verdura. La introducción de variedades mejoradas de nopal forrajero y de verdura (*Opuntia ficus-indica* L.) en la Sierra del municipio de Querétaro, ha permitido que los habitantes dispongan de alimentos cuatro días a la semana y, además, participar en el mercado con venta de mermeladas, golosinas, licores,



Figura 2. Construcción de cisternas de ferrocemento.



Figura 3. Producción de nopal (*Opuntia ficus-indica*) para comercio y autoconsumo

consumo y venta de nopal verdura, cladodios maduros o forraje (López, 2011) (Figura 3).

Cuando el principal problema reportado por los productores es que el 50% de su ganado muere en época de sequía y no hay suelo que permita cultivos agrícolas, no se dispone de agua para actividades productivas y no tienen liquidez financiera para comprar pacas de forraje, ni contratar transporte para llevarlas a sus comunidades, no tienen tierras apropiadas para cultivar forrajes, y no cuentan con agua para riego. Para estas condiciones se diseñó un sistema rústico de **producción de forraje verde hidropónico**, que no requiere suelo, y usa muy poca agua. Con 1 kg de trigo (*Triticum aestivum* L.) base seca y sólo agua se produjeron hasta 15 kg de forraje verde con calidad nutritiva similar a la alfalfa lo cual redujo la mortalidad de ganado caprino en un 50%, y pudieron supervivir hasta la llegada de las lluvias y con ello la disponibilidad de forrajes en los agostaderos (González, 2005) (Figura 4).

Mejoramiento de maíces criollos. El cultivo más importante en Querétaro por valor de la producción y por el

número de productores que lo cultivan, es el maíz (*Zea mays* L.) con 120 mil hectáreas anuales; poco más del 70% son de temporal y de éstas, cerca del 80% son de temporal deficiente y con altos riesgos de siniestro por sequía. Cultivan maíz cerca de 20 mil productores del Estrato 1 y 2, para quienes invertir en tecnología de patente es imposible. Se dispone para estos productores, de tecnología apropiada considerando el mejoramiento de maíces criollos, el uso de biofertilizantes, la práctica del "contreo" para captación de agua de lluvia *in situ* y la conservación de grano y semilla en silos herméticos, para lo que el INIFAP ha impartido teoría y prácticas en campo. La prioridad para este tipo de productores es asegurar el abasto familiar por lo cual estas tecnologías no sólo reducen los riesgos de producción, sino que también permiten generar excedentes para contribuir con la seguridad alimentaria. A fin de diseñar y transferir una tecnología apropiada se sugiere hacer los siguientes cuestionamientos.

1. ¿Se conocen los problemas, oportunidades y necesidades del productor?



Figura 4. Producción de forraje hidropónico.

2. ¿Se ha elaborado un diagnóstico del estado de los recursos naturales del entorno donde se ubica el sistema de producción (agua, suelo, clima, plagas, etc.)?
3. ¿Existe interés y capacidad económica del productor para invertir en su UER?
4. ¿Es la mejor opción que hay para resolver el problema?
5. ¿El productor conoce las alternativas y elige la que le ofrece el técnico?
6. ¿Lo usará efectivamente, entiende los principios de la tecnología y puede tomar decisiones sin el técnico?
7. ¿Es accesible para el productor y resuelve su problema?
8. ¿Qué impacto ambiental y riesgo para la salud tiene la innovación?
9. ¿El productor puede enseñar a usar la innovación a otros productores?
10. ¿La innovación es resultado de un proceso participativo?
11. ¿La innovación disminuye la dificultad de la tarea, lo pueden hacer otros miembros de la familia?

Cada intervención conlleva los valores, conocimientos, visión, objetivos y métodos del que interviene, existe el gran riesgo de juzgar anticipadamente, de descalificar lo que hacen y cómo manejan sus sistemas. Existen muchas de tecnologías disponibles a nivel mundial, con dinero se tiene acceso a las que resuelven de mejor manera la problemática; sin embargo, más del 70% de la población de México es muy pobre y lo que pueden producir no cubre las necesidades de las familias rurales y no pueden pensar en comercializar a menos que sea para urgencias de la misma. En este contexto, surge el concepto de tecnologías apropiadas, enfocadas a la transferencia de los conocimientos que promueven la independencia del mercado y la soberanía de los productores pobres.

Las tecnologías apropiadas se pueden generar, adaptar o transferir; y al no ser un negocio se vuelven humanitarias y coherentes con el medio ambiente sin ignorar o abstraerse de la economía, sólo que esta última no es lo más importante como es el caso de las tecnologías de patente.

Para comprender el concepto de tecnologías apropiadas es necesario entender conceptos alternos como investigación en la acción, procesos participativos trabajo

interdisciplinario, enfoques de análisis sistémicos, estudios de género, educación para adultos, enmarcados en una aproximación al desarrollo sustentable pero enfocados a generar una alternativa de desarrollo que rompa el agotado paradigma vigente. El concepto de tecnología apropiada cobra vigencia y relevancia creciente global en los últimos 20 años cuando paradójicamente a pesar del avance de la ciencia, predomina en el mundo la inseguridad alimentaria en especial en los países pobres. En México, el concepto se retoma a principios de los años ochenta cuando se incorporan a los estratos de productores más pobres al ser llamados a contribuir con la seguridad alimentaria a través del PESA y, posteriormente con mayor énfasis a través de otros componentes y programas productivos como el Desarrollo de Capacidades y Extensionismo Rural, Agricultura Familiar, Arráigate Joven, entre otros. No obstante, a pesar de la falta de políticas de investigación agronómica explícitas para desarrollo de tecnologías apropiadas, existen equipos de trabajo comprometidos con el desarrollo rural sustentable cuyo trabajo está encontrando una creciente aceptación ante la búsqueda por alcanzar la seguridad alimentaria del país.

LITERATURA CITADA

- Álvarez S.M.A. 2008. Propuesta participativa para la reconversión productiva caprina como un elemento para el manejo integral en microcuencas: caso microcuenca "La Culata", Querétaro. Tesis de Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro; noviembre de 2008.
- ARQHYS. 2012, 12. Tecnología apropiada. Revista ARQHYS.com. Obtenido abril, 2017, de <http://www.arqhys.com/articulos/apropiada-tecnologia.html>.
- Belcredi G., Davoine F., Ojeda M.G., García de Zúñiga G., Pigola P., Seoane M. 2011. Tecnologías apropiadas: ¿construcción social o sólo otro tipo de determinismo tecnológico? XI Congreso Iberoamericano de Extensión Universitaria. Santa Fe, Argentina.
- Bustos C.D. E., Espinosa G.J.A., Tapia N.C.A. 2003. Diagnóstico participativo en comunidades rurales del semiárido de Querétaro y Guanajuato. Publicación especial No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Querétaro.
- Centro para la Gestión Tecnológica Popular (CETEP). 2006. Transferencia de tecnología desde una orientación popular en el medio rural; Vinculación entre tecnología-desarrollo-extensión-calidad de vida-cultura local. Venezuela.
- Comisión Económica para América Latina (CEPAL). 1980. Economía Política de los sistemas alimentarios en América Latina, FAO. Santiago de Chile.
- Comisión del Plan Nacional Hidráulico y Comisión Económica para América Latina. 1981. Tipos de productores agropecuarios. CPNH y CEPAL. México.
- Corvera B. 2016. Autoconsumo alimentario en el sector rural de México, Tesis presentada para obtener el título de Ingeniero

- Agrónomo en Desarrollo Rural, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- DOF. 2013. Diario Oficial de la Federación Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018
- Eade D., Williams S. 1995: 501. Tecnología apropiada. The Oxfam Handbook of Development and Relief, Oxfam, Londres.
- FAO-SAGARPA. 2012. Diagnóstico del sector rural y pesquero en Mexico. <http://> Consultado en mayo 2017.
- Fundación para el desarrollo socioeconómico y restauración ambiental (FUNDESYRAM). 2011. Manual de tecnologías apropiadas. El Salvador.
- González E.L. 2005. Forrajes hidropónicos, rendimiento y calidad en el semidesierto queretano. Trabajo de Investigación para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista de la Universidad Autónoma de Querétaro, Qro. México
- López R., M.E. 2011. Propuesta de manejo de nopal (*Opuntia* spp.) en la microcuenca La Joya, Municipio de Querétaro. Tesis para obtener el título de MAESTRA EN GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS. Universidad Autónoma de Querétaro. Qro.
- Masera C.O. 1986. Tecnologías alternativas. Ciencias. Nov 1985-Ene 1986. p 52-57.
- Méndez-Fajardo S., Opazo M., Romero Y., Pérez B.C. 2011. Metodología para la apropiación de tecnologías de saneamiento básico en comunidades indígenas. Cuadernos de desarrollo rural, 8(66), 153-176.
- PROGRAMA Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2013. 13 de diciembre de 2013 DIARIO OFICIAL (Cuarta Sección).
- Schumacher E. F. 1990. Lo pequeño es hermoso, Hermann Blume Ediciones, Madrid (1ª ed. inglés, 1973).
- Turner J. 1972. Freedom to Build, dweller control of the housing process. New York: Macmillan.



“LACANDÓN”: NUEVO CLON DE CACAO CRIOLLO (*Theobroma cacao* L.) MEXICANO

“LACANDÓN”: NEW CLONE OF MEXICAN CREOLE CACAO (*Theobroma cacao* L.)

Avendaño-Arrazate, C.H.^{1*}; Cueto-Moreno, J.¹

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

*Autor de correspondencia: avendano.carlos@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Creole cacao (*Theobroma cacao* L.) is recognized for its high quality and for presenting grains with white cotyledons. The “Lacandón” clone is a Mexican Creole cacao, product of the clone selection from Creole variants from the genetic improvement program in Mexico, and it is characterized by presenting good yield, quality and renovation alternative for commercial plantations, particularly with the interest of obtaining higher quality for the gourmet chocolate industry. Among its attributes there is grain quality and adaptation to agroclimate conditions of the cultivation zones in Chiapas and Tabasco, Mexico.

Keywords: quality, chocolate, white almond Creoles.

RESUMEN

El cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) se reconoce por su alta calidad, y presentar granos con cotiledones blancos. El clon “Lacandón” un cacao criollo mexicano, producto de la selección de clones de variantes criollos del programa de mejoramiento genético en México, y se caracteriza por presentar buen rendimiento, calidad, por lo tanto representa una alternativa de renovación para las plantaciones comerciales, sobre todo, con interés de obtener calidad superior para la industria chocolatera gourmet. Dentro de sus atributos, están la calidad del grano y adaptación a condiciones agroclimáticas de zonas de cultivo de Chiapas y Tabasco, México.

Palabras clave: Calidad, chocolate, criollos de almendra blanca.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 169-171.

Recibido: mayo, 2018. **Aceptado:** julio, 2018.



INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) (Malvaceae) es un cultivo de gran importancia económica, al ser cultivado por más de dos millones de productores, en más de 50 países. En México se cultiva en Chiapas, Tabasco y Guerrero principalmente (Avenida-Arrazate *et al.*, 2011); el área establecida con cacao es de 61,397 ha con una producción a nivel nacional de 28,006 t para el año 2015; con un rendimiento promedio por hectárea de 470 kg y un valor de la producción de \$1,034,792,000 (SIAP, 2016). El cacao se cultivó exclusivamente en el continente americano hasta 1890, cuando se envió a África (Ogata, 2006); y en la actualidad, los países africanos obtienen los mayores volúmenes de producción. Las variantes de *T. cacao*, se han clasificado en los grupos morfogeográficos: **Forastero**, **Criollo** y **Trinitario** (Cheesman, 1944). Las poblaciones de cacao provenientes de la cuenca del Amazonas pertenecen al grupo Forastero, las cuales, a su vez, pueden ser subdivididas en grupo Forastero de la región superior del Amazonas y grupo Forastero de la región inferior del Amazonas. El grupo Criollo registra poblaciones desde Centro América hasta el Norte de Venezuela y Colombia, mientras que el grupo Trinitario se considera como un grupo de materiales híbridos entre Forastero y Criollo. El tipo Criollo se caracteriza por presentar un fruto con frecuencia alargado, con punta pronunciada, doblada y aguda. La superficie es generalmente rugosa, de color verde y frecuentemente con salpicaduras de rojo a púrpura, las almendras son grandes y de color blanco, de este material se obtiene el chocolate de la más alta calidad (Ogata, 2003). Además,

se trata de un caco muy aromático utilizado en la fabricación de chocolatería fina. El cacao criollo se conoce por su alta calidad, el cual presenta granos grandes de cotiledones blancos, que desarrollan una adecuada intensidad aromática durante el beneficio y torrefacción, debido al alto contenido de compuestos que originan a los precursores del aroma y sabor a chocolate. Sin embargo, estos materiales tienen bajo rendimiento y son susceptibles a enfermedades. Por estas razones, el cacao criollo ha sido desplazado por variedades más productivas y resistentes a enfermedades, pero de menor calidad (Avenida-Arrazate *et al.*, 2011). En México existe una amplia diversidad de cacaos criollos que aún no han sido explotados, debido principalmente al desconocimiento de su calidad, por falta de estudios sistemáticos (Avenida-Arrazate *et al.*, 2010). Algunos reportes indican que los genotipos predominantes son Forastero y Trinitario, y en menor porcentaje el tipo Criollo nativo (Avenida *et al.*, 2011). En Tabasco, México, la principal variante cultivada es el Forastero (conocida como Guayaquil), seguida del Trinitario (Ceylán) y el Criollo (González, 2005). La calidad aromática y los descriptores aromáticos están en función de la variante, su origen y los días de fermentación (Fraendorfer y Schieberle, 2008). En el programa de mejoramiento genético en cacao del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se realizan diferentes estrategias de mejoramiento (selección, hibridación, mutagénesis) resaltando la acción participativa de productores, con el fin de generar, o seleccionar materiales de cacao que respondan a las necesidades del consumidor, pro-

ductor e industria, tales como los clones de cacao de alto rendimiento, calidad y aroma.

El clon de cacao "**Lacandón**" es el producto de la selección de clones de variantes criollos que se caracterizan por presentar buen rendimiento y calidad. Este clon ha sido seleccionado y evaluado en la región del Soconusco, Chiapas, y se considera una alternativa de renovación para las plantaciones comerciales, sobre todo, con interés de obtener calidad superior del grano. Actualmente cuenta con el Título de Obtentor No. 1800 del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

Dentro de sus atributos, es la adaptación a condiciones agroclimáticas de zonas de cultivo de Chiapas y Tabasco; sin embargo, la respuesta en rendimiento es mayor en condiciones de riego. Se cuenta con un jardín clonal con capacidad para producir más de 6,000 yemas anuales. El método para conservar la identidad del clon "Lacandón", es mediante reproducción asexual utilizando yemas vegetativas. El tipo de injerto recomendado es el de parche. Rendimiento: El índice de mazorca es de 25 (mazorcas kg^{-1} de grano seco) y un índice de semilla de 1.36 g. El rendimiento estimado con una densidad de plantación de 1,111 plantas ha^{-1} , es de 500 kg de grano seco ha^{-1} .

Descripción del clon de cacao Lacandón

Hojas: Presenta hojas grandes (39.0 cm), coriáceas con la base del limbo obtusa y ápice apiculado, intensidad de color verde claro cuando joven y verde medio cuando alcanzan su madurez. **Flor:** Se caracteriza por una pigmentación antocianica del

pedicelo, ausente o débil y moderado en el sépalo. El color de la lígula es amarilla y en el estaminodio presenta pigmentación antocianica media. La longitud media del sépalo es de 6.36 mm y 1.89 mm de ancho promedio.

Fruto: Es ovado, con ápice agudo y sin constricción basal, con superficie moderadamente rugosa y profundidad media entre surcos, el color del fruto inmaduro es verde, y amarillo cuando madura. Pulpa de color blanco y dulzura media. Tiene en promedio 30 semillas por fruto, con una longitud media de 14.9 cm, 7.3 cm de diámetro, y 18.64 mm de grosor de la cáscara del fruto. **Semilla:** Es elíptica, el color del cotiledón es predominantemente blanco, con una longitud media de 22.5 mm, anchura de 14.0 mm y un grosor de 10.0 mm (Figura 1). Este clon registra valores medios de 50.64% de grasa y 1.32 de acidez.

LITERATURA CITADA

Avendaño-Arrazate C.H., Ogata-Aguilar N., Gallardo-Méndez R.A., Mendoza-López A., Aguirre-Medina J.F., Sandoval-Esquivez A. 2010. Cacao diversidad en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de

Investigación Regional Pácifico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. 86 p.

Avendaño-Arrazate C.H., Villarreal-Fuentes J.M., Campos-Rojas E., Gallardo-Méndez R.A., Mendoza-López A., Aguirre-Medina J.F., Sandoval-Esquivez A., Espinosa-Zaragoza S. 2011. Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo. 76 p.

Cheesman E.E. 1944. Notes on the Nomenclature, Classification and Possible Relationships of Cocoa Population. *Tropical Agriculture* 21:144-159.

Frauentorfer F., Schieberle P. 2008. Changes in Key Aroma Compounds of Criollo Cocoa Beans During Roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56:10244-10251.

González V. 2005. Cacao en México: Competitividad y medio ambiente con alianzas. INIFAP e IPRC para USAID: México

Ogata N. 2003. Domestication and distribution of the Chocolate tree (*T. cacao* L.) in Mexico. *In: Gómez-Pompa, A., M. Allen & S. Fedick (Eds.). Lowland Maya Area: Three millennia at the human-wildland interface.* Haworth Press. New York.

Ogata N., Gómez-Pompa A., Taube K. 2006. The Domestication of cacao in the Neotropics. *In: McNeil, C. L. (2006). Chocolate in Mesoamerica: A cultural history of Cacao.* University Press of Florida. SIAP. 2016. Sistema de Información Agrícola y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SIAP. 2016. Sistema de Información Agrícola y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

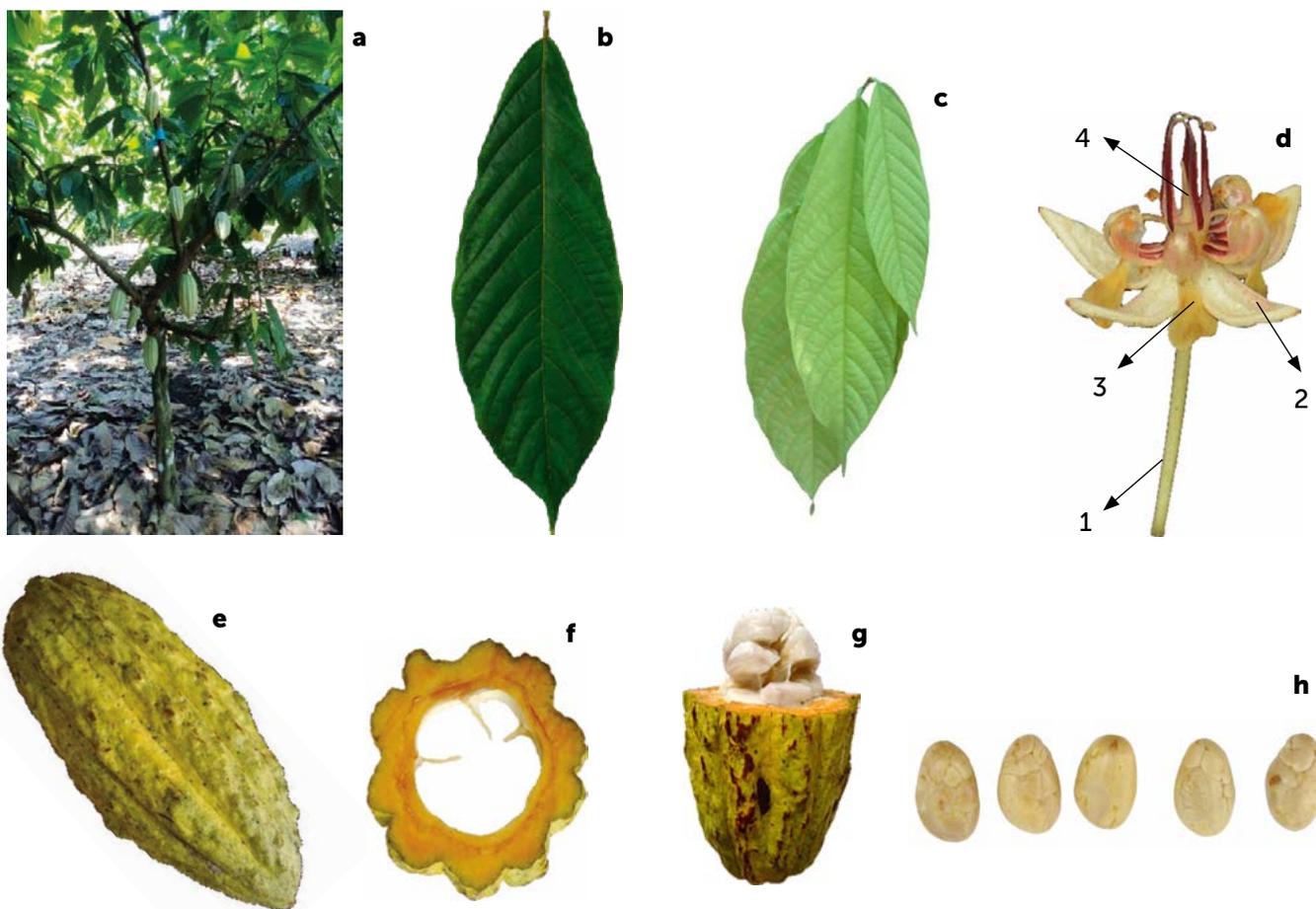


Figura 1. Características del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) "Lacandón". a) Planta de cacao; b) Hoja madura; c) Hoja joven; d) Flor. 1. Pedicelo. 2. Sépalo. 3. Lígula 4. Estaminodio; e) Fruto maduro; f) Exocarpo; g) Semillas con pulpa; h) Semillas.

“Regalo de Dios”: CLON DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TOLERANTE A *Moniliophthora roreri* Cif & Par, PARA LA RENOVACIÓN DE LAS ZONAS CACAOTERAS DE MÉXICO

“Regalo de Dios”: CACAO CLONE (*Theobroma cacao* L.) TOLERANT TO *Moniliophthora roreri* Cif & Par, FOR THE RENOVATION OF CACAO ZONES IN MEXICO

Avendaño-Arrazate, C.H.^{1*}; Guillén-Díaz, S.²; Hernández-Gómez, E.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rosario Izapa, km 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, México. ²Productor de cacao. Ejido Hidalgo, Tapachula, Chiapas, México.

*Autor de correspondencia: avendano.carlos@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Frosty pod rot disease, caused by *Moniliophthora roreri*, has been described by numerous researchers as the most severe disease in cacao plantations (*Theobroma cacao* L.), and it is the most destructive for crops in Latin America. The cacao clone, “Regalo de Dios”, is product of the selection from participative improvement in the improvement program for the species in Mexico, and it is characterized by its tolerance to frosty pod rot disease and good yield (100 % higher than the national average yield). Its design is directed at the renovation of cacao plantations in Chiapas where frosty pod rot disease has devastated production.

Keywords: chocolate, genetic improvement, frosty pod rot disease.

RESUMEN

La moniliasis causado por *Moniliophthora roreri*, es una enfermedad que ha sido descrita por numerosos investigadores como la más severa en las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), y es la enfermedad más destructiva del cultivo en América Latina. El clon de cacao “Regalo de Dios” es producto de la selección por mejoramiento participativo en el programa de mejoramiento de la especie en México, y se caracteriza por su tolerancia a la moniliasis y buen rendimiento (100 % superior al rendimiento promedio nacional). Su diseño está orientado a la renovación de las plantaciones de cacao en Chiapas donde la enfermedad de la moniliasis ha devastado la producción.

Palabras clave: Chocolate, mejoramiento genético, moniliasis.



Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 173-176.

Recibido: mayo, 2018. **Aceptado:** julio, 2018.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos de mejoramiento genético en cacao en el INIFAP, han permitido avanzar en el desarrollo de nuevos genotipos criollos de alta calidad y nuevas variedades con diferente grado de tolerancia a enfermedades, tales como la moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif & Par). Durante muchos años, uno de los principales proveedores de cacao al mundo fue México, debido a la alta calidad y los volúmenes de producción; para 2014 el rendimiento promedio de los principales estados productores (Tabasco y Chiapas) fue de 470 kg ha⁻¹ (SIAP, 2016), lo cual es un rendimiento bajo si se compara con países como Granada, Malasia, Madagascar e Indonesia quienes cosechan aproximadamente 1 t ha⁻¹, esta situación lo hacen ocupar el 13° lugar a nivel mundial.

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. En un estudio realizado a productores se registró que más del 40% de los entrevistados tienen plantaciones con más de 25 años de edad; sin embargo, se menciona que el porcentaje podría aumentar a 80 %. También, el comportamiento genético de los materiales unido a la edad, incide en los bajos rendimientos, ya que las variedades cultivadas en su mayoría son una mezcla de materiales no mejorados propagados por semilla, lo cual genera heterogeneidad en la producción. Otro factor son las bajas densidades de plantación y el daño acumulado de plagas (incluye enfermedades); principalmente la pudrición negra de la mazorca (*Phytophthora palmivora*), la muerte progresiva del árbol (*Ceratocystis fimbriata*) y recientemente el ingreso a México de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), que ha tenido un fuerte impacto en plantaciones del Soconusco, Chiapas, cuya disminución en el rendimiento es de 80%. Esta enfermedad ha sido descrita por numerosos investigadores como la más severa y destructiva del cultivo del cacao en América Latina (Phillips-Mora *et al.*, 2006; Phillips, 2003). Para su control, se recurre al uso de agroquímicos que contaminan el ambiente, la salud del productor y consumidor. Es por ello que la resistencia genética es una de las alternativas más viables y rentables para su control. Por lo anterior, en el programa de mejoramiento genético en cacao de México, se realizan diferentes estrategias de mejoramiento (selección, hibridación, mutagénesis y mejora-

Cuadro 1. Resultados de evaluaciones de las pruebas de resistencia genética en campo para *Moniliophthora roreri*.

Evaluación (número)	Frutos inoculados	Frutos muertos	Frutos resistentes	Frutos susceptibles
1	18	3	13	2
2	19	0	19	0
3	23	0	23	0
4	22	3	19	0
5	18	0	18	0
6	25	0	25	0
7	22	1	21	0
Total	147	7	138	2
%	100	4.76	93.87	1.36

miento participativo) con la finalidad de generar y seleccionar clones de cacao que respondan a las necesidades del consumidor, productor e industria, esto es, con alto rendimiento de grano seco, calidad, aroma y tolerancia a las principales enfermedades, tales como moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y mancha negra (*Phytophthora palmivora*).

El clon de cacao "Regalo de Dios" es el producto de la selección mediante la metodología de mejoramiento participativo, método a través del cual el productor Sr. Samuel Guillén Díaz y los investigadores del Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP, identificaron, seleccionaron, e inocularon artificialmente con el hongo causante de la moniliasis, con el fin de evaluar su tolerancia y hacer pruebas de interacción genotipo ambiente en la región del Soconusco, Chiapas. Como resultado de dicha evaluación se obtuvo la variedad de cacao "Regalo de Dios", que se caracteriza por su tolerancia a la moniliasis (Cuadro 1 y Figura 1) y buen rendimiento (100% superior al rendimiento promedio nacional). Por lo tanto,

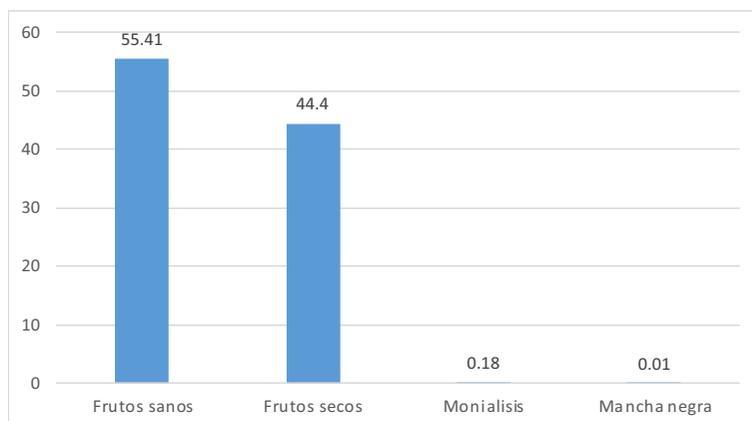


Figura 1. Porcentaje de incidencia natural de enfermedades (moniliasis y mancha negra) del clon de cacao Regalo de Dios.

dicho clon se considera una alternativa para renovar las plantaciones de cacao donde la enfermedad de la moniliasis ha devastado la producción.

Este clón de cacao cuenta con el Título de Obtentor No. 1799 del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

El clon de cacao "Regalo de Dios" se adapta a las zonas cacaoteras de México (Chiapas y Tabasco). La respuesta en rendimiento es mayor en condiciones de riego. Actualmente se cuenta con un jardín clonal con capacidad para producir más de 200,000 yemas anuales, para su propagación masiva en viveros comerciales. El método para conservar la identidad del clon de cacao 'Regalo de Dios', es en forma de planta viva mediante reproducción asexual utilizando yemas vegetativas. El tipo de injerto recomendado es el de parche.

Descripción del clon de cacao Regalo de Dios

Hojas: Presenta hojas grandes (42.35 cm), coriáceas con la base del limbo obtusa y ápice apiculado, color rojo claro cuando joven y verde medio cuando alcanzan su madurez. **Flor:** Presenta pigmentación antociánica del pedicelo moderada y débil en el sépalo. El color de la

lígula es amarilla y en el estaminodio presenta pigmentación antociánica débil. La longitud del sépalo es de 7.03 mm y de ancho 1.76 mm. **Fruto:** Es de forma elíptica, con ápice agudo y presenta una constricción basal débil, con superficie de lisa a ligeramente rugosa y ausente a muy poco profunda entre surcos. Mide 18.1 cm de longitud, 8.3 cm de diámetro y un grosor de cáscara de 12.06 mm. El color del fruto inmaduro es verde y amarillo verde cuando madura, con una pulpa color crema claro y dulzura fuerte. Tiene en promedio 34.8 semillas por fruto (Figura 2). **Semilla:** Es elíptica, y el color del cotiledón es rojo oscuro, con longitud de 20.87 mm, ancho de 11.76 mm y grosor de 8.93 mm. Este clon presenta 49.1% de grasa, 14.77% de proteína, 11.1 de fibra cruda, 3.89% de cenizas y 35.87 de carbohidratos totales. **Rendimiento:** El índice de mazorca es de 27 (mazorcas para obtener 1 kg de grano seco de cacao) y un índice de semilla de 1.1 g. El rendimiento estimado con una densidad de plantación de 1,111 plantas ha⁻¹ con 1,000 kg de grano seco ha⁻¹.

LITERATURA CITADA

Avendaño-Arrazate C.H., Villarreal-Fuentes J.M., Campos-Rojas E., Gallardo-Méndez R.A., Mendoza-López A., Aguirre-Medina J.F., Sandoval-Esquívez A., Espinosa-Zaragoza S. 2011. Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo. 76 p.

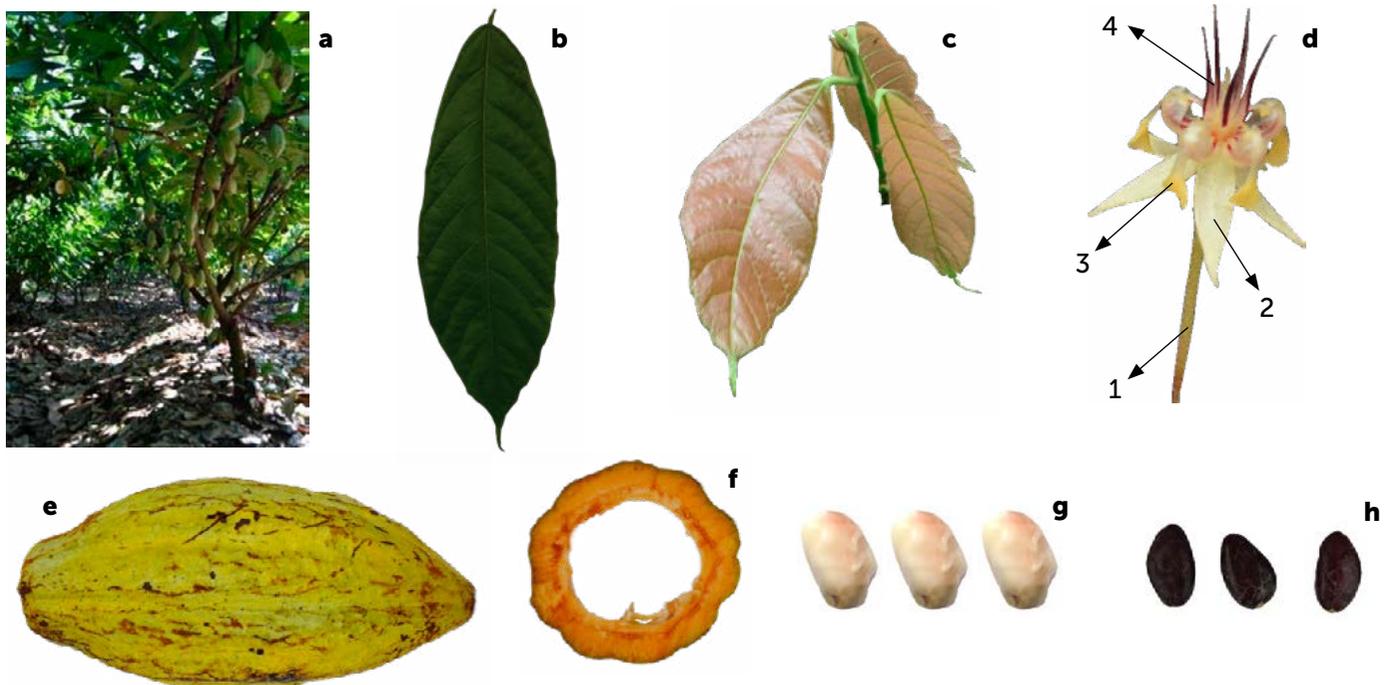


Figura 2. Características del clon de *Theobroma cacao* L. "Regalo de Dios". a) Planta de cacao; b) Hoja madura; c) Hoja joven; d) Flor. 1. Pedicelo. 2. Sépalo. 3. Lígula 4. Estaminodio; e) Fruto maduro; f) Exocarpo; g) Semillas con pulpa; h) Semillas.

- Hernández-Gómez E., Hernández-Morales J., Avendaño-Arrazate C.H., López-Guillen G., Garrido-Ramírez E.R., Romero-Nápoles J., Nava-Díaz C. 2015. Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33: 232-246.
- Ogata N., Gómez-Pompa A., Taube K. 2006. The Domestication of cacao in the Neotropics. *In*: McNeil, C. L. (2006). *Chocolate in Mesoamerica: A cultural history of Cacao*. University Press of Florida.
- Phillips M.W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Ph.D. Thesis. University of Reading, Reading, UK. 349 p.
- Phillips-Mora W. 2006. La moniliasis del cacao: un enemigo que podemos y debemos vencer. En: Taller regional andino de aplicación tecnológica en el cultivo de cacao. Quevedo, Ecuador. pp 21- 25.
- SIAP. 2016. Sistema de Información Agrícola y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.



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

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
www.colpos.mx

1ª. CONFERENCIA NACIONAL SOBRE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE FAUNA SILVESTRE

ANFIBIOS / REPTILES / AVES / MAMÍFEROS
AMENAZAS Y OPORTUNIDADES PARA LA BIODIVERSIDAD

Encuentro de Profesionistas, Manejadores,
Estudiantes y Público en General interesados en
el Manejo y Conservación de la Fauna Silvestre

**13-16
noviembre
de 2018**

Centro de Convenciones
San Luis Potosí

Unidad de Posgrados e
investigación
Universidad
Autónoma de
San Luis Potosí

INFORMES:

<http://www.conferenciafaunasilvestre.com>
informacion@conferenciafaunasilvestre.com



COMITÉ EJECUTIVO

Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula - Presidente
(Colegio de Postgraduados, Campus SLP)

Dr. Raúl Valdez - Vicepresidente
(New Mexico State University)
Dr. César Posadas Leal - Secretario
(Universidad Autónoma de San Luis Potosí)

