



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 4 Núm. 1 Enero-Junio, 2017 ISSN: 2007-9559

Revista Mexicana de Agroecosistemas



Oaxaca, Volumen IV, Número 1, 2017

Foto: *Orquídeas y agaves*



Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 4 Núm. 1 Enero-Junio, 2017 ISSN: 2007-9559

Revista Mexicana de Agroecosistemas

REVISTA MEXICANA DE AGROECOSISTEMAS, Vol. 4, Núm. 1 Enero-Junio 2017, es una publicación de la Secretaría de Educación Pública-Tecnológico Nacional de México, editada a través del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca por la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 56230, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2014-060211581800-203 e ISSN 2007-9559, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsables de la última actualización de este número en la División de Estudios de Posgrado e Investigación: Dr. José Cruz Carrillo-Rodríguez y Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz, Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 56230, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788, www.itvalleoaxaca.edu.mx, rmae.itvo@gmail.com. Fecha de última modificación, 30 de junio de 2017.

Su objetivo principal es difundir los resultados de investigación científica de las áreas agropecuaria, forestal, recursos naturales, considerando la agrobiodiversidad y las disciplinas biológicas, ambientales y socioeconómicas.

Para su publicación, los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución; las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 4 Núm. 1 Enero-Junio, 2017 ISSN: 2007-9559

Comité Editorial(DEPI-ITVO)

Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo
Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz
Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez
Dr. José Raymundo Enríquez del Valle
Dr. Salvador Lozano Trejo
Dr. Vicente A. Velasco Velasco
Dr. Yuri Villegas Aparicio
Dra. Gisela M. Santiago Martínez
Dra. Gisela V. Campos Ángeles
Dra. Martha P. Jerez Salas
M.C. Gustavo O. Díaz Zorrilla
M.C. Judith Ruíz Luna
M.C. María Isabel Pérez León

Coordinación editorial

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz
Dr. José Cruz Carrillo-Rodríguez

Diseño de portada

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz
Dr. José Cruz Carrillo-Rodríguez



Comité de arbitraje en este número

- Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo (DEPI-ITVO)
Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz (DEPI-ITVO)
Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez (DEPI-ITVO)
Dr. José Raymundo Enríquez del Valle (DEPI-ITVO)
Dr. Rodolfo de los Santos Romero (ITVO)
Dr. Vicente A. Velasco Velasco (DEPI-ITVO)
Dr. Yuri Villegas Aparicio (DEPI-ITVO)
Dra. Columba Citlalli Barrera Mendoza (ITVO)
Dra. Gisela M. Santiago Martínez (DEPI-ITVO)
M. C. Mario Jiménez Ruíz (Universidad de la Sierra Juárez)
M.C. Ilse Venus Aquino (DEPI-ITVO)
M.C. Juan Ángel García Aguilar (ITVO)
M.C. María Isabel Pérez León (DEPI-ITVO)
M.C. Neftalí Reyes Zurita (DEPI-ITVO)
M.C. Suzel del Carmen Ríos Ramírez (DEPI-ITVO)



Prólogo

La “Revista Mexicana de Agroecosistemas” (RMAE) surgió de una propuesta del Consejo del Posgrado del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Su objetivo es difundir los resultados generados del esfuerzo de alumnos e investigadores del Programa de Maestría en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas que se imparte en este Instituto, y de las Licenciaturas en Biología e ingeniería en Agronomía y Forestal. Esta revista científica (RMAE) contempla las áreas agrícola, pecuaria, forestal y recursos naturales, considerando la agrobiodiversidad y las disciplinas biológicas ambientales y socioeconómicas.

Por ello, se hace la invitación a alumnos, académicos e investigadores para que utilicen este espacio para publicar sus resultados de investigación relacionados con estas áreas. Los manuscritos se pueden enviar de acuerdo con las normas publicadas en <http://www.itvalleoaxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/> (junio 2017) y pueden ser de tres tipos: artículo científico, nota técnica y ensayo libre (artículos de revisión). Todos los manuscritos se someterán a arbitraje y a edición. Deberán ser originales e inéditos, de alta calidad, acordes con las normas indicadas en este volumen y que no se hayan publicado o se vayan a publicar en otra revista.

En este número presentamos editados como artículos de investigación, estudios sobre el bagre, aprovechamiento de resina de copal y otros de índole agroecosistémico, un artículo de revisión sobre innovación en los sistemas agropecuarios; estos son complementados con Notas Técnicas sobre hongos hidrocarbonoclastas, polímeros como acondicionador de suelo y control de insectos mediante fitoextractos.

ATENTAMENTE

Comité editorial



Contenido	Pág.
Artículos de investigación	
RELACIÓN LONGITUD-PESO DE DOS ESPECIES DE <i>Rhamdia</i> EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE OAXACA, MÉXICO / LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIP OF TWO SPECIES OF <i>Rhamdia</i> IN NATURAL PROTECTED AREA OF OAXACA, MEXICO	
César Camilo Julián Caballero ^{1§} , Emilio Martínez Ramírez ¹ , Rosa María Gómez Ugalde ²	1-11
RESINA Y ACEITES ESENCIALES DE TRES ESPECIES DE COPAL DEL SUR DE OAXACA, MÉXICO / RESIN AND ESSENTIAL OILS OF THREE <i>Bursera</i> SPECIES FROM SOUTHERN OAXACA, MEXICO	
Mabel Cruz-Cruz ¹ , Viridiana Montserrat Antonio-Gómez ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , Inés Guadalupe Vásquez-Barranco ³ , Luicita Lagunes-Rivera ⁴ , Ernesto Hernández-Santiago ²	12-23
CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MAÍZ EN REGIONES DEL ESTADO DE OAXACA / CHARACTERIZATION OF CORN CROP SYSTEMS IN THE REGIONS OF OAXACA STATE	
Marco Antonio Vásquez Cruz ^{1§} , Ernesto Castañeda Hidalgo ² , Salvador Lozano Trejo ² , María Isabel Pérez León ² , Gisela Margarita Santiago Martínez ² , Celerino Robles Perez ³	24-37
CARACTERÍSTICAS QUE DETERMINAN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN OVINA EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO / CHARACTERISTICS DETERMINING THE OVINE PRODUCTION SYSTEM IN THE STATE OF OAXACA, MEXICO	
Jorge Hernández-Bautista, Teodulo Salinas-Rios [§] , Héctor Maximino Rodríguez-Magadán, Magaly Aquino Cleto, Araceli Mariscal Méndez, Iris Yartzmin Ortiz Muñoz	38-47
Notas Técnicas	
CONTROL SUSTENTABLE DE INSECTOS PLAGA EMPLEANDO FITOEXTRACTOS / SUSTAINABLE CONTROL OF PEST INSECTS TROUGHT PHYTO EXTRACTS	
Mirna Gutiérrez Ochoa ¹ , Lucila Aldana Llanos ¹ , María Guadalupe Valladares Cisneros ^{2§}	48-52
EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES DE REUSO COMO ACONDICIONADOR DE SUELOS / EVALUATING THE APPLICATION OF REUSE SUPERABSORBENT POLYMERS AS SOIL CONDITIONER	
Lizbeth Guadalupe-Mejía Escobar, Raymundo Sánchez-Orozco [§] , Elizabeth Martínez-Galeana	53-57
CARACTERIZACIÓN DE HONGOS HIDROCARBONOCLASTAS AISLADOS DE UN SUELO CONTAMINADO / CHARACTERIZATION OF HYDROCARBONOCLASTIC FUNGI ISOLATED FROM CONTAMINATED SOIL	
Adriana Vázquez Martínez ^{1§} , Ma. Teresa Rodríguez Casasola ² , Carlos Cruz Mondragón ² , Elvira Ríos Leal ² , Fernando José Esparza García ²	58-64
PROPUESTA DE SISTEMA AUTOMATIZADO QUE EVALÚA LA EQUIDAD DE GÉNERO EN INSTITUCIONES PÚBLICAS / PROPOSAL FOR AUTOMATED SYSTEM THAT EVALUATES THE GENDER EQUITY IN PUBLIC INSTITUTIONS	
Juan José Bedolla Solano ^{1§} , Ramón Bedolla Solano ² , Rolando Palacios Ortega ¹ , Carmelo Castellanos Meza ¹ , Javier Gutiérrez Ávila ¹ , Marcela Martínez García ¹	65-76



Artículo de revisión

INNOVACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA FAMILIAR DE COMUNIDADES MARGINADAS / INNOVATION AND ITS RELATION TO PRODUCTIVITY IN FAMILY AGRICULTURAL PRODUCTION UNITS IN MARGINATE COMMUNITIES

Domingo Luis Díaz García^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Blasa Celerina Cruz Cabrera³, Maricela Castillo Leal³



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 4 Núm. 1 Enero-Junio, 2017 ISSN: 2007-9559

DIRECTORIO

Mtro. Manuel Quintero Quintero- Director General, Tecnológico Nacional de México (TecNM)

Dr. Salvador González Vázquez- Director de Posgrado, Investigación e Innovación (TecNM)

M.C. Oscar A. Silva Sánchez- Director (ITVO)

Ing. Vicente Castillo Benítez- Subdirección Académica (ITVO)

Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles- Encargada (DEPI-ITVO)

Mayores informes:

Revista Mexicana de Agroecosistemas

Domicilio conocido

Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México

C. P. 71230

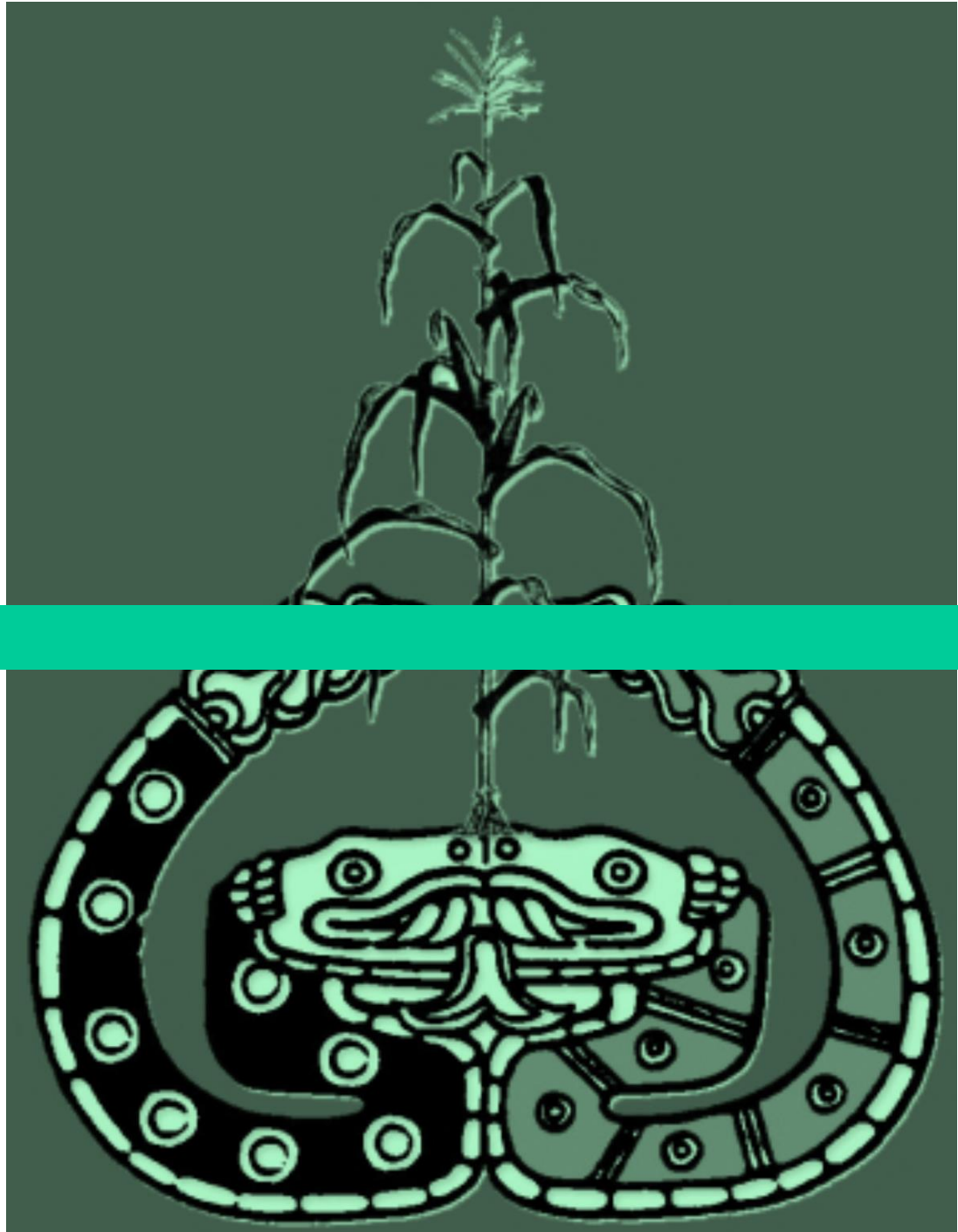
Tel. y Fax: 01(951) 5170444, 5170788

Correo: rmae.itvo@gmail.com

<http://www.itvalleoaxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/>



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 4 Núm. 1 Enero-Junio, 2017 ISSN: 2007-9559



Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

RELACIÓN LONGITUD-PESO DE DOS ESPECIES DE *Rhamdia* EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE OAXACA, MÉXICO¹

[LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIP OF TWO SPECIES OF *Rhamdia* IN NATURAL PROTECTED AREA OF OAXACA, MEXICO]

César Camilo Julián Caballero^{1§}, Emilio Martínez Ramírez¹, Rosa María Gómez Ugalde²

¹Área Acuicultura, Departamento de Investigación, CIIDIR Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Hornos N° 1003, Municipio Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71230, Tel. 01(951) 5170610 Ext. 82750. ²ITVO, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230, Tel. 01(951) 5170788 (rmgomez80@hotmail.com).
[§]Autor para correspondencia: (kamilego@hotmail.com, emmartinez@ipn.mx, emartinr@hotmail.com).

RESUMEN

Rhamdia guatemalensis y *R. laticauda* son bagres o juiles de agua dulce endémicos de la región neotropical. Estas dos especies son importantes por la función ecológica que realizan en las comunidades de peces dulceacuícolas y porque representan un importante recurso pesquero para las comunidades rurales ribereñas de Oaxaca. Se conoce poco sobre la biología básica de ambas especies, además se encuentran amenazadas por la sobreexplotación, la contaminación e introducción de especies exóticas. El objetivo de este estudio fue describir el tipo de crecimiento (isométrico ó alométrico) que presentan sus poblaciones en el área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) en temporada de lluvias del año 2015, mediante la relación longitud-peso (RLP). Para la obtención de las muestras, con electropesca se realizó la colecta científica de peces en varias estaciones de muestreo, siguiendo un muestreo estratificado. Se obtuvo un total de 76 y 103 individuos de *R. guatemalensis* y *R. laticauda* respectivamente que fueron transportados al Laboratorio de Ictiología y Acuicultura del CIIDIR Unidad Oaxaca. La longitud estándar (LE) en mm y peso total húmedo (P) en g de las muestras, se midió con vernier digital y balanza electrónica correspondientemente. Las RLP fueron calculadas, utilizando la ecuación $\log P = \log a + b \log LE$, donde (*a*) es el intercepto y (*b*) la pendiente de la regresión lineal de forma logarítmica. Para verificar si (*b*) fue significativamente diferente del valor isométrico (*b* = 3), se realizó la prueba *t* de Student ($\alpha = 0.05$). Dicha prueba indicó un crecimiento alométrico negativo para *R. guatemalensis* (*b* = 2.61; *t* = -5.761; *P* < 0.05) y *R. laticauda* (*b* = 2.74; *t* = -2.936; *P* < 0.05), es decir, llegan a ser menos pesados para su longitud conforme incrementan en talla.

Palabras clave: Bagres, crecimiento alométrico, especies endémicas, peces dulceacuícolas.

ABSTRACT

Rhamdia guatemalensis and *R. laticauda* are neotropical freshwater catfish. These two species are important by ecological function they perform in communities of freshwater fish and they represent an important fishing resource for rural communities in rivers of Oaxaca. Little is known about the basic biology of both species also are threatened by overfishing, pollution and introduction of exotic species. The aim of this study was to describe the kind of growth (isometric or allometric)

¹ Recibido: 4 de febrero de 2017.
Aceptado: 20 de junio de 2017.

having their populations in the Oaxaca part of the Biosphere Reserve Tehuacán-Cuicatlán in rainy season 2015, by length-weight (L-W) relations. Specimens were caught with electrofishing device following a stratified sampling. A total of 76 and 103 individuals of *R. guatemalensis* and *R. laticauda* was collected, respectively, which were transported to the laboratory (Ictiología y Acuicultura of CIIDIR Unidad Oaxaca). The standard length (SL) in mm and total wet weight (W) in g of the samples was measured with digital caliper and digital electronic balance, correspondingly. The L-W relations were calculated using the equation $\log W = \log a + b \log LE$, where (a) and (b) are intercept and slope of regression line, respectively. In order to verify if (b) was significantly different from the isometric value ($b = 3$), the Student's *t*-test with a confidence level of 95% ($\alpha = 0.05$) was employed. The Student's *t*-test indicated a negative allometric growth for *R. guatemalensis* ($b = 2.61$; $t = 5,761$; $P < 0.05$) and *R. laticauda* ($b = 2.74$; $t = 2,936$; $P < 0.05$), in other words, implies the fishes becomes slenderer as it becomes longer and is indicated by a $b < 3$.

Index words: Catfishes, allometric growth, endangered species, freshwater fishes.

INTRODUCCIÓN

La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) es un área natural protegida por su alta diversidad biológica, geológica, cultural y de endemismos, sin embargo, se ha visto afectada en su composición y funcionalidad por las actividades antropogénicas, como la deforestación, la agricultura, el pastoreo de ganado y la extracción ilegal de especies endémicas (Dávila *et al.*, 2002; Ortíz-García *et al.*, 2012). La ictiofauna del área oaxaqueña de la RBTC se compone de 14 especies, pertenecientes a 11 géneros, seis familias y cinco órdenes, de éstas especies 12 son nativas y dos son exóticas (Martínez *et al.*, 2007). De las seis familias que habitan en dicha zona, se incluye la familia Heptapteridae (Siluriformes) endémica de la región neotropical (Hernández, 2015). La familia mencionada incluye el género *Rhamdia*, el cual se compone de ocho especies en México: *R. guatemalensis*, *R. laluchensis*, *R. laticauda*, *R. macuspanensis*, *R. parryi*, *R. quelen*, *R. reddelli* y *R. zongolicensis* (Weber *et al.*, 2003; Miller *et al.*, 2009; Velázquez-Velázquez *et al.*, 2014). Martínez *et al.* (2007) indican que en el área oaxaqueña de la RBTC se pueden encontrar dos especies, *Rhamdia guatemalensis* (Günther, 1864) y *Rhamdia laticauda* (Kner, 1858) que se distribuyen geográficamente en las subcuencas Río Salado (SRS) y Río Quiotepec (SRQ) pertenecientes a la cuenca del Papaloapan (RH28). Estas especies comúnmente se denominan como juiles, bagres y barbudos en la zona de estudio.

Ambos juiles forman parte de la dieta de diversos vertebrados terrestres (aves y mamíferos) (Duque-Dávila *et al.*, 2013). Además, son fuente de alimento para los grupos indígenas como los Cuicatecos, Chinantecos y Zapotecos del estado de Oaxaca. La problemática que enfrentan los bagres en la zona de Oaxaca de la RBTC se debe principalmente a la pesca no controlada (que incluye la pesca de hembras en estadio reproductivo y la pesca de tallas mínimas), la fragmentación del hábitat (principalmente por la construcción de caminos y el desmedido saqueo de grava y arena), la modificación del flujo de los ríos para realizar actividades agrícolas (riego de maíz, frijol, mango, chicozapote, caña de azúcar y limón), la contaminación del agua (al verter aguas residuales domésticas e industriales al cauce de los ríos) y la presencia de tres especies exóticas de peces: *Cyprinus carpio* (carpa común), *Oreochromis niloticus* (tilapia del Nilo) y *Poecilia reticulata* (guppy o charal).

El crecimiento del pez es generalmente indicado por su aumento en longitud y peso (Froese *et al.*, 2014). La relación matemática entre longitud y peso de los peces es un índice adecuado para la comprensión del crecimiento, la madurez sexual, la reproducción y es útil para los ictiólogos para supervisar el estado de salud y nutrición de una población (Park *et al.*, 2016; Rosa *et al.*, 2016). Las RLP también pueden utilizarse para evaluar el bienestar de los individuos y determinar las posibles diferencias entre poblaciones de la misma especie (Sandhya *et al.*, 2016).

A lo largo de la vida del pez, el peso corporal varía como una potencia de la longitud (relación alométrica) (Granado, 1996). Así es posible establecer la relación a través de la ecuación potencial $P = aL^b$; donde P es el peso total, en gramos (g), y L la Longitud Estándar (LE), en milímetros (mm); a y b son coeficientes (Froese, 2006). Esta expresión puede transformarse en una recta, mediante el uso de logaritmos naturales o base 10 ($\log 10$), obteniéndose $\text{Log } P = \log a + b \log L$, siendo $\log a$ la ordenada en el origen (intercepto) y b la pendiente de la regresión lineal de forma logarítmica (Granado, 1996; Park *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2016). Debido a que la talla es una magnitud lineal y el peso proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer mantiene la forma, se dice que el crecimiento es isométrico y $b = 3$, en contraste, se dice que el crecimiento es alométrico, y el valor de b es distinto de 3. En el caso de los peces el valor de la pendiente de dichas relaciones por lo general se extiende de 2.5 a 3.4 (Granado, 1996; Karachle y Stergiou, 2012; Froese *et al.*, 2014). Por lo tanto, para ambas especies de bagres (*R. guatemalensis* y *R. laticauda*), se prevé un tipo de crecimiento isométrico y se espera que los valores de las pendientes sean cercanos a los intervalos reportados en la bibliografía.

En estudios previos en Oaxaca (Martínez, 1999; Martínez-Ramírez *et al.*, 2004) se han identificado a *R. guatemalensis* y *R. laticauda* con potencial para la piscicultura rural y acuicultura, ya que tienen una gran aceptación en dicho estado por lo que existe un interés de cultivarlas por su rápido crecimiento y su adaptabilidad a las condiciones de cautiverio (Wilkens, 2001; Anzueto *et al.*, 2013), no obstante, la información del tipo de crecimiento de las especies bajo estudio es escasa (Miller *et al.*, 2009; Velázquez-Velázquez *et al.*, 2015) a pesar de su importancia ecológica, etnobiológica y su amplia distribución en la región neotropical (Hernández *et al.*, 2015). En este sentido, el objetivo de esta investigación fue describir el tipo de crecimiento de *R. guatemalensis* y *R. laticauda*, mediante las RLP, con el propósito de conocer el tipo de crecimiento de estas especies en la temporada de lluvia y evaluar la posible variación de las pendientes (b) por subcuencas (Río Quiotepec y Río Salado) del área oaxaqueña de la RBTC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio corresponde a la parte oaxaqueña de la RBTC (17°39'-18°53' latitud norte y 96°55'-97°44' longitud oeste) (Martínez *et al.*, 2007). Para la obtención de las muestras, con pesca eléctrica con generador (Marca Evans), electropesca individual (IG200-2) y atarraya (2.13 m de radio y 0.95 cm de maya) se realizó la colecta científica de peces en 22 estaciones de muestreo durante la temporada de lluvia (del 19 al 30 de octubre y del 23 al 26 de noviembre de 2015), siguiendo un muestreo estratificado (536 a 1031 m snm). Para establecer las estaciones de muestreo se utilizó la base de datos (*.xlsx) del proyecto DT002 (Martínez-Ramírez, 2007). Se obtuvo un total de 76 y 103 individuos de *R. guatemalensis* y *R. laticauda* respectivamente que fueron fijados

en alcohol etílico (100%) y transportados al Laboratorio de Ictiología y Acuicultura del CIIDIR Unidad Oaxaca.

Registro de datos morfométricos y análisis estadístico

Para cada individuo se registró la LE con dos vernieres digitales (Absolute Digimatic Caliper Modelo N° CD-8"CSX y N° CD-12"C). Esta medida (LE) inicia desde la parte media del labio superior y termina en el eje de la columna vertebral (Suvarnaraksha, 2015). La LE se indicó en mm (Smylie *et al.*, 2016). El peso total húmedo (P) para cada individuo e indicado en g, se registró mediante una balanza analítica digital (Marca Sartorius Modelo N° BL1500S). Las variables medidas se almacenaron en hojas de cálculo del programa Microsoft Excel 2015®.

Las RLP fueron derivadas de la fórmula: $P = aL^b$ (modelo de regresión exponencial: $Y = aX^b$) (Park *et al.*, 2016), donde, P = peso total húmedo (g), L = longitud estándar (mm), a = intercepto de la regresión con el eje y (coeficiente de regresión), b = pendiente de la recta de regresión potencial; que en el caso de los peces por lo general se extiende de 2.7 a 3.4 (Karachle y Stergiou, 2012). El tipo de crecimiento fue considerado como isométrico cuando el valor de la pendiente $b = 3$ y alométrico cuando es menor o mayor que 3 ($b < 3$ para el tipo de crecimiento alométrico negativo y $b > 3$ para los patrones de crecimiento alométrico positivo) (Lawson y Olagundoye, 2011; Lawson *et al.*, 2013). La transformación de la regresión exponencial ($P = aL^b$) a una regresión lineal, se efectuó de forma logarítmica de base 10 (Log_{10}) para cumplir los supuestos de normalidad (Araújo *et al.*, 2016). La fórmula aplicada fue (O'Connell y O'Connell, 2016; Sun *et al.*, 2016):

$$\text{Log } P = \text{Log}_{10} a + b \text{Log}_{10} LE$$

Donde, P = peso húmedo total (g), LE = longitud estándar (mm), a = ordenada al origen, el punto de la recta intercepta el eje Y (intercepto), b = pendiente de la recta, mide el cambio en Y por cada unidad de cambio en X (coeficiente de regresión estimado).

Una vez realizada la regresión lineal los datos atípicos identificados gráficamente fueron removidos (Zuluaga-Gómez *et al.*, 2014; Ikhwanuddin *et al.*, 2016). Con el propósito de conocer si los datos de LE y P transformados logarítmicamente cumplían con la normalidad se realizó la prueba de Shapiro-Wilks (Shapiro y Wilks, 1965). Se realizó una prueba de independencia o de no asociación (prueba de hipótesis para la pendiente) con un nivel de significancia al 95% ($\alpha = 0.05$) para conocer si las variables de LE (mm) y P (g) estaban asociadas o no (Infante y Zárate de Lara, 1990). Por otra parte, el coeficiente de determinación (R^2) fue usado como indicador de la calidad de dichas regresiones. Para verificar si b obtenida en la regresión lineal de forma logarítmica fue significativamente diferente del valor esperado o teórico de 3, se realizó la prueba t de Student con un nivel de significancia del 95% ($\alpha = 0.05$) (Pan *et al.*, 2016; Rosa *et al.*, 2016). Los análisis estadísticos fueron realizados en PAST v 3.12 (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS

Se colectó un total de 76 y 103 individuos de *R. guatemalensis* y *R. laticauda*, respectivamente. Los datos de la LE (mm) y P (g) transformados logarítmicamente cumplieron con la normalidad de acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilks ($P > 0.05$). Los valores obtenidos de las pendientes de las regresiones lineales por especies estudiadas y espacialmente (subcuencas), son

significativamente diferentes de 0, es decir, existe una relación significativa y positiva entre las LE (mm) y P (g) al efectuar la prueba de independencia ($P < 0.05$) (Cuadro 1). En la época de lluvia, los valores de los coeficientes de determinación fueron positivos y altamente correlacionados con $R^2 > 0.88$ entre las observaciones de LE (mm) y de P (g) registrados para ambos bagres. En la Figura 1 se muestran las gráficas de las RLP en su forma potencial y logarítmica de las muestras en general de *R. guatemalensis* y *R. laticauda*.

Cuadro 1. Resultados de la prueba de independencia o de no asociación de acuerdo con las variables de LE (mm) y P (g) medidas en dos especies de *Rhamdia* colectadas en la zona de Oaxaca de la RBTC.

Especie	<i>n</i>	<i>b</i>	\hat{t}_0	$t_{\alpha/2}$
<i>R. guatemalensis</i>	76	2.61	45.46*	1.9924
SRQ	26	2.76	30.88*	2.0639
SRS	50	2.58	26.80*	2.0106
<i>R. laticauda</i>	103	2.74	32.17*	1.9840
SRQ	64	2.80	25.88*	2.0003
SRS	39	2.52	18.07*	2.0262

SRQ= Subcuenca río Quiotepec, SRS= Subcuenca río Salado, *n* = Tamaño de muestra, *b* = pendiente, \hat{t}_0 = *t* calculada o estadística, $t_{\alpha/2}$ = *t* de tablas. *significativo a $P < 0.05$.

Respecto al parámetro de crecimiento *b* (Pendiente) de las RLP de *R. guatemalensis*, varió entre 2.58 y 2.76, por otro lado, *R. laticauda* tuvo un intervalo de 2.52 a 2.78. Al realizar la prueba *t* de Student mostró que el parámetro (*b*) fue significativamente menor que el valor teórico de 3, indicando un tipo de crecimiento alométrico negativo para *R. guatemalensis* en la temporada de lluvia ($n = 76$, $b = 2.61$, $t_s = -5.761$, $P < 0.05$), en la SRQ ($n = 26$, $b = 2.76$, $t_s = -0.547$, $P < 0.05$) y en la SRS ($n = 50$, $b = 2.58$, $t_s = -4.330$, $P < 0.05$). Al aplicar la prueba *t* de Student en *R. laticauda* mostró que el parámetro (*b*) fue significativamente menor que 3 indicando un tipo de crecimiento alométrico negativo para esta especie bajo estudio en la época de lluvia ($n = 103$, $b = 2.74$, $t_s = -2.936$, $P < 0.05$), en la SRQ ($n = 64$, $b = 2.80$, $t_s = -1.806$, $P < 0.05$) y en la SRS ($n = 39$, $b = 2.52$, $t_s = -3.384$, $P < 0.05$). En otras palabras, las especies de bagres analizadas tienen una mayor tendencia a aumentar en longitud que en peso conforme incrementan en talla. El tamaño de muestra, coeficientes de las RLP (*a* y *b*) y coeficiente de determinación (R^2) registrados en las especies analizadas y colectadas durante la época de lluvias se presentan en el Cuadro 2.

DISCUSIÓN

Las pruebas de hipótesis para las pendientes mostraron que las variables cuantitativas estudiadas (LE y P) se relacionan significativamente y positivamente ($P < 0.05$), por otro lado, las RLP presentaron un coeficiente de determinación $R^2 > 0.88$, lo que indica una fuerte relación potencial y lineal entre la longitud estándar y el peso total de las especies de bagres. Rosli e Isa (2012) indican que coeficientes altos de determinación (R^2) proporcionan una fuerte relación entre la longitud y peso de las especies de peces estudiadas.

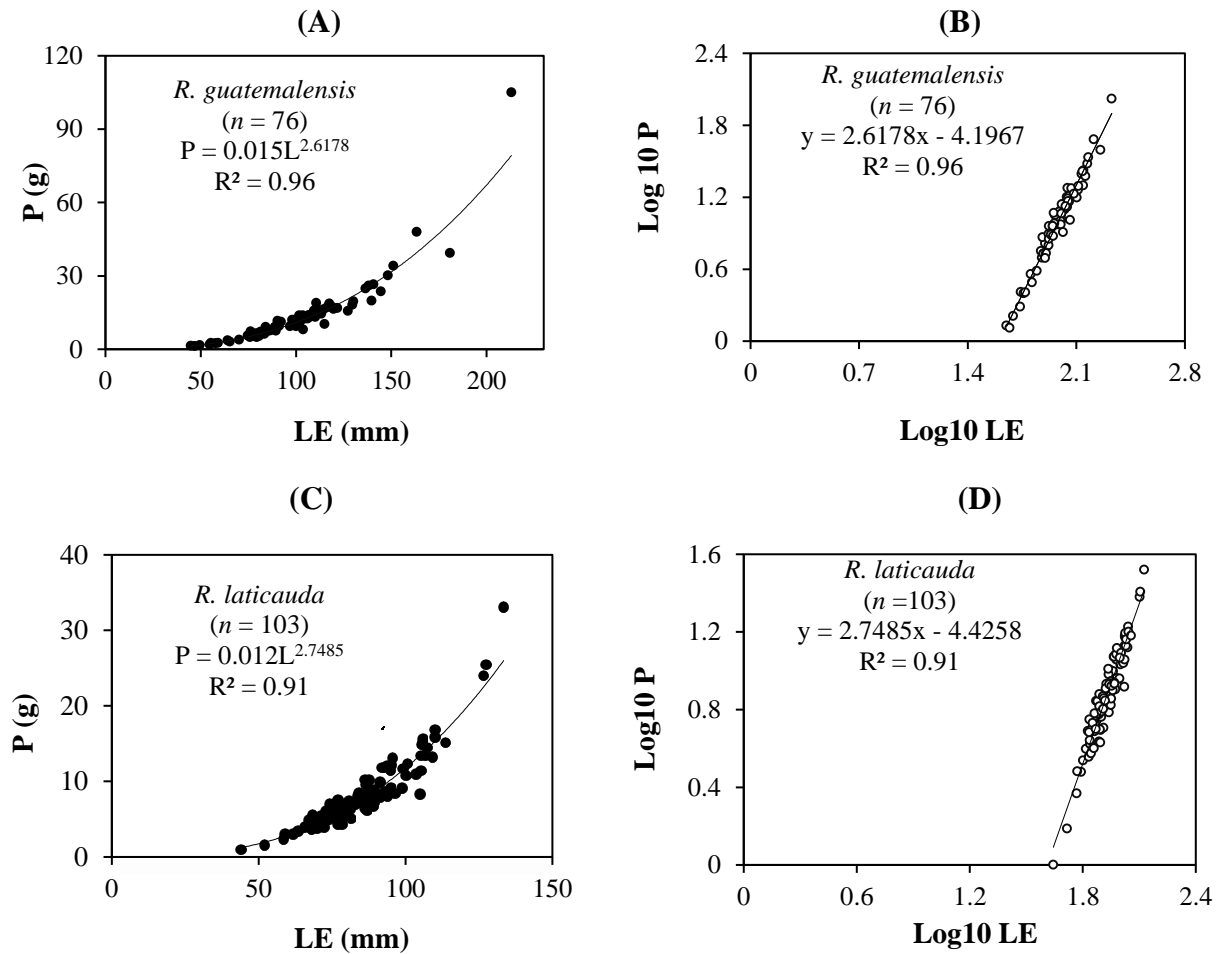


Figura 1. Relación entre la longitud estándar (LE) y peso total (P) de *R. guatemalensis* y *R. laticauda* en la temporada de lluvia mostrando la regresión en su forma potencial (A, C) y en su forma logarítmica (B, D).

En la fórmula $P = aL^b$, el coeficiente a es la relación matemática de las RLP y es el intercepto en la forma logarítmica, en contraste, el coeficiente b es el exponente de la forma exponencial de la RLP y es la pendiente de la regresión lineal en la forma logarítmica (Froese, 2006). Karachle y Stergiou (2012) y Froese (2014) observaron que (a) es el coeficiente de forma del cuerpo de los peces, para peces de tamaño pequeño y con una forma de cuerpo esférica el valor de (a) es de alrededor de 0.1, mientras que para peces con una forma fusiforme el coeficiente (a) es cercano a 0.01, por otro lado, los peces con forma elongada el valor de (a) es cercano a 0.008 y en el caso de peces con forma de anguila el coeficiente de forma es aproximadamente a 0.001. En el presente estudio los valores calculados de (a) de las RLP de las dos especies de bagres fueron cercanos a 0.01 e indica que la forma del cuerpo de estos organismos es fusiforme, es decir, con forma elipsoidal alargada y con pequeñas aletas (pectorales, dorsales y anales), lo que les facilita la movilidad y velocidad en los ríos. King (2007) indica que los peces rápidos tienen cuerpos fusiformes, ya que es la forma que ofrece la menor resistencia cuando se mueven a través del agua.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas y parámetros estimados mediante la relación longitud-peso ($P = aL^b$) de dos especies de *Rhamdia* colectadas en la zona de Oaxaca de la RBTC durante la época de lluvias.

Especie	<i>n</i>	Rango de LE (mm)	Rango de P (g)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	R ²	<i>S_b</i>	<i>t_s</i>	TC
<i>R. guatemalensis</i>	76	44.76–213	1.29–105	0.015	2.61	0.99	0.96	0.06	-5.76*	-A
SRQ	26	44.76–139.6	1.29–19.8	0.011	2.76	0.98	0.97	0.04	-0.54*	-A
SRS	50	76.30–213	4.92–105	0.016	2.58	0.96	0.93	0.09	-4.33*	-A
<i>R. laticauda</i>	103	44.00–133.4	1.00–33.1	0.012	2.74	0.95	0.91	0.08	-2.93*	-A
SRQ	64	40.68–133.4	0.81–33.1	0.010	2.80	0.95	0.91	0.10	-1.80*	-A
SRS	39	58.56–105.4	2.33–12.3	0.018	2.52	0.94	0.89	0.13	-3.38*	-A

SRQ= Subcuenca Río Quiotepec, SRS= Subcuenca Río Salado, *n* = tamaño de muestra, LE = longitud estándar mínima, P = peso total húmedo, *a* = intercepto, *b* = pendiente, *r* = coeficiente de correlación de Pearson, R² = Coeficiente de determinación, *S_b* = Error estándar de la pendiente, *t_s* = Prueba *t* de Student, TC = Tipo de Crecimiento, -A= crecimiento alométrico negativo. *significativo a $P < 0.05$.

En las RLP si $b = 3$, entonces los individuos juveniles de las muestras bajo consideración tienen la misma forma y condición que los individuos grandes o adultos (crecimiento isométrico), por otro lado, si $b > 3$, entonces, las muestras de mayor talla han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud, presentando un crecimiento alométrico positivo, por otra parte, si $b < 3$, las especies tienen un tipo de crecimiento alométrico negativo que implica que el pez tiene una mayor tendencia a aumentar en longitud que en peso (Froese, 2006; Riedel *et al.*, 2007).

La prueba *t* de Student mostró un crecimiento alométrico negativo ($b < 3$) para *R. guatemalensis* y *R. laticauda* en las muestras colectadas en la temporada de lluvias y las muestras analizadas por subcuencas, por lo que las especies de bagres llegan a ser menos pesados para su longitud conforme incrementan en talla. En dichas relaciones se detectaron variaciones por subcuencas (variaciones de *b*), puesto que los valores de la pendiente fueron menores en la SRS en comparación con la SRQ. Basándose en la experiencia en campo y trabajos previos en el área de estudio (Martínez *et al.*, 2007; Duque-Dávila *et al.*, 2013), la SRS presenta un mayor grado de perturbación humana en comparación con la SRQ, puesto que la primera subcuenca se ha visto impactada por la contaminación orgánica e inorgánica de origen antrópico, la modificación del flujo de los ríos (extracción, canalización y almacenamiento) y la fragmentación del hábitat. Esta perturbación humana podría haber afectado los valores de la pendiente de las RLP estimadas por subcuencas. Al respecto, Rosli e Isa (2012) señalan que en los ambientes con diferentes grados de intervención antrópica determinan el estado de salud y nutrición de los peces, parámetros biológicos que pueden cambiar los valores de las pendientes de las RLP de las especies bajo análisis.

Froese (2006) analizó 3 929 RLP para 1773 especies, y reporta que el intervalo de la pendiente (*b*) oscila entre 1.96 y 3.94, no obstante, un 90% de los casos caen dentro del intervalo de 2.7 a 3.4, por lo tanto, los valores estimados de (*b*) para los juiles fueron válidos y estuvieron dentro del intervalo esperado.

Velázquez-Velázquez *et al.* (2014) determinaron las RLP de las muestras de *R. laluchensis* (*n* = 10), *R. laticauda* (*n* = 37) y *R. quelen* (*n* = 42) colectadas durante enero de 2006 y noviembre de 2009 en varios sitios distribuidos a lo largo de la cuenca del río Grijalva en Chiapas, México. El valor de *b* para la primera especie fue de 2.919, indicando un tipo de crecimiento alométrico negativo (el pez crece más rápido en longitud que en peso), para la segunda y tercera especie se

determinó un valor de la pendiente de 3.094 y 3.279, respectivamente, por lo que el tipo de crecimiento de estas especies de peces (*R. laticauda* y *R. quelen*) es alométrico positivo (los peces crecen más rápido en peso que en longitud). Las diferencias en los valores de b observados en el trabajo anterior respecto a los obtenidos en la presente investigación, pueden atribuirse a una combinación de uno o más factores: (1) el número de individuos examinados; (2) hábitat de los peces; (3) la disponibilidad del alimento en sus ambientes naturales (4) el grado de llenado (repleción) del tracto digestivo y estómago; (5) el sexo; (6) la maduración gonadal, y (7) las diferencias en los intervalos de tallas observadas de los peces capturados (Bashir *et al.*, 2016; Liang *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

Esta investigación proporciona información básica sobre las RLP de dos especies de bagres endémicas de la región neotropical con la finalidad de servir como la base científica para estudios de piscicultura posteriores, encaminados a la producción sustentable y conservación en los cuerpos hídricos del área de estudio. Las pruebas de hipótesis para las pendientes mostraron evidencias significativas ($P < 0.05$), por lo que las variables estudiadas (LE y P) se relacionan significativamente y positivamente. Las relaciones entre longitud y peso presentaron un coeficiente de determinación $R^2 > 0.88$ en su forma potencial y logarítmica en las diferentes muestras. La forma del cuerpo de los bagres analizados es fusiforme (presentan una forma elipsoidal alargada y aletas cortas) de acuerdo con el coeficiente (a). Se determinaron diferencias significativas ($P < 0.05$) del valor esperado ($b = 3$), por lo que ambas especies presentan un tipo de crecimiento alométrico negativo en la temporada de lluvia y por subcuencas, es decir, los peces llegan a ser menos pesados para su longitud conforme incrementan en talla. Se observaron variaciones en el valor de la pendiente por subcuencas estudiadas, siendo menores en la subcuenca Río Salado.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se enmarcó en el proyecto: Diagnóstico de las especies invasoras de peces en el área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Clave LI007 de CONABIO y Registro SIP-2015/RE54, bajo la dirección de Emilio Martínez Ramírez, el cual dicho proyecto financió el trabajo de colecta y traslado de los individuos de *R. guatemalensis* y *R. laticauda* al CIIDIR-OAX. Esta investigación forma parte de la tesis de maestría del primer autor, por lo que se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada.

LITERATURA CITADA

- Anzueto-Calvo, M. J., E. Velázquez-Velázquez, A. E. Gómez-González, R. M. Quiñones y B. J. Olson. 2013. Peces de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. Ed. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 139 p.
- Araújo, A. L. F., R. P. Dantas and A.L. M. Pessanha. 2016. Feeding ecology of three juvenile mojarras (Gerreidae) in a tropical estuary of northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*14:1-10.
- Bashir, A., N.K. Sharma, B. S. Bisht, R. Singh, J. I. Mir and M. S. Akhtar. 2016. Length–weight relationship of five commercially important freshwater fish species in the Kashmir Valley, India. *Journal of Applied Ichthyology*32: 740-741.
- Dávila, P., M. C. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J. L. Villaseñor, A. Casas and R. Lira. 2002.

- Biological diversity in the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Mexico. *Biodiversity Conservation* 11: 421-442.
- Duque-Dávila, D. L., E. Martínez-Ramírez, F. J. Botello-López y V. Sánchez-Cordero. 2013. Distribución, abundancia y hábitos alimentarios de la nutria (*Lontra longicaudis annectens* Major, 1897) en el Río Grande, Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Therya* 4: 281-296.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 241-253.
- Froese, R., J.T. Thorson and R.B. Reyes. 2014. A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes. *Journal of Applied Ichthyology* 30: 78-85.
- Granado, L. C. 1996. *Ecología de peces*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, España (45). 353 p.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P. D. Ryan. 2001. PAST-Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9.
- Hernández, T. C. L. 2105. Species Delimitation, Phylogenetics, and Biogeography of the Catfish Genus *Rhamdia* Bleeker (Heptapteridae) of Central America and the Trans-Andean Region of Colombia. Doctor's dissertation. University of Southern Mississippi. 144 p.
- Hernández, T. C. L., A. Ortega-Lara, G. C. Sánchez-Garcés and M. H. Alford. 2015. Genetic and Morphometric Evidence for the Recognition of Several Recently Synonymized Species of Trans-Andean *Rhamdia* (Pisces: Siluriformes: Heptapteridae). *Copeia* 103: 563-579.
- Ikhwanuddin, M., M. Amal, S. Shohaimi, A. Azizul, S. Johari, T. Abdullah and N. R. Jamil. 2016. Length-weight relationships of seven fish species from the upper Pelus River, Kuala Kangsar district, Perak, Malaysia. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 511-512.
- Infante-Gil, S. y G. P. Zárate de Lara. 1990. *Métodos Estadísticos: un enfoque multidisciplinario*. 2ª. ed. Ed. Trillas. México. 639 p.
- Karachle, P. K. and K. I. Stergiou. 2012. Morphometrics and Allometry in Fishes. *In: C. Wahl (ed.) Morphometrics*. Editorial InTech. pp. 65-86.
- King, M. G. 2007. *Fisheries Biology, Assessment and Management*. 2ª. ed. Ed. Blackwell Publishing. University of California. USA. 382 p.
- Lawson, E. O. and A. U. Olagundoye. 2011. Growth patterns, diet composition and sex ratios in giant african threadfin, *Polydactylus quadrifilis* from ologe lagoon, Lagos, Nigeria. *International Journal of Agriculture & Biology* 13:559-564.
- Lawson, E. O., S.L. Akintola and F. A. Awe 2013. Length-Weight Relationships and Morphometry for Eleven (11) Fish Species from Ogudu Creek, Lagos, Nigeria. *Advances in Biological Research* 7: 122-128.
- Liang, Y. Y., D.K. He, X. Y. Sui, Z. X. Shen, W. Xiong and Y. F. Chen. 2016. Length-weight and length-length relationships of four native fish species of the Qinghai-Tibet Plateau, China. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 134-136.
- Martínez, R. E. 1999. *Taxonomía y zoogeografía de la ictiofauna dulceacuícola del Estado de Oaxaca, México*. Tesis Doctoral, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, Barcelona, España. 507 p.
- Martínez, R. E., U. R. M. Gómez, J. A. Estrada, V. M. Reyes, V. N. V. Victoria, D. G. Rodríguez-Cázares, A. E. Cruz, R. G. I. Cruz y O. R. Rojas, 2007. Proyecto. Los peces del área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Convenio CONABIO-IPN NÚM. FB1104/DT002/05. Informe técnico final integrado del 30/Junio/2005-15/Octubre/2006. Oaxaca, México. 21 p.
- Martínez-Ramírez, E. 2007. Los peces del área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-

- Cuicatlán. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto N°. DT002. México D. F.
- Martínez-Ramírez, E., Doadrio-Villarejo, I. y de Sostoa-Fernández, A. 2004. Peces continentales. En: García-Mendoza, A. J.; Ordoñez, M. J. y Briones-Salas, M. (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. pp. 357-373.
- Miller, R. R., W. L. Minckley y S. Norris. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Sociedad Ictiológica Mexicana A.C., El Colegio de la Frontera Sur, Desert Fishes Council. Ciudad de México. 559 p.
- O'Connell, M. T. and A. M. U. O'Connell. 2016. Length-length and length-weight relationships for eight drum species in southeastern Louisiana. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 1261-1263.
- Ortíz-García, A. I., M.I. Ramos-Robles, L.A. Pérez-Solano y S. Mandujano. 2012. Distribución potencial de los ungulados silvestres en la Reserva de Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Therya* 3: 333-348.
- Pan, L., J.J. Xie, Z. Yang, H. Y. Tang and Y. Qiao. 2016. Length-weight relationships of six fish species from the upper reaches of the Yangtze River, southwest China. *Journal of Applied Ichthyology* 30: 552-554.
- Park, S. H., J. D. Boon, J.H. Kim, J.W. Lee, S. H. Baek and M. H. Jang. 2016. Length-weight relationships of fifteen endemic freshwater fishes in South Korea. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 158-159.
- Riedel, R., L. M. Caskey and S.H. Hurlbert. 2007. Length-weight relations and growth rates of dominant fishes of the Salton Sea: implications for predation by fish-eating birds. *Lake and Reservoir Management* 23: 528-535.
- Rosa, D. C. O., B. E. Soares, M.P. Albrecht and E. P. Caramaschi. 2016. Length-weight relationship of 10 freshwater fish species in Amazonian streams, Trombetas River basin (Brazil). *Journal of Applied Ichthyology* 32: 749-750.
- Rosli, N.A. and M. M. Isa. 2012. Length-weight and Length-length Relationship of Longsnouted Catfish, *Plicofollis argyropleuron* (Valenciennes, 1840) in the Northern Part of Peninsular Malaysia. *Tropical Life Sciences Research* 23: 59-65.
- Sandhya, K. M., M.A. Hassan, S. Kumari, P. Mishal, L. Lianthumluaia, V. Kumar and D. K. Meena. 2016. Length-weight relationships of four indigenous freshwater fish species from Khalsi wetland in lower Ganga basin, West Bengal, India. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 505-506.
- Sapounidis, A. S., E. T. Koutrakis and I. D. Leonardos. 2015. Life history traits, growth and feeding ecology of a native species (*Barbus strumicae* Karaman, 1955) in Nestos River, a flow regulated river in northern Greece. *North-Western Journal of Zoology* 11: 331-341.
- Shapiro, S. S and M. B. Wilks. 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika* 52: 591-611.
- Smylie, M., V. Shervette and C. McDonough. 2016. Age, Growth, and Reproduction in Two Coastal Populations of Longnose Gars. *Transactions of the American Fisheries Society* 145:120-135.
- Sun, H.Y., J. L. Yao, Y. Cheng and Y. F. Chen. 2016. Length-weight relationships of six fish species from the Lancang River, China. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 509-510.
- Suvarnaraksha, A. 2015. A new species of highland loach, *Schistura sirindhornae*, from the upper Chao Phraya River basin, Thailand (Pisces: Ostariophysi: Nemacheilidae). *Zootaxa* 3962: 158-

170.

Velázquez-Velázquez, E., M. Maza-Cruz, A. E. Gómez-González and J. A. Navarro-Alberto. 2015. Length-weight relationships for 32 fish species in the Grijalva River Basin, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology* 31: 413-414.

Weber, A., G. Allegrucci and V. Sbordoni. 2003. *Rhamdia laluchensis*, a new species of troglobitic catfish (Siluriformes: Pimelodidae) from Chiapas, Mexico. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 14: 273-280.

Wilkins, H. 2001. Convergent adaptations to cave life in the *Rhamdia laticauda* catfish group (Pimelodidae, Teleostei). *Environmental Biology of Fishes* 62: 251-261.

Zuluaga-Gómez, A., T. Giarrizzo, M. Andrade and A. Arango-Rojas. 2014. Length-weight relationships of 33 selected fish species from the Cauca River Basin, trans-Andean region, Colombia. *Journal of Applied Ichthyology* 30: 1077-1080.

RESINA Y ACEITES ESENCIALES DE TRES ESPECIES DE COPAL DEL SUR DE OAXACA, MÉXICO¹

[RESIN AND ESSENTIAL OILS OF THREE *Bursera* SPECIES FROM SOUTHERN OAXACA, MEXICO]

Mabel Cruz-Cruz¹, Viridiana Montserrat Antonio-Gómez^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Inés Guadalupe Vásquez-Barranco³, Luicita Lagunes-Rivera⁴, Ernesto Hernández-Santiago²

¹Licenciatura en Ingeniería Forestal-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71230. ²División de Estudios de Posgrado e Investigación-ITVO. ³Integradora de Comunidades Indígenas y Campesinas de Oaxaca (ICICO A.C), Eucaliptos 307, Col, Reforma, Oaxaca, C.P. 68050. ⁴CIIDIR-IPN-Unidad Oaxaca. [§]Autor para correspondencia: (montserrat_28_11@hotmail.com).

RESUMEN

Con la evaluación de la producción de resina, el aprovechamiento de las especies de *Bursera* adquiere otro enfoque, ya que de ésta evaluación se genera información útil para lograr un aprovechamiento de resina más eficiente, de manera racional y sustentable, lo que a su vez permite incrementar los ingresos económicos. El objetivo fue evaluar la producción de resina y aceites esenciales en especies de copal (*Bursera bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*) en San Pedro Juchatengo Oaxaca. Se establecieron durante 2016, cuatro sitios circulares de 1000 m² de acuerdo a la distribución de las especies de interés, los datos registrados durante el proceso de resinación se evaluaron mediante diseño completamente al azar y prueba de medias (Duncan, 0.05). De la especie evaluada *B. bipinnata* se obtuvo la mayor producción de resina, con 313.4 g/cara y una producción estimada de 109.06 kg ha⁻¹. El mayor rendimiento de aceites esenciales mediante el proceso de hidrodestilación se obtuvo de la muestra de 500 g de frutos de *B. jorullensis* presentando un rendimiento de 1.62%.

Palabras clave: *Bursera bipinnata*, *B. glabrifolia*, *B. jorullensis*.

ABSTRACT

With the assesment of the production of resin, the exploitation of the *Bursera* species acquire another focus, since of this assesment we generate useful information to get a exploitation of a high efficient resin, within a rational and sustainable manner which in turn allows to increase the economic income. The target was assess the production of resin and essential oils in copal species *Bursera bipinnata*, *B. jorullensis* and *B. glabrifolia* in the community San Pedro Juchatengo Oaxaca. They were stablished in the year 2016, four circular sites of 1000 m² according to the distribution of the species of or interest, the data collected the during the resination process, were evaluated throuht a completely random design and testing of means (Duncan, 0.05). The specie of hihther resin production evaluated was *B. bipinnata* with production of 313.4 g/face and an estimated production of 109.06 kg ha⁻¹. The higher yield of assential oils by hidrodestilation

¹ Recibido: 11 de marzo de 2017.
Aceptado: 20 de junio de 2017.

process was obtained from the simple of 500 g fruits of *B. jorullensis* presenting a yield of 1.62%.

Index words: *Bursera bipinnata*, *B. glabrifolia*, *B. jorullensis*.

INTRODUCCIÓN

Los copales pertenecientes al género *Bursera*, incluyen más de 80 especies de árboles que se distribuyen en la selva baja caducifolia de México, teniendo sus mayores poblaciones los estados de Guerrero, Michoacán y Oaxaca (Rzedowski *et al.*, 2004; Rzedowski *et al.*, 2005).

En el estado de Oaxaca el aprovechamiento de los copales tiene gran importancia, ya que la madera se utiliza para elaborar artesanías (alebrijes). De los frutos, hojas y ramillas de algunas de estas especies se obtienen aceites esenciales, utilizados en la industria farmacéutica y agronómica, así como en la elaboración de cosméticos y perfumes (Purata y León, 2005; Purata, 2008). Otro producto de gran relevancia es la resina de copal que es usada principalmente como incienso en ceremonias religiosas o rituales culturales, y para la elaboración de barnices y pegamentos; en algunas ocasiones estas especies son utilizadas también con fines medicinales. El aceite esencial de frutos y hojas de algunas especies de *Bursera* tiene importancia potencial para uso medicinal e industrial, usándose como materia prima en la producción de sabores de alimentos y fragancias en la industria cosmética (Leyva *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2012).

A pesar de que la mayoría de los autores que han estudiado las especies resiníferas coinciden en valorar la compleja y rica función entonobotánica del copal, se carece aún de una descripción del método de extracción de la resina y una ponderación de los volúmenes producidos, así como un desconocimiento generalizado del potencial de extracción de aceites esenciales para algunas especies (Campos *et al.*, 2006; Cerpa-Chávez, 2007; Bakkali *et al.*, 2008; Estrada-Pérez, 2014). De acuerdo con Purata (2008), la elaboración de aceites esenciales puede dar un valor agregado a los árboles y a mediano plazo ser una buena fuente complementaria de ingresos para las comunidades campesinas que aprovechan estas especies. Cabe mencionar que existen diferentes mercados para este producto, donde los compradores mayoristas que pueden transformar el aceite esencial o que acopian aceites esenciales, son proveedores de la industria de perfumería, cosmética y de aromaterapia, mismas que buscan un abasto suficiente de este producto.

La extracción de resina en especies de *Bursera* es una actividad que se ha venido realizando en Oaxaca desde hace ya mucho tiempo, pero en la actualidad existen pocas regiones productoras de resina (Rzedowski *et al.*, 2005); debido a que las comunidades no cuentan con planes de manejo para el aprovechamiento de productos forestales no maderables, esto aunado al desconocimiento de técnicas apropiadas para la extracción de resina. Estas actividades, aunque secundarias, por el tipo de productos que se recolectan, el tiempo y cantidad de personas dedicadas a ellas, son importantes, ya que además de cubrir necesidades de autoconsumo, permiten obtener ingresos monetarios con la venta de productos que complementan los ingresos de las familias (Campos *et al.*, 2006).

La comunidad de San Pedro Juchatengo, además de ser productora de resina de copal (*Bursera bipinnata* (Sessé & Moc. ex DC.), *B. jorullensis* (Kunth) Engly *B. glabrifolia* H.B.K. (Engl.)), podría obtener aceites esenciales de estas mismas especies, siendo esta actividad una fuente más

de ingresos, sin embargo, se debe destacar que ésta es una actividad que requiere de conocimientos técnicos para poder extraer aceites esenciales de las hojas y frutos. Por esta razón, el objetivo fue evaluar la producción de resina en especies de copal (*Bursera bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*) y el rendimiento en aceites esenciales de frutos y hojas de *B. bipinnata* y *B. jorullensis* en la comunidad de San Pedro Juchatengo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las zonas de distribución de copal en San Pedro Juchatengo, Oaxaca se localizan entre 16°15' y 16°22' LN y 97°04' y 98°09' LO, a altitudes entre 800 y 1 900 m. La superficie total de la comunidad es de 5 768 ha, estando 2 000 ha bajo aprovechamiento de resina. Los parajes en los que predomina el tipo de vegetación de selva baja caducifolia posee climas del tipo semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (29.56%); cálido subhúmedo con lluvias en verano, menos húmedo (29.12%); cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (28.67%); semicálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (11.20%) y templado subhúmedo con lluvias en verano (1.45%). La temperatura promedio oscila entre los 16° y 26°C con un rango de precipitación entre 1000 y 1500 mm (INEGI, 2005).

Establecimiento de sitios de resinación

Los sitios para resinación se establecieron de manera dirigida durante 2016 de acuerdo a la distribución de las especies de interés, buscando variaciones en la densidad, tomando en cuenta factores como la pendiente y la exposición de los sitios. Con ayuda de una cuerda compensada por pendiente se establecieron cuatro sitios circulares de 1000 m², delimitándolos con aerosol para su posterior identificación. A las especies de interés dentro del sitio se les colocó una etiqueta con el número de árbol para poder llevar el control de los datos recabados durante el periodo de resinación.

Se registraron los datos generales de cada sitio como es el nombre del paraje, número de sitio, tipo de suelo y de vegetación; la exposición, la pendiente (%), y mediante un GPS eTrex® se determinaron las coordenadas geográficas UTM del centro del sitio y la altitud (m). En el inventario de árboles se determinó: número de árbol, especie, diámetro de base (DB, cm), diámetro de tocón (cm, tomado a 30 cm del suelo) y diámetro a primera bifurcación (cm), todos medidos con cinta diamétrica®. Además, se registró altura a primera bifurcación (m) y altura total (m) del árbol, medidas con hipsómetro® y diámetro de copa (m).

Las caras de resinación (picas) por árbol se establecieron a partir de 20 cm del suelo de acuerdo al DB y para individuos >10 cm; con ayuda de un machete se eliminó la corteza del árbol y auxiliándose de un mazo se realizaron las picas (corte o incisión) en forma de "V" abierta, teniendo una longitud de 10 a 15 cm de largo, paralela a la longitud del tronco, con una profundidad de 3 a 5 mm aproximadamente. En el extremo inferior de la incisión se colocó un recipiente de plástico de aproximadamente 0.500 g sosteniéndolo del árbol con rafia para que la resina se depositara en él; se realizó una pequeña incisión al árbol en la parte inferior de la primera pica para que se le colocara una "cucharita" (pequeño corte de plástico) que ayuda a

conducir la resina del árbol al recipiente. Las picas se realizaron cada 2-7 días, en un periodo de tres meses durante la época de lluvias, distanciadas 2 mm y teniendo una variación por cara entre 2 y 42 picas. La resina de copal colectada se pesó (g) cada 2-7 días empleando una báscula multiuso digital de 5 kg marca OBI®.

Colecta de muestras para la extracción de aceites esenciales

Con la información levantada en los sitios se determinó la estructura diamétrica de cada especie (*B. bipinnata* y *B. jorullensis*), lo que permitió seleccionar un árbol con DB promedio por cada especie para la colecta de 500 g de muestra de hojas y frutos.

La extracción de aceites esenciales fue realizada en un laboratorio del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca). Se utilizó el método de hidrodestilación con microondas, este proceso se hizo por separado para cada una de las muestras de las dos especies; los frutos y hojas fueron colocados (enteros y divididos, respectivamente) dentro del matraz, quedando de manera fija y compactada. Se manejó la relación 3:1 (3 g de materia vegetal: 1 mL de agua), en este caso para la muestra de 500 g se utilizaron 166.6 mL de agua. Se observó generación de vapor cuando el matraz cargado con la muestra y el agua fue sometido a la temperatura del microondas, dándole un tiempo inicial de 2 min de calor por 1 min de descanso.

Conforme el vapor entra en contacto con el matraz, la materia prima se calienta y va liberando el aceite esencial contenido y éste, a su vez debido a su alta volatilidad, se va evaporando. El vapor que circula, es arrastrado corriente arriba hacia el tope del hidrodestilador. La mezcla de vapor y aceite esencial, fluye hacia el conducto de salida del destilador, que en este caso es la trampa Clevenger. En la trampa, la mezcla es condensada y enfriada, hasta la temperatura ambiental. Este equipo tiene un refrigerante el cual está conectado con dos mangueras (una de entrada y otra de salida) a un recipiente con agua fría desde el inicio de la operación, lo cual permite que el aceite se vaya acumulando (debido a su baja capacidad de disolverse en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua).

El proceso termina cuando el volumen del aceite esencial acumulado en la trampa no varía con el tiempo de extracción. Después el aceite es retirado de la trampa y almacenado en frascos color ámbar y en lugar apropiado. Para continuar con las siguientes muestras, se vacía el matraz, se lava y vuelve a ser llenado con la siguiente carga de materia prima vegetal, para iniciar una nueva operación, siguiendo el mismo procedimiento. Para la muestra de frutos y hojas de *B. jorullensis* los tiempos de calentamiento fueron de 91 y 30 min, mientras que para las muestras de *B. bipinnata* los tiempos de calentamiento fueron de 120 y 78 min, respectivamente.

Análisis de datos

Con la información dasométrica recabada en campo y con la producción de resina se estructuraron bases de datos Excel®, realizando los análisis en paquete estadístico (SAS Institute, 2005). Se realizaron análisis de estructuras horizontales de los sitios (PROC FREQ); utilizando como variables clasificatorias la especie y categoría diamétrica del árbol, se evaluó la producción de resina en forma mensual y por cara, utilizando análisis de varianza (PROC ANOVA) de un diseño completamente aleatorizado y prueba de medias (Duncan, 0.05). En el caso de los aceites

esenciales, con la extracción realizada se calculó el rendimiento de la muestra de cada especie; y mediante la determinación del peso completo de frutos/árbol se infirió el rendimiento en aceite esencial/árbol muestra.

RESULTADOS

Producción de resina

Las especies evaluadas no mostraron diferencias significativas en la producción de resina durante los meses de medición ($p > 0.05$). La inflación de varianzas que originan CV altos (>100%) probablemente no permiten detectar diferencias significativas en la producción promedio mensual de las tres especies (Cuadro 1); la producción de resina del mes de julio para *B. bipinnata* y *B. glabrifolia* fue de 9.95 g/cara vs. 5.0 g/cara en *B. jorullensis*. El mismo comportamiento mostraron por el resto del periodo evaluado, generando 78.4, 65.2 y 71.0 g/mes para *B. bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*, respectivamente.

Cuadro 1. Producción mensual de resina (g) por cara en especies de *Bursera* de San Pedro Juchatengo, Oaxaca.

Especie	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Peso acumulado
<i>B. bipinnata</i>	10.9±13.7 a	151.5±147.5 a	103.7±106.0 a	49.2±60.8 a	313.4±275.1 a
<i>B. jorullensis</i>	5.0±8.0 a	101.0±57.6 a	105.7±65.0 a	49.0±42.2 a	260.7±151.3 a
<i>B. glabrifolia</i>	9.0±1.4 a	114.5±50.2 a	108.0±28.3 a	52.5±12.0 a	284.0±91.9 a

Los valores indican los promedios ± desviación estándar. Letras distintas en una misma columna muestran diferencias significativas (Duncan, 0.05).

Bursera jorullensis tiene un rendimiento mensual de 5.285 kg ha⁻¹, considerando una densidad de 50 árboles ha⁻¹. El rendimiento de resina de las especies durante el periodo de producción fue de 109.06, 13.04 y 0.852 kg ha⁻¹ para *B. bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*, respectivamente (Figura 1).

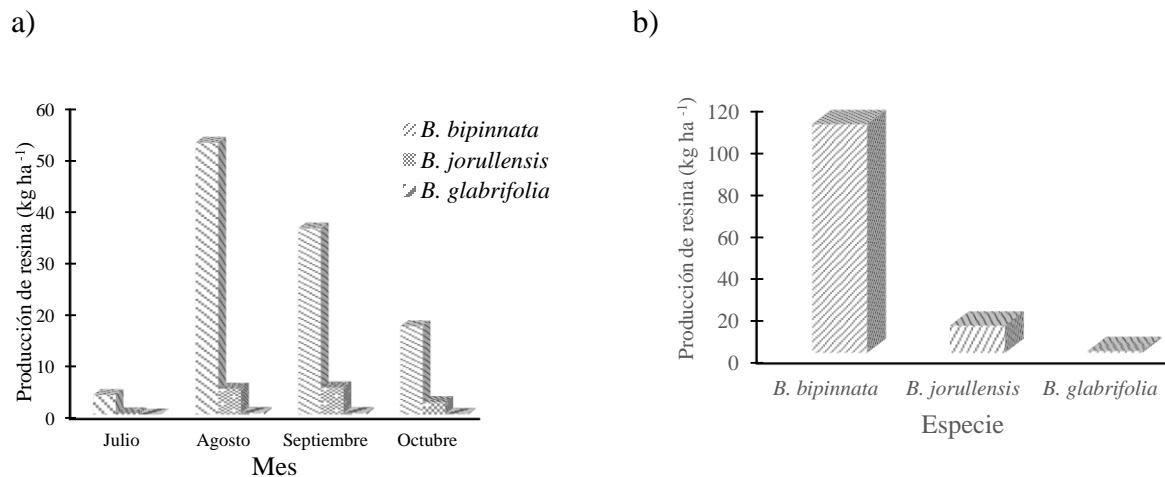


Figura 1. Estimación de la producción mensual (a) y total (b) de resina en especies de *Bursera* (348, 50 y 3 árboles ha⁻¹ de *B. bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*, respectivamente).

Las categorías diamétricas pequeñas (10 y 15 cm) y grandes (>50 cm) generan por lo general menores rendimientos de resina; la mayor producción de peso acumulado se encuentra en la categoría de 25 cm de DB con 471.0±309.2 g/cara y que tiene la mayor variabilidad. La producción de resina del mes de octubre presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre categorías diamétricas, mientras que la producción en los meses de julio, agosto y septiembre, así como en el peso acumulado de resina presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción mensual de resina (g) por cara y categoría diamétrica a la base del árbol (CD) en especies de copal durante 2016.

CD	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Peso acumulado
10	7.3±8.3 a	92.8±59.8 a	53.4±37.4 a	23.9±17.7 a	177.4±110.7 a
15	7.5±9.6 a	123.1±122.7 a	93.9±89.5 a	42.4±48.5 a	265.0±226.7 a
20	11.1±14.1 a	159.8±156.5 a	124.2±110.5 a	61.8±71.3 a	352.9±292.6 a
25	18.3±19.7 a	229.1±175.5 a	152.9±126.2 a	70.8±68.0 a	471.0±309.2 a
30	10.3±11.5 a	108.0±100.2 a	71.7±119.4 a	43±79.6 a	233.0±269.6 a
50	8.0±ND a	279.0±ND a	38.0±ND a	25±ND a	350.0±ND a

Los valores indican los promedios ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan, 0.05). ND = no determinada (única observación).

Entre el rango de picas evaluado (2-42) las especies mostraron la misma producción de resina ($p > 0.05$); la alta variabilidad durante el tiempo de evaluación y entre especies (CV altos), genera inflación de varianzas, lo que no permitió diferenciar las medias en la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) (Cuadro 2). Se observan diferencias entre la producción de resina en la mayoría de las picas, en el caso de *B. bipinnata* se aplicaron 40.8±1.3 picas en tres caras, generando la mayor producción de resina (492.9±321.2 g/árbol) para árboles de la categoría de 25 cm en DB; de esta manera, se produce 1.48 kg/árbol de resina (Cuadro 3). Todas las picas evaluadas no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). En el caso de *B. jorullensis* la mayor producción se obtuvo de árboles de la categoría de 30 cm, presentando una media de 726.0 g/cara al realizar 40 picas en una cara.

Cuadro 3. Producción de resina/cara (g) de acuerdo con la categoría diamétrica (CD) en especies de *Bursera*.

Categoría diamétrica (cm)	<i>B. bipinnata</i>			<i>B. jorullensis</i>			<i>B. glabrifolia</i>		
	N° de picas	Cara	Resina/cara (g)	N° de picas	Cara	Resina/cara (g)	N° de picas	de Cara	Resina/cara (g)
(7.5, 12.5] 10	40.4±1.2	1	177.7±112.9	40.0±ND	1	169.0±ND	-	-	-
[12.5, 17.5] 15	39.9±1.4	2	273.7±235.4	40.3±0.8	2	187.7±107.7	-	-	-
[17.5, 22.5] 20	40.4±1.5	2	378.3±324.8	40.1±0.6	1	267.7±110.4	-	-	-
[22.5, 27.5] 25	40.8±1.3	3	492.9±321.2	42.0±ND	1	320.0±ND	42.0±0	2	284.0±91.9
[27.5, 32.5] 30	42.0±0	2	134.4±133.9	40.0±ND	1	726.0±ND	-	-	-
[47.5, 52.5] 50	40.0±ND	1	350.0±ND	-	-	-	-	-	-

Los valores indican los promedios ± desviación estándar. ND = no determinada.

Para la construcción de los modelos de la producción de resina (kg ha^{-1}) en función a los días transcurridos para las distintas especies se utilizó el modelo exponencial de la forma: $y = \beta_0 e^{-\beta_1(1/X)}$, ya que fue el que tuvo el mejor ajuste. Para ambas especies (*B. bipinnata* y *B. glabrifolia*), se obtuvo un valor de $R^2 = 0.99$, lo que indica que estos modelos son buenos para predecir el comportamiento de la producción de resina (kg ha^{-1}) en función a los días transcurridos después de realizadas las picas; para el modelo de *B. jorullensis* el valor del ajuste fue de $R^2 = 0.62$.

El modelo generado para la producción de resina en función a los días transcurridos (DT) para *B. bipinnata* fue: $y = 225.2 e^{-52.3623(1/DT)}$, donde el CME tiene un valor de 25.82, mientras que en el modelo $y = 53.9589 e^{-63.8891(1/DT)}$ para *B. jorullensis* el valor del CME fue de 82.64; para el caso *B. glabrifolia* la ecuación generada fue $y = 13.3491 e^{-73.6339(1/DT)}$ donde el valor del CME fue de 0.01. En el caso de los tres modelos generados el valor de los parámetros β_0 y β_1 fueron altamente significativos ($p \leq 0.01$).

En el caso de la producción de resina de *B. bipinnata* y *B. glabrifolia*, se observa que los datos estimados con las ecuaciones generadas, muestran cercanía a los datos observados en campo, habiendo muy poca dispersión entre ellos; en comparación a los datos de la producción de *B. jorullensis* donde se observa mayor dispersión entre los datos observados y los datos estimados (Figura 2).

Rendimiento de aceite esencial

Las especies de *Bursera* sometidas al método de hidrodestilación con microondas para la extracción de aceites esenciales mostraron variados rendimientos, entre el tipo de muestra (frutos y hojas) y entre las especies. El mayor rendimiento fue 1.62%, que se obtuvo de los frutos *B. jorullensis*, de esta muestra (500 g) se obtuvo 8.1 g de aceite esencial, en el caso de las hojas no se logró extraer aceite; mientras que *B. bipinnata* tuvo un rendimiento de 0.16% de aceite esencial en hojas (0.8 g) y 0.62% de rendimiento en frutos (3.1 g).

Para el árbol muestra de *B. bipinnata* con DB = 13 cm, 5 m de alto, área de copa de 10.18 m^2 y 7 ramas, el peso total estimado de frutos fue de 1.70 kg/árbol, que genera 10.54 g de aceite (0.62% de rendimiento). Para *B. jorullensis* el peso total estimado de frutos fue de 5.54 kg para un árbol muestra con las siguientes características: un diámetro de 20 cm, una altura de 5.8 m, 23.76 m^2 en su área de copa y 9 ramas; este genera 89.74 g de aceite (1.62% de rendimiento).

Con los rendimientos obtenidos de aceite esencial de frutos de cada especie, se estimó el rendimiento (g) de aceite esencial para cada uno de los árboles muestra; para el árbol muestra de *B. bipinnata* con una altura de 5 m, 13 cm de diámetro basal y un peso total de 1.70 kg de frutos se estima que se obtiene 10.54 g de aceite con un rendimiento de 0.62%. Para el caso del árbol de *B. jorullensis*, con 5.8 m de altura y 20 cm de diámetro basal, a partir de los frutos se podrían obtener 89.74 g de aceite, considerando que el peso de todos los frutos es de 5.54 kg.

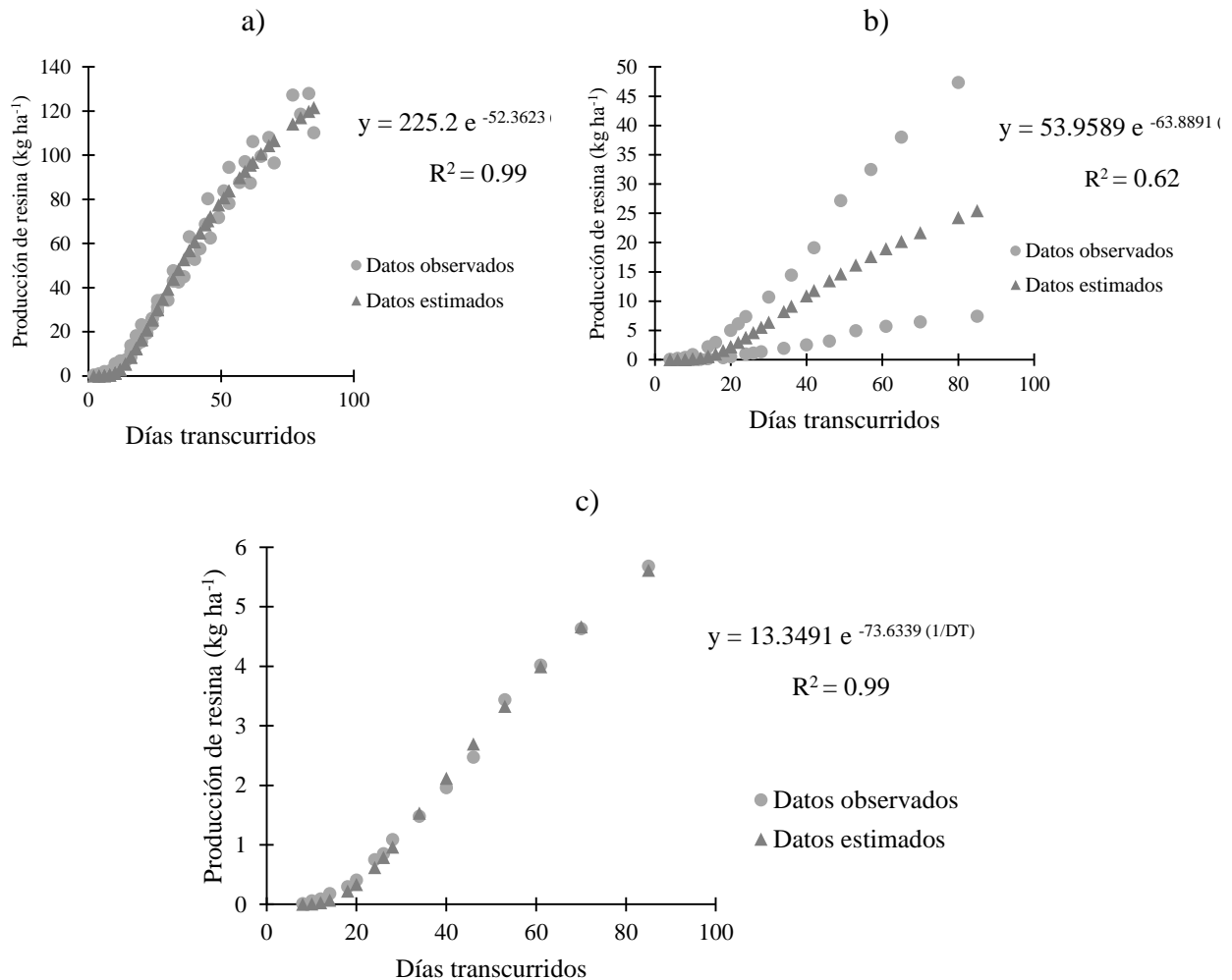


Figura 2. Producción de resina de *Bursera bipinnata* (a), *B. jorullensis* (b) y *B. glabrifolia* (c) en función a los días transcurridos después de las picas.

DISCUSIÓN

De acuerdo con Purata (2008), la extracción de resina se realiza sólo una vez al año durante la temporada de lluvias, durante los meses de julio a octubre; el periodo de extracción evaluado comprendido del 16 de julio al 9 de octubre, coincide con el periodo descrito por Montúfar (2016), que menciona que, los copaleros en ocasiones se internan entre los cerros desde la segunda quincena de julio, cuando el temporal se ha establecido y regresan del monte cerca del 15 de octubre; por su parte, Cruz-León *et al.* (2006), indican que la temporada de recolección dura en promedio tres meses y cinco días (julio, agosto, septiembre y cinco días de octubre).

La cantidad de resina que producen los árboles varía de acuerdo con el tamaño de éstos, las condiciones donde crece y si el árbol se ha dejado o no descansar (Purata y León, 2005). Los resultados obtenidos muestran una producción promedio por cara de 313.4, 260.7 y 284 g en *B. bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*, respectivamente. La producción promedio de *B.*

bipinnata es mayor a la obtenida por Cruz-León *et al.* (2006), que en árboles de la Sierra de Huautla, Morelos, determinaron una producción de 174.64 g para la misma especie. Estas cifras comparadas con la producción de resina en especies del género *Pinus*, son bajas, ya que de acuerdo con Martínez-Chamorro (2016), en árboles de *P. pinaster* en bosques de Galicia la producción por árbol supera los 2 kg, mientras que Gutiérrez *et al.* (1979), mencionan que la producción media por cara en bosques de pino en Michoacán es de 3.56 kg.

Cabe mencionar que, aunque la producción de resina de pino es mayor, su precio es menor, a comparación de la resina de copal, en el año 2012 el precio de la resina de pino, pagado al campesino en el estado de Oaxaca fue de \$7.50 kg⁻¹ (CONAFOR, 2013), mientras que el precio de la resina de copal en el año 2005 era alrededor de \$250.00 kg⁻¹, incluso se ofrecía en algunos sitios de internet, a precio hasta de \$500.00 kg⁻¹ (Purata y León, 2005).

La producción de resina de copal es afectada por diversos factores, como son la exposición del sitio, la sanidad del árbol, la pendiente, la exposición y orientación de la cara, también es afectada por la variabilidad genética del individuo, la calidad de estación, el grado de competencia interespecífica y el clima, factores descritos por CESEFOR (2009), para la producción de resina en especies de pino.

El factor principal que influye en el proceso de resinación es la lluvia, que como mencionan Cruz-León *et al.* (2006) éstas incrementan la producción de resina, pero a veces el exceso de pluviosidad es contra productivo. En la temporada de lluvias del año 2016 en que se realizó el presente trabajo las lluvias no fueron constantes y escasearon, fue en estos días en los que la lluvia no permitió realizar las picas correspondientes y se tuvieron que recorrer. Linares y Bye (2008) y Purata (2008), coinciden que la extracción se realiza sólo en la temporada de lluvias, pues es cuando hay agua y nutrientes disponibles, por lo que los árboles podrán reponerse de la cosecha, si se extrae resina en temporada de secas la planta reducirá su producción (Purata, 2008).

Al inicio del proceso, la resina producida por los árboles no incrementó considerablemente, sin embargo, se observó que conforme los días iban transcurriendo y la cantidad de picas se aumentaba, la producción también iba incrementando; esto sustentado por Purata (2008), quien menciona que al principio el árbol produce poca resina, pero según se van incrementando los cortes, va aumentando el flujo de resina y cuando el árbol tiene unos 15 cortes se encuentra en su fase más productiva, sin embargo en el estudio realizado se registró la máxima producción de resina en los últimos cortes evaluados. Cruz-León *et al.* (2006) también mencionan que los árboles requieren de días de “calentamiento”, este término es utilizado por los copaleros para referirse al tiempo que pasa desde el primer corte hasta que empieza a fluir la resina.

Por otra parte, los aceites esenciales (AE) pueden ser obtenidos de distintas partes de la planta, de acuerdo con Estrada (2014), los AE pueden ser sintetizados por todos los órganos de la planta, es decir, capullos, flores, hojas, tallos, semillas, frutos, raíces y cortezas. El rendimiento de AE varía de acuerdo a la parte de la planta y al método de extracción. Respecto al rendimiento de AE obtenidos mediante el proceso de hidrodestilación con microondas, el mayor rendimiento fue de 1.62% obtenido de los frutos de *B. jorullensis* y para el caso de frutos de *B. bipinnata* el rendimiento fue de 0.62%, éste último rendimiento es menor al rendimiento obtenido de cascaras

de frutos de lináloe, ya que este oscila entre 1.5 y 3%, dependiendo de las características del destilador y del fruto en cuestión (Purata, 2008).

El rendimiento en hojas de *B. bipinnata* fue de 0.16% mayor a 0.10% obtenido de hojas *B. graveolens* mediante el método de destilación con arrastre de vapor (Luján-Hidalgo *et al.* 2012), pero menor 0.35%, rendimiento obtenido por Cuellar *et al.* (2015), en *Bursera graveolens* mediante el método de hidrodestilación. Como ya se mencionó anteriormente el rendimiento presenta variaciones según la parte utilizada de la planta, Aguilar *et al.* (2012) obtuvo un alto rendimiento de 14.7% en corteza de *B. grandiflora* mediante un sistema de destilación a presión reducida.

CONCLUSIONES

La especie de mayor producción de resina evaluada fue *Bursera bipinnata* de la que se estimó se podrían obtener 109.06 kg ha⁻¹, considerablemente mayor a la producción de *B. jorullensis* y *B. glabrifolia* con una producción estimada de 13.04 y 0.852 kg ha⁻¹, respectivamente. Esto considerando que la población evaluada de *B. bipinnata* es superior al número de individuos por hectárea de las otras dos especies. En las tres especies, la mayor producción se presenta en las categorías diamétricas intermedias, en el rango de 25 y 30 cm, esto al realizar en promedio 41 picas a los árboles en 82 días. El comportamiento de la producción de resina no se mantiene estable, ya que al inicio del proceso de resinación la producción es muy baja pero conforme transcurren los días y el número de picas aumenta la producción de resina también incrementa, llegando los individuos a su máxima producción, después de esta fase la producción va disminuyendo hasta culminar el proceso de resinación (periodo comprendido del 16 de julio al 9 de octubre). El mayor rendimiento de aceites esenciales se obtuvo de los frutos de *B. jorullensis* presentando un rendimiento de 1.62%, sin embargo la muestra de 500 g de hojas de esta misma especie no presentó rendimiento.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Inés G. Vásquez Barranco, Ing. Carlos M. Pérez González de la ICICO A.C. y autoridades comunales de San Pedro Juchatengo, Oaxaca.

LITERATURA CITADA

- Alexiades, M. N. y P. Shanley. 2004. Productos forestales, medios de subsistencia y conservación: Estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables. Centro de Información Forestal (CIFOR), Bogor, Indonesia. 12 p.
- Aguilar-Santamaría, L., O. Romero-Cerecero, M. González-Cortazar y J. Tortoriello. 2012. Efecto de *Bursera grandiflora* sobre el peso corporal y lipemia en ratones obesos. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 11(2):138-146.
- Bah, M., D. M. Gutiérrez-Avella., S. Mendoza, V. Rodríguez-López and R. Castañeda-Moreno. 2014. Chemical constituents and antioxidant activity of extracts obtained from branch bark of *Bursera simaruba*. Bol Latinoam. Caribe Plant Med. Aromat. 13(6): 527-536.
- Bakkali, F., S. Averbeck., D. Averbeck and M. Idaomar. 2008. Biological effects of essential oils – A review. Food and Chemical Toxicology 46:446–475.

- Cruz-León, A., L. Salazar-Martínez y M. Campos-Osorno. 2006. Antecedentes y actualidad del aprovechamiento de copal en la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista de Geografía Agrícola* 37: 97-115.
- Carretero, M. E., J. L. López-Pérez, M. J. Abad, P. Bermejo, S. Tillet and A. Israel, B. Noguera-P. 2008. Preliminary study of the anti-inflammatory activity of hexane extract and fractions from *Bursera simaruba* (Linneo) Sarg. (Burseraceae) leaves. *Journal of Ethnopharmacology* 116:11-15.
- Centro de servicios y promoción forestal y de su industria de Castilla y León (CESEFOR). 2009. La resina: Herramienta de conservación de nuestros pinares. España. Gráficas Ochoa Soria, S.L. 78 p.
- Cerpa-Chávez, M.G. 2007. Hidrodestilación de aceites esenciales: modelado y caracterización. Tesis doctoral, Universidad de Valladolid. Valladolid. 304 p.
- CONABIO. 2009. Copales. <http://www.biodiversidad.gob.mx/-usos/copales/copales.html> (Consultado: 27/10/2016).
- Cuéllar, C. A., S. Ruiz-Reyes, E. Venegas-Casanova y K. Cosavalente-Burgos. Evaluación de la composición química del aceite esencial de las hojas y corteza de *Bursera graveolens* H. B. K TR. & PL. y su efecto en *Leishmania amazonensis* y líneas celulares mcf-7.2015. *Perspectiva* 16(18): 23-30.
- De la Cruz-Cañizares, J., Doménech-Carbo, M. T., Gimeno-Adelantado, J. V., Mateo-Castro, R. and Bosch-Reig, F. 2005. Study of Burseraceae resins used in binding media and varnishes from artworks by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of chromatography A* 1093(1-2):177-194.
- Estrada-Pérez, G. 2014. Repelencia y composición química de aceites esenciales de plantas etnorepelentes a mosquitos en comunidades de Oaxaca, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, México. 83 p.
- Gómez, R. F. 1976. Sistema y Métodos de Resinación en el Pino (Género *Pinus*). *CEIBA* 20(1): 53-54.
- Gutiérrez, J. T., M. A. Rodríguez-Peña e I. Villegas-Cázares. 1979. La producción de resina en pinares de ciertas áreas del estado de Michoacán bajo condiciones experimentales. *Ciencia Forestal* 4(21):17-56.
- Hernández, T., A. M. García-Bores, R. Serrano, G. Ávila, P. Dávila, H. Cervantes, I. Peñalosa, C. M. Flores-Ortiz y R. Lira. 2015. Fitoquímica y actividades biológicas de plantas de importancia en la medicina tradicional del valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 18(2):116-121.
- Hernández-Pérez, E., M. González-Espinosa, I. Trejo y C. Bonfil. 2011. Distribución del género *Bursera* en el estado de Morelos, México y su relación con el clima. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:964-976.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, San Pedro Juchatengo, Oaxaca. 9 p.
- Leyva, M. A., J. R. Martínez y E. E. Stashenko. 2007. Composición química de aceite esencial de hojas y tallos de *Bursera graveolens* (Burseraceae) de Colombia. *Scientia Et Technica* 13(33):201-202.
- Linares, E. y R. Bye. 2008. El copal en México. *CONABIO. Biodiversitas* 78:8-11.
- Luján-Hidalgo, M. C., F. A. Gutiérrez-Miceli, L. M. C. Ventura-Canseco, L. Dendooven, M. R. Mendoza-López, S. Cruz-Sánchez, O. García-Barradas, M. Abud-Archila. 2012. Composición química y actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de hojas de *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* de Chiapas, México. *Gayana Bot* 69: 7-14.

- Maldini, M., P. Montoro, S. Piacente and C. Pizza. 2009. Phenolic compounds from *Bursera simaruba* Sarg. bark: Phytochemical investigation and quantitative analysis by tandem mass spectrometry. *Phytochemistry* 70:641–649.
- Medina-Lemos, R. 2008. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología. UNAM. 66:1-76.
- Montúfar L., A. 2016. Copal de *Bursera Bipinnata*. Una resina mesoamericana de uso ritual. Trace. *Travaux et Recherches dans les Amériques du Centre* 70:45-77.
- Nerio, L. S., J. Olivero-Verbel and E. Stashenko. 2010. Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology* 101:372–378.
- Noguera, B., E. Díaz, M. V. García, A. San Feliciano, J. L. López-Perez and A. Israel. 2004. Anti-inflammatory activity of leaf extract and fractions of *Bursera simaruba* (L.) Sarg (Burseraceae). *Journal of Ethnopharmacology* 92:129–133.
- Pedro-Luna, H. A., E. Palou-García, A. López-Malo. 2009. Aceites esenciales: métodos de extracción. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 3-1:24-32.
- Purata, S. E. 2008. Uso y manejo de los copales aromáticos: resinas y aceites. CONABIO. 60 p.
- Purata, E. S. y C. León M. 2005. La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales. SEMARNAT. 201 p.
- Robles, J., R. Torrenegra, A. I. Gray, C. Piñeros, L. Ortiz y M. Sierra. 2005. Triterpenos aislados de corteza de *Bursera graveolens* (Burseraceae) y su actividad biológica. *Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy* 15(4):283-286.
- Rodríguez, A. M., L. Alcaraz-Meléndez y S. M. Real-Cosío. 2012. Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. SAGARPA-CONACYT. México. 47 p.
- Rzedowski, J. y F. Guevara-Féfer. 1992. Burseraceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes 3:1-46.
- Rzedowski, J., R. Medina-Lemus y G. Calderón-de Rzedowski. 2004. Las especies de *Bursera* (burseraceae) en la cuenca superior del Río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana* 66:23-151.
- Rzedowski, J., R. Medina-Lemus y G. Calderón de Rzedowski. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana* 70:85-111.
- SAS Institute. 2005. The SAS for Windows. V. 9.01. SAS Institute. Cary, NC. USA. 480 p.
- Sharma, A., R. C. Flores-Vallejo, A. Cardoso-Taketa and M. L. Villarreal. 2016. Antibacterial Activities of Medicinal Plants Used in Mexican Traditional Medicine. *Journal of Ethnopharmacology* S0378-8741(16)30246-X.10.1016.2016.04.045.
- Tangarife-Castaño, V., J. Correa-Royero, B. Zapata-Londoño, C. Durán, E. Stanshenko and A. C. Mesa-Arango. 2011. Anti-Candida albicans activity, cytotoxicity and interaction with antifungal drugs of essential oils and extracts from aromatic and medicinal plants. *Infectio* 15(3):160-167.
- Tapia-Tapia, E. y C. Reyes-Chilpa. 2008. Productos forestales no maderable en México; aspectos económicos para el desarrollo sustentable. *Madera y Bosques* 14(3):95-112.

CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MAÍZ EN REGIONES DEL ESTADO DE OAXACA¹

[CHARACTERIZATION OF CORN CROP SYSTEMS IN THE REGIONS OF OAXACA STATE]

Marco Antonio Vásquez Cruz^{1§}, Ernesto Castañeda Hidalgo², Salvador Lozano Trejo², María Isabel Pérez León², Gisela Margarita Santiago Martínez², Celerino Robles Perez³

¹Tesista, PMCPA-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), ²DEPI-ITVO. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71230. Tel. 01(951) 5170788. ³Instituto Politécnico Nacional – CIDIIR Unidad Oaxaca. Calle Hornos No 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, C.P. 71230 Oaxaca, México. [§]Autor para correspondencia: (vacmarco26@gmail.com, casta_h50@hotmail.com).

RESUMEN

El maíz para grano se cultiva de forma diversa en todas las regiones del estado de Oaxaca. El presente trabajo se realizó en el año 2015 con el objetivo de identificar y caracterizar las principales actividades del proceso productivo de maíz en cinco regiones del estado de Oaxaca. Para la generación de la información se utilizó el seguimiento de actividades en la metodología de Hernández Xolocotzi (1971). Se realizaron recorridos de campo, tres talleres participativos por comunidad y se aplicó un cuestionario estructurado a 12 productores. Para la capacitación se aplicaron las técnicas de Escuelas de Campo y la de Productor a Productor. Para el análisis de la información se realizaron pruebas de independencia, asimismo se realizó un análisis *Cluster* para detectar la conformación de grupos con características similares. Se realizaron comparaciones no paramétricas mediante Kruskal-Wallis. Se encontró que la participación masculina en las actividades de maíz es predominante ($p = 0.75$); así mismo, el uso de la mano de obra ($p = 0.75$). Las regiones son separadas por diferencia significativa ($p < 0.05$) en cinco variables: variedad de maíz, labranza de suelo, método de cosecha, destino de forraje y destino de grano. El análisis *Cluster* agrupa parcelas de la misma región debido a la similitud en el manejo del cultivo.

Palabras claves: actividades productivas, escuelas de campo, maíz de riego, siembra.

ABSTRACT

Corn grain is grown in different form in all regions of the State of Oaxaca. The present work was carried out in 2015 with the objective of identifying and characterizing the main activities of the maize production process in five regions of the state of Oaxaca. For the generation of the information was used the monitoring of activities in the methodology of Hernández Xolocotzi (1971). Three participatory workshops were required per community and a structured questionnaire was applied to 12 producers and field trips. Techniques were applied from Field Schools and Producer to Producer. Independence tests were performed, as well as a Cluster analysis to detect the conformation of groups with similar characteristics. Non-parametric Kruskal-Wallis comparisons were made. It was found that male participation in maize activities is predominant (p

¹ Recibido: 31 de enero de 2017.
Aceptado: 20 de junio de 2017.

= 0.75); likewise, the use of labor ($p = 0.75$). The regions are separated by significant difference in five variables: maize variety, soil tillage, harvest method, forage destination and grain destination. The Cluster analysis groups plots of the same region due to the similarity in the cultivation processes.

Index words: production activities, field schools, irrigation maize, sowing.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el tercer cereal más importante del mundo debido a su importancia alimentaria y valor nutritivo (Turiján *et al.*, 2012). Este cereal posee una gran historia al formar parte fundamental de la alimentación de los mexicanos y ser el elemento principal para la conformación de los agroecosistemas en México a partir de la domesticación del maíz. Dicho acontecimiento surgió hace aproximadamente 9,000 años por los cazadores y recolectores que iniciaron asentamientos humanos y cultivaron el Teosinte domesticado (Teosintle; del Náhuatl *teocintli*) (González, 2008).

El maíz en México posee una gran importancia cultural y económica. Ocupa el segundo o tercer lugar a nivel nacional por la extensión de superficie sembrada, solamente es superado por el arroz y trigo. Es la principal fuente de alimento de los mexicanos (Gerardo y Armenta 2010; Morales *et al.*, 2014), por lo que México es uno de los principales países consumidores a nivel mundial (González y Ávila, 2014). Según la FIRA (2016), se siembra una superficie aproximada de 7.7 millones de ha anualmente, de las cuales se obtiene una producción promedio de 24.69 millones de t de grano, siendo México el quinto país en mayor consumo del grano. Un 85.9% de la producción corresponde a maíz blanco, 13.6% a maíz amarillo y el restante 0.5% otros tipos de maíz. La mayor parte de los agricultores siembran maíz para el autoconsumo en un amplio rango de adaptabilidad de la especie ante diferentes condiciones fisiográficas, desde el nivel del mar y hasta los 2,800 m de altitud en la Sierra Sur.

El cultivo es originario de América Central. En los estudios sobre el origen del maíz se menciona que México es centro de origen y distribución hacia otros sitios de América (Acosta, 2009). Como sistema de cultivo se siembra prácticamente en todas las comunidades del estado de Oaxaca, lo que ha propiciado se desarrollen investigaciones de diferente índole.

Según Armenta *et al.* (2010), la agricultura, y en especial la tradicional, es una forma de vida de los agricultores en las comunidades rurales, por lo que propician una relación armónica con el ambiente mediante prácticas agroecológicas. Para Vallejo *et al.* (2011) la agricultura es una actividad que se realiza con base en los saberes tradicionales y prácticas acordes a las condiciones propias del lugar y con el uso de semillas nativas. Sin embargo, durante el siglo XX, la agricultura sufrió grandes cambios debido a la aparición de nuevas formas de agricultura basada en el uso indiscriminado de insumos, maquinaria y la creación de variedades comerciales de semillas; lo que provocó la pérdida de las semillas nativas; entre otras cosas. Por lo que en la actualidad se busca una agricultura sostenible, basada en los procesos de trabajo de los campesinos para contribuir a la sustentabilidad (Sánchez, 2003).

Existe una gran variación en las técnicas y métodos de manejo de los cultivos en la agricultura, sobre todo en el maíz; ello debido a su largo proceso histórico, ya que el surgimiento del cultivo data entre los años 8,000 y 6,000 a. C. en Mesoamérica, en especial entre los países de México y Guatemala, debido principalmente a las diversas condiciones climáticas y edáficas en los cuales se

desarrolla (Acosta, 2009). Esto propicia que el manejo al cultivo de maíz sea diferente en todos los lugares. Las prácticas campesinas más variadas son las relacionadas a las labores de cultivo, el uso de semillas y las obras de conservación de los suelos; los cuales dependen principalmente del contexto social, económico y ambiental en el que se desarrolla la agricultura (Turiján *et al.*, 2012).

Para el desarrollo comunitario es necesario que, en los procesos de generación y transmisión de conocimientos y tecnologías, en los que se busca tener un cambio, se apliquen modelos donde productores y experimentadores tengan una participación interactiva, basándose en el trabajo en equipo (Palacios *et al.*, 2007). La participación de los productores en el proceso de mejora tecnológica tiene como propósito el intercambio de saberes entre el facilitador y los productores para fortalecer los conocimientos en las unidades de producción (Palacios *et al.*, 2007).

El hecho de que el agricultor tenga un intercambio de conocimiento con las nuevas generaciones es importante, ya que transmiten las formas de trabajo y del cultivar (González, 2008); además, se adaptan nuevas prácticas de conservación, siendo viables para cada uno de los sistemas de cultivo (Claro *et al.*, 2000).

Por ello la importancia de caracterizar los sistemas de producción, considerando las decisiones que toman los propios productores desde la selección de las semillas, preparación de suelos, condiciones de los terrenos de cultivo, métodos de siembra, labores de cultivo que se realizan, técnicas de manejo que serán empleadas, costos de producción, etc., las cuales dependerán de diversos factores (Paneque y Prado, 2005). Por lo que el objetivo del proyecto fue identificar y caracterizar el proceso que realizan los agricultores en el sistema de cultivo maíz bajo condiciones de riego en cinco regiones del estado de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de las parcelas

Para la caracterización se seleccionaron 12 parcelas de al menos 1.0 ha de superficie con productores de maíz cooperantes en cinco diferentes regiones del estado de Oaxaca. Los productores fueron seleccionados de forma directa con base en el interés mostrado respecto a los objetivos del trabajo y a la disposición para establecer una propuesta de mejora al sistema de cultivo actual. Las comunidades elegidas fueron Zaachila, Paraje al CBTA en Zaachila, Cuilapam de Guerrero y Rancho Quemado en los Valles Centrales; Santa Martha Latuvi, Talea de Castro y San Juan Chicomezuchil, en la región de la Sierra Juárez; paraje Vista Hermosa, Santiago Tillo en la región Mixteca; El Espinal y Santa Rita Juchitán en la región de Istmo, y San Martín Jacatepec y Loma del Carmen en la región del Papaloapan.

Metodología

Para la caracterización de las actividades del proceso productivo se utilizó la metodología propuesta por Hernández Xolocotzi (1971). Con la aplicación de esta metodología se identifican y describen de manera sistemática cada una de las actividades del proceso productivo. Inicia con la selección del terreno de cultivo, selección de semilla, momento de siembra, prácticas culturales, etc., hasta la cosecha y destino del producto.

Para la generación de la información se realizaron tres talleres participativos en cada comunidad. De acuerdo con Richers *et al.* (2011) son técnicas participativas utilizadas en el de desarrollo rural e investigaciones vinculadas al estudio de agroecosistemas donde se aplica la acción-reflexión en espacios donde se aprende algo a partir de un ambiente de confianza. Inicialmente se trabajó de forma teórica en un lugar adecuado para la impartición de los temas a tratar, seguido de prácticas en campo para la demostración de las actividades que se realizan sobre el cultivo de maíz.

Además, se aplicó una entrevista estructurada, así como los recorridos de campo y el diálogo con los productores. Para la capacitación se utilizó la técnica de Escuelas de Campo (ECA) bajo los mecanismos de Productor a Productor. De acuerdo con la FAO (2011) en las ECAS se plantean nuevas formas para desarrollar el conocimiento acorde a las necesidades y problemas identificados por los propios productores. En la técnica de Productor a Productor, se establecieron diálogos de saberes para intercambiar conocimiento entre los agricultores sobre las formas de cultivo en sus parcelas, mientras que en la técnica de Escuelas de Campo el aprendizaje fue directo en las zonas de trabajo, donde se puede apreciar los verdaderos escenarios que los agricultores perciben día a día.

Variables de caracterización y análisis estadístico

Las variables que se midieron en cada una de las parcelas fueron del tipo social, económico y técnico-productivo (Cuadro 1). Posteriormente fueron capturados en una hoja electrónica para su análisis.

Cuadro 1. Variables de medición en el sistema de cultivo maíz en las diferentes regiones del estado de Oaxaca.

Variables		
Sociales	Económicas	Técnico productivas
Sexo	Destino del grano	Variedad de maíz
Edad	Destino del forraje	Labranza de suelo
	Nivel económico	Distancia entre surco
		Método de siembra
		Distancia entre planta
		Número de plantas m ⁻²
		Sistema de riego
		Patrón de cultivo
		Método de cosecha
		Equipo de cosecha

Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico con pruebas de independencia de distribución χ^2 y Kruskal Wallis, para conocer la relación que existe entre variables importantes en el sistema de cultivo de maíz. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con 12 variables de las cuales se redujeron a cinco, siendo las de mayor relevancia para la clasificación por el análisis *Cluster* y poder comparar los procesos que realizan los agricultores, así mismo identificar la similitud entre parcelas de una misma región y las discrepancias entre regiones (discriminantes canónicos) para el sistema de cultivo del maíz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos socioculturales

La intervención humana en las actividades del cultivo de maíz en las regiones de Valles Centrales, Mixteca, Papaloapan, Sierra Norte e Istmo es predominantemente masculina con un 75% de probabilidad de ocurrencia; mientras que un 25% es mediante la participación femenina. En cuanto a la distribución de las edades en los agricultores del sexo masculino, los grupos de productores con mayor representatividad son los menores de 44 años y el grupo de productores entre los 51 y 70 años de edad con un 25% cada uno de ellos. El grupo con menor representación en cuanto a edad es el de los 44 a los 51 años con el 8% de ocurrencia. Esto significa que pocos productores hombres se dediquen a la siembra del maíz, posiblemente por encontrarse en una edad productiva y con capacidades físicas para migrar y trabajar fuera de las unidades de producción y aportar recursos financieros. De acuerdo con González (2008), el envejecimiento de los hombres en la agricultura de subsistencia y la migración de los jóvenes es un fenómeno social vigente que produce el abandono de las tierras de cultivo. En este sentido, el INEGI (2007), reporta una tasa de decremento de la agricultura de 7,000 ha anuales relacionadas con el cultivo de maíz y milpa para el estado de Oaxaca.

La participación de las mujeres en el cultivo de maíz en cuanto a la edad indican que el 25% de ellas se encuentran en un rango de 44 a 51 años de edad. Una de las actividades importantes de la participación de las mujeres, es sobre la influencia en la toma de decisiones en los sistemas de cultivo (González, 2008 y Gómez *et al.*, 2010). Las productoras ubicadas en los grupos menores a los 44 años y las que se encuentran entre los 51 a 70 años, representan un 50% de ellas. La menor probabilidad, 0.16, se manifiesta en la presencia de productoras mayores de 70 años. No por ser pocas mujeres participando en el sistema de cultivo en este rango de edades, sea de poca importancia o impacto; de acuerdo con Carmagnani (2008), la intervención de ellas en la agricultura es importante por su alta contribución a la generación de conocimiento del cultivo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de edades por sexo en productores de maíz de diferentes regiones del estado de Oaxaca.

Sexo	Grupos de edades (años)				Total
	≤44	(44≤51]	(51≤70]	>70	
Masculino	(3, 0.25]	(1, 0.08]	(3, 0.25]	(2, 0.16]	(9, 0.75]
Femenino	(0, 0]	(3, 0.25]	(0, 0]	(0, 0]	(3, 0.25]
Total	(3, 0.25]	(4, 0.33]	(3, 0.25]	(2, 0.16]	1

Aspectos socio económicos

El nivel económico de los campesinos no está asociado significativamente a los grupos de edad de los productores. Los agricultores se agruparon en cuatro niveles económicos, bajo, medio, alto y muy alto. Con una probabilidad de 0.50 se encuentran los agricultores con un nivel económico bajo, siendo la mitad de la población y con un .08 de probabilidad que se encuentran en nivel económico medio (Cuadro 3). La economía en los agricultores es baja, ya que hoy en día se

obtienen bajas ganancias de la agricultura tanto de forma tradicional o convencional (González, 2008).

Cuadro 3. Nivel económico en relación con las edades de los productores de maíz en diferentes regiones del estado de Oaxaca.

Nivel económico	Grupo de edades (años)				Total
	≤44	(44≤51]	(51≤70]	>70	
Bajo	(1, 0.08]	(2, 0.16]	(2, 0.16]	(1, 0.08]	(6, 0.50]
Medio	(0, 0]	(1, 0.08]	(0, 0]	(0, 0]	(1, 0.08]
Alto	(1, 0.08]	(1, 0.08]	(0, 0]	(0, 0]	(2, 0.16]
Muy alto	(1, 0.08]	(0, 0]	(1, 0.08]	(1, 0.08]	(3, 0.25]
Total	(3, 0.25]	(4, 0.33]	(3, 0.25]	(2, 0.16]	1

Aspectos técnico productivos

Características de los materiales genéticos utilizados

En México, el 70% de la superficie que se cultiva al año de maíz se utilizan variedades criollas (Gómez *et al.* 2014). Turiján *et al.* (2012), mencionan que la importancia de la semilla criolla para los agricultores prevalece por un bajo costo, disponibilidad y adaptación a las condiciones locales de clima. Coutiño *et al.* (2015) y Lugo (2010) identificaron que los agricultores seleccionan la semilla de maíz según preferencias personales de acuerdo a color, sabor, tolerancia, precosidad, etc. y que la agricultura en el medio rural se caracteriza por el número de parcelas, tamaño y formas en cómo trabaja cada uno de los agricultores.

Las razas de maíz utilizadas por los productores están claramente identificadas para las regiones en estudio (Aragón *et al.*, 2006). Para la región del Papaloapan, comunidades de Loma del Carmen y San Martín Jacatepec se cultiva ampliamente el maíz criollo Tepecintle, cuyas principales características son: número elevado de nudos cromosómicos y con elotes grandes descubiertos en el ápice, las regiones de distribución son la Costa, Istmo y Papaloapan, con una adaptación de los 90 a 2,050 m de altitud y de 16.5 a 27.8 °C su régimen térmico.

Para Valles Centrales, comunidades de Zaachila, CBTA, Rancho Quemado y Cuilapam de Guerrero, se cultiva el maíz criollo Bolita el cual destaca por su amplia distribución dentro de la misma región, la cual se puede encontrar a una altitud de 1,010 hasta los 2,350 m: La mazorca es corta, el grano de apariencia redonda, con pocas hileras, la planta es de porte bajo con floración entre los 60 y 65 días.

En las comunidades de Latuvi y Tále de Castro en la región de la Sierra Juárez, utilizan el maíz criollo Tuxpeño, el cual se distribuye principalmente en áreas tropicales y subtropicales. Es una planta de porte alto, mazorca larga, cilíndrica que posee entre 12 y 16 hileras de grano, de color amarillo o blanco. Es considerada una de las más productivas y es la raza más empleada en programas de mejoramiento genético a nivel mundial. Mientras que en la localidad de San Juan Chicomezuchil perteneciente a la misma región, utilizan el maíz criollo de la raza Cónico, el cual se distribuye en las regiones de la Mixteca, Sierra Norte y Sierra Sur, en un rango altitudinal de 1,949 a 2,298 m. Se considera una raza mestiza prehistórica que se encuentra en los valles altos de

Oaxaca. Su ciclo se cataloga como precoz a intermedio. Las plantas son de porte bajo, las mazorcas tienen la forma cónica y los granos pueden ser de diferentes coloraciones.

Para la región del Istmo se utiliza el maíz perteneciente a la raza Criollo Zapalote Chico. Es el predominante en la zona y posee un alto grado de adaptación a las condiciones físicas y geográficas. Tiene un ciclo de 85 días a la madurez, es resistente a los fuertes vientos y al ataque de plagas, en especial al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). La planta es de porte muy bajo, así como la mazorca. Su corto tamaño es debido a las condiciones ambientales que imperan, fuertes vientos, escasa humedad y suelos pobres. Se distribuye en un gradiente altitudinal de cero hasta los 840 m. Estas características permiten recoger hasta tres cosechas anuales en caso que se cuente con riego, o dos de ellas, una bajo condiciones de temporal y otra en condiciones de secano. La mazorca es pequeña y contiene 12 hileras en promedio, el grano es de color blanco y es especial para elaborar totopos, tortillas tostadas muy importantes en la región por su sabor, comercialización y facilidad de almacenaje para su posterior consumo.

Prácticas de manejo

Al llevar a cabo la agrupación de las localidades se tomaron en cuenta cinco variables determinantes: variedades de maíz, labranza del suelo, métodos de cosecha, destino del forraje y destino del grano. Se encontró afinidad que presentan los sistemas de cultivo de cada región, a excepción de San Juan Chicomezuchil, que no se agrupa en las comunidades de la Sierra Norte.

Con los resultados obtenidos en las parcelas de los productores se identificaron dos grupos, donde se aprecia una relación entre localidades de la misma región. Para el grupo A, la localidad de Santiago Tillo se encuentra en la parte media de los dos grupos, siendo una localidad en la que sus actividades agrícolas se encuentran ampliamente relacionadas en el uso de maquinaria, insumos y variedades de maíz criollos mejorados, los cuales difieren con las demás localidades. Dentro del mismo grupo la parcela de Zaachila y el CBTA, son semejantes en el cultivo de maíz las cuales pertenecen a la misma región, con una distancia promedio de separación de 0.0, lo cual significa un amplio parentesco entre las localidades.

Muy cerca se encuentran las localidades de Cuilapam y Rancho Quemado, las cuales se agrupan con alta similitud a una distancia promedio de 0.0. Para estas localidades el método de cosecha se realiza de forma manual, mientras que para la actividad de labranza de suelo se utiliza maquinaria. En la otra llave perteneciente al mismo grupo están San Martín Jacatepec y Loma del Carmen, de la misma forma tienen una amplia similitud para sus actividades agrícolas con una distancia promedio de separación de 0.0.

En el grupo B se encuentran cinco localidades, dos de ellas, Latuvi y Talea de Castro mantienen similitud con una distancia promedio de separación de 0.0, ya que sus actividades de campo las realizan de forma manual, por las condiciones geográficas en las cuales se encuentran. Otras dos comunidades las cuales se encuentran con similitud idéntica son El Espinal y Santa Rita, donde destaca la raza de maíz que se utiliza ya que las condiciones son las idóneas para su cultivo. Como última localidad perteneciente al mismo grupo se encuentra Santiago Tillo la cual pertenece a la región de la Mixteca (Figura 1). Los procesos de cultivo y la forma en como realizan los agricultores sus actividades influyen en la agrupación de similitudes entre parcelas para los procesos de cultivo (Ángeles *et al.*, 2010; Sierra *et al.*, 2010 y Rocandio *et al.*, 2014).

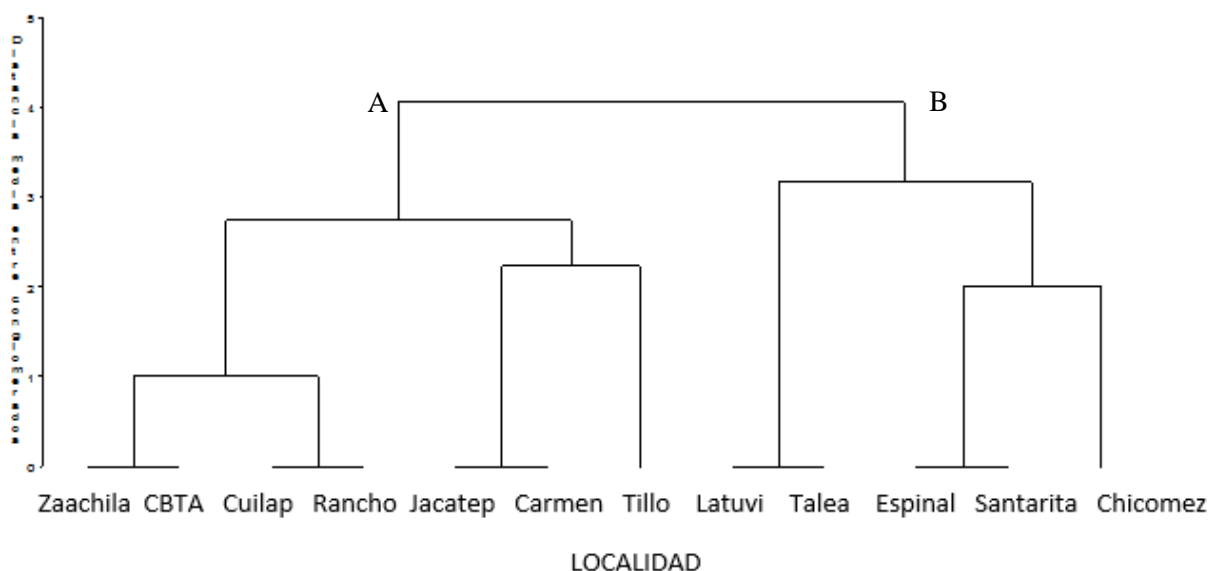


Figura 1. Agrupación de las comunidades respecto a sus procesos de producción.

Métodos de siembra y ciclo de cultivo

La diversidad del maíz en México y condiciones fisiográficas hacen que los métodos de siembra sean diferentes en algunas localidades (Cabrera *et al.*, 2015). La influencia del medio ambiente y los métodos que el agricultor realiza para el cultivo resultan ser diferentes y pocas veces son significativos a nivel estadístico (Salazar *et al.*, 2015).

En cuanto al ciclo de cultivo, la significancia es $P=0.04$ mostrando diferencia entre regiones, lo cual indica que por lo menos en una región el tiempo de cultivo de maíz es diferente estadísticamente. El ciclo de cultivo es variable debido a las condiciones edáficas y climáticas de la región (Feito, 2013).

Evidentemente los ciclos del cultivo varían y mientras esto pasa los productores realizan actividades de mantenimiento en su cultivo (Cervantes *et al.*, 2015). Según Salinas *et al.* (2013), para el estado de Oaxaca un aproximado del 90% de la superficie de cultivo de maíz se utilizan variedades criollas, las cuales son nativas de las propias comunidades, siendo el tipo de maíz un factor el cual determine el tiempo que tarde un cultivo.

Cosecha de maíz

En el cultivo de maíz se practican dos métodos de cosecha, manual y el mecanizado; los cuales se relacionan con las edades de los productores clasificadas en grupos. Turiján *et al.* (2012), mencionan que el manejo del cultivo varía de acuerdo al uso de la tecnología, condiciones edafoclimáticas y edad de los productores.

Con una probabilidad de 0.75, los productores cosechan de forma manual mientras que el 0.25 cosecha de forma mecánica. El 33% realizan su cosecha de forma manual asociado al grupo de edad de los 44 a 51 años de edad, mientras que en el grupo de productores mayores a 70 años solo

el 8% realizan la cosecha de forma manual, siendo la edad una determinante para el método de cosecha elegido (Cuadro 4). Cada una de las regiones cuenta con características que determinan el su sistema de cultivo maíz (Cuadro 5). La agricultura tradicional se refleja en las comunidades rurales, refiriendo al manejo que se le da al cultivo con actividades de forma manual (Turiján *et al.*, 2012).

Cuadro 4. Métodos de cosecha en relación con las edades de los productores de maíz en las diferentes regiones del estado de Oaxaca.

Método de cosecha	Grupos de edades (años)				Total
	≤44	>44≤51	>51≤70	>70	
Manual	(2, 0.16]	(4, 0.33]	(2, 0.16]	(1, 0.08]	(9, 0.75]
Mecanizado	(1, 0.08]	(0, 0]	(1, 0.08]	(1, 0.08]	(3, 0.25]
Total	(3, 0.25]	(4, 0.33]	(3, 0.25]	(2, 0.16]	1

Cuadro 5. Características de cultivo de maíz determinantes para la clasificación de las localidades en cinco regiones del estado de Oaxaca.

Región	Lugar	Variedad de maíz	Labranza de suelo	Método de cosecha	Destino del forraje	Destino del grano	Sistema de riego
Valles Centrales	Zaachila	Criollo Bolita	Tractor	Manual	Traspatio	Autoconsumo y venta local	Aspersión
	CBTA 78	Criollo Bolita	Tractor	Manual	Traspatio	Autoconsumo y venta local	Aspersión
	Cuilapam	Criollo Bolita	Tractor	Manual	Traspatio	Autoconsumo y venta local	Gravedad
	Rancho Quemado	Criollo Bolita	Tractor	Manual	Traspatio	Autoconsumo y venta local	Gravedad
Papaloapan	San Martín Jacatepec	Criollo Tepecintle Tuxpeño	Tractor	Manual	No se aprovecha	Autoconsumo y venta local	Gravedad y tonanmil
	Loma del Carmen	Criollo Tepecintle Tuxpeño	Tractor	Manual	No se aprovecha	Autoconsumo y venta local	Gravedad y tonanmil
Mixteca	Santiago Tillo	Criollo mejorado	Tractor	Mecanizado	Se reincorpora	Venta	Gravedad
	San Juan Ch.	Criollo Cónico	Tractor	Manual	Traspatio	Autoconsumo y venta local	Aspersión
Sierra Juárez	Latuvi	Criollo Tuxpeño	Manual	Manual	Traspatio	Autoconsumo y venta local	Humedad y aspersión
	Talea de Castro	Criollo Tuxpeño	Manual	Manual	Traspatio	Autoconsumo y venta local	Humedad y aspersión
Istmo	El Espinal	Zapolote Chico	Tractor	Mecanizado	Traspatio	Venta	Gravedad
	Santa Rita	Zapolote Chico	Tractor	Mecanizado	Traspatio	Venta	Gravedad

De las 12 variables estudiadas para caracterizar a los sistemas de manejo del sistema de cultivo de maíz, cinco fueron las de mayor peso relativo para realizar la clasificación de las localidades en cinco regiones y un caso especial (San Juan Chicomezuchil). Las variables fueron: raza de maíz cultivada (Vmaiz), tipo de labranza de suelo (Lsuelo), método de cosecha (Mcosecha), destino de forraje (Uforraje) y destino de grano (Ugrano) (Cuadro 6), las cuales explican el 76% de la variabilidad total de las localidades consideradas en el ACP (Cuadro 7).

Cuadro 6. Eigenvalores de la matriz de correlación de 12 características de cultivo de maíz analizadas por ACP.

	Eigenvalores	Diferencia	Proporción	Proporción acumulada
1	2.37423617	0.91306977	0.4748	0.4748
2	1.46116640	0.68385312	0.2922	0.7671
3	0.77731328	0.39002913	0.1555	0.9225
4	0.38728415	0.38728415	0.0775	1.0000
5	0.00000000		0.0000	1.0000

Cuadro 7. Estadística multivariante aproximada de F para la separación de las regiones por características de cultivo.

Estadística	Valor	Valor de F	Núm. DF	Den DF	Pr>F
Wilks Lambda	0.00000000	Infin	20	10.9	<0.0001
Pillai's Trace	4.00000000	Infin	20	24	<0.0001

De acuerdo a la clasificación obtenida por el Análisis *Cluster*, la variable raza de maíz destaca por el uso de semillas criollas con seis distintas razas: criollo Bolita, criollo Tepecintle, criollo Mejorado, criollo Cónico, criollo Tuxpeño y criollo Zapalote Chico; para el método de labranza del suelo se distinguen dos formas mecanizada con tractor y la manual con yunta. En la Sierra Juárez por las condiciones orográficas prevalece el método de labranza manual con yunta representadas en las comunidades de Latuvi y Talea de Castro.

Para la cosecha del cultivo se realizan dos métodos, el primero de forma mecánica utilizando la cosechadora y el segundo de forma manual. En las localidades de El Espinal y Santa Rita en el Istmo, utilizan con mayor frecuencia maquinaria en sus sistemas de cultivo; una vez cultivado el maíz existen tres destinos: para el forraje.

En la región de Papaloapan, en las localidades de San Martín Jacatepec y Loma del Carmen, se extrae la mazorca y dejan el forraje parado en la parcela. En la región de la Mixteca, Santiago Tillo, lo reincorporan al suelo como materia orgánica y en las demás localidades es cosechado como forraje para el ganado. El destino del grano es utilizado para venta o autoconsumo; en las localidades de El Espinal, Santa Rita y la región de la Mixteca lo venden de manera local y para las demás localidades solamente es para autoconsumo.

De acuerdo a los resultados de análisis discriminante que separan las regiones por diferencias en las características del cultivo de maíz se detecta una alta significancia ($P \leq 0.0001$); tanto para la prueba estadística de F multivariada de Wilks' Lambda como para la prueba de Pillai's Trace (Cuadro 8). Con dos coeficientes canónicos como se muestra en la (Figura 2), se logra distinguir

la separación significativa de las cinco regiones, explicada por las características de cultivo mencionadas arriba, más un caso especial San Juan Chicomezuchil.

Cuadro 8. Funciones discriminantes para la diferenciación entre regiones.

Variable	Can 1	Can 2
Vmaíz	1.000000	0.000000
Lsuelo	0.276221	0.961094
Mcosecha	0.466323	-0.402673
Uf	-0.224247	-0.190927
Ug	0.466323	-0.402673

Vmaíz= variedad de maíz, Lsuelo= labranza de suelo, Mcosecha= método de cosecha, Uf= destino del forraje, Ug= destino del grano.

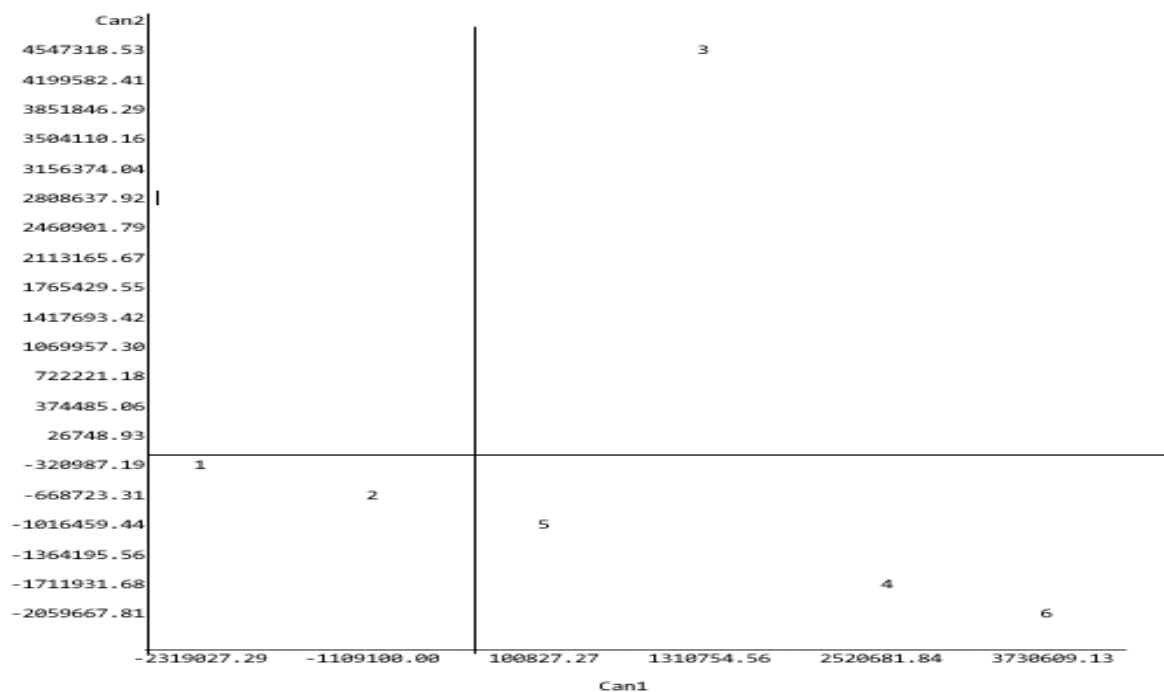


Figura 2. Distribución de las localidades en las regiones de Oaxaca. (1) Valles Centrales, (2) Papaloapan, (3) Sierra Juárez, (4) Istmo, (5) Mixteca y (6) San Juan Chicomezuchil.

Son notables las diferencias entre regiones debido a las razas que cultivan siendo esta la principal característica que define el productor al tomar la decisión de cultivar maíz (Cuadro 9). Cabe señalar que en la región del Papaloapan el sistema de cultivo de maíz es llamado (Tonamil) del náhuatl “tonamitl” que significa “Rayo de sol”. La milpa se cultiva en laderas expuestas al sol con orientación de la pendiente al este, para aprovechar la mayor incidencia de radiación solar desde en los meses de diciembre a marzo y con una humedad residual de la temporada anterior de lluvias.

En las tierras de humedad residual llamadas “vega de río”, que son áreas que se inundan en temporadas de lluvias dejando a su paso humedad y sedimentos arrastrados desde aguas arriba en

las riberas de los ríos, son aprovechadas también para el cultivo de maíz durante la temporada de noviembre hasta abril.

Cuadro 9. Funciones discriminantes para la diferenciación dentro de regiones.

Variable	Can 1	Can 2
Vmaíz	2216532.830	-637037.070
Lsuelo	0.000	2306259.743
Mcosecha	0.000	0.000
Uf	0.000	0.000
Ug	0.000	0.000

Vmaíz= Variedad de maíz. Lsuelo= Labranza de suelo. Mcosecha= Método de cosecha. Uf= Destino del forraje. Ug= Destino del grano.

Usos del maíz

Para el uso del forraje Bastías *et al.* (2011) mencionan que existe diferencia significativa entre comunidades ya que se puede utilizar como alimento para el ganado y en algunas partes lo reincorporan al suelo. De acuerdo a González *et al.* (2014), algunos productores guardan el forraje en sus graneros como materia seca ya que existen épocas de sequía; lo que significa para Bravo *et al.* (2005) como una ventaja para los agricultores, ya que es parte de la alimentación del ganado en las unidades de producción familiar.

Uno de los principales usos que se le da al grano de maíz por los productores de pequeña escala, es para consumo familiar (Bravo *et al.*, 2005). Gran parte de los productores cultivan solo para autoconsumo y así poder satisfacer sus necesidades alimenticias (Esther *et al.*, 2013; Gámez *et al.*, 2011)

CONCLUSIONES

El cultivo es primordial y en alimentación, economía y cultural en las diferentes regiones del estado de Oaxaca. La intervención de la mujer en actividades agrícolas es menor a la que realiza el hombre, pero su contribución es cada vez mayor en la toma de decisiones. El cultivo de maíz se realiza con mayor frecuencia por personas menores de 44 años de edad, así como en mayores de 51 y hasta los 70 años. La participación de los productores varones en un rango de edad de 44 a 50 años es casi nula, mientras que la mayor participación de la mujer (25%) se da justamente en este grupo de edad. Se identificaron cada una de las actividades del proceso productivo, parentesco entre parcelas y regiones, importancia de uso de acuerdo al tipo de maíz utilizado, así como las características especiales de cada una de las variedades criollas. Cada región mantiene su propio proceso productivo en el cultivo del maíz, lo que da características esenciales a cada una de ellas, así como su tradicionalidad. Importan de manera especial las condiciones edafoclimáticas y el uso del grano y forraje. Con los análisis estadísticos se identificó la relación entre el proceso del cultivo para cada región de trabajo, con las particularidades de los agricultores.

LITERATURA CITADA

- Acosta, R. 2009. El cultivo de maíz su origen y clasificación. *El maíz en Cuba. Cultivos Tropicales* 2 (30): 113-120.
- Ángeles, G. E., E. Ortiz T., P. A. López y G. López R. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 4(33): 287-296.
- Aragón, C. F., S. Taba, J. M. Hernández C., J. D. Figueroa C., V. Serrano A. y F. H. Castro G. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA: Libro Técnico núm. 6. Oaxaca, Oaxaca, México. 344 p.
- Armenta, B. A., D. C. García G., J. R. Camacho B., M. A. Apodaca S., L. Gerardo M. y E. Nava P. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai* 1(6): 51-56.
- Bastías, M. E., M. Díaz M., P. Pacheco C., R. Bustos P. y E. Hurtado C. 2011. Caracterización del maíz “Lluteño” (*Zea mays* L. tipo amylacea) proveniente del norte de Chile, tolerante a NaCl y exceso de boro, como una alternativa para la producción de bioenergía. *IDESIA Chile* 3 (29): 7-16.
- Bravo, E. M., J. Ruiz V. y V. Volke H. 2005. Cultivo de maíz en sistemas de labranza con barreras biofísicas en andosoles de ladera. *Tierra Latinoamericana* 3(23): 371-380.
- Cabrera, T. J. M., A. Carballo C. y F. Aragón C. 2015. Evaluación agronómica de maíces raza zapalote chico en la región Istmeña de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11: 2075-2082.
- Carmagnani, M. 2008. La agricultura familiar en América Latina. Problemas del desarrollo *Revista Latinoamericana de Economía* 153(39): 11-56.
- Cervantes, H. J., J. A. Castellanos, Y. Pérez F. y A. Cruz L. 2015. Tecnologías tradicionales en la agricultura y persistencia campesina en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13: 381-398.
- Claro, A. A., M. Rivero, P. Porras, E. Cabrera y M. Monedero. 2000. Prácticas de conservación de suelos en sistemas de cultivo de maíz-frijol en Cuba. *Agronomía Mesoamericana* 2(11): 59-62.
- Coutiño, E. B., V. A. Vidal M., C. Cruz V. y M. Gómez G. 2015. Características eloteras y de grano de variedades nativas de maíz de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(6): 1119-1127.
- Esther, G. G., M. Florencia F. y L. Poggio. 2013. Relevancia del número y composición de secuencias de los nudos cromosómicos en la caracterización de maíz y teocintle. *Revista Fitotecnia Mexicana* 2(36): 127-135.
- Feito, M. C. 2013. Agricultura familiar para el desarrollo rural Argentino. *Avá Revista de Antropología* 23:139-159.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2016. Panorama agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial Maíz 2016. 41 p.
- Gámez, L. A. J., M. Hernández, R. Díaz y J. Vargas. 2011. Caracterización de la flora arvense asociada a un cultivo de maíz bajo riego para producción de jojotos. *Agronomía Tropical* 2(61): 133- 139.
- Gerardo, M. L. y A. D. Armenta B. 2010. Reflexiones sobre el impacto socioeconómico del cultivo de maíz en Sinaloa. *Ra Ximhai* 1(6): 69-72.
- Gómez, G. L. K., J. Restrepo y H. Pachón. 2010. Caracterización del consumo de maíz y frijol en familias del departamento del Cauca, Colombia. *Perspect Nutr Humana* 1(12): 87-98.
- Gómez, M. N. O., M. A. Cantú A., C. A. Hernández G., M. G. Vázquez C., F. Aragón C., A. Espinosa C. y F. Palemón A. 2014. V-237 AN, cultivar mejorado de maíz “Ancho Pozolero” para la región semicálida de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7: 1315-1319.

- González., J. A. 2008. El maíz: planta portentosa. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad de Iberoamericana*. 5 (3): 1-17.
- González, M. A. y J. F. Ávila C. 2014. El maíz en Estados Unidos y en México. Hegemonía en la producción de un cultivo. *Argumentos*. 75(27): 215-237.
- González, R. F., D. León G., L. Borges G., L. Pinzón L., M. Magaña M., R. Sangines G. y M. Urrestarazu G. 2014. Envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:1487-1493.
- Hernández, X. E. 1971. Exploración Etnobotánica y su metodología. Colegio de Posgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. 69 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2007. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/estadistica/default.aspx>. (Consultado: 14/08/2013).
- Lugo, M. D. R. 2010. La agricultura residual: algunas implicaciones para su discusión. *Ciencia y Sociedad* 4(35): 657-680.
- Morales, R. A., E. J. Morales R., O. Franco M., D. Mariezcurrena B., G. Estrada C. y T. H. Norman M. 2014. Densidad de población en maíz, coeficiente de atenuación de luz y rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 1425-1431.
- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2011. Guía metodológica para el desarrollo de Escuelas de Campo. Documento técnico No. 3. San Salvador, El Salvador. pp. 5-6.
- Palacios, C. V., M. Vázquez G., D. R. Gonzáles E., E. Villareal F. y K. F. Byerly M. 2007. Diagnóstico técnico para el cambio tecnológico en el cultivo de maíz. *Tierra Latinoamericana* 3(25): 321-332.
- Paneque, R. P. e Y. Prado P. 2005. Comparación de tres sistemas agrícolas en el cultivo del frijol. *Revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias* 3(14): 42-48.
- Richers, B. T. T., C. Harvey A., F. Casanoves, F. DeClerck y T. Benjamín. 2011. Cómo hacer talleres participativos con respuestas individuales? *Agroforestería en la Américas* 48: 157-163.
- Rocandio, R. M., A. Santacruz V., L. Córdova T., H. López S., F. Castillo G., R. Lobato O., J. J. García Z. y R. Ortega P. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México. *Revista Fitotecnia de Mexicana* 4(37): 351-361.
- Salazar, M. J., C. H. Rivera F., S. Arévalo G., A. Guevara E., G. Malda B. y Q. Rascón C. 2015. Calidad del nixtamal y su relación con el ambiente de cultivo del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 1(38): 67-73.
- Salinas, M. Y., F. Aragón C., C. Ybarra M., J. Aguilar V., B. Altunar L. y E. Sosa M. 2013. Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana* 1(36): 23-31.
- Sánchez, C. M. C. 2003. Biotecnología: ventajas y desventajas para la agricultura. *Revista Científica UDO Agrícola* 3(1): 1-11.
- Sierra, M. M., A. Palafox C., G. Vázquez C., F. Rodríguez M. y A. Espinosa C. 2010. Caracterización agronómica, calidad industrial y nutricional de maíz para el trópico mexicano. *Agronomía Mesoamericana* 1(21): 21-29.
- Turiján, A. T., M. A. Damián H., B. Ramírez V., J. P. Juárez S. y N. Estrella C. 2012. Manejo tradicional e innovación tecnológica en cultivo de maíz en San José Chiapa, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(3): 1085-1100.
- Vallejo, N. M. I., F. D. Gurrí G. y D. O. Molina R. 2011. Agricultura comercial, tradicional y vulnerabilidad en campesinos. *Política y Cultura* 36: 71-98.

CARACTERÍSTICAS QUE DETERMINAN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN OVINA EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO¹

[CHARACTERISTICS DETERMINING THE OVINE PRODUCTION SYSTEM IN THE STATE OF OAXACA, MEXICO]

Jorge Hernández-Bautista, Teodulo Salinas-Rios[§], Héctor Maximino Rodríguez-Magadán, Magaly Aquino Cleto, Araceli Mariscal Méndez, Iris Yaratzmin Ortiz Muñoz

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Avenida Universidad S/N, Ex hacienda de Cinco Señores, 68120 Oaxaca, México. [§]Autor para correspondencia: (salinas980@hotmail.com).

RESUMEN

En Oaxaca, es necesario impulsar el desarrollo de la ovinocultura; para ello, es fundamental estudiar a las unidades de producción ovinas (UPO) que integran el eslabón primario de la cadena. El objetivo fue determinar las características que determinan el sistema de producción de los rebaños en Oaxaca. Se realizaron 931 encuestas, utilizando un muestreo no probabilístico denominado método de la bola de nieve. Se recabó información relacionada con el perfil socioeconómico, inventario del rebaño, alimentación, sanidad, instalaciones, capacitación y asistencia técnica. A los datos se les aplicaron análisis de varianza y pruebas de frecuencias. El 62.3% de las UPO manejan sus rebaños en sistema de subsistencia, 33% en transición y 4.7% en empresarial. Al incrementarse los años de escolaridad, saber leer y escribir, estar organizados, recibir capacitación técnica y un mayor inventario, el tipo de sistema se intensifica. El tipo de tenencia de la tierra influye en el sistema de producción. El incremento del tamaño de los rebaños tiene como objetivo mejorar los ingresos económicos. Se concluye que mientras el productor tenga más preparación educativa, esté más organizado, reciba capacitación técnica y posea propiedad privada el sistema de producción se intensifica.

Palabras clave: empresarial, ovinos, rebaño, subsistencia, transición.

ABSTRACT

In Oaxaca, it is necessary to promote the development of the sheep breeding; therefore, it's fundamental to study the sheep production units (SPU) which are the primary link of the productive chain. The purpose of this study was to determinate the characteristics that influence the production system on herds of Oaxaca, for that 931 surveys were carried out using a snowball non-probabilistic sampling method. Information related to socio-economic profile, herd inventory, feeding, healthiness, facilities, training and technical assistance was collected. The data were subjected to analysis of variance and frequency tests. The 62.3% of the SPU manage their herds in a subsistence, 33% in transition and 4.7% in business system. It was found that the type of system was more intensified when the sheep farmers have more year of scholarship, to receive more technical

¹ Recibido: 22 de mayo de 2017.

Aceptado: 26 de junio de 2017.

training, been organized and with a greater inventory. The type of land tenure influences the production system. The increase in the size of the herds aims to improve income. The conclusion is that if the producers has more educational preparation, more organization, technical training and private ownership of land, the production system intensifies.

Index words: business, ovine, herds, subsistence, transition.

INTRODUCCIÓN

La ovinocultura es una actividad difundida en la mayor parte del territorio nacional. A pesar de esto, el inventario ovino nacional no es suficiente para lograr satisfacer la demanda, ya que se necesita importar carne de otros países (SAGARPA, 2015). A nivel nacional, los estados de México, Hidalgo, Veracruz y Oaxaca ocupan el primero, segundo, tercer y cuarto lugar, respectivamente. Estos cuatro estados poseen el 43.68% del inventario nacional (SIAP, 2016).

En Oaxaca, la actividad agropecuaria es de gran importancia, ya que el 34.5 % de la población la tiene como su principal actividad económica, el promedio es alto al ser comparado con el promedio nacional de 13.9% (CONAPO, 2016). En 370 de los 570 municipios que tiene el estado se encuentran registradas 5003 unidades de producción pecuarias que tienen ovinos, siendo las regiones de la Mixteca, Istmo y Valles Centrales las que concentran el 74.78% de las unidades de producción (SAGARPA, 2016). De acuerdo al registro de población ganadera (SIAP, 2016), el inventario de ovinos se ha incrementado constantemente durante el periodo 2006-2015 al pasar de 7,287,446 a 8, 710, 781 cabezas; sin embargo, en el estado de Oaxaca durante este periodo se han reportado ligeros incrementos y reducciones, sin llegar a incrementarse notablemente como el promedio del país.

Según un estudio realizado por Pérez *et al.* (2011) en el estado de Veracruz existen tres sistemas de producción con notables diferencias en su manejo; en tales sistemas las características técnicas y socioeconómicas son diferentes entre productores (Góngora-Pérez *et al.*, 2010). Existen factores biológicos y ambientales, así como factores humanos que determinan el sistema de producción (Zygoiannis *et al.*, 2006).

El estado de Oaxaca es el más diverso biológicamente, es posible encontrar climas cálidos, fríos, húmedos y áridos; además, tiene gran diversidad geológica; está habitada por 16 grupos culturales con dialecto propio; es por ello que para su estudio se ha dividido en 8 regiones (Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Sur, Sierra Norte y Valles Centrales) (García-Mendoza *et al.*, 2004).

Debido a estas diferencias es posible que el tipo de alimentación, manejo, inventario de los ovinos y situación socioeconómica de los productores sea variable. Conocer las características que determinan el tipo de sistema de producción ayuda a implementar mejoras de acuerdo a las necesidades de cada sistema en particular. El objetivo del presente estudio fue determinar las características que definen el sistema de producción en que se manejan los rebaños ovinos en el estado de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del cuestionario

El estudio se realizó en el año 2012 en 7 de las 8 regiones del estado de Oaxaca, las cuales son Mixteca, Valles Centrales, Costa, Istmo, Papaloapan, Sierra Norte y Sierra Sur. Se realizaron $n = 931$ encuestas a diferentes unidades de producción.

El cuestionario utilizado en las entrevistas se estructuró con las siguientes secciones: información general de la unidad de producción, información socioeconómica de los productores (edad, escolaridad, género, y tipo de mano de obra), estructura de las unidades de producción (inventario del rebaño, finalidad productiva), alimentación, sanidad (prevención y enfermedades), instalaciones, maquinaria e información general (tiempo dedicándose a la actividad, aumento o disminución del rebaño, capacitación y asistencia técnica).

Las preguntas cerradas se dividieron en cuatro escalas: 1) dicotómica, donde el consultado tuvo dos opciones, 2) nominal-politómica, donde el consultado tuvo más de dos opciones desordenadas, 3) ordinal-politómica, donde el consultado tuvo más de dos opciones ordenadas y 4) continua (limitada), donde al consultado se le presentó una escala continua. Además de la encuesta, se realizaron observaciones directas de aspectos técnicos, manejo e infraestructura.

Aunque se conocía el número de unidades de producción registradas, se desconocía la localización de los productores de ovinos, por lo que se utilizó un muestreo no probabilístico denominado método de la bola de nieve (Malhotra, 2004), en el cual los primeros productores entrevistados fueron seleccionados con base en la información proporcionada por el Comité Estatal del Sistema Producto Ovino, personal de instituciones de investigación y organismos relacionados con el sector. Posteriormente, se entrevistaron a productores recomendados por los entrevistados inicialmente.

Del total de cuestionarios aplicados, 430 correspondieron a la región de Valles Centrales, 166 a la Mixteca, 131 a la Costa, 137 al Istmo, 41 a Papaloapan, 10 a la Sierra Norte y 16 a la Sierra Sur. El bajo número de productores encuestados en la región de Papaloapan, Sierra Norte y Sierra Sur se debió a que solo representan el 4.32, 1.28 y 2.98%, respectivamente, de las unidades de producción existentes en el estado (SAGARPA, 2016).

Clasificación de las unidades de producción

Las unidades de producción fueron clasificadas en subsistencia, transición y empresarial, de acuerdo al tipo de manejo y tecnología usada en las secciones de alimentación, sanidad e instalaciones y maquinaria y equipo.

Subsistencia. En este sistema, la alimentación es a base de pastoreo de gramíneas y leguminosas en agostadero. En época de esquiaje a los ovinos se les proporciona rastrojos y pajas cosechadas en la época de lluvias; ofrecen sal común y sal mineral esporádicamente. En lo referente a la sanidad, solo aplican desparasitantes (internos y externos) de forma irregular. Cuentan con un corral de encierro. Los animales representan un ahorro para el productor, con ventas esporádicas. En este sistema también se tomaron en consideración las UPO (Unidades de Producción Ovinas)

que cuentan con un corral de encierro en donde los animales permanecen todo el día y son alimentados con rastrojos y pajas de mala calidad.

Transición. En estas UPO los ovinos son alimentados a través de pastoreo en agostadero, o bien, en potreros manejados de forma extensiva. Los productores realizan labores para conservación de forraje, poseen forrajes mejorados de corte o pastoreo; también ofrecen sal mineral y sal común frecuentemente. Cuentan con equipo mínimo como picadoras de forraje y bombas para riego. En el manejo sanitario se tiene una calendarización anual de dos desparasitaciones y vacunación.

Empresarial. En este sistema de producción están las UPO con actividad intensiva, bajo dos manejos. En el primero, los animales se encuentran estabulados y la alimentación se les proporciona en el comedero, se ofrecen ensilados, henos, alimento balanceado y raciones integrales; la estrategia de alimentación se realiza de acuerdo a la etapa fisiológica de los animales. En el segundo grupo se encuentran las UPO que manejan sus animales en pastoreo intensivo de forrajes mejorados y cerco eléctrico, siendo común la suplementación con concentrados. En ambos grupos existe un calendario de sanidad animal y un sistema de registros.

Análisis estadístico

Las variables cualitativas fueron sometidas a un análisis de frecuencias para determinar la proporción de casos en cada sistema de producción. Las variables experiencia en la actividad, edad y escolaridad del ovinocultor y, mortalidad de adultos y lactantes se sometieron a un análisis de varianza en donde el efecto fijo fue el sistema de producción (subsistencia, transición y empresarial), para determinar diferencia entre promedios se utilizó la prueba de cuadrados mínimos. En el análisis se utilizaron los procedimientos PROC FREQ, PROC GLM y LSMEANS del programa SAS (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que el 62.3% manejan sus rebaños bajo un sistema de producción de subsistencia, el 33% se encuentran en un sistema de transición y solo el 4.7 % tienen un sistema empresarial. Este porcentaje de unidades de producción empresariales es bajo comparado con lo reportado por Pérez *et al.* (2011) en Veracruz, donde el 37% de las unidades de producción son empresariales.

Características socioeconómicas de los ovinocultores del estado de Oaxaca

En los tres sistemas de producción se tiene la misma cantidad de años de experiencia en la crianza de ovinos ($p > 0.05$). En lo que respecta a la edad de los productores, los de subsistencia presentaron mayor ($p < 0.05$) promedio, comparados con los de transición, pero similar a los de empresarial. Se observó que al aumentar los años de escolaridad se incrementó la intensificación ($p < 0.05$) del sistema de producción ovina; los de mayor promedio de escolaridad fueron los de tipo empresarial, seguido por los que se encuentran en transición y por último los de subsistencia (Cuadro 1).

El 65.77% de los productores es del género masculino y el 34.23% femenino. En los tres sistemas de producción existe mayor proporción de hombres; no obstante, el género femenino se encuentra presente en una tercera parte de las unidades de producción ovinas en Oaxaca (Cuadro 2), lo cual es importante ya que regularmente son las que están más directamente relacionadas con el cuidado de la familia y es posible que puedan transmitir, a sus hijos, el interés por la actividad

ovina. En el sector agrícola, en otras partes del mundo, también se observan diferencias de género, por ejemplo, en Ghana la propiedad de la tierra está relacionada al género, ya que las mujeres tienden a poseer parcelas más pequeñas que los hombres, además de que una mayor proporción de mujeres no tienen tierras (Doss y Morris, 2001).

Cuadro 1. Promedios (\pm error estándar) de las variables edad, grado de escolaridad y años de experiencia de los ovinocultores establecidos en el estado de Oaxaca, clasificados de acuerdo al sistema de producción adoptado.

Característica	Sistema de producción ovino		
	Subsistencia	Transición	Empresarial
Experiencia (años)	8.2 \pm 0.4	9.5 \pm 0.6	8.4 \pm 1.3
Edad (años)	48.1 \pm 0.7 ^a	45.7 \pm 0.9 ^b	46.2 \pm 2.4 ^{ab}
Escolaridad (años)	6.9 \pm 0.2 ^c	7.6 \pm 0.2 ^b	11.9 \pm 0.6 ^a

^{abc}Letras distintas entre columnas indican diferencia estadística (P<0.05).

En el sistema de subsistencia el 92.3% de los ovinocultores saben leer y escribir, en el de transición el 93.8 y en el empresarial el 100%. De igual manera la proporción de productores que reciben cursos de capacitación y asistencia técnica está correlacionado positivamente con la tecnificación del sistema de producción (Cuadro 2).

Cuadro 2. Proporción de casos de las características socioeconómicas de los ovinocultores establecidos en el estado de Oaxaca, clasificadas de acuerdo al sistema de producción de ovinos.

Característica	Sistema de producción ovino		
	Subsistencia	Transición	Empresarial
Ovinocultores masculinos (%)	63.60	61.62	72.09
Ovinocultores femeninos (%)	36.40	38.38	27.91
Ovinocultores que saben leer y escribir (%)	90.9	93.8	100
Ovinocultores que hablan lengua indígena (%)	15.6	20.8	11.8
Ovinocultores organizados (%)	4.7	3.8	38
Ovinocultores con cursos de capacitación (%)	8.9	15.2	42.9
Ovinocultores con asistencia técnica (%)	17.8	19.6	47.7
Tipo de asistencia técnica			
Autodidacta (%)	0	3.6	0
Proveedores de insumos (%)	1	3.6	0
Técnico particular (%)	94.8	91	100
Técnico gubernamental (%)	4.2	1.8	0

Contrario a lo encontrado, Pérez *et al.* (2011) en sistemas de producción ovinos de Veracruz reportan que los productores de mayor edad corresponden a los sistemas de producción de subsistencia, esto debido a la menor disposición de innovar. Según el promedio de escolaridad al 2010 en el estado de Oaxaca es de 6.9 años (CONAPO, 2016), por lo que los productores de las unidades de producción de transición y empresarial se encuentran por arriba del promedio estatal. Pérez *et al.* (2011) también reportan que al incrementar los años de escolaridad se incrementa la tecnificación de los sistemas de producción; mientras que Dzib-Can (2006) argumenta que el nivel

de tecnificación de los ovinocultores es más alto al incrementarse los años en la cría ovina. En unidades de producción de bovinos lecheros se ha observado que los productores con mayor grado de escolaridad son los que tienen unidades más eficientes (Hernández, 2013). Esto probablemente se deba a que existe más conocimiento de las tecnologías actuales, formas de financiamiento o que por su mayor grado de estudios puedan acceder a empleos mejor remunerados e invertir en sus unidades de producción.

En los sistemas de subsistencia el 15.6% habla alguna lengua indígena (principalmente Zapoteco, Mixteco y Mixe) en el de transición el 20.8 % y en el empresarial el 11.8%. En Oaxaca el 34.2% de su población habla algún dialecto, lo que lo ubica como primer lugar a nivel nacional (INEGI, 2014).

En lo referente a la organización se encontró que el 38 % de los productores de sistema empresarial se encuentran adscritos a una organización; por el contrario, solo una pequeña proporción (4.7%) de los productores de subsistencia y de transición (3.8%) se encuentran organizados. El 17.8% de los productores en los sistemas de producción de subsistencia reciben asistencia técnica, 19.6% en los de transición y en el empresarial el 47.7%. Al haber más proporción de productores organizados en el sistema empresarial, podrían tener mayores beneficios, por ejemplo, acceso a apoyos gubernamentales, compra de insumos y ventas grupales, por lo que los productores de las unidades de producción de subsistencia y de transición a pesar de que conocen los beneficios de organizarse, no lo hacen porque consideran que el trabajo grupal no funciona. Según Pérez *et al.* (2011) en Veracruz el interés de los productores ovinos por organizarse es para gestionar y obtener apoyos para el mejoramiento de praderas, adquisición de maquinaria, equipo y animales genéticamente mejorados.

En los tres sistemas las unidades de producción que recibieron asistencia técnica en su mayoría fueron por un técnico particular; por ejemplo, para el de subsistencia fue de 94.8, para el de transición el 91% y para el sistema empresarial el 100%. En menor proporción se encuentra la asistencia técnica por parte de un técnico estatal y federal, y fue proporcionada a través del trámite de una solicitud; le sigue asistencia técnica por proveedores de insumos y la autodidáctica.

Tenencia de la tierra y estructura de las unidades de producción ovinas

La tenencia de la tierra privada es la que representa la mayor proporción en los tres sistemas de producción. Aunque dentro de los sistemas, en el empresarial es donde mayor proporción de tenencia de la tierra privada se encuentra con el 70.45%, comparado con los de subsistencia (50.86 %) y transición (42.67%). Una pequeña proporción de productores en los tres sistemas tienen tenencia de la tierra rentada o en comodato con excepción de que en esta última no existen productores de tipo empresarial (Cuadro 3).

El número de ovinos fue mayor en las UPO de tipo empresarial con un promedio de 50 ovinos, seguido por las de transición con 16 cabezas y por último las de subsistencia con 14 (Cuadro 4). Es decir, un mayor número de ovinos está relacionado positivamente con la tecnificación de los sistemas de producción, por lo que al incrementarse el número de ovinos el grado de tecnificación aumenta. El sistema empresarial cuenta con mayor número de animales debido a que cuenta con capital económico para adquirir más vientres y para mantener a los ovinos cuando no existen ventas y de esta manera amortizar los costos de producción y obtener mayores ingresos económicos.

Nuncio-Ochoa *et al.* (2001) encontraron que entre mayor es el estrato socioeconómico, el número de ovinos por UPO se incrementa; este argumento coincide con lo obtenido en el presente estudio.

Cuadro 3. Porcentaje de unidades de producción ovinas del estado Oaxaca, clasificadas de acuerdo al tipo de tenencia de la tierra y al sistema de producción adoptado.

Tipo de tenencia de la tierra	Sistema de Producción		
	Subsistencia	Transición	Empresarial
Comunal (%)	18.45	23.45	11.36
Ejidal (%)	22.76	26.06	9.09
Privada (%)	50.86	42.67	70.45
Rentada (%)	2.41	1.63	4.55
Comodato (%)	1.21	1.95	0
No contesto (%)	4.31	4.23	4.55

Cuadro 4. Comportamiento del tamaño del rebaño en las unidades de producción ovinas del estado de Oaxaca, de acuerdo al sistema de producción.

Comportamiento del rebaño	Subsistencia	Transición	Empresarial	Total
Total de ovejas (cabezas)	14	16	50	
Sementales (cabezas)	1	1	2	
Inventario total (cabezas)	27	32	96	
Aumento del inventario (%)	51.5	53.2	65.1	53.1
Disminución del inventario (%)	34.1	32.8	14	33
Estabilidad del inventario (%)	14.4	14	20.9	13.9
Causas de disminución del rebaño				
Autoconsumo (%)	3.3	1	14.3	2.8
Pérdida por depredadores (%)	2.2	7.4	0	3.9
Escasez de alimento (%)	14.3	5.2	14.3	11.3
Falta de tiempo para cuidar el rebaño (%)	5	7.4	0	5.7
Robo (%)	5	3.2	0	4.2
Ventas (%)	58.6	66.3	71.4	61.5

En lo que se refiere al aumento o disminución del número de ovinos por tipo de sistema se encontró que en los tres sistemas de producción han sido más los productores que han incrementado sus rebaños de los que los han disminuido; sin embargo, al comparar entre sistemas, los productores de tipo empresarial son los que más han incrementado y los que menos han reducido el tamaño del rebaño. Las principales causas por las cuales ha disminuido el rebaño han sido por ventas, seguida por escasez de alimento y muerte por enfermedades. Tres causas, como pérdida por depredadores, falta de tiempo para cuidar el rebaño y robo solo se dan en los sistemas de subsistencia y transición.

Es lógico suponer que si son más el número de productores que han incrementado su rebaño y que el número de unidades de producción ovinas registradas ante el padrón ganadero nacional ha incrementado, el número de ovinos en el estado ha aumentado, pero esto no ha sido así, ya que el número de cabezas se ha mantenido relativamente estable en los últimos años; por ejemplo, el inventario reportado por el SIAP (2016) en el 2010 es de 570,598, en el 2011 de 500,169, en el 2012 de 527,748 en el 2013 de 518,421 y en el 2014 de 519,003 cabezas. Por lo que podemos

suponer que las unidades de producción no estaban registradas y en los últimos años lo están haciendo para acceder a apoyos gubernamentales o de financiamiento.

Los productores tienden a incrementar y a desarrollar sistemas de producción de ovinos debido a que tiene varias ventajas, por ejemplo, su habilidad a vivir en muchas áreas, donde los bovinos podrían desarrollarse limitadamente (Zygoiannis, 2006). Según Boutonnet (1999) debido a su tamaño los ovinos son fácil de manejar, por lo que son adecuados para granjas pequeñas, pero son más susceptibles al ataque de depredadores comparado con los bovinos; para evitar pérdidas es necesaria infraestructura, con la cual no se cuenta en los sistemas de producción de subsistencia y transición.

El 85.9 % de los productores tienen interés en incrementar el tamaño del rebaño. En los tres sistemas de producción la justificación principal para incrementar el tamaño del rebaño es mejorar los ingresos económicos (Cuadro 5). En el caso de los de subsistencia y transición la segunda causa es para tener un ahorro y en el caso del sistema empresarial para incrementar producción, ventas y rentabilidad. Del 14.1% que no tienen interés por incrementar el rebaño sus causas varían entre sistemas de producción, por ejemplo, en los de subsistencia las tres principales causas son que es demasiado trabajo, escasez de forraje con el 21.1% y no tienen tiempo; mientras que en el de transición la principal limitante es la escasez de forraje con el 48.5 %.

Cuadro 5. Proporción de ovinocultores interesados en incrementar el tamaño de su rebaño, clasificado de acuerdo al sistema de producción

Interés por incrementar	Subsistencia	Transición	Empresarial	Total
No (%)	15.2	12.9	9.3	14.1
Si (%)	84.8	87.1	90.7	85.9
Motivos por querer incrementar el tamaño de rebaño				
Para tener un ahorro (%)	21.1	20.3	3.1	22
Mejorar ingresos económicos (%)	44.8	49.8	31.3	44.6
Mejorar la genética (%)	3.3	0.9	0	2.2
Incrementar producción, ventas y rentabilidad (%)	30.8	29	65.6	31.2
Causas por la que no incrementan el tamaño del rebaño				
Altos costos de alimentación (%)	18.3	9.1	50	16
Escasez de forraje (%)	21.1	48.5	0	29.3
No tienen espacio (%)	12.7	15.2	50	14
No tienen tiempo (%)	19.7	15.2	0	17.9
Tienen prohibido pastar (%)	4.2	3	0	3.7
Es demasiado trabajo (%)	24	9.1	0	18.9

Para el empresarial solo existen dos causas en la cual el 50% de los productores ven como limitante los altos costos de alimentación y el otro 50% porque no disponen de espacio, ya que al ser sistemas donde se adquieren insumos externos no ven como limitante la escasez de forraje ya que estos pueden ser adquiridos y tampoco ven como limitante el tiempo ni el que sea demasiado trabajo ya que lo ven como negocio y al tener mayor número de animales les permite contratar mano de obra externa. Nuncio-Ochoa *et al.* (2001) reportaron que el estrato socioeconómico de los productores influye en el tipo de sistema de producción, ya que en los sistemas de producción

semintensivo tecnificado el porcentaje de productores con estrato socioeconómico alto es mayor a los sistemas extensivos tradicionales. Por lo que un sistema de producción empresarial requiere inversión para la adecuación de las instalaciones, compra de maquinaria, compra de medicamentos para un manejo sanitario, entre otros. Esto se dificulta cuando no se cuenta con los recursos económicos necesarios para ello.

De acuerdo al cuarto trimestre de 2013, la CONAPO (2016) reporta que en el estado de Oaxaca el 28.6% de la población ocupada no recibe ingresos comparado con el 8.1 nacional y el 40.9% recibe hasta 2 salarios mínimos, solo una pequeña porción (3.7%) recibe más de 5 salarios mínimos. Estas cifras indican que una gran proporción de ovinocultores se pudieran encontrar sin los recursos económicos para poder tener unidades de producción empresariales.

La mortalidad de adultos es similar ($p>0.05$) en los tres sistemas de producción, presentando un promedio general del 2.57 %; sin embargo, en corderos lactantes la mortalidad es mayor ($p<0.05$) en los de sistema de subsistencia (8.8 %) que en los de transición (6.1%) y empresarial (6.3%), esto probablemente se deba a la menor asistencia técnica en este sistema y falta de un calendario de vacunaciones. Se ha reportado que la principal causa de muerte en ovinos se da en corderos lactantes y borregas reproductoras, el 26.9 % de la mortalidad se debe a las neumonías, siendo la época de lluvias donde se incrementa el porcentaje de mortalidad (Nava-López *et al.*, 2006).

En corderos neonatales, entre 2 y 14 días de edad, los principales factores de riesgo son bajo peso al nacimiento, baja concentración de inmunoglobulinas en suero, baja condición corporal de la oveja y camadas múltiples (Christley *et al.*, 2003); la mayoría de estas están relacionadas a la mala alimentación con la cual fue clasificada la unidad de producción de subsistencia. En los tres sistemas de producción la principal fuente de ingresos es la venta de ovinos destinados para abasto, seguida por productores que se dedican la venta de lana y carne. Cabe resaltar que el 15% de los productores empresariales al disponer de mejor inversión y con ello adquirir animales genéticamente mejorados venden también reproductores.

CONCLUSIONES

En el estado de Oaxaca, la actividad ovina se desarrolla principalmente bajo un sistema de producción de subsistencia; por lo tanto, las unidades de producción con actividad empresarial son mínimas. Los ovinocultores que poseen mayor grado de escolaridad, que saben leer y escribir, que reciben capacitación técnica y tienen mayor número de ovinos han establecido mejoras en su sistema de producción. Hablar algún dialecto no afecta el desarrollo de la actividad ovina. En lo que se refiere a equidad de género, la ovinocultura es una actividad incluyente, ya que la tercera parte de las unidades de producción de subsistencia son manejadas por mujeres. No existen organizaciones de ovinocultores que contribuyan al desarrollo de la actividad ovina en el Estado. El bajo número de organizaciones constituidas tienen en común haberse integrado para recibir apoyo gubernamental; por tanto, se desintegran rápidamente. Es mayor la proporción de unidades de producción que han incrementado sus rebaños, debido a que requieren mejorar sus ingresos económicos a través de una mayor venta de animales.

LITERATURA CITADA

- Boutonnet, J. P. 1999. Perspectives of the sheep meat world market on future systems and trend. *Small Ruminant* 34:189-195.
- Christley, R. M., K. L. Morgan, T. D. Parkin y N. P. French. 2003. Factors related to the risk of neonatal mortality, birth-weight and serum immunoglobulin. *Preventive Veterinary Medicine* 57:209-226.
- CONAPO. 2016. Dinámica demográfica 1990-2010 y proyecciones de población 2010-2030. Disponible en http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Analisis (Consultado 20/02/2017).
- Doss, C. R. y M. L. Morris. 2001. How does gender affect the adoption of agricultural innovations? The case of improved maize technology in Ghana. *Agricultural Economics* 25:27–39.
- Dzib-Can, A., G. Torres-Hernández, A. Ortiz-de-Montellano y E. Aceves-Navarro. 2006. Prácticas de manejo utilizadas por productores de ovinos de pelo de dos sectores sociales en Campeche, México. *Livestock Research for Rural Development*. Volumen 18, número 7, revisado el 24 de junio de 2017. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd18/7/dzib18105.htm>
- García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México. Ed. Redacta. México. 603 p.
- Góngora-Pérez, R. D., S. F. Góngora-González, M. A. Magaña-Magaña y P. E. Lara. 2010. Caracterización técnica y socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana* 21(1): 131-144.
- Hernández, P., J. G. Estrada-Flores, F. Avilés-Nova, G. Yong-Angel, F. López-González, A. D. Solís-Méndez y O. A. Castelán-Ortega. 2013. Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México. *Universidad y Ciencia* 29 (1):19-31.
- INEGI. 2014. Perspectiva estadística Oaxaca. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- Malhotra, N. K. 2004. Investigación de mercados, un enfoque aplicado. Editorial Prentice Hall. Cuarta edición. México. pp. 324.
- Nava-López, V. M., J. Oliva-Hernández y J. A. Hinojosa-Cuellar. 2006. Mortalidad de los ovinos de pelo en tres épocas climáticas en un rebaño comercial en la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 22 (2):119-129.
- Nuncio-Ochoa G., J. Nahed-Toral, B. Díaz-Hernández, F. Escobedo-Amezcuca y B. Salvatierra-Izaba. 2001. Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de tabasco. *Agrociencia* 35: 469-477.
- Pérez, P., J. Vilaboa, H. Chalate, B. Candelaria, P. Díaz y S. López. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica, FCV-LUZ* 21(4): 327–334.
- SAGARPA. 2015. Consumo nacionales aparentes 1990-2005. Disponible en <http://sagarpa.gob.mx/ganaderia/Estadisticas/Paginas/default.aspx> (Consultado 16/01/2017)
- SAGARPA. 2016. Padrón ganadero nacional. Disponible en http://www.pgn.org.mx/_programs/busca-action.php. (Consultado 3/02/2016)
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS Proceeding Guide, Versión 9. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- SIAP. 2016. Población ganadera, ovino 2006-2015. Disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166001/ovino.pdf> (Consultado 10/03/2017)
- Zygoiannis, D. 2006. Sheep production in the world and in greece. *Small Ruminant Research* 62:143-147.

CONTROL SUSTENTABLE DE INSECTOS PLAGA EMPLEANDO FITOEXTRACTOS¹

[SUSTAINABLE CONTROL OF PEST INSECTS TROUGHT PHYTO EXTRACTS]

Mirna Gutiérrez Ochoa¹, Lucila Aldana Llanos¹, María Guadalupe Valladares Cisneros^{2§}

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, km 6, carretera Yauatepec-Jojutla, calle CEPROBI 8 Col. San Isidro Yauatepec, Morelos. México. ²Profesor de la MIATS e Investigador de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Av. Universidad No. 1001, Col Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. C.P. 62209. Tel: (01 777) 329 70 00, ext 3746. §Autor para correspondencia: (mg.valladares@uaem.mx).

RESUMEN

En los últimos años se han desarrollado investigaciones encaminadas para dar solución a esta problemáticas, las plagas y la reducción en el uso de insecticidas químicos, mediante el estudio de controladores biológicos. En la naturaleza existen muchas plantas que no presentan ataque por depredadores, por lo que se considera que éstas podrán contener compuestos con actividad biológica que las protegen, considerados insecticidas botánicos; y representan una alternativa natural para el control de plagas agrícolas, económicas y amigables con el ambiente. Con el propósito de contribuir a la búsqueda de alternativas sustentables para el control de insectos plaga, en este proyecto se evaluó la actividad biológica de fitoextractos obtenidos de las especies *Cynara scolymus*, *Medicago sativa* y *Brugmansia arborea*, como alternativas de control sustentable de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), plaga que afecta al cultivo del maíz. Los resultados mostraron que las tres especies vegetales tienen adecuada actividad insecticida, estos resultados permiten posicionarlas como excelentes candidatos de estudio y continuar las investigaciones hasta determinar cuál es la naturaleza química de los metabolitos responsables de la actividad insecticida.

Palabras clave: alternativas amigables, control biológico, control sustentable, fitoextractos, fitoinsecticidas.

ABSTRACT

In last year's many search are made to give solution of this problematic situation, both pest and reduction of the use chemical insecticides, through to study biological controls. Actually in the nature exist many plants they don't present attract by insects or depredators, by consider they have to content compounds with biology activity so that given protection, consider botanical insecticides and represent a natural alternative to the pest control, cheap and environmental friendly. The goal to contribute to the sustainable alternative search for the pest insect control, this research were evaluated the biological activity of phytoextracts come from *Cynara scolymus*, *Medicago sativa* and *Brugmansia arborea*, as to propose sustainable alternatives to control

¹ Recibido: 5 de octubre de 2016.
Aceptado: 20 de junio de 2017.

Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae), pest to affect the corn culture. The results could be determinate that three vegetable species have adequate activity and these results could be positioned as candidates to study for continued research to will know the chemical nature of responsible metabolites of insecticidal activity.

Index words: friendly alternatives, biological control, sustainably control, phyto extracts, phyto insecticides.

INTRODUCCIÓN

El uso irracional y manejo inadecuado de los plaguicidas químicos han representado hasta nuestros días un peligro para el ser humano y el ambiente. Algunas de las intoxicaciones y efectos nocivos como carcinogénesis, teratogénesis, esterilidad y mutagénesis, entre otros, se manifiestan en diferentes lapsos de tiempos (Martínez y Gómez, 2007). Adicionalmente los plaguicidas químicos han conducido a la resistencias de plagas, enfermedades y malezas más abundantes, incremento de salinidad y agotamiento del suelo; disminuyendo el rendimiento y la producción agrícola (Ramón & Rodas, 2007). Debido a su clima en México se presenta una diversidad de plagas en los cultivos, de acuerdo con Alatorre *et al.* (2000), algunas entre las que atacan a las plantas cultivadas se encuentran: el gusano cogollero del maíz, la mosca de la fruta, el picudo algodónero y del manzano, arañas rojas, mosquitas blancas, chicharritas o pulgones, por lo que frecuentemente se recurre al uso de plaguicidas químicos.

Mediante un control adecuado en el manejo integrado de plagas, se busca una agricultura sostenible, promoviendo el empleo de diferentes alternativas como el uso de los extractos de plantas (Gutiérrez-Ramírez, 2013); estos, han sido utilizados desde tiempos inmemorables, resurgiendo fuertemente después de la segunda guerra mundial (Alatorre *et al.*, 2000).

Con el paso del tiempo las investigaciones orientadas a determinar la actividad biológica de extractos de plantas, permite incluir y disminuir a los plaguicidas sintéticos, porque diversas especies se han mostrado promisoras para su aplicación contra las plagas. La búsqueda de especies vegetales con potencial para aplicarlo como fitoinsecticida ha sido reportada por diversos autores, por ejemplo en una dieta artificial a una concentración del 8% del polvo de *Peumus boldus* mostró actividad insecticida en contra de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Pizarro, *et al.*, 2013) y *Helicoverpa zea* (Boddie), ocasionando el 65 y 67.5% de mortalidad (Silva-Aguayo, 2010).

Los extractos del Mirto (*Salvia microphylla*) mostraron actividad insecticida e insectistática en contra de *S. frugiperda*, con 500 ppm del extracto hexánico se obtuvo una viabilidad larval del 35% (actividad insecticida) y la duración de la pupa fue de 13 días (actividad insectistática), por lo que el grupo de trabajo de Romo-Asunción *et al.*, (2016), concluyó que el extracto hexánico de las hojas y tallos del mirto puede emplearse para el control del gusano cogollero. Sin embargo, su incursión en mercados como insecticidas botánicos tendrá que cumplir con ciertos criterios (biológicos, ambientales, toxicológico, regulatorio y comercial) para considerarse como productos comerciales (Oriela *et al.*, 2013).

Bajo este contexto el objetivo fue evaluar la actividad biológica de diferentes especies vegetales, como fitoinsecticidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En condiciones de laboratorio se estableció la cría de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, empleado como insecto blanco en la evaluación de la especie vegetal *Brugmansia arborea* utilizada como planta de ornato. Se criaron masivamente larvas neonatas de *S. frugiperda* en dieta artificial (Burton y Perkins, 1987).

En el Cuadro 1 se describen las especies vegetales bioevaluadas y su origen. Cada uno de los tejidos vegetales, en forma individual, fueron secados, triturados y extraídos con metanol por un lapso de 72 h. El solvente se filtró y fue recuperado por destilación a presión reducida empleando un rotaevaporador marca BUCHI. Finalmente se obtuvieron los fitoextractos evaluados en contra del gusano cogollero del maíz.

En los bioensayos se utilizaron 50 larvas del primer estadio de *S. frugiperda* por tratamiento, cada uno de los extractos individualmente se incorporaron a la dieta artificial para su evaluación en concentraciones de 250 y 500 ppm. Una larva neonata de *S. frugiperda* fue colocada con ayuda de un pincel de pelo de marta roja del número 1, por cada 15 mL de dieta artificial incluyendo el extracto en la concentración establecida.

Cuadro 1. Fitoextractos de especies vegetales.

Nombre científico	Nombre común	Tejido empleado	Clave
<i>Cynara scolymus</i>	Alcachofa*	Fruto	CSF
<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa*	Semillas	MSS
		Partes aéreas (tallos y hojas)	MSH
<i>Brugmansia arborea</i>	Floripondio	Flor	BAF
	Trompeta de ángel	Hojas	BAH

*Especie vegetal adquirida comercialmente

Como testigo se empleó únicamente dieta artificial. Las cajas se colocaron en incubación a 27 ±1 °C, bajo humedad relativa de 60-70% y fotoperiodo de 12-12 L-O. El diseño experimental fue completamente al azar cada larva se consideró como una unidad experimental. Las variables de respuesta fueron porcentaje de mortalidad de larvas y pupas. La mortalidad se calculó de acuerdo a la fórmula de Abbott (1925).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la mortalidad de larvas y pupas permitieron apreciar el efecto insecticida de los fitoextractos (Cuadro 2). Los cinco fitoextractos bioevaluados provocaron mortalidad significativa en contra de *S. frugiperda*, en los dos estadios evaluados (larvas y pupas) y en las dos concentraciones empleadas (250 y 500 ppm). Por lo que fue necesario determinar la concentración letal media para los fitoextractos bioactivos como insecticidas.

De acuerdo al criterio que establece Silva *et al.* (2005), los fitoextractos que resultan prometedores como fitoinsecticidas son aquellos que muestran un porcentaje de mortalidad mayor al 40 %. Considerando además que la generación de fitoinsecticidas permite controlar las

poblaciones de insectos y no así eliminarlas. De los fitoextractos bioevaluados los que cumplan con ambos criterios son los de *B. arborea*. Los extractos de *C. scolymus* y *M. sativa* provocaron una alta mortalidad.

Cuadro 2. Efecto insecticida de fitoextractos sobre *Spodoptera frugiperda*.

Tratamiento (ppm)	Mortalidad larvas (%)	Pupas	Total
CSF (250)	57	43	100
CSF (500)	40	57	97
MSS (250)	50	50	100
MSS (500)	47	53	100
MSH (250)	53	47	100
MSH (500)	57	43	100
BAF (250)	22	48	70
BAF (500)	22	50	72
BAH (250)	34	26	60
BAH (500)	48	24	72
Testigo	0	0	0

Cynara scolymus y *Medicago sativa* son especies vegetales comestibles que pueden ser adecuadas para el control de *S. frugiperda*. Sin embargo, *Brugmansia arborea* es una especie vegetal de ornato perteneciente a la familia Solanaceae se caracteriza químicamente por contener compuestos alcaloide de tipo tropano (Arteaga *et al.*, 1993; de Simone *et al.*, 2008).

Cabe mencionar que algunas especies, diferentes a la familia Solanaceae, como *Peumus boldus* la cual pertenece a la familia Monimiaceae y que ha presentado excelente actividad insecticida, contiene también compuestos de tipo alcaloide (Pizarro *et al.*, 2013). Por lo anterior y con base en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación se considera necesario determinar cuáles son los compuestos de *B. arborea* que ejercen el efecto insecticida en contra de *S. frugiperda*, esperando que si se trata de compuestos de tipo alcaloide estos sean bioevaluados individualmente para corroborar o descartar dicha actividad biológica.

CONCLUSIONES

Los cinco fitoextractos bioevaluados mostraron actividad insecticida en contra de *Spodoptera frugiperda* tanto en estadio larval como en pupal, por lo que son especies vegetales promisorias para el estudio y generación de alternativas sustentables de control de insectos plaga de tipo Noctuidae. Sin embargo, es necesario realizar mayores estudios a *Brugmansia arborea*, por ser una especie no comestible que tiene antecedentes como bloqueador muscular.

LITERATURA CITADA

Abbot, W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267.

- Alatorre, R., H. Bravo, J. Leyva, & A. Huerta. 2000. Manejo integrado de plagas, ficha técnica No. 11. Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural, SAGARPA, pp. 1-12.
- Arteaga de G. L., M. Perea, y Ma. T. Reguero. 1993. Brugmansia: Una especie promisoría para la producción de alcaloides de tipo tropano. *Revista Colombiana de Ciencias Farmacéuticas* 21(1): 36-40.
- Burton, L. R. and D. Perkins. 1987. Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. *Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*. CIMMYT. México. pp. 35-37.
- de Simone, R., L. Margarucci, and V. de Feo. 2008. Tropane alkaloids: An overview. *Pharmacology online* 1: 70-89.
- Gutiérrez-Ramírez, A., A. Robles-Bermúdez, C. Santillán-Ortega, M. Ortiz-Catón, y O. J. Cambero-Campos. 2013. Control biológico como herramienta sustentable de plagas y su uso en el Estado de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* 2(3): 102-112.
- Martínez-Valenzuela, C. y S. Gómez-Arroyo. 2007. Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 23(4): 185-200.
- Pino, O., Y. Sánchez and M. M. Rojas. 2013. Plant secondary metabolites as an alternative in pest management. I: Background, research approaches and trends. *Revista Protección Vegetal*. 28(2): 81-94.
- Pizarro, D., G. Silva, M. Tapia, J. C. Rodríguez, A. Urbina, A. Lagunes, C. Santillan-Ortega, A. Robles-Bermúdez and A. Aguilar-Mendel. 2013. Actividad insecticida de polvo de *Peumus boldus* (Molina) (Monimiaceae) contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 12(4): 420-430.
- Ramón, V. A. & B. F. Rodas. 2007. El control orgánico de plagas y plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo. *Guía práctica para los campesinos del bosque seco*. Naturaleza & Cultura Internacional, DarwiNet, Groenhart vzw. pp.1-37.
- Romo-Asunción, D., M. A. Ramos-López, D. O. Salinas-Sánchez, R. Figueroa-Brito, G. Vela-Correa, y B. E. Vázquez-Martínez. 2016. Evaluación del extracto hexánico del mirto sobre el gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología Mexicana*, 3: 159-164.
- Silva-Aguayo, G., C. Rodríguez-Maciel, A. Lagunes-Tejeda, C. Llanderal-Cázares, R. Alatorre-Rosas, A. M. Shelton and C. A. Blanco. 2010. Bioactivity of Boldo (*Peumus boldus* Molina) (Laurales: Monimiaceae) on *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Southwestern Entomologist* 35(3): 215-231
- Silva-Aguayo, G., R. Kiger-Melivilu, R. Hepp-Gallo and M. Tapia-Vargas. 2005. Control de *Sitophilus zeamais* con polvos vegetales de tres especies del género *Chenopodium*. *Pesq. Agropec. Bras. Brasilia*. 40(10): 953-960.

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES DE REUSO COMO ACONDICIONADOR DE SUELOS¹

[EVALUATING THE APPLICATION OF REUSE SUPERABSORBENT POLYMERS AS SOIL CONDITIONER]

Lizbeth Guadalupe-Mejía Escobar, Raymundo Sánchez-Orozco[§], Elizabeth Martínez-Galeana

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán (TESJo), División de Ingeniería Química. Carretera Toluca-Atlamulco Km 44.8, Ejido de San Juan y San Agustín, Jocotitlán, Estado de México 50700, México. [§]Autor para correspondencia: (r.sanchez@tesjo.edu.mx).

RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa el uso de polímeros hidrófilos extraídos de pañales desechables con el objetivo de emplearlos en la retención de agua en el suelo. La capacidad de absorción del superabsorbente se midió utilizando agua destilada, NaCl y Ca (NO₃)₂ en solución acuosa. Se investigó la cinética de absorción con respecto a cambios de temperatura y pH. Adicionalmente, se realizó una serie de pruebas de germinación utilizando semillas de frijol, calabaza y cilantro. Los ensayos de absorción mostraron que los hidrogeles son capaces de lograr una absorción máxima (en el equilibrio) de 215 g g⁻¹ a 50 °C, mientras que a 25 °C el hinchamiento máximo logrado fue de 189 g·g⁻¹. El nivel de absorción se vio afectado por el pH y por el aumento en la concentración NaCl y Ca (NO₃)₂, mostrando una disminución en la capacidad de hinchamiento. Las bandas observadas en la espectroscopía FTIR confirman la presencia de grupos funcionales del superabsorbente. Con base en los resultados, se deduce que es posible aprovechar el potencial superabsorbente de los pañales desechables para retener la humedad en el suelo y así mismo proponer un uso alternativo de este tipo de residuos.

Palabras clave: absorción, polímero superabsorbente, residuo sólido.

ABSTRACT

This paper evaluates the use of hydrophilic polymers extracted from disposable diapers in order to use them in water retention soil. The absorptive capacity of the superabsorbent was measured using distilled water, NaCl and Ca (NO₃)₂ in aqueous solution. Absorption kinetics was investigated with respect to changes in temperature and pH. Additionally, a series of tests seeds germination of beans, squash and coriander was performed. Absorption tests showed that the hydrogels are able to achieve maximum absorption (at equilibrium) of 215 g g⁻¹ at 50 °C, whereas at 25 °C the maximum swelling was found to be 189 g·g⁻¹. The level of absorption was affected by the pH and the increase in NaCl and Ca (NO₃)₂ concentrations, showing a decrease in the swelling capacity. The bands observed in FTIR spectroscopy confirmed the presence of functional groups of the superabsorbent. Based on the results, it follows that it is possible to take advantage of the superabsorbent potential from disposable diapers to retain moisture in the soil and likewise propose an alternative use of this type of waste.

¹ Recibido: 4 de octubre de 2016.

Aceptado: 20 de junio de 2017.

Index words: absorption, superabsorbent polymer, solid waste.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales más serios de la sociedad actual es, sin duda, el de los residuos sólidos. Los residuos sólidos corresponden al material de desecho resultante de todas las actividades humanas, por lo tanto son una realidad que no se puede evitar. El ritmo y nivel de vida que imprime la sociedad actual, principalmente en los núcleos urbanos, ha propiciado una demanda cada vez mayor de artículos que permiten satisfacer las necesidades de la sociedad. El uso de estos productos, entre ellos, los pañales desechables, ha agudizado el problema de generación, recolección, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales (Anne *et al.*, 2012).

Los pañales desechables son una fracción de los residuos municipales a la que se presta poca atención. La problemática de los pañales desechables radica en su composición. Aunque este tipo de artículos se comercializa en una infinidad de marcas, en general están fabricados con un mínimo de tres capas diferentes: la primera corresponde a polipropileno, que impide el retorno de la humedad, la segunda es de celulosa y la tercera es la capa exterior impermeable de polietileno.

Adicionalmente, la mayoría de los pañales incorpora polímeros superabsorbentes a base de poliacrilato de sodio. Sin embargo, los pañales no son necesariamente residuos no reutilizables ya que pueden ser empleados con éxito como acondicionadores de suelo (polímero superabsorbente y celulosa) para mejorar sus propiedades físicas y aumentar su capacidad de retención de agua o de nutrientes, especialmente en suelos arenosos o en zonas con escases de agua, favoreciendo por tanto el crecimiento de plantas (Amany *et al.*, 2012; Rosa y Casquilho, 2012; Marcos *et al.*, 2015).

Además, la utilización de polímeros superabsorbentes también produce una mejora en la estructura del suelo y la aireación del mismo (Ramesh *et al.*, 2015; Cannazza *et al.*, 2014). Las características más importantes de los hidrogeles refieren a su capacidad de absorción y retención de agua (Benítez *et al.*, 2011), que dependen de la naturaleza de los monómeros empleados en su síntesis y del grado de entrecruzamiento de la red macromolecular (Mas'ud *et al.*, 2013; Demitri *et al.*, 2013; Barihi *et al.*, 2013).

Debido a lo anterior, el presente trabajo propone evaluar el uso de polímeros hidrófilos extraídos de pañales desechables con el objetivo de emplearlos en la retención de agua en el suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recuperación y acondicionamiento del superabsorbente

Para el presente estudio se experimentó con pañales desechables usados que contenían únicamente orina. Los pañales fueron sometidos a esterilización en autoclave durante 15 minutos a 125 °C. Posteriormente se sometieron a secado durante 24 horas a 60 °C. Con el empleo de guantes, el pañal fue desmenuzado con el propósito de separar la capa de polietileno de las fibras de celulosa. Debido a que el polímero se encuentra entremezclado con la fibra de celulosa, fue

necesario sacudir dicha fibra en un recipiente de plástico para remover el superabsorbente. Enseguida, el hidrogel se hizo pasar a través de un tamiz de malla 80. Finalmente, el material se colocó en frascos de vidrio con tapa hasta su empleo en los procesos de absorción-desorción.

Estudios cinéticos de absorción

Para determinar la cinética de absorción, se emplearon soluciones acuosas de NaCl y fertilizante tipo comercial ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). Las concentraciones que se prepararon para ambos casos fueron de 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 2.5% (p/v) a 25 °C. En los ensayos de desorción, las muestras de polímero seco fueron hidratadas hasta alcanzar el equilibrio. Posteriormente fueron sometidas a secado a temperatura constante de 60 °C y se midió la pérdida de peso a intervalos específicos de tiempo (10 min).

La cantidad de agua retenida para cada tiempo de deshidratación se calculó gravimétricamente. Los ensayos de absorción respecto a cambios de temperatura se realizaron, en agua destilada a temperaturas de 25, 35 y 50 °C respectivamente. La absorción respecto a cambios de pH (2, 4, 7, 10 y 12) a 25 °C se realizó ajustando las condiciones de acidez o alcalinidad con soluciones 0.1 M de NaOH y 0.1 M de HCl.

Caracterización del superabsorbente

El superabsorbente extraído de pañales desechables se analizó por espectroscopía infrarroja (FTIR) con el propósito de identificar los grupos funcionales asociados al polímero. El barrido espectral se realizó en modo ATR en el intervalo de 4000 a 500 cm^{-1}

Ensayos de germinación

El potencial del hidrogel en el crecimiento de vegetales se estudió a través de la germinación de semillas (frijol, calabaza y cilantro) en suelo tipo humus. Las muestras problema contenían 1% de hidrogel en suelo, mientras que la muestra testigo solo contenía suelo. En recipientes de poliestireno se colocó 50 g de la mezcla de suelo-superabsorbente y un par de semillas de cada vegetal. Adicionalmente, cada sistema fue irrigado con 20 mL de agua destilada. Posterior a la germinación, se realizó el monitoreo de las plantas a través de la medición de la altura, ancho de hojas y velocidad de crecimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante los ensayos de absorción en agua destilada, soluciones de NaCl y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ se determinó la absorción en el equilibrio a cada una de las condiciones a las que fueron sometidas las muestras de hidrogel superabsorbente. La absorción máxima de agua destilada fue de 188.65 g por gramo de polímero seco, mientras que cuando se empleó la solución más baja de NaCl (0.5 %p/v) la absorción máxima alcanzada fue de 55.4 g de agua absorbida por gramos de polímero seco (Figura 1). Lo anterior evidenció que con el aumento en la concentración NaCl y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, existe una tendencia clara a disminuir la capacidad de absorción del polímero. Esta disminución se debe a que la diferencia de presión osmótica entre el gel polimérico y la solución externa se ve reducida por la adición las especies iónicas (Cannazza *et al.*, 2014; Barihi *et al.*, 2013).

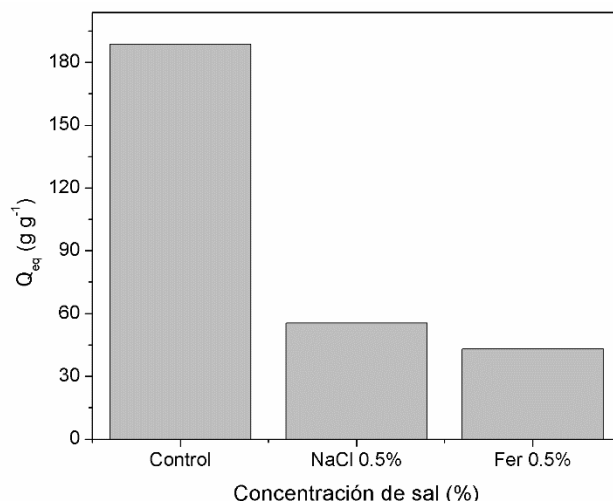


Figura 1. Absorción de agua (control), NaCl y $Ca(NO_3)_2$ (Fer) en el equilibrio.

El patrón de absorción con agua destilada es similar en los diferentes valores de temperatura estudiados, sin embargo el grado de hinchamiento decrece progresivamente cuando la temperatura incrementa de 35 a 50 °C. La absorción máxima alcanzada (en el equilibrio) fue de 215 $g\cdot g^{-1}$ a 50 °C, mientras que el hinchamiento mínimo en el equilibrio fue de 189 $g\ g^{-1}$ a 25°C. Con el aumento de la temperatura se rompen las fuerzas de entrecruzamiento débiles como los puentes de hidrógeno, aumentando el hinchamiento de la red polimérica (Ramesh *et al.*, 2015).

La sensibilidad del polímero superabsorbente respecto a cambios de pH se determinó con el propósito de verificar el comportamiento de absorción bajo condiciones de acidez o alcalinidad. Evaluando diferentes valores de pH (2, 4, 7, 10 y 12) se observó claramente la influencia del pH en la absorción del polímero. La capacidad de hidratación del polímero en medio ácido es muy bajo debido a que la presencia de iones H^+ influye significativamente sobre la capacidad de absorción generando un colapso del material reticulado (Marcos *et al.*, 2015). El pH óptimo para la absorción se ubicó entre 7 y 10. A valores de pH >10, la capacidad de absorción disminuyó.

La cinética de desorción mostró la pérdida de peso del hidrogel con respecto al tiempo a temperatura constante de 60 °C. Cuando la cantidad de humedad en el polímero fue baja, la pérdida de humedad fue mucho más lenta, por lo que la temperatura empleada fue insuficiente para continuar la liberación de humedad. El hecho de que la velocidad de liberación de humedad fuese lenta supone viable el uso potencial de este tipo de polímeros en la agricultura (Demitri *et al.*, 2013).

La presencia de grupos funcionales asociados al polímero superabsorbente se comprobó por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR). El espectro evidenció una banda a 3501 cm^{-1} correspondiente al grupo hidroxilo (-OH), mientras que a 2942 cm^{-1} se presentó un estiramiento asimétrico característico del enlace C-H. El pico que apareció en la región de 1545 cm^{-1} se pudo atribuir a vibraciones de estiramiento de grupo carbonilo (C=O). Adicionalmente, los estiramientos de flexión del grupo C-H aparecieron en la región de 1451 cm^{-1} . La vibración en plano a 1403 cm^{-1} correspondió al grupo OH. Las vibraciones de tensión en 1023 cm^{-1} se atribuyeron al enlace C-O.

Cuando se evaluó el comportamiento de las plantas en función de su altura y el medio de crecimiento (polímero-suelo y muestra control) pudo evidenciarse que en todas las condiciones hubo germinación, sin embargo, la alturas de las plantas fue mayor en los sistemas con presencia de hidrogel, adicionalmente el ancho y color de las hojas (verde intenso) mostró diferencias significativas en comparación a la muestra control.

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que el polímero superabsorbente recuperado de pañales desechables posee una alta capacidad de absorción, que por sus características y propiedades hace factible su potencial uso en la agricultura como retenedores de humedad en el suelo. Además, el uso de este polímero es capaz de proveer agua en cantidades adecuadas a los sistemas productivos. Los ensayos de absorción en solución acuosa de NaCl y fertilizante, mostraron que el incremento en la concentración de sales en el agua disminuyó la capacidad de absorción del polímero, en comparación con la absorción en agua destilada. La recuperación y uso de polímero superabsorbente recuperado de pañales desechables favorece el suministro de agua a los cultivos y generara las condiciones para la disminución de la contaminación por la inadecuada disposición de residuos sólidos como los pañales desechables.

LITERATURA CITADA

- Amany, I.R., E. Mona and M.B. El-Arnaouty. 2012. Radiation synthesis of superabsorbent CMC based hydrogels for agriculture applications. *Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res. B.* 283: 71-76.
- Anne, V.W. and V. H. Gert. 2012. LCA-measured environmental improvements in Pampers® diapers. *Int J Life Cycle Assess.* 17: 145-153.
- Barihi, R., E. Panahpour and B. Masoud. 2013. Super absorbent polymer (hydrogel) and its application in agriculture. *World of Sciences Journal* 1: 223-228.
- Benítez, J., D. Contreras, P. Guzmán, A. Ramírez, J. Prin and B. Rojas. 2011. Estudio de la Difusión y Cinética de Hinchamiento en Hidrogeles de Poliacrilamida. *Rev. Iberoam. Polim.* 12: 292-299.
- Cannazza, G., A. Cataldo, E. De Benedetto, C. Demitri, M. Madaghiele and A. Sannino. 2014. Experimental assessment of the use of a novel superabsorbent polymer (SAP) for the optimization of water consumption in agricultural irrigation process. *Water* 6: 2056-2069.
- Demitri, C., F. Scalera, M. Madaghiele, A. Sannino and A. Maffezzoli. 2013. Potential of cellulose-based superabsorbent hydrogels as water reservoir in agriculture, *Int. J. Polym Sci.* 1: 1-6.
- Marcos, R.G., A. Fauze, A. R. Aouada, A. F. Fajardo, A.T. Martins, F. T. Magaliand and C.M. Edvani. 2015. Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. *Eur. Polym. J.* 72: 365-385.
- Mas'ud, Z.A., M. Khotib, M. Farid, A. Nur and M. Amron. 2013. Superabsorbent derived from cassava waste pulp. *Int. J. Recyc. Org. W. Agric.* 2: 1-8.
- Ramesh, V., V. Suresh, N. Mamatha and D. Srinivasa. 2015. Biodegradable nano-hydrogels in agricultural farming - alternative source for water resources. *Procedia Materials Science* 10: 548-554.
- Rosa, F. and M. Casquilho. 2012. Effect of synthesis parameters and of temperature of swelling on water absorption by a superabsorbent polymer. *Fuel Process. Technol.* 103: 174-177.

CARACTERIZACIÓN DE HONGOS HIDROCARBONOCLASTAS AISLADOS DE UN SUELO CONTAMINADO¹

[CHARACTERIZATION OF HYDROCARBONOCLASTIC FUNGI ISOLATED FROM CONTAMINATED SOIL]

Adriana Vázquez Martínez^{1§}, Ma. Teresa Rodríguez Casasola², Carlos Cruz Mondragón², Elvira Ríos Leal², Fernando José Esparza García²

¹Estudiante de prácticas profesionales, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. ²Personal Académico del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. Av. Instituto Politécnico Nacional 2508 Col. San Pedro Zacatenco, C. P. 07360, México, D.F. [§]Autor para correspondencia: (ady_vazquez5@hotmail.com).

RESUMEN

La extracción, almacenamiento y uso de hidrocarburos causa grandes impactos en los ecosistemas, ocasionando la pérdida de suelo. Debido a estas afectaciones, es necesario encontrar soluciones efectivas y viables para la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos. El uso de la biorremediación, resulta ser muy viable por su bajo costo y de nulo impacto negativo al ambiente, en comparación con métodos químicos y físicos, centrando la atención en elementos biológicos que contribuyen a la oxidación, transformación y degradación, utilizando los hidrocarburos como fuente de carbono y de energía. En el desarrollo del presente trabajo se aislaron cuatro cepas de hongos de muestras de suelo de la ex refinería 18 de marzo, pertenecientes a los géneros *Penicillium*, *Fusarium* y *Aspergillus* de acuerdo a su morfología colonial y celular observada. Se seleccionaron aquellos microorganismos con capacidad hidrocarbonoclasta, se utilizaron fermentaciones líquidas durante 120 h, para observar su desarrollo, tanto con una fuente de carbono de maltosa como con queroseno, presentando un crecimiento de 7.9, 7.28, 10.14 y 4.32% comparado con el crecimiento obtenido en una fuente de carbono de maltosa, obteniendo un 70.4, 50.83, 32.50 y 73.53% de degradación con respecto a la concentración inicial en un periodo de 120 h de incubación y analizado por CG-FID

Palabras clave: biorremediación, degradación de hidrocarburos, hongos filamentosos.

ABSTRACT

Hydrocarbon extraction causes major impacts on ecosystems, causing loss of soil. Owing to these effects, it is necessary to find effective and viable solutions for the recovery of hydrocarbon contaminated soils. The use of bioremediation turns out to be very viable for its low cost and no negative impact compared to chemical and physical methods. The biological factors focus in to contribute at oxidation, transformation and degradation, them using the hydrocarbons as a source of nutrition and energy. In order to determine the ability of degradation of fungi isolated from contaminated soil, four fungi were isolated and identified in *Penicillium*, *Fusarium* and *Aspergillus* genera in agreement to their colony morphology and cell observed. were selected

¹ Recibido: 4 de octubre de 2016.
Aceptado: 20 de junio de 2017.

those with hydrocarbonoclastic capacity, liquid fermentations were used for 120 hrs to observe its development in conventional carbon source such as kerosene as a carbon source, presenting an increase of 7.9, 7.28, 10.14 and 4.32% compared with growth obtained in a conventional carbon source. Obtaining a 70.4, 50.83, 32.50 and 73.53% degradation percentage relative to the initial concentration in a period of 120 hrs analyzed by CG-FID.

Index words: bioremediation, hydrocarbons degradation, hydrocarbonoclastic fungi.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo ha venido en gran parte como resultado de la exploración, explotación, refinación, almacenamiento y distribución de petróleo crudo y sus derivados. De acuerdo a lo anterior es necesario encontrar opciones factibles para tratamiento de suelos contaminados. La biorremediación es una alternativa eficaz, de bajo costo y nulo impacto negativo, el método se centra en utilizar organismos vivos presentes en el medio ambiente para neutralizar sustancias contaminantes. La biorremediación con microorganismos, se fundamenta en la degradación de sustancias orgánicas que se utilizan como fuente de carbono y fuente de energía según reportó Rodríguez (2003).

Los hongos como microorganismos remediadores presentan características importantes: soportan la acción tóxica de los hidrocarburos, son aptos para crecer en ambientes con bajas concentraciones de nutrientes, poca humedad y pH ácido. Producen enzimas que rompen, por hidrólisis, las cadenas de los hidrocarburos convirtiéndolos en CO₂ o en sustancias inocuas para el ambiente (Martínez *et al*, 2011).

El objetivo fue caracterizar y determinar el nivel de degradación de hongos aislados de un suelo contaminado con hidrocarburos proveniente de la ex refinería 18 de marzo. La determinación de la capacidad de degradación de hidrocarburos es fundamental para su aplicación en procesos de remediación, comienza por la identificación taxonómica de los microorganismos aislados con base a su morfología colonial y celular para conocer los géneros a los que pertenecen, al estudiar sus características de crecimiento así como su tolerancia y aceptación de diferentes fuentes de carbono, se seleccionan microorganismos con potencial hidrocarbonoclasta con mayor capacidad de degradación que permite su selección a un posible proceso de biorremediación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento de hongos

El aislamiento y caracterización de los hongos hidrocarbonoclastas seleccionados se desarrolló en el laboratorio de Ecología Bioquímica del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav-IPN. Se realizó por el método de diluciones seriadas a partir de muestras de suelo y plaqueo en agar de medio mineral ((NH₄)₂SO₄ 0.5 g L⁻¹, KH₂PO₄ 0.5 g L⁻¹, KCl 0.2 g L⁻¹,

MgSO₄*7H₂O 0.2 g L⁻¹, CaCl₂*2H₂O 0.1 g L⁻¹, Rosa de Bengala 1.0 g L⁻¹, Agar 20 g L⁻¹) con queroseno como fuente de carbono.

Identificación de morfología colonial y celular

Se realizó en placa de agar con diferente fuente de carbono por 120 h describiendo la morfología colonial. La identificación de su morfología celular se realizó por microcultivos en cámara húmeda a 48 h para observar los cuerpos fructíferos (Smith, 1981; Ramírez-Gama *et al.*, 2011).

Selección de microorganismos y cinética de crecimiento

Los microorganismos estudiados se cultivaron en medio mineral líquido con queroseno al 2% como fuente de carbono, hacia una selección de aquellos con capacidad de degradación de esta fuente de carbono.

Para observar sus condiciones de desarrollo se realizaron estudios de la cinética de crecimiento en fermentaciones líquidas en caldo Sabouraud Maltosa y en un medio mineral con queroseno como fuente de carbono e inoculadas con micelio vegetativo de 48 h de crecimiento en una incubadora GYROMAX 737R a 30°C con agitación a 150 rpm a 30 °C por 0, 24, 48, 72, 96 y 120 h para determinar el crecimiento de la biomasa en base seca.

Porcentaje de degradación

Para determinar el porcentaje de degradación del queroseno en fermentación líquida en un medio mineral y queroseno al 4% como fuente de carbono e incubando a 30 °C con agitación a 150 rpm durante 120 h, se inoculó con micelio vegetativo de 48 h, al final de la incubación se realizaron extracciones líquido-líquido con hexano, para posterior análisis de las extracciones por cromatografía de gases con Detector de Ionización de Flama en un cromatógrafo PERKIN ELMER AUTO SYSTEM, con columna CP-SIL 8CB 25mm*0.32mm con detector de FID (Detector de Ionización de Flama), temperatura de detector: 280°C, temperatura de inyector: 250°C, Programa: 80°C-10 min-3°C / 250°C-10 min, flujo N₂: 9 psi (Medina-Mendoza *et al.*, 2014).

RESULTADOS

Los hongos aislados se identificaron con la nomenclatura H1, H2, H4, y H9. El hongo H1 de acuerdo a su morfología colonial presenta colonias tipo filamentosa de aspecto homogéneo con desarrollo abundante, de micelio aéreo de color verde grisáceo en el centro de la colonia orillas de color blanco con amarillo, consistencia seca de aspecto superficial algodonoso compacto. La morfología celular presenta hifas septadas con conidióforos ramificados en métulas, producen fialosporas de sucesión basipétida de aspecto redondo, liso y pequeñas perteneciente al genero *Penicillium* (Herrera y Ulloa, 1998).

Con un porcentaje de crecimiento total promedio de 7.9% calculado por diferencia entre el crecimiento en una fuente de carbono de maltosa y el crecimiento en un medio con fuente de carbono de queroseno. El porcentaje de degradación total de 70.5% considerando las pérdidas por

evaporación como se observa la disminución de picos y áreas del tiempo 0 h a 120 h como se muestra en la Figura 1.

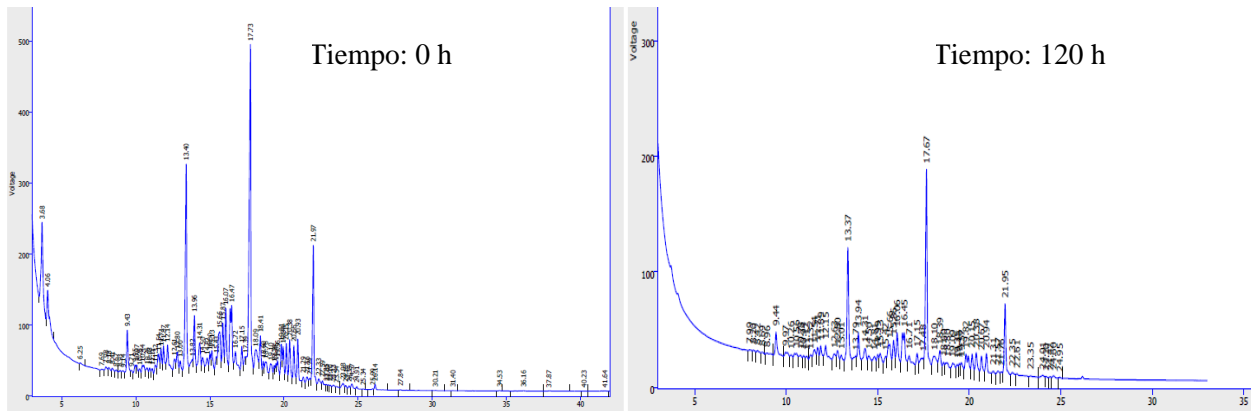


Figura 1. Degradación de queroseno por *Penicillium*: comparación de cromatogramas del tiempo 0 h y 120 h.

El hongo H2 de acuerdo a la morfología colonial presenta colonias tipo filamentosas de aspecto sectorial con desarrollo moderado, micelio aéreo de color rosa pálido que a mayor tiempo cambia a violeta, consistencia seca de aspecto superficial aterciopelado. La morfología celular presenta hifas cenocíticas con microconidios que forman clamidosporas grandes de aspecto redondo y liso perteneciente al género *Fusarium*. (Herrera y Ulloa, 1998; Rivero *et al.*, 2001).

Con un porcentaje de crecimiento total promedio de 7.28% calculado por diferencia entre el crecimiento en una fuente de carbono de maltosa y el crecimiento en una fuente de carbono de queroseno, presentando un porcentaje de degradación total 50.83% considerando las pérdidas por evaporación como se observa la disminución de picos y áreas del tiempo 0 h a 120 h como se muestra en la Figura 2.

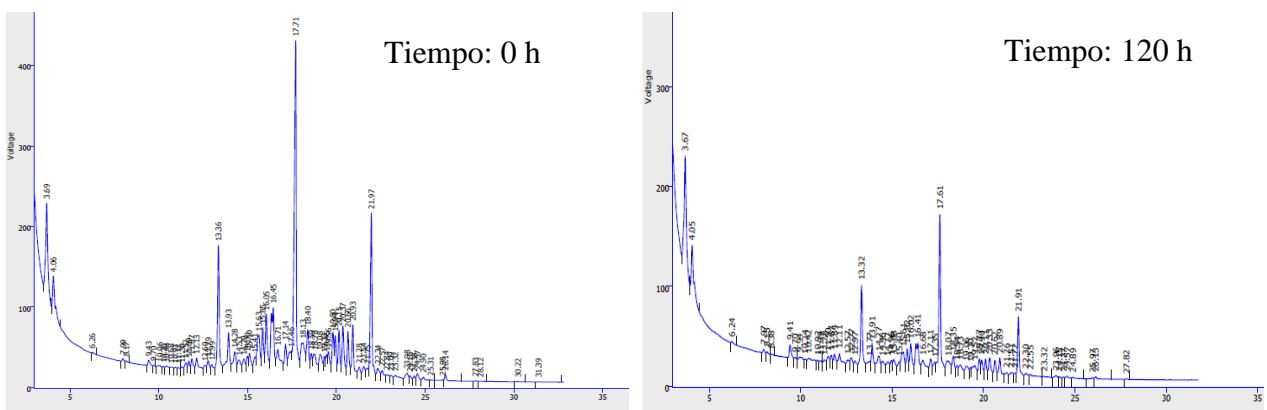


Figura 2. Degradación de queroseno por H2 *Fusarium*: comparación de cromatogramas de tiempo 0 h y 120 h.

El hongo H4 presenta una morfología colonial diferente al hongo H2, el H4 presenta colonias tipo filamentosas de aspecto sectorial con desarrollo moderado, micelio aéreo de blanco con el

paso del tiempo cambia a rosa pálido, consistencia seca de aspectos superficial aterciopelado cerebriforme perteneciente al generó *Fusarium* (Herrera y Ulloa, 1998; Rivero *set al.*, 2001) con una morfología celular muy similar al hongo H2 con hifas septadas, microconidios cortos que forman clamidosporas.

Con un porcentaje de crecimiento total promedio de 10.1% calculado por diferencia entre el crecimiento en una fuente de carbono de maltosa y el crecimiento en una fuente de carbono de queroseno, presentando un porcentaje de degradación total 50.83% considerando las pérdidas por evaporación como se observa la disminución de picos y áreas del tiempo 0 h a 120 h como se muestra en la Figura 3.

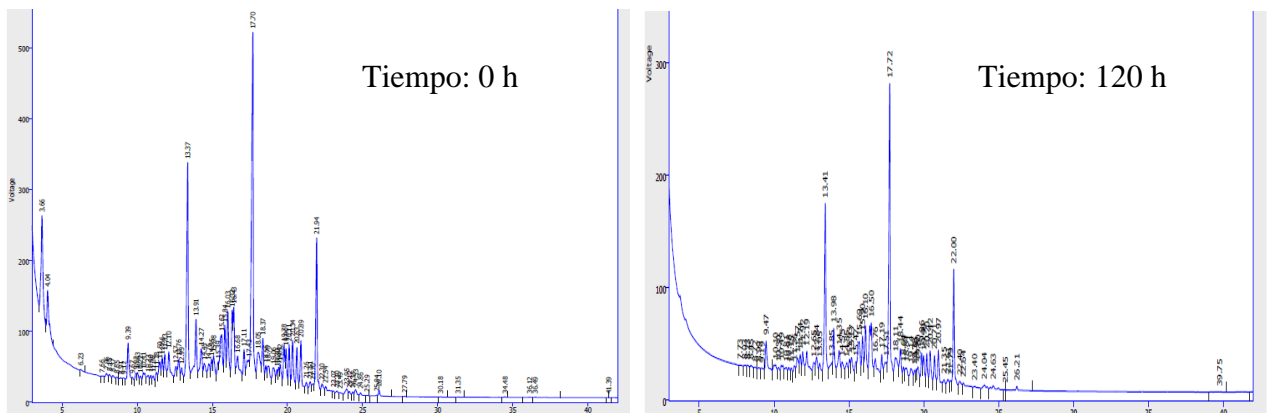


Figura 3. Degradación de queroseno por H4 *Fusarium*: comparación de cromatogramas de tiempo 0 h y 120 h.

El hongo H9 de acuerdo a la morfología colonial presenta colonias tipo filamentosas de aspecto homogéneo con desarrollo abundante de micelio aéreo de color verde grisáceo, consistencia seca de aspecto aterciopelado. La morfología celular presenta hifa septadas con conidióforo en forma de vesícula en la cual nacen los fiálides que producen fialosporas de sucesión basipétida pequeñas de aspecto liso y esférico perteneciente al generó *Aspergillus* (Herrera y Ulloa, 1998). Un porcentaje de crecimiento total de 4.3% calculado por diferencia entre el crecimiento en una fuente de carbono de maltosa y el crecimiento en una fuente de carbono de queroseno, presentando un porcentaje de degradación total de 73.5% considerando las pérdidas por evaporación como se observa la disminución de picos y áreas del tiempo 0 h a 120 h como se muestra en la Figura 4.

DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos se cumple el objetivo de aislar y caracterizar cuatro cepas de hongos hidrocarbonoclastas, estos fueron definidos como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*. Covino *et al.* (2014) reporta diferentes hongos filamentosos con capacidad de degradación de hidrocarburos en suelos contaminados con hidrocarburos alifáticos. Entre los géneros mencionados están *Fusarium*, *Metarhizium*.

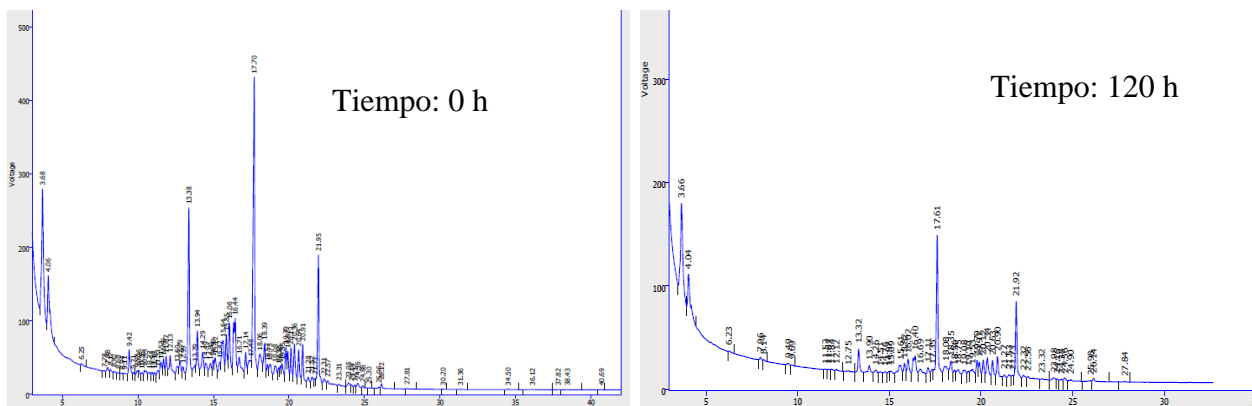


Figura 4. Degradación de queroseno por *Aspergillus*: comparación de cromatogramas de tiempo 0 h y 120 h.

Los hongos se presentan como mejores degradadores de hidrocarburos de cadena larga que las bacterias de acuerdo con Martínez-Vázquez *et al.* (2011) quienes mencionan a *Aspergillus* y *Penicillium* como los géneros que se encuentran en mayor proporción en suelos contaminados con hidrocarburos, utilizándolos para estudios de biorremediación de petróleo crudo y sus derivados, así como la mineralización de aromáticos policíclicos.

April *et al.* (2000) mencionan en sus estudios el aislamiento de hongos de muestras de suelos contaminados en Canadá en donde aislaron una gran variedad de hongos de los géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rizhopus* como degradadores utilizando preferentemente como fuente de carbono las fracciones de petróleo de cadenas entre $n-C_{12}$ a $n-C_{26}$.

CONCLUSIONES

Del estudio de la microflora nativa de muestras del suelo de la ex refinería 18 de marzo se aislaron 4 cepas puras identificadas en los géneros: *Penicillium*, *Fusarium* y *Aspergillus* de acuerdo a la morfología colonial y celular presentada experimentalmente y verificada en la bibliografía con capacidad de degradar hidrocarburos. Los 4 hongos identificados demostraron tener capacidad hidrocarbonoclasta al desarrollar crecimiento en medio mineral con queroseno como única fuente de carbono, presentando porcentajes de degradación aceptables con respecto a la concentración inicial. Encontrando que el hongo aislado H9 identificado en el género *Aspergillus* tiene la mayor capacidad de degradación con 73,5%, por lo que se convierte en el mejor candidato para emplearse en procesos de biorremediación de queroseno.

AGRADECIMIENTOS

En agradecimiento al Ing. Gustavo Medina Mendoza por el apoyo técnico en la parte analítica y al Ing. Favio Germán Yáñez Arroyo por el apoyo técnico en la parte de aislamiento de los microorganismos.

LITERATURA CITADA

- April, T. M., J. M. Foght y R. S. Currah. 2000. Hydrocarbon-degrading filamentous fungi isolated from flare pit soils in northern and western Canada. *Canadian Journal of Microbiology* 46(1):38-49.
- Covino, S., A. D'Annibale, S. R. Stazi, T. Cajthaml, M. Čvančarová, T. Stella and M. Petruccioli. 2014. Assessment of degradation potential of aliphatic hydrocarbons by autochthonous filamentous fungi from a historically polluted clay soil. *Science of the Total Environment* 505: 545-554.
- Herrera, T. y M. Ulloa 1998. El reino de los hongos: micología básica y aplicada. 2ª. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 143-196.
- Martínez-Vázquez, J. G., M. A. Hernández-Rivera, M. E. Ojeda-Morales, y M. J. García-Marín. 2011. Condiciones ambientales y de nutrientes óptimos para el desarrollo del microorganismo hidrocarbonoclasta *Penicillium* sp. *in vitro*. *Akadémeia* 9: 97-112.
- Medina-Mendoza, G., A. Sánchez-Farías, C. Cruz-Mondragón, T. Rodríguez-Casasola, E. Ríos-Leal Elvira y F.J. Esparza-García. 2014. Identificación fisiológica de una *Nocardia* spp, de acuerdo a su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico y degradación de hidrocarburos derivados del petróleo. *Environmental Biotechnology and Engineering* 3: 1228-1235.
- Riveros, B., G. Muñoz, L. González, P. Rojas, A. Álvarez y R. Hinrichsen. 2001. Comparación entre análisis morfológicos y de ADN para la identificación de especies de *Fusarium* aislados de melón (*Cucumis melo* L.). *Agricultura Técnica* 61(3): 281-293.
- Ramírez-Gama, R. M., M. B. Luna, C. A. Mejía, M. O. Velázquez, R. G. Tsuzuki, G. L. Vierna e I. Muggenburg. 2011. Manual de prácticas de microbiología general. Séptima edición. Facultad de Química, UNAM. México, DF. pp. 92-104.
- Rodríguez, D. T. 2003. El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos. *Revista Ecosistemas* 12(2): 350-355.
- Smith, G. 1981. *Smith's introduction to industrial mycology*- 7th ed. Halsted Press a Division of John Wiley & Sons, Inc. New York. pp. 99-269.

PROPUESTA DE SISTEMA AUTOMATIZADO QUE EVALÚA LA EQUIDAD DE GÉNERO EN INSTITUCIONES PÚBLICAS¹

[PROPOSAL FOR AUTOMATED SYSTEM THAT EVALUATES THE GENDER EQUITY IN PUBLIC INSTITUTIONS]

Juan José Bedolla Solano^{1§}, Ramón Bedolla Solano², Rolando Palacios Ortega¹, Carmelo Castellanos Meza¹, Javier Gutiérrez Ávila¹, Marcela Martínez García¹

¹Instituto Tecnológico de Acapulco (ITA). ²Profesor investigador-UCDR, Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), Av. Instituto Tecnológico s/n Col. Crucero de Cayaco, Acapulco Guerrero, México. C.P. 39905. Tels.: 01 (744) 442 90 10 y 11 ext. 144 y 145, Fax 01 (744) 4683505. [§]Autor para correspondencia: (jjosebedolla@hotmail.com y jjosebedolla@it-acapulco.edu.mx).

RESUMEN

El trabajo denominado, “Propuesta de Sistema Automatizado que Evalúa la Equidad de Género en Instituciones Públicas”, consiste en una aplicación automatizada que evalúa diversos aspectos que considera el Modelo de Equidad de Género (MEG); la cual se propone a instituciones del gobierno para promover la igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres. El sistema se desarrolló con base en el modelo de cascada de la Ingeniería de *Software* y atendiendo el planteamiento documentado en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 del Gobierno de México; así como en los lineamientos establecidos en el MEG (2003). La aplicación se implementó en un sitio web para llevar a cabo las pruebas respectivas; se evaluaron los parámetros de manera automática y se recabaron opiniones de los expertos responsables del Instituto Tecnológico de Acapulco. La evaluación arrojó resultados favorables, los cuales determinaron que la institución cubre el requisito para tener una certificación satisfactoria en la equidad de género. Con esta aplicación propuesta a las organizaciones se difundirá el conocimiento, se fortalecerá una cultura de equidad de género, que logrará adoptar los mismos derechos y oportunidades para todas las personas. Con lo que, se alcanzarían estilos y calidad de vida de las personas con posibilidades de contribuir con el desarrollo social y económico.

Palabras clave: aplicación automatizada, certificación, evaluación, igualdad de oportunidades.

ABSTRACT

The work called, "Proposal of an Automated System that Evaluates Gender Equity in Public Institutions", is an automated application that evaluates various aspects considered by the Gender Equity Model (MEG); which is proposed to government institutions to promote equal opportunities between men and women. The system was developed based on the cascade model of Software Engineering and taking into account the approach documented in the National Development Plan 2013-2018 of the Government of Mexico; As well as in the guidelines established in the MEG (2003). The application was implemented on a website to carry out the

¹ Recibido: 29 de septiembre de 2016.
Aceptado: 20 de junio de 2017.

respective tests; the parameters were automatically evaluated and opinions were collected from the experts responsible for the Technological Institute of Acapulco. The evaluation yielded favorable results, which determined that the institution meets the requirement for a satisfactory certification in gender equity. With this proposed application to organizations, knowledge will be disseminated, a culture of gender equity will be strengthened, which will achieve the same rights and opportunities for all people. With what, they would reach styles and quality of life of the people with possibilities of contributing with the social and economic development.

Index words: automated application, certification, evaluation, equal opportunities.

INTRODUCCIÓN

La sociedad inmersa en el universo, ha pasado por una serie de fenómenos y evoluciones que cotidianamente han traído consecuencias positivas y negativas, principalmente con el desarrollo económico y social. El desarrollo económico de los países en el mundo se considera como una de las capacidades para generar riquezas en ese territorio, manteniendo los proyectos planteados con mayores posibilidades de consumación y desarrollo ligado a la sustentabilidad; y consecuentemente se reflejan mayores posibilidades de crecimiento económico, bienestar social y digno para la población (Bedolla, 2017).

El desarrollo sostenible o sustentable se define como la satisfacción de las necesidades de las personas, gestionando los recursos y patrimonios del planeta de manera eficaz y racional, de tal forma que se vea mejorado el bienestar de la población actual sin afectar la calidad de vida de las generaciones futuras.

El modelo de desarrollo social para la equidad de género (MEG:2003) no ha podido dar solución a los grandes problemas que enfrentan hoy día los países subdesarrollados, ya que no se ha podido resolver, combatir ni erradicar la problemática de inequidad, por el contrario se ha agudizado esta situación; reflejando cada vez más, un empobrecimiento de la sociedad y un enriquecimiento desmedido de unos pocos. Además este modelo de “desarrollo” ha contribuido de manera constante al deterioro del *stock* de capital natural y en consecuencia el deterioro de la calidad de vida de la población. (Escobar, 2007).

El desarrollo social es una de las circunstancias que ha perseguido la humanidad, y en la que se van adquiriendo mejores accesos a los bienes y servicios con el objeto de garantizar en las personas el mejoramiento y la calidad de vida en lo que respecta a situaciones de igualdad de oportunidades, fortalecimiento a los valores humanos que impulsen el desarrollo integral y personal.

De acuerdo con lo planteado en la Ley General de Desarrollo Social, en las últimas reformas publicadas el 01 de junio de 2016, se señala en el Artículo 6. “Son derechos para el desarrollo social la educación, la salud, la alimentación nutritiva y de calidad, la vivienda, el disfrute de un medio ambiente sano, el trabajo y la seguridad social y los relativos a la no discriminación en los términos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”.

La igualdad de oportunidades, implica un ideal de justicia entre hombres y mujeres, y en el que se pretenden construir sociedades más justas, más flexibles o bien que se guíen con los mismos estándares para generar resultados integrales satisfactorios.

El artículo 6 de la Ley de Igualdad de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres en el estado de Morelos, manifiesta que la igualdad entre mujeres y hombres implica la eliminación de normas o prácticas discriminatorias, que tienen por efecto impedir o anular el reconocimiento o el ejercicio del derecho a la igualdad de oportunidades y de trato entre mujeres y hombres, niños, niñas, adolescentes, adultos mayores por pertenecer a cualquier sexo, etnia, edad, condición social o económica, estado civil, condiciones de salud, embarazo, lengua, religión entre otras.

Hoy día la equidad de género es parte integral de las políticas, programas y proyectos ambientales. Con todo ello, las mujeres se encuentran todavía en condiciones de desventaja; de ahí que las políticas de equidad en la gestión ambiental han de apoyar cada acción que favorezca a las mujeres y evite que se mantengan o, peor aún, se acentúen las desigualdades ya existentes. Al diseñar programas de desarrollo e intervención es importante identificar el fortalecimiento de la mujer en la toma de decisiones. La ausencia de la mujer en los puestos de decisión de las instancias de gobierno limita su influencia en las políticas y programas públicos. Una vez que se modifiquen las estrategias de contratación y asignación de puestos, de modo que se amplíe la presencia femenina en los equipos técnicos y posiciones de alto rango, sin duda aumentará el liderazgo de las mujeres en la gestión de los recursos naturales y el medio ambiente. Las mujeres tienen una función vital en el manejo ambiental y el desarrollo. Su participación plena es, por tanto, esencial para lograr el desarrollo sustentable (Inmujeres-Semarnat, 2003).

Atendiendo el planteamiento que realiza el Gobierno de México en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, La igualdad de oportunidades es fundamental para impulsar un México Próspero. Existen factores geográficos e históricos que limitan el desarrollo de algunas regiones del país y existen factores regulatorios que en ocasiones han privilegiado a empresas establecidas sobre nuevos emprendedores. México requiere una nueva política de fomento económico de cara a los retos que se nos presentan en el siglo XXI.

En México continúa latente la problemática de inequidad, ya que se puede apreciar y evidenciar en la mayoría de las organizaciones, que la presencia de las mujeres para ocupar puestos jerárquicos con un mayor nivel es bajo, mientras que el género masculino se encuentra con mayores beneficios en este aspecto laboral; además la plantilla del género masculino regularmente se encuentra por encima del femenino; de esta manera las oportunidades no son del todo equitativas para todas las personas.

La LX Legislatura del congreso del Estado de Coahuila consideró en el orden del día de su tercera sesión llevada a cabo el 9 de marzo del año 2016, la iniciativa con proyecto de decreto que reforma y adiciona el Artículo 41 Fracción VII, y se expone que la presencia femenina ha crecido rápidamente en los sectores productivos, sin embargo tres de cada 10 encuestadas reconocieron sentirse 'estancadas' en su profesión por carecer de oportunidades para ascender, el (51%) reconoce la falta de un incremento salarial y falta de reconocimiento profesional (29%). El estudio "Mujer mexicana, éxito y competitividad laboral" de la firma Adecco arrojó que cuatro de cada 10 mexicanas de más de 14 años forman parte de la Población Económicamente Activa

(PEA), sin embargo la falta de igualdad con los hombres las hace sentir frustradas laboralmente. Además el 62% de las mujeres en el país opinan que no tienen el mismo reconocimiento que los varones en cuestión profesional, dos de cada 10 no se consideran exitosas por la falta de oportunidades laborales (59%); y vive descuido de su familia el 22%.

La Comisión Nacional para Prevenir y Erradicar la Violencia contra las Mujeres promueve una serie de aspectos con los que se pretende construir un modelo de masculinidad, que fomente el respeto, la igualdad y la equidad de género, construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, fomentar la innovación, mujeres y niñas son esenciales para la ciencia y la tecnología.

La gestión de sistemas automatizados que generen el desarrollo social, y contribuyan en el desarrollo económico a través de modelos, como la propuesta del sistema automatizado que se describe y que se plantea para analizar la equidad de género en instituciones gubernamentales y generar conocimiento, contribuirá con la aportación de valores en las personas y por consiguiente con el mejoramiento de calidad de vida que impactará en un futuro en las dimensiones del desarrollo sustentable positivos para la región (Bedolla, 2015).

El modelo automatizado que se propone evalúa una serie de aspectos que considera el Modelo de Equidad de Género MEG-2003, entre ellos: la encuesta de conocimiento general, conocimiento e información de normas de equidad, análisis de la plantilla y análisis de puestos del personal. El sistema automatizado se presentó a los responsables del Instituto Tecnológico de Acapulco para llevar a cabo las pruebas necesarias, en cual generó el resultado o diagnóstico de la institución, mismo que permitió conocer deficiencias y opiniones relacionadas con el funcionamiento de la aplicación.

La realización de las pruebas posterior a la implementación del sistema automatizado en el Instituto Tecnológico de Acapulco, permitió facilitar y mejorar los procedimientos de evaluación, ya que se disminuyeron los tiempos en la recolección y el procesamiento de datos, se incrementó la seguridad de los resultados, mismos que fueron reflejados oportunamente; lo que les permitió a directivos y responsables del modelo, tenerle la confianza a la aplicación presentada, ya que la herramienta dictamina resultados que pueden conducir a la institución a conseguir la certificación en equidad de género de forma más segura evitando duplicidad de gastos por evaluaciones presenciales y manuales con las empresas certificadoras que tienen convenios con la INMUJERES para llevar a cabo este proceso.

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar y proponer una aplicación automatizada que realiza un diagnóstico de aspectos considerados en el MEG (2003) y que genera un resultado que dictaminará si la organización cubre los requisitos para certificarse en equidad de género; lo que permitirá facilitar, eficientar y economizar los procedimientos de evaluación en el Instituto Tecnológico de Acapulco. Con las gestiones constantes para implementar y adoptar sistemas automatizados que evalúen los procedimientos sobre equidad de género en las empresas e instituciones en general se promoverán estrategias y acciones con herramientas innovadoras que impulsaran la igualdad de oportunidades para hombres y mujeres con posibilidades de impactar en el desarrollo social y económico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Modelo de Equidad de Género tiene como propósito fundamental detectar, combatir y en su caso erradicar, mediante acciones afirmativas y/o acciones en favor del personal, los problemas de inequidad en el acceso a la capacitación, el desarrollo profesional, salarios y compensaciones desiguales por el mismo trabajo, situaciones de hostigamiento sexual y discriminación de cualquier tipo, entre otros. Entre los objetivos rectores del gobierno federal está poner a disposición de mujeres y hombres los recursos y los medios para que desarrollen sus capacidades integralmente; contribuyan y tengan acceso, control y disfrute efectivo de los servicios y beneficios del desarrollo del país, y decidan en condiciones de equidad en todos los aspectos de la vida nacional. En este marco se presenta el Modelo de Equidad de Género MEG (2003), que forma parte del programa de “Certificación sobre Equidad de Género” del Instituto Nacional de las Mujeres.

La metodología empleada para el proyecto “Propuesta de Sistema Automatizado que Evalúa la Equidad de Género en Instituciones Públicas”, consideró el modelo de *cascada* y *scrum* de la ingeniería de *software* para el desarrollo de la aplicación, la cual consiste en una serie de etapas que se van desarrollando durante la construcción del modelo automatizado. El trabajo considera una metodología analítica, propositiva y bibliográfica, ya que la recolección de datos e información, permitió clasificarla para su uso posterior, así como reconocer conclusiones y recomendaciones planteadas en los materiales bibliográficos aceptados en el modelo de equidad con lo que se reconocieron los aspectos de evaluación que se consideraron en la construcción del sistema automatizado. El modelo de *cascada* es una metodología que construye modelos automatizados considerando una serie de etapas en la que pasara a la siguiente fase hasta que concluyan las actividades de la existente y la metodología *scrum* fue utilizada para seleccionar los requisitos prioritarios que demuestran la funcionalidad y adaptabilidad del proceso desarrollado, con estas metodologías se va dando un seguimiento puntual a las actividades del proyecto.

El estudio es considerado de investigación mixta porque los procedimientos que se van desarrollando parten de la explicación a la descripción. Los resultados se expresan con valores representativos manifestando el parámetro satisfactorio y las opiniones reflejaran las recomendaciones u observaciones a atender en el modelo de equidad. Estos enfoques son considerados la combinación de la investigación cualitativa y cuantitativa.

También es considerada una investigación-acción mixta de tipo cuantitativa y cualitativa con enfoque de innovación y desarrollo tecnológico, porque permite realizar encuestas a través de la aplicación durante las pruebas preliminares con los datos e información proporcionada por los trabajadores del Instituto Tecnológico de Acapulco; y se realizaron también encuestas manuales para conocer la aceptación de la aplicación y poder llevarla como propuesta para su implementación: La investigación es considerada también de tipo cualitativa debido a las entrevistas aplicadas tanto a los responsables y directivos tomadores de decisiones para conocer las opiniones y recomendaciones que se pudieran realizar al sistema para su mejora y se tenga la aceptación para su implementación en la institución.

El trabajo de investigación se desarrolló en dos fases; la primera consistió en presentar la aplicación automatizada a los alumnos, al personal docente y no docente, a los responsables del modelo de equidad y a los directivos tomadores de decisión para conocer el grado de aceptación para su implementación en el Instituto Tecnológico de Acapulco; y la segunda se fundamentó en probar la aplicación con datos e información proporcionada por los encuestados a través de cuestionarios automatizados, mismos que fueron procesados para obtener el resultado que señala el diagnóstico o la situación que guarda la empresa en el modelo de equidad de género, con lo que se podrá conocer el cumplimiento de los requerimientos para tener o no la certificación.

De acuerdo con las pruebas realizadas con el sistema para llevar a cabo la evaluación y el diagnóstico para determinar el cumplimiento de equidad de género o recomendaciones que atender y promover la certificación de manera automatizada, se consideraron el conocimiento general sobre equidad, el conocimiento de normas, el análisis de la plantilla y el análisis de puestos del personal, utilizando los datos e información del Instituto Tecnológico de Acapulco.

La población considerada para llevar a cabo el trabajo de investigación fue de 219 personas entre ellos alumnos de Ingeniería en Sistemas Computacionales que realizaban Proyectos de Residencias Profesionales (100 residentes en el segundo periodos del 2015 y primer periodo de 2016), personal docente y no docente, los responsables del modelo de equidad de género y los directivos del Instituto Tecnológico de Acapulco, institución de educación superior dependiente del Tecnológico Nacional de México.

El personal directivo de la institución se encuentra conformado por 23 profesores, y están considerados entre ellos los responsables del modelo. El personal no docente se encuentra conformado por 66 trabajadores pero solo se consideró al 30% de ellos por que desarrollan las funciones de jefe de oficina y administrativas (20 trabajadores). El personal docente que también fue considerado en la muestra son la Coordinadora del Modelo y participantes en proyectos de investigación en equidad de género que ya fueron concluidos (10 docentes más los 23 directivos que también pertenecen a la plantilla de profesores).

Fundamentado en el modelo estadístico que determina la representatividad de la muestra para recolectar la información se consideró un total de 100 personas, es decir el 46% del total de la población. Por tanto la determinación del margen de error y tener resultados precisos se encuentra por encima de lo estimado estadísticamente (Cuadro 1).

Las variables analizadas fueron la implementación del sistema y la evaluación/pruebas con el sistema, las cuales consideraron los siguientes criterios o aspectos de evaluación; en lo que concierne a conocer el grado de aceptación para la implementación del sistema en la institución por parte de los responsables y tomadores de decisiones, se evaluaron la imagen, la facilidad de uso, la eficiencia y la implementación. Para la evaluación con el sistema en la que se realizaron las pruebas, se consideraron los criterios relacionados con el conocimiento general sobre equidad, conocimiento e información de normas, análisis de la plantilla y análisis de puestos del personal.

En la investigación analítica, se examinaron diversos factores que intervienen en el evento y construcción de la aplicación. En la investigación propositiva se hizo referencia a la comprensión del proyecto y a la elaboración de un patrón para el sistema de evaluación del Modelo de Equidad

de Género. La investigación bibliográfica se realizó mediante una recopilación de información relacionada con los temas sobre equidad de género; en este sentido se llevó a cabo la consulta de material bibliográfico en diversas fuentes como libros, información de internet, artículos publicados, lineamientos normativos sobre MEG y revistas con reconocimiento de calidad; así como de otros medios presenciales que proporcionaron la información necesaria para la construcción del sistema.

Cuadro 1. Población y muestra considerada en la investigación del sistema automatizado que evalúa la equidad de género en el Instituto Tecnológico de Acapulco.

Informantes clave	Población	%	Muestra	Hombres	Mujeres
Directivos (D)	23	30	7	4	3
Responsables del MEG (R)	5	60	3	2	1
PD + PND	91	44	40	24	16
Alumnos residentes (A)	100	50	50	29	21
Total de informantes del Instituto Tecnológico de Acapulco (TI)	219	46	100	59	41

PD=Personal docentes (33 PD de Sistemas + 23 D +10 Investigadores + 5 Responsables del MEG); PND=Personal no docente (20 PND).

Para la construcción del sistema de evaluación para la equidad de género se llevaron a cabo las siguientes etapas: diseño conceptual, diseño lógico y diseño físico. En el diseño conceptual, se utilizaron herramientas de Bases de Datos con el objetivo de generar una buena representación de los recursos de información de la institución con independencia de usuarios o aplicaciones en particular y que consideraran la seguridad y eficiencia para obtener información fidedigna para el usuario final. En el diseño lógico, se representaron esquemas conceptuales que se fueron modificando de acuerdo con nuevas consideraciones del MEG: 2003; el diseño del modelo se ha ido adaptando de acuerdo a los estándares y parámetros que proporciona y considera la institución en la que se vaya a realizar la evaluación del Modelo de Equidad de Género, así como del *software* y aplicaciones con las que se vaya a trabajar. Y el diseño físico, considera la etapa de desarrollo del sistema utilizando datos, información y aplicaciones con las que se construye la aplicación, entre ellos se consideran las técnicas de programación, diagramas o modelos de datos, diseños de formularios y plataforma de trabajo.

En la construcción del sistema se emplearon herramientas de programación como *JavaScript* y el Sistema Manejador de Bases de Datos MySQL. Y para lo que concierne al ambiente de trabajo y vistas que apreciarán los usuarios finales, se utilizó una programación de diseño con lenguajes PHP y el *software* HTML5 (Lenguaje de Marcas de Hipertexto, Versión 5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo se encuentra en la fase de desarrollo, y solo se han realizado algunas pruebas con los datos e información proporcionada por los directivos, responsables, docentes y no docentes y alumnos del Instituto Tecnológico de Acapulco, encontrando los siguientes resultados:

El sistema automatizado que evalúa la equidad de género fue presentado a los responsables del MEG y a los directivos del Instituto Tecnológico de Acapulco para demostrar la funcionalidad y

desempeño de la aplicación con el objeto de conocer el grado de aceptación y derivado de ello, realizar una propuesta para su implementación en la institución con lo que se facilitarían los procedimientos que se realizan durante el proceso de evaluación que se llevan a cabo en la certificación. El funcionamiento del sistema tuvo un comportamiento favorable, los resultados se generaron eficazmente y en tiempo real ; sin embargo los comentarios de los usuarios que alimentaron al sistema con alguna opinión no pudieron ser clasificadas de forma automática y solamente de manera general se emite alguna recomendación o estrategia para llevar a cabo alguna acción o proyecto de mejorar en el MEG de la institución.

Los resultados obtenidos con relación a los aspectos de funcionalidad y desempeño del sistema, demuestran que el 58% considera que debe implementarse un sistema automatizado que facilite los procedimientos que se llevan a cabo para evaluar la equidad de género y disminuir las actividades manuales que se vienen realizando. Sin embargo deben realizarse algunas mejoras para contar con un sistema mas eficiente, ya que el 50% manifestaron que debe trabajarse más en la imagen o visión general para los usuarios. Con respecto a la facilidad de uso, el resultado de la encuesta realizada arrojó un 55%, por lo que debe mejorarse la plataforma de trabajo, ya que los menús y opciones para realizar algún procedimiento resultan un poco complicados en las diversas áreas de trabajo; por último el criterio de eficiencia arrojó el 52% teniendo algunas complicaciones en la generación del resultado final, por tanto se deberá asegurar que el procesamiento de datos e información resultante tenga la seguridad e integridad para presentar la información oportuna (Figura 1).

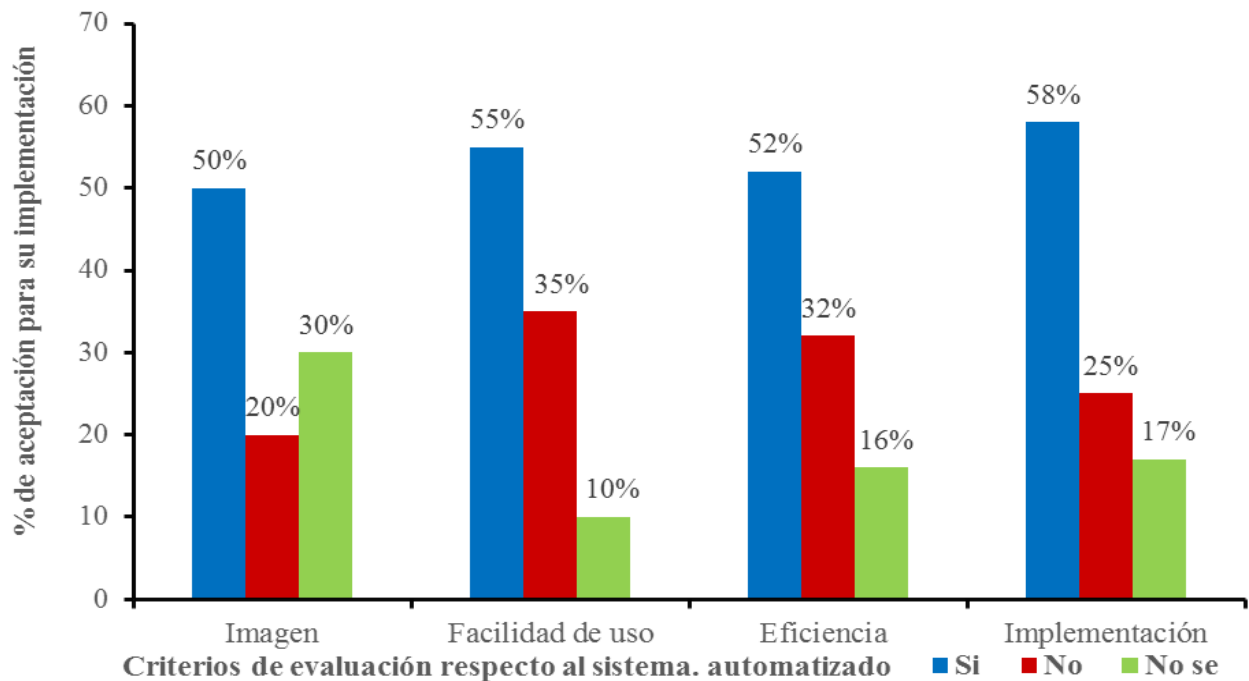


Figura 1. Funcionalidad y desempeño del sistema que evalúa la equidad de género para conocer el grado de aceptación e implementación en el Instituto Tecnológico de Acapulco.

El resultado de la evaluación relacionada con el conocimiento general obtenida por el sistema automatizado, en el que se determina que solo el 28% de los trabajadores cuentan con información y conocimiento amplio sobre el modelo de equidad de género y el 33% no tienen la información necesaria o es muy baja la comprensión de este modelo. En el procesamiento del sistema correspondiente a la normatividad solo el 26% de los trabajadores tiene conocimiento amplio de los lineamientos que considera el modelo de equidad y el 43% desconoce la información relacionada con este criterio. En el aspecto relacionado con el análisis de la plantilla, el sistema proyectó que del 100% del personal contratado en la institución, el 32% ha sido favorecido en la evaluación de este criterio; sin embargo no se ha resuelto como tal, ya que uno de los indicadores que más adolece es el desequilibrio en el género de los trabajadores para ser contratados, y por tanto el resultado que contradice a este aspecto procesado por el sistema es del 34%.

En el análisis de puestos el resultado obtenido indica que solo el 31% del personal han considerado que la presencia de la mujer para ocupar un cargo, sí se está tratando en la administración del Instituto Tecnológico, no obstante es baja la participación que se señala para el personal femenino ya que el 69% que arrojó el sistema en favor del personal masculino beneficia con un margen mayor a este género percibiéndose muy amplia la distancia para alcanzar y equilibrar este rubro a un corto o mediano plazo (Figura 2).

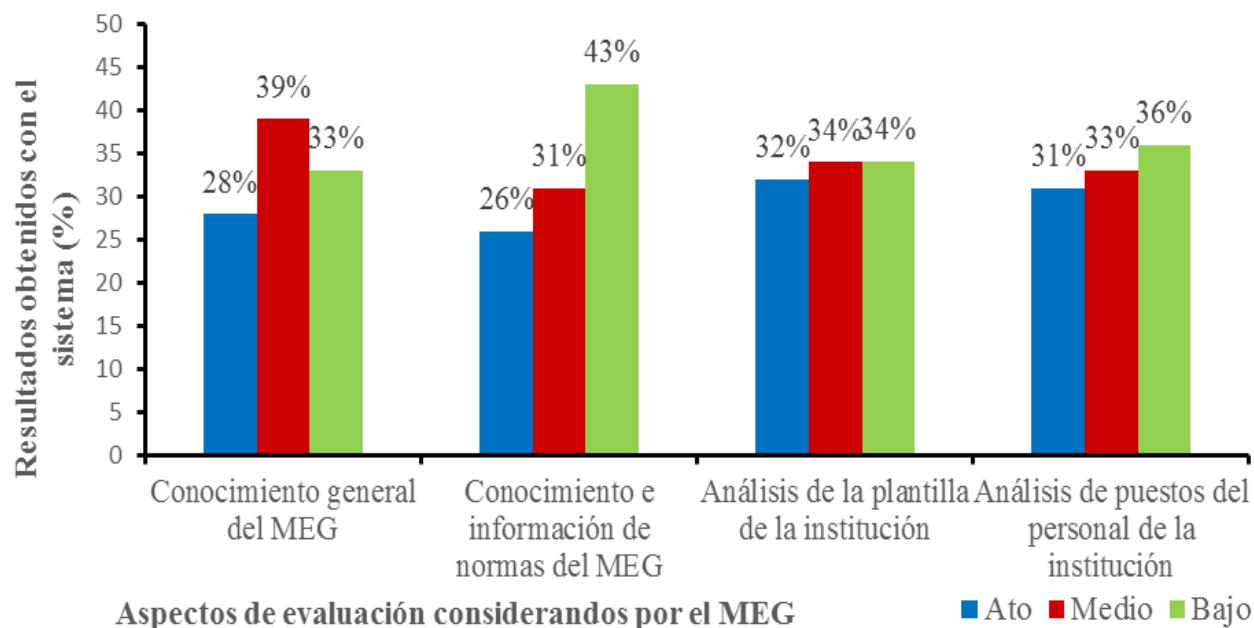


Figura 2. Diagnóstico generado con el sistema automatizado para conocer el cumplimiento del MEG en el Instituto Tecnológico de Acapulco.

El análisis de resultados llevado a cabo posterior a la presentación del sistema que se formalizó con los responsables tomadores de decisiones del Instituto Tecnológico de Acapulco, incrementó el interés por desarrollar mejoras a la aplicación; y no solo investigando en fuentes documentales sino con los expertos en el tema de equidad de género como la INMUJERES, investigadores, congresos académicos y de desarrollo social en donde se realizaron

demostraciones con los datos e información que ya se había sustentado y procesado con anterioridad. En la entrevista con los expertos se hizo hincapié que el tema de equidad de género es de interés para las tres dimensiones del desarrollo sustentable (social, económico y ambiental o ecológico). Pero se puntualiza en mayor relevancia la evaluación de políticas públicas, por ser un área de oportunidad en la que se deben identificar las bondades y limitaciones de leyes y acciones del gobierno; este es el caso del MEG. También se debe analizar su impacto en el sector privado, ya que las condiciones pueden resultar más complejas, debido a que prevalece la idea de la máxima ganancia y no necesariamente se siguen al pie de la letra los lineamientos de un modelo, como el MEG. Consideran que hacen falta más trabajos que aporten ideas para enfrentar esta situación, ya que el análisis de las condiciones laborales en las empresas y específicamente las condiciones relacionadas con la aplicación del MEG no recibe la atención necesaria. Y consideran también que el proyecto de equidad de género es importante porque atiende un problema actual y relevante; que está relacionado con una problemática cotidiana que aún no se ha logrado resolver.

En esta primera fase de pruebas realizadas con el sistema señalan que las instituciones tanto públicas como privadas pudieran adoptar las condiciones de desarrollo y crecimiento; y obtener certificaciones en el Modelo de Equidad de Género, atendiendo recomendaciones y seguimientos en los siguientes aspectos: 1) Formalizar una política de equidad de género, con procedimientos y acciones definidas. 2) Establecer un mecanismo para evaluar la situación de la organización y de sus políticas. 3) Establecer una estructura para organizar y sistematizar sus procesos y documentación. 4) Sensibilizar al personal en temas de equidad de género, realizando capacitaciones en las que se promueva un clima de respeto acorde al modelo. 5) Establecer acciones para atender las necesidades específicas de las mujeres y hombres que favorezcan las condiciones equitativas para el desarrollo laboral y personal. Y 6) Promover y establecer estrategias de comunicación y acciones que brinden mayor seguridad, protección e integración de equipos de trabajo.

CONCLUSIONES

La propuesta del sistema automatizado que evalúa la equidad de género para instituciones públicas o gubernamentales tiene aportaciones importantes ya que el uso de herramientas innovadoras que difunden información sobre este tema permitirá la apertura de posibilidades de crecimiento personal y calidad en el estilo de vida porque se adoptan valores que contribuyen al desarrollo social y económico. Con base en el resultado de la evaluación automatizada realizada a través de la aplicación, se señala que la institución cuenta con los requerimientos necesarios para tener la certificación en el modelo de equidad de género, ya que el resultado general del 63.5% (promedio de indicadores) demuestra que la información respecto al análisis de la plantilla del 66% se ubica entre medio y alto, y de puestos del personal en la institución es del 64% (medio y alto), si se han considerado los lineamientos sobre equidad de género; y los trabajadores cuentan también con los conocimientos generales en un 67% (medio y alto); y las normas de equidad en un nivel de medio a alto del 57%; y solo el 36.5% (promedio de indicadores) no cuenta o son muy bajos los conocimientos y aspectos que se tienen sobre este modelo. Los resultados preliminares obtenidos en esta primera fase de pruebas fueron favorables y aceptables por los

tomadores de decisiones, ya que el 58% de los trabajadores consideraron que debe implementarse el sistema para mejorar los procesos que se realizan de manera manual, ya que se disminuirán los procedimientos y las actividades que se realizan con las evaluaciones para llevar a cabo el proceso de certificación, así como la reducción del recurso humano que lleva a cabo este tipo de tareas y responsabilidades. En el Instituto Tecnológico de Acapulco, se siguen desarrollando trabajos y acciones relacionados con el tema de equidad de género, sin embargo no se logra resolver la situación y en algunos casos se refleja el deterioro en rubros y aspectos analizados con anterioridad. Se exhorta al personal de la institución y en especial a los directivos desarrollar y emprender acciones que promuevan la adopción de valores desarrollando trabajos a través de la investigación en las que se procese la información, se analicen resultados y se difunda el conocimiento científico a través de diversos medios como las telecomunicaciones que hacen uso de la red de internet. La generación del conocimiento derivado de los trabajos y acciones con el MEG repercutirá en la adopción de una cultura con educación integral generando mejores condiciones de vida para las personas con lo que se lograría el desarrollo social, económico y ambiental. Trabajar con sistemas automatizados que consideren acciones que promuevan la equidad de género ayudaran a instituciones principalmente del gobierno a cumplir las metas establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y por tanto se contribuirá con el desarrollo social y tecnológico que impactará seguramente en el crecimiento económico de las instituciones.

LITERATURA CITADA

- Bedolla-Solano, J.J. 2015. Sistema de Gestión de Programas de Educación Ambiental, una aplicación para el desarrollo comunitario. Publicado In: Pasado, presente y futuro de las regiones en México y su estudio. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional, A.C., México. ISBN AMECIDER: 978-607-96649-1-6 UNAM-IIEc: 978-607-02-7436-7.
- Bedolla-Solano, J.J. 2017. Analizador Automatizado para el MEG, Una Propuesta para el Desarrollo Social. Evaluación y Automatización para Generación del Conocimiento en Equidad de Género para el Desarrollo Social y Económico. Editorial Académica Española, ISBN: 978-3-659-65095-6.
- Comisión Nacional para Prevenir y Erradicar la violencia contra las Mujeres (CONAVIM). 2016. Gobierno Federal. México. www.gob.mx/nosotros/porellas. (Consultado: 03/05/2016).
- Escobar, J.L. 2007. "El desarrollo sustentable en México (1980-2007)". Revista Digital Universitaria., DGSCA-UNAM. México. 10 de marzo 2007 • Volumen 9 Número 3 • ISSN: 1067-6079. <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num3/art14/art14.pdf>. (Consultado: 03/06/2016).
- Instituto Nacional de las Mujeres. 2008. Proigualdad. Programa nacional para la igualdad entre mujeres y hombres, inmujeres. México.
- Instituto Nacional de las Mujeres (Inmujeres)-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2003. Equidad de Género y medio ambiente. Equidad contigo es posible. México, D.F. http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/100505.pdf. (Consultado: 03/05/2016).
- Ley General de Desarrollo Social. 2016. Texto Vigente. Últimas reformas publicadas DOF 01-06-2016., Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión., Secretaría General., Secretaría

de Servicios Parlamentarios. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/264_010616.pdf. (Consultado: 03/06/2016).

Ley de Igualdad de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres en el estado de Morelos. 2013. Artículo 6. Publicación inicial 16 de enero de 2013, información jurídica. Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, México, D.F. <http://info4.juridicas.unam.mx/adprojus/leg/18/729/7.htm?s=>. (Consultado: 03/05/2016).

Modelo de Equidad de Género MEG: 2003. 2007. Instituto Nacional de las Mujeres. México, D.F. Primera edición: julio de 2003 Primera reimpresión: mayo de 2005 Segunda edición: julio de 2007 ISBN: 978-968-5552-96-7. www.inmujeres.gob.mx. (Consultado: 03/05/2016).

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Gobierno de la República. Igualdad de oportunidades para un México próspero. <http://pnd.gob.mx>. (Consultado: 03/04/2016).

Poder Legislativo 2016. LX Legislatura, Tercera Sesión, Congreso del Estado de Coahuila de Zaragoza, México. Disponible en: http://www.congresocoahuila.gob.mx/portal/wp-content/uploads/.../20160309_1PO_S03.docx (Consultado: 24/06/2017).

Sommerville, I. 2005. Ingeniería del Software. Prentice Hall. Séptima edición. Madrid, España.

INNOVACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA FAMILIAR DE COMUNIDADES MARGINADAS¹

[INNOVATION AND ITS RELATION TO PRODUCTIVITY IN FAMILY AGRICULTURAL PRODUCTION UNITS IN MARGINATE COMMUNITIES]

Domingo Luis Díaz García^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Blasa Celerina Cruz Cabrera³, Maricela Castillo Leal³

¹Estudiante, doctorado en ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico-Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO).

²División de Estudios de Posgrado e Investigación-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71230. ³ITO, Francisco I. Madero, C.P. 68030 Oaxaca, Oax. [§]Autor para correspondencia: (zaidyfamily@hotmail.com).

RESUMEN

Esta revisión teórica tiene como objetivo analizar la innovación y su relación con la productividad de unidades de producción de tipo familiar del sector agrícola en comunidades marginadas. Como punto de análisis se consideran los cultivos de mayor relevancia que existen en las diferentes unidades de producción. Las variables objeto de estudio son la innovación y la productividad. La innovación es analizada desde el enfoque evolucionista o neoschumpeteriano, es decir de procesos interactivos entre la organización interna y los diferentes agentes externos o del entorno, desde este enfoque los actores del sistema productivo son también potenciales generadores de conocimientos. A partir de este enfoque se mencionan los factores que inciden en la innovación y con ello, se busca conocer cuál es el que mayor incidencia o relación tiene en la productividad agrícola, el análisis se centra en los factores, pero se consideran los tipos de innovación, de acuerdo a la clasificación del Manual de OSLO. Para llegar a este enfoque sistémico, se hace una reflexión de los cambios del concepto de innovación en el tiempo y su relación con la productividad. Finalmente se propone un modelo teórico, a comprobarse en Ejutla de Crespo, Oaxaca al término del presente año.

Palabras clave: desarrollo, organización, pobreza, teoría evolucionista.

ABSTRACT

The objective of this theoretical revision is analyze the innovation and it relation with the productivity of family production units in the agricultural sector of marginalized communities. As point of analysis are considered the most relevance crops that exist at different production units. The object study variables are the innovation and the productivity. The innovation is analyzed from the evolutionist and the neoschumpeteriano approach, that is to say, the interactive process among the internal organization and the different external agents, from this approach actors of productive system also are potential generators of knowledge. From this approach are mentioned factors that have an impact on innovation and with that seeks to know which ones

¹ Recibido: 24 de enero de 2017.

Aceptado: 20 de junio de 2017.

have higher incidence or more relation with the agricultural productivity, the analysis focuses on the factors, but the innovation types are considered, according to OSLO Manual's classification. To get this systemic approach, a reflection of the changes of innovation concept in the time is made, and its relation with the productivity. Finally, a theoretical model is proposed, to verify in Ejutla de Crespo, Oaxaca at the end of this year.

Index words: development, organization, poverty, evolutionary theory.

INTRODUCCIÓN

El medio rural mexicano muestra características similares al de muchos países de América Latina; signado por desequilibrio social y económico, alto nivel de pobreza, tendencia de los jóvenes a migrar a las ciudades o fuera del país, deterioro de los recursos naturales, bajo nivel de sostenibilidad de la producción, baja productividad agrícola (González s.f.; Rendón y Aguilar, 2013).

Más aún en las comunidades marginadas, donde la producción agrícola es considerada como medio de subsistencia y no para mejorar el nivel socioeconómico (Rendón y Aguilar, 2013). Así mismo, mencionan estos autores que el sector rural marginado en México, se caracteriza por ubicarse en regiones con bajo nivel educativo y baja densidad poblacional, con atributos agroecológicos deficientes, poca conectividad a mercados y baja coordinación institucional, situación dentro de la cual se encuentra el medio rural del estado de Oaxaca, el cual es el objeto de estudio.

Ante tal realidad es necesario que en los cambios actuales que se generan en el mundo, se busquen estrategias y políticas diferenciadas que permitan atender o hacer partícipes a la población rural pobre para reducir en un primer momento sus condiciones de marginación y pobreza (Berdegué, 2005; FAO, 2012a; Sonnino y Ruane, 2013). A partir de esto, se plantea una revisión teórica que fundamente las características de la agricultura familiar en comunidades marginadas y la forma de cómo estas pueden ser partícipes en las diferentes estrategias para mejorar sus condiciones productivas a través de la implementación de innovaciones. De acuerdo con Montoya (2004) y FAO (2012a), las innovaciones intangibles son determinantes y principalmente las de tipo organizacional, ya que éstas se manifiestan en el desarrollo de otro tipo de innovaciones.

Cabe señalar de acuerdo con Verdegué (2005); FAO (2012a) y Villalobos *et al.* (2015) las oportunidades y condiciones de la innovación están distribuidas tan desigualmente, y de manera tan desfavorable a los pobres del medio rural, como muchos de los activos y recursos. Esta situación nos lleva a indagar para conocer y determinar cuáles son los factores que dan la posibilidad de habilitar a los pobres para que participen en las líneas de innovación que ofrecen posibilidades de cambiar, para mejorar, las condiciones en que viven, a través de mejorar la productividad y diversidad agrícola (Verdegué 2005; Rodríguez *et al.* 2013). Por lo que es prioritario incrementar los recursos de los hogares pobres, elevar la productividad de los pequeños agricultores y crear oportunidades que los pobres puedan aprovechar en la economía rural (Rendón y Aguilar, 2013; Sonnino y Ruane, 2013).

Para definir con claridad la agricultura familiar, se considera, lo descrito por la FAO (2012b), en relación a las unidades de producción agrícola familiar y lo descrito por Verdegúe (2005) en la disponibilidad de activos para el campo.

Al hablar de México y en específico de los estados más pobres, habría que decir, de acuerdo con el CONEVAL (2012) que el mayor porcentaje de la población en condiciones de pobreza se localiza en los estados de Chiapas (75%), Guerrero (70%) y Oaxaca (62%) que se ubican por encima del promedio nacional, con mayor prevalencia de la pobreza extrema, lo que denota las condiciones de vida de la población. En dichos estados, la agricultura constituye la actividad económica principal del sector de la población en condiciones de pobreza y bajos niveles educativos que se caracteriza por pertenecer a diferentes grupos indígenas (CONAPO, 2010).

El problema central que se plantea para la presente revisión teórica, se asume como los bajos niveles de productividad en los cultivos, mismos que se supone son ocasionados por la escasa organización de los campesinos de comunidades marginadas, que no les permite mejorar otros factores: productivos, de adquisición de insumos y de comercialización, esto, derivado, como ya se mencionó, de la deficiente organización para llevar a cabo procesos de capacitación, transferencia de tecnología, la participación de agentes de cambios con suficiente preparación, mejora de la escasa vinculación de los campesinos (as) locales en los procesos de capacitación y difusión de tecnologías, así como suficiente coordinación de las instituciones del sector agropecuario. Situación que puede ser influenciada de forma positiva a través de un enfoque de sistemas de innovación con la participación de los directamente involucrados (Águila y Padilla, 2010). Como menciona Schumpeter, para llevar a cabo innovaciones en el plano económico, sólo se necesita voluntad y acción, quien menciona que el empresario no nace se hace (Schumpeter, 1978; Valencia y Patlan, 2011).

Por lo tanto, se necesitan innovaciones favorables a los pobres que les permita aumentar su capital social y aprovechar las oportunidades que les ofrecen las relaciones basadas en el mercado en los ámbitos rural y agrícola; cambios tecnológicos que permitan a las zonas rurales desarrollar y adoptar nuevos conocimientos y nuevas opciones tecnológicas a fin de que puedan participar plenamente en los cambios para su desarrollo (Longo, 2006). Es decir se requiere una innovación de desarrollo inclusiva para el medio rural pobre (ONU, 2014).

Por lo expuesto, el objetivo del presente ensayo es analizar la innovación y su relación con la productividad de las unidades de producción agrícola familiar en comunidades rurales marginadas y a partir de este análisis generar una propuesta de modelo teórico. Para lo cual es necesario conocer y jerarquizar los factores de la innovación que mayor incidencia pueden tener en la productividad y a partir de ello se plantea la propuesta del modelo teórico, que permite realizar un análisis de un sistema local de innovación y su relación en la productividad agrícola de una región rural, específica del estado de Oaxaca.

Con lo cual se busca en un primer momento conocer los factores, que para este caso son determinantes para innovar y su efecto en la productividad agrícola y con esto incidir en los niveles de pobreza existentes, cabe mencionar que los factores considerados en la propuesta de modelo teórico, son los que la revisión hecha nos dice, sin embargo cuando se pruebe en campo, se sabrá cuál es el que mayor incidencia tiene y si coincide con la teoría, quien refiere que el organizacional es determinante.

El proceso metodológico establecido fue: en primer lugar se concibió la idea de lo que se quiere investigar, después se planteó el problema de investigación, en el que se definió el objetivo y la justificación de la misma, en este segundo paso se integran deficiencias en el conocimiento del problema y como tercer paso se procedió a la revisión, detección, obtención y consulta de referencias, para posteriormente realizar la extracción y recopilación de información de interés.

DESARROLLO

La presente revisión teórica, se sustenta para cumplir con el objetivo general propuesto, por lo cual se hace referencia a las variables de: innovación y productividad desde el sector agrícola, donde se consideran a las unidades de producción agrícola de tipo familiar, como unidades de análisis de la investigación, con lo que se busca el planteamiento de una propuesta de modelo teórico que permita, en una fase de campo, hacer un análisis en municipios rurales de alta marginación y con diferentes niveles de pobreza.

Innovación y evolución de concepto

Es evidente que desde los inicios de las civilizaciones la necesidad de crear mejores condiciones de vida, ha permitido al ser humano generar nuevas formas de hacer las cosas y de implementar ingeniosas herramientas, es allí donde el concepto de novedad y de uso aparece como forma implícita de procesos sociales adaptativos (Cruz y Aguilar, 2011; Morales *et al.*, 2014).

Es claro entonces que el concepto de innovación ya se vislumbraba teóricamente, como lo menciona Formichella (2005) y Morales *et al.* (2014), cuando hacen referencia a la corriente clásica y neoclásica, con los aportes teóricos de clásicos como Adam Smith (1776), David Ricardo (1817) y Carlos Marx (1867), aunque éstos, no lo mencionaran explícitamente y de neoclásicos, a los que pertenecen importantes autores de la ciencia económica como Marshall, Walras, Pareto y Jevons.

Pero en el ámbito económico fue Schumpeter quien a inicios del siglo XX subraya la importancia de la tecnología y el cambio tecnológico mediante las innovaciones (Montoya, 2004; Cruz y Aguilar, 2011; Chirinos 2011). Es a partir de Joseph Schumpeter que se teoriza el concepto de innovación, tal y como lo refiere Montoya (2004) y Cruz y Aguilar (2011). La teoría de este economista tiende a identificar a la innovación como experimentos de mercado y a buscar los grandes cambios que causan una reestructuración en profundidad de los sectores productivos y los mercados, considerando los factores no materiales más determinantes, bajo un enfoque de desarrollo (Schumpeter, 1978; Montoya 2004; Chirinos 2011).

Sin embargo Schumpeter afirmaba que la innovación se desarrollaba en forma aislada, a través, de lo que él denominó, el empresario innovador, situación que con el transcurso del tiempo se ha modificado con la presencia de nuevos teóricos y condiciones que determinan la forma de innovar, hasta llegar a lo que actualmente se conoce como sistemas de innovación (Formichela, 2005; Ostos, 2010; Morales *et al.*, 2014).

En el sentido amplio del término innovación tiene la ventaja de su mayor cobertura y por lo tanto da la sensación de una inmediata comprensión de su significado, aunque se trata, en realidad, de uno de esos términos polisémicos que permiten que todos piensen que se habla de lo mismo, y en realidad se estén refiriendo a cosas diferentes (Rugeles, 2014). Por lo que en forma

general es necesario tener presente la definición que considera el manual de Oslo en el sentido que una innovación es “la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores” (OCDE, 2005).

Lo anterior es importante por las particularidades del presente análisis teórico, donde se ajusta de mejor forma la definición de Berdegú (2005), quien menciona que las innovaciones “son ideaciones sociales y, por consiguiente, reflejan la interrelación de diferentes agentes —y son resultante de ella—, que a menudo tienen intereses y objetivos contradictorios y, desde luego, distintos grados de poder económico, social y político”.

Haciendo hincapié, es importante considerar lo expuesto por Berdegú (2005); Sonnino y Ruane (2013), quienes indican que la innovación en la agricultura ya no se considera únicamente un “producto” ni se define exclusivamente como un proceso lineal y jerárquico que inicia con la investigación agrícola, continúa con el desarrollo de la tecnología y finaliza con la adopción de la tecnología por los agricultores. Este concepto de la innovación como un mero cambio tecnológico no contemplaba, según Berdegú, la fuente, la índole ni la dinámica de la mayoría de los procesos de innovación, ni prestaba suficiente atención a las cuestiones de distribución o equidad que guardan relación con la innovación y que encierran una importancia especial en el contexto del desarrollo.

De acuerdo con Formichella (2005) y Morales *et al.* (2014), la evolución del concepto, con un sustento teórico, se puede resumir en cuatro etapas: La del empresario innovador como agente aislado: primer acercamiento formal al concepto de innovación y corresponde al economista Joseph Schumpeter, quien determina que el fenómeno de ciclos económicos y desarrollo económico está relacionado con un conjunto masivo de innovaciones radicales. En un segundo momento el modelo lineal: el cual se da con el surgimiento de las grandes industrias y la masificación de los procesos productivos que exigen la formalización de los departamentos de investigación y desarrollo (I+D). En esta fase, el proceso de innovación es secuencial, se inicia con la generación de ideas, pasa por la construcción de las unidades de ingeniería o investigación, sigue la fase de implementación y termina con la difusión (Quintero y Cortés, 2011; Morales *et al.*, 2014).

Las dos fases siguientes, la de gestión de la innovación y la de sistemas de innovación, se ubican dentro del pensamiento del aprendizaje interactivo y evolucionista o neoschumpeteriano, algunos de los autores importantes de este pensamiento son Nelson, Winter y Giovanni Dosi, este último define a la tecnología de forma amplia, ya que incluye dentro de ésta, elementos inmateriales como el conocimiento, la experiencia y los mecanismos de búsqueda y aprendizaje que posee la empresa para mejorar la eficiencia productiva (Formichella, 2005; Cruz y Aguilar, 2011; Morales *et al.*, 2014). De acuerdo con Cruz y Aguilar (2011) y Sonnino y Ruane (2013) en el ámbito agrícola, los sistemas de innovación evolucionaron a partir de la cantidad de actores involucrados en ellos y permite ir más allá de la investigación y la ciencia como generadoras de innovación; considera importante el aprendizaje del hacer, usar e interactuar.

Lo anterior de acuerdo a la FAO (2012a), para el medio rural y particularmente para el sector agrícola se sigue la propuesta teórica de la innovación como resultado del aprendizaje y la

cooperación expuesta por Røling y Bruntland en los noventa, hasta llegar en la primera década del siglo XXI, la que promueve la difusión de innovaciones con enfoque de sistemas productivos.

De conformidad con Formichella (2005), Cruz y Aguilar (2011) y Morales *et al.* (2014) un sistema de innovación no es una institución o actividad en particular, “es una red de instituciones en los sectores públicos y privados cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías”, por ello menciona Formichella (2005) es un sistema, es decir un complejo de elementos interactuando y creando un ambiente de innovación.

Factores que intervienen en un sistema de innovación

Por la diversidad de situaciones que se pueden encontrar, es difícil establecer un proceso generalizado de implementación, que además reúna la complejidad del sistema dentro del cual se desarrollan las innovaciones, sin embargo, se han establecido algunos factores que facilitan o impulsan los diversos procesos de innovación, mismos que se pueden dividir en internos y externos (Águila y Padilla, 2010; FAO 2012a; Rugeles, 2013 y 2014; Morales *et al.*, 2014).

Antes de profundizar en lo que respecta a los factores, es necesario hablar de la forma de dimensionar el concepto innovación, al respecto, la literatura plantea que esta puede ser desde: los tipos de innovación, las etapas y como se indica líneas arriba, los factores que inciden o pueden incidir en la innovación (Águila y Padilla, 2010). De acuerdo con la OCDE (2005) los tipos de innovación son; de proceso, de producto, organizacionales y de mercado, mismos que considera Anlló y Suárez (2008).

Respecto a la última forma de dimensionar a la innovación, y que es hacia donde se enfoca el presente análisis comprende, los factores internos u organizativos que explican la actitud innovadora de las unidades de producción y se pueden mencionar: el sector de actividad, tamaño de la empresa, la antigüedad de la empresa, la formación o nivel educativo, el apoyo de la dirección a la innovación, su actitud estratégica (reactiva o preactiva), la centralización en la toma de decisiones así como el nivel de formalización existente en la organización (Águila y Padilla, 2010; Sonnino y Ruane, 2013). Asimismo indican que los factores externos están integrados por el entorno organizacional que incide en el lugar en donde se lleven a cabo las innovaciones, quienes mencionan que se pueden encontrar entornos estables y entornos inestables, siendo éstos últimos los que propician o proporcionan mejores condiciones para innovar. La interacción entre factores es determinante en la innovación (Bisang *et al.*, 2015)

Por otra parte Formichella (2005) y Cruz y Aguilar (2011) refieren que estarían incluidos dentro del sistema de innovación, el entorno productivo, el entorno científico, el entorno tecnológico y de equipos avanzados, el entorno financiero y el entorno educacional, pero, afirman que para ser considerado como un sistema, deben relacionarse entre sí.

Cabe mencionar que las capacidades externas son condición principal para facilitar el desarrollo de las capacidades internas de las organizaciones, según Morales *et al.* (2014), estos factores se entienden como las relaciones entre un grupo de organizaciones e instituciones; las primeras son las empresas privadas, organizaciones gubernamentales, universidades, empresas capitalistas de riesgo, sistema financiero, asociaciones, etc. y las instituciones se consideran como las reglas del juego que comprenden las leyes y reglamentos, patrones socioculturales, normas técnicas y patrones de direccionamiento. El producto de esas relaciones genera impacto directo

en la empresa o unidad de producción, como agente residual del sistema influyendo en sus capacidades internas (Morales, *et al.*, 2014). Como se puede observar, de forma general existe coincidencia entre los diferentes autores, respecto a los factores que inciden.

Para el sector agropecuario, no se puede decir que exista un modelo de innovación único, pero existen elementos que ayudan a entender las interacciones en un sistema, dentro de los que se pueden mencionar: nivel educativo, experiencia del productor, perfil del productor, recurso humano y formación, cambios generados, ambiente de innovación, vínculos locales y/o regionales, investigación y desarrollo, articulación al mercado, participación en redes sociales, considerados dentro de un ámbito local y/o regional, en el que el actor principal, en este caso es el productor o las unidades de producción de una determinada localidad o región (Verdegué 2005; FAO 2012a; Rugeles *et al.*, 2013; Rugeles, 2014).

Un marco de innovación para la agricultura

Según Rendón y Aguilar (2013) los modelos alternativos de adopción de tecnologías y de innovación promueven la participación de actores receptores como son productores y empresas, fortalece la vinculación entre generadores (productores, instituciones, empresas) y considera la capacitación técnica y organizacional como factor dinamizador del proyecto, en esto último coinciden con lo planteado por Anlló y Suarez (2008); Rugeles *et al.* (2013) y Sonnino y Ruane (2013).

Por otro lado en la tradición de la economía neoclásica, se entiende que la innovación está inducida por la escasez relativa de los factores (Verdegué, 2005). De ello se sigue que, según la crítica de este autor, existe una relación lineal, de insumo/producto, entre la investigación agrícola, el desarrollo de la tecnología y su difusión, y, al final, su adopción por los agricultores que da lugar a efectos e impactos económicos y sociales (Sonnino y Ruane, 2013).

Se ha criticado este paradigma de la difusión lineal de la tecnología porque no permite comprender la fuente, la índole ni la dinámica de la mayoría de los procesos de innovación, en particular en el contexto de los países en desarrollo (Verdegué, 2005; FAO, 2012a; Sonnino y Ruane, 2013), además de que no presta suficiente atención a las cuestiones de distribución o equidad que guardan relación con la innovación (Verdegué, 2005; Longo, 2006).

Con los referentes mencionados en los párrafos anteriores, nace el concepto de sistemas de innovación, el que constituye un marco alternativo para analizar los procesos de innovación, desde una perspectiva de sistema en la agricultura y como una alternativa en la agricultura de tipo familiar (Verdegué, 2005). Eijs (2001) le denomina modelo interactivo por los diferentes agentes que en el intervienen. Al respecto Arraut (2010), Britez y Duarte (2013) refieren que la innovación de tipo organizacional tiene un efecto positivo sobre la productividad de las unidades.

Antes de continuar con el análisis teórico, para el presente estudio, es conveniente dejar con precisión como se conceptualiza la unidad de análisis, en este caso: se consideran unidades de producción agrícola familiar (UPAF), a las unidades económicas de producción, sometidas a una gerencia única, que poseen acceso limitado a recursos de tierra y capital y uso preponderante de fuerza de trabajo familiar, siendo el jefe de familia quien participa de forma directa en el proceso de producción, ya que aún cuando exista cierta división del trabajo, éste no asume funciones exclusivas de gerente, sino que es un trabajador más del núcleo familiar. Estas unidades, se

equiparan a las unidades económicas rurales, pero con actividades sólo agrícolas (FAO, 2012b). Respecto a la agricultura familiar se retoma lo mencionado por De la O y Guzmán (2014).

Al tipificar a las UPAF con potencial productivo empresarial, además de las características antes mencionadas, se toma en cuenta, el nivel de integración al mercado con la finalidad de focalizar de mejor manera las políticas públicas orientadas a impulsar el desarrollo de estas unidades. Las cuales, para el caso de México son diferentes, de acuerdo al acceso que se tenga a los mercados y se consideran tres estratos de acuerdo a la FAO (2012b): agricultura familiar de subsistencia, agricultura familiar en transición y agricultura familiar consolidada. En los tres casos existen apoyos gubernamentales, a través del marco institucional para la agricultura familiar, a través de acciones que emprende la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

No obstante lo anterior, en México las políticas públicas e instrumentos orientados a impulsar el desarrollo del sector rural no incluyen de manera clara y diferenciada a la agricultura familiar. Sin embargo, se hace referencia a dar prioridad a las regiones y zonas con mayor rezago social y económico, que es donde se localizan en mayor medida las unidades de producción típicas de la agricultura familiar (FAO, 2012b).

El concepto de innovación bajo el enfoque de sistemas, pone el acento en la importancia crítica que tienen para la innovación las relaciones y alianzas idiosincráticas, interpersonales e interinstitucionales. Dentro de éstas, el capital social es decir, la capacidad de establecer relaciones de cooperación, es un ingrediente fundamental de los sistemas de innovación eficaces (Verdegué, 2005; Banco Mundial, 2008).

De ahí que el sustento teórico de la innovación para la agricultura de carácter familiar, de acuerdo a lo planteado por la FAO (2012a), ha generado alternativas de las que se puede destacar el paradigma educativo y constructivista, liderado por Paulo Freire entre los 60's y los 80's; la difusión de innovaciones con enfoque de sistemas productivos planteados por Røling y Bruntland en los noventa, hasta llegar en la primera década del siglo XXI a la propuesta teórica de la innovación como resultado del aprendizaje y la cooperación, expuesta por Røling y Engel, bajo un enfoque de sistemas.

Esta última propuesta, de acuerdo a Verdegué (2005) y FAO (2012a), en el análisis que hacen de estos autores, abarca no solo los procesos productivos, sino también los aspectos individuales, organizacionales e institucionales del mundo rural. Asunto que estimula el desarrollo endógeno, con la salvedad de que éste no rechaza lo que viene de afuera, al contrario lo externo pasa a incorporarse a lo endógeno, siempre y cuando se asuma mediante principios de respeto, valoración e inclusión de la identidad local, a las condiciones y atributos geográficos, así como a las instituciones y actores locales, sus sistemas de producción y los recursos naturales. Lo anterior, de acuerdo a estos autores, reivindica el concepto de innovación, más que en un resultado-producto, en un proceso socio-técnico estructural y evolutivo.

Productividad

A principios de 1980, el Centro Americano de la Productividad popularizó la definición de rentabilidad igual a productividad por precio de recuperación. Sin embargo, la productividad es ante todo, un estado de la mente, es una actitud que busca el mejoramiento continuo de todo

cuanto existe. Es la convicción de que las cosas se pueden hacer mejor hoy que ayer y mañana mejor que hoy. Adicionalmente, significa un esfuerzo continuo para adaptar las actividades económicas y sociales al cambio permanente de las situaciones, con la aplicación de nuevas teorías y nuevos métodos. Declarado por Asociación Europea de Centros Nacionales de Productividad-EANPC (Ochoa, 2013).

Por otro lado, Montoya (2004) refiere que no todos estos elementos tienen la misma importancia en cuanto contribuyen a la tasa de crecimiento de la producción y productividad. Para Schumpeter, menciona Montoya, estos elementos se pueden agrupar de acuerdo al impacto que ejercen sobre la evolución de la dinámica de una economía, así: los efectos en los cambios en la disponibilidad de los factores productivos (fuerzas materiales), provocan un cambio gradual; por tal razón, estos factores fueron denominados los “componentes del *crecimiento* económico” y los efectos de los cambios tecnológicos y sociales (tecnología, innovación y ambiente socio-cultural), ejercen un impacto más decisivo y más dinámico; por esta razón, estos factores inmateriales fueron denominados por Schumpeter “fuerzas o factores del *desenvolvimiento* económico o *evolución* económica.

Aquí se presenta una ruptura importante entre el pensamiento de Schumpeter y la Escuela Neoclásica la cual consideraba que los únicos factores causantes de la actividad económica son los factores materiales, desechando los factores no materiales por considerarlos no impactantes o de poco impacto. Para Schumpeter sucede todo lo contrario: los factores inmateriales son los decisivos en el desarrollo económico, mientras que los factores materiales asumen una función pasiva, no decisiva en éste proceso (Montoya, 2004).

Cabe agregar que el análisis de la productividad en la actualidad está considerando factores cuya medición es un poco más subjetiva pero necesario, es así que en la productividad, el factor humano es determinante, por lo que en una organización es el primer objetivo (Marvel *et al.*, 2011). Para cumplir con el objetivo de investigación propuesto, es necesario, considerar las cualidades de la agricultura familiar, y desde ésta, abordar la productividad, como bien refiere Douwe-Van-der (2013), las unidades de producción familiar no son solo una empresa económica que se centra principal o únicamente en las utilidades, sino un lugar donde la continuidad y la cultura son importantes y son parte de una comunidad rural.

Por lo anterior, se dice que las personas forman parte de una organización cuando su actividad en ésta contribuye directa o indirectamente, a alcanzar sus propias metas personales, bien sea material o inmaterial y son “tres los factores que determinan la motivación de una persona para producir”: los objetivos individuales, la relación percibida entre la alta productividad y la consecución de los objetivos individuales, y la percepción de la capacidad personal de influir en el propio nivel de productividad. Por esta razón, la productividad del factor humano es un elemento clave para el logro de los objetivos de las organizaciones, de su desempeño económico y para su permanencia en el tiempo, por lo que la calidad de su recurso humano, los sistemas de trabajo, las políticas de la organización y su cultura son vitales para su sostenimiento y mejora (Marvel *et al.*, 2011).

Para el presente análisis, la productividad se analiza de acuerdo a lo referido por Marvel *et al.* (2011); Ochoa (2013) y se contemplan algunas dimensiones referidas por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (2007), por el sector que se estudia, se dice

que ésta, es el resultado de la armonía y articulación entre la tecnología, los recursos humanos y los sistemas dirigidos por las personas, siempre que se consiga la combinación óptima o equilibrada de los recursos, en busca de un beneficio social y económico, sin poner en riesgo el medio ambiente.

Para lo cual se consideran dos dimensiones: el sistema productivo y el factor humano, la primera que considera el capital, trabajo e insumos, en tanto que la segunda comprende, indicadores de orden más subjetivo de carácter cualitativo, como la motivación, satisfacción, compromiso y cohesión. A partir del análisis, de las variables: innovación y productividad y al considerar los factores que inciden en ellas, se hace una propuesta de modelo teórico (Figura 1). Lo anterior, para observar, comparar y verificar como se da esta relación en localidades marginadas con actividades eminentemente agrícolas de tipo familiar.

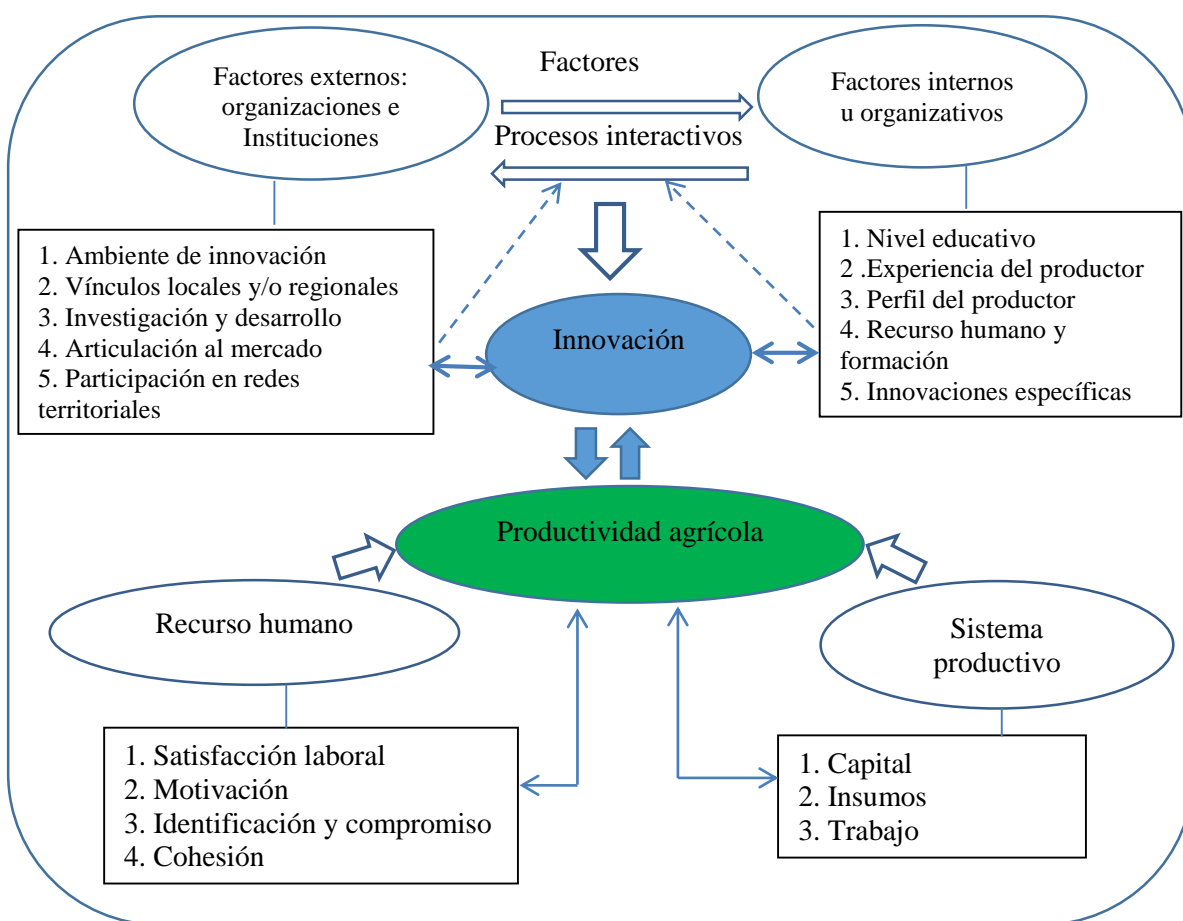


Figura 1. Modelo Teórico propuesto, de acuerdo al análisis y enfoque planteado

De acuerdo con Berdegú (2005) y Sonnino y Ruane (2013), para el caso del sector agrícola, se debe considerar la heterogeneidad de la pobreza rural, es decir para respaldar procesos de innovación tienen que existir políticas diferenciadas que permitan atender a diferentes tipos de productores y cada uno de estos grupos pueda incidir en el nivel de vida en el lugar geográfico en el cual se ubica. Es probable, menciona este autor, que las pequeñas explotaciones agrícolas

familiares y pequeños empresarios que cuenten con los incentivos necesarios, represente la mayor oportunidad económica, social y política, para innovar e incidir en la reducción de la pobreza.

COMENTARIOS FINALES

Cabe señalar, de acuerdo a la revisión teórica realizada, que existe una relación entre innovación y productividad, y que la innovación no es tan solo un concepto aplicable a determinados sectores de la economía, así como a áreas geográficas específicas, más bien es adaptable en todo contexto, pero se debe tener el cuidado de que existan condiciones socioculturales, ecológicas y políticas adecuadas para su desarrollo.

Es importante destacar que el concepto de innovación, es dinámico, es decir ha evolucionado en el transcurso del tiempo desde antes de que se fundamentara teóricamente en el área económica con Joseph Schumpeter, hasta la actualidad, en donde se le visualiza como un sistema, en el cual se llevan a cabo una serie de interrelaciones entre diferentes agentes, y para el sector agrícola de acuerdo con Röling y Engel el fundamento teórico de la innovación se sustenta en el aprendizaje y la cooperación de los agentes que interactúan.

La organización existente en el medio rural o su capacidad para poder llevar a cabo ésta, resulta ser un pilar para poder incidir en la productividad agrícola en las unidades de producción familiar en comunidades marginadas. A través de ésta, los productores, de acuerdo a los autores analizados, pueden estar en condiciones de adquirir mejores insumos, un mejor acceso a mercados locales y a capacitación, es decir, sus procesos de interacción con los agentes internos, propios de su organización, y su entorno se pueden ver mejorados, lo que repercute en la productividad agrícola, entonces, un factor intangible como lo es la innovación de carácter organizacional, de acuerdo a la clasificación del manual de Oslo, resulta ser considerado importante en este sector, para la realización de otro tipo de innovación.

Existen factores que dificultan el desarrollo de innovaciones en la agricultura familiar en zonas marginadas, tal y como se mencionó en el desarrollo de esta revisión, y uno de ellos es el educativo, como lo menciona Rugeles, sin embargo existen otros factores, sobre todo culturales, sociales y ecológicos que pueden ser favorables para este tipo de agricultura.

Es claro entonces, que el desarrollo de innovaciones no depende sólo de los productores agrícolas o de las diferentes instituciones, sino de todos los factores presentes en una determinada área geográfica, mismos que permitan, mejorar las condiciones socioeconómicas de los habitantes de comunidades marginadas, de acuerdo al nivel de coordinación e interacción que exista. Lo que hace necesario la existencia de políticas diferenciadas, es decir al tipo de agricultura familiar existente (Berdegué, 2005; Morales *et al.*, 2014, entre otros).

Finalmente, el análisis teórico, lleva a la construcción de una propuesta de modelo teórico, mismo que contempla dos variables; la innovación y la productividad en el sector agrícola, en donde las unidades de análisis, son las unidades de producción agrícola familiar, enfocadas en comunidades rurales marginadas, cuya actividad principal es la agricultura de cultivos básicos y en menor proporción cultivos comerciales. Cabe mencionar que después de la revisión documental, estas dos variables, se propone, se analicen desde el enfoque de sistemas a través de procesos interactivos, desde la teoría evolucionista propuesta por teóricos neoschumpeterianos como Nelson, Winter y Dosi y se retomen para el medio rural, lo expuesto por Röling y Engel en

relación a la innovación como resultado del aprendizaje y la cooperación, aspectos que son de considerar para la agricultura de tipo familiar.

El modelo propuesto, considera se pruebe y se analice en el contexto antes descrito y se corrobore si los indicadores que se contemplan en la teoría, por los autores descritos, son los que determinan la innovación y si tienen relación con la productividad y el grado en que estos indicadores influyen, aspecto que se tiene contemplado probar en una siguiente fase de campo.

LITERATURA CITADA

- Águila, A. y A. Padilla. 2010. Factores determinantes de la innovación en empresas de economía social. La importancia de la formación y de la actitud estratégica. CIRIEC-España. No.67. pp. 129-155. http://www.ciriec-revistaeconomia.es/banco/6706_Aguila_y_Padilla.pdf (Consultado: 09/12/2016)
- Anlló, G. y D. Suárez. 2008. Innovación: Algo más que I+D. Evidencias iberoamericanas a partir de las encuestas de innovación: Construyendo las estrategias empresarias competitivas. Argentina: Editorial RICY. www.oei.es/salactsi/innova.pdf (Consultado: 06/12/2016)
- Arraut, C. L. 2010. La gestión de calidad como innovación organizacional para la productividad en la empresa. *Revista EAN* 69: 22-41.
- Banco Mundial. 2008. Incentivar la innovación agrícola. Como ir más allá del fortalecimiento de los sistemas de investigación. Banco Mundial. Mayol Ediciones S.A. Colombia. 176 p.
- Berdegúe, J.A. 2005. Sistemas de Innovación favorables a los pobres. Documento de antecedentes presentado al 29º. Periodo de sesiones del Consejo de Gobernadores del FIDA. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). 9 p.
- Bisang, R., G. Anlló y M. Campi. 2015. Políticas tecnológicas para la innovación: la producción agrícola Argentina. CAF. CIEPLAN. Santiago, Chile. 97 p.
- Britez, C.L. y S. Duarte M. 2013. El proceso de innovación en empresas familiares de la zona T del Paraguay. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales* 9(1): 75-96.
- CEPAL. 2007. Indicadores para el seguimiento del plan agro 2015. Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 89 p. <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/8/32508/LCW157.pdf> (Consultado: 06/12/16)
- Chirinos, J. M. 2011. Perspectiva teórica de la innovación organizacional y la gestión del talento humano en las empresas públicas del estado de Zulia, Venezuela. Revecitec URBE, Volumen 2 - Número 1 (Julio-Diciembre 2011) Universidad Dr. Rafael Beloso Chacín, Venezuela.
- CONAPO. 2010. Índices de marginación por entidad federativa y municipal. http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio (Consultado: 10/11/2016)
- CONEVAL. 2012. Resultados de pobreza en México a nivel nacional y por entidades federativas. Autor. <http://www.coneval.gob.mx> (Consultado: 08/12/2016)
- Cruz, D. D. y A.J. Aguilar. 2011. Sistemas de innovación tecnológica: evolución del concepto y su aplicación en el sector agropecuario mexicano. Análisis del medio rural latinoamericano <https://chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file=completo&id=MjA2MA> (Consultado: 10/01/2017)
- De la O, A. y L. Guzmán. 2014 El concepto de agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Salcedo, S. y Guzmán, L. (eds.). *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: recomendaciones de política*. FAO. Santiago, Chile. pp. 17-32

- Douwe-Van-der, P. J. 2013. Diez cualidades de la agricultura familiar. Agricultura familiar campesina. CEISA Revista de Agroecología 29(4): 6-7
- FAO. 2012a. Estudios sobre innovación en la agricultura familiar. Experiencias y enfoques de procesos participativos de innovación en agricultura. FAO. Roma, Italia. pp. 3-22
- FAO. 2012b. Agricultura familiar con potencial productivo en México. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO-SAGARPA. http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/42/Agricultura%20Familiar_Final.pdf (Consultado: 08/01/2017)
- Formichella, M. 2005. La evolución del concepto de innovación y su relación con el desarrollo. Estación Experimental Agropecuaria Integrada Barrow (Convenio MAAyP-INTA), Tres Arroyos. https://www.google.com.mx/search?q=Formichella+M.+la+evolucion+del+concepto+de+innovacion&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab&gfe_rd=cr&ei=NOn_V9qQJMa1mQGhtZawDQ (Consultado: 08/12/2016)
- González, A. C. (s.f). Innovación y desarrollo de tecnologías en porcinos apropiadas para la producción familiar. Contribuciones de especialistas extranjeros. Universidad Central de Venezuela. Fundación CIEPE, Venezuela. <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Agricultura%20Familiar/> (Consultado: 10/01/2017)
- Heijs, J. 2001. Sistemas nacionales y regionales de innovación y política tecnológica: Una aproximación teórica. Documento de trabajo No.24. IAIIF de la Universidad Complutense de Madrid, España. <http://eprints.ucm.es/6757/1/24-01.pdf> (Consultado: 06/01/2017)
- Longo, R. 2006. Los retos de la innovación para la población rural pobre. Documento temático. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola. Consejo de Gobernadores. Roma, Italia.
- Marvel, C. M. Rodríguez, M. y Núñez M. A. (2011). La productividad desde una perspectiva humana: dimensiones y factores. Intangible Capital. pp. 549-584. <http://dx.doi.org/10.3926/ic.2011.v7n2.p549.584> (Consultado: 06/01/2017)
- Montoya, S. O. 2004. Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico. *Scientia et Technica* 10(25): 209-213.
- Morales, M., C. Ortiz, y M. Arias. 2014. Factores determinantes de la innovación: Una mirada a la situación en Latinoamérica. *Rev. Esc. Adm. Neg.* 72: 148-163.
- OCDE. 2005. Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. Organización de cooperación y desarrollo económicos. 3ª. ed. Grupo Tragsa. 194 p.
- Ochoa, C. J. 2013. Medición de la productividad. Folleto informativo. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. Cámara de Comercio. Medellín Colombia. 57 p.
- ONU. 2014. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. Instrumento de políticas de innovación para un desarrollo inclusivo. Naciones Unidas. Ginebra, Suiza.
- Ostos, M. J. 2010. Efecto mediador de la innovación organizacional en la relación entre el entorno y el desempeño organizacional en empresas de servicios. Tesis, ESADE. Colombia.
- Quintero, L. y C. Cortés. 2011. Cultura innovadora. Estudios de caso: sociología de las Pymes en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Rendón, M, R. y A. J. Aguilar. 2013. Gestión de redes de innovación en zonas rurales marginadas. MAPorrúa. México, D.F.
- Rodríguez, H.R., I. P. Cadena., M. Morales G., M. S. Jácome., S. Góngora G., E. Bravo M. y R. Contreras R. 2013. Competitividad de las unidades de producción rural en Santo Domingo Tejomulco y San Jacinto Tlacotepec, Sierra Sur, Oaxaca, México. *Revista Agricultura Sociedad y Desarrollo* 10(1):111-126.

- Rugeles L, B. Guaitero, D. Saavedra D., C. Ariza., H. Noreña., I. Betancur, y M. Vargas. 2013. Medición de la innovación agropecuaria en Colombia. Medellín, Colombia. Universidad de Medellín. http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/innovacion_agropecuaria/#4/z (Consultado: 14/12/2016)
- Rugeles, L. 2014. Metodología para medición de innovación agropecuaria en Colombia. Encuesta de Innovación, Índice de Innovación y Modelo Económico. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Red RAET de Universidades. Bogotá Colombia.
- Schumpeter, J. 1978. Teoría del desenvolvimiento económico. Quinta reimpresión. Fondo de Cultura Económico. México.
- Sonnino, A. y J. Ruane. 2013. La innovación en agricultura familiar y las biotecnologías agrícolas como herramientas de las políticas de seguridad alimentaria. *In*: Hedson, H. y T. Zamudio (eds). Biotecnologías e innovación: el compromiso social de la ciencia. Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. pp. 25-52 https://www.researchgate.net/publication/263443721_La_innovacion_en_agricultura_y_las_biotecnologias_agricolas_como_herramientas_de_las_politicas_de_seguridad_alimentaria (Consultado: 08/05/2017)
- Valencia de L. P. y J. Patlan, P. 2011. El empresario innovador y su relación con el desarrollo económico. *Tec. Empresarial* 5(3): 21-27
- Villalobos, V.M., H. Chavarría, A. Campos, E. Salazar, K. Witkowki, P. Henriquez, D. Rodríguez, J. Arias, H. Friaca, S. Villarroya y M. García Winder. 2015. Implicaciones de las reformas a la PAC de la Unión Europea en el sector agrícola de América Latina y el Caribe. *Ambienta*. España <http://www.iica.int/es/noticias-externas/implicaciones-de-las-reformas-la-pac-de-la-union-europea-en-el-sector-agricola-demericolatina> (Consultado: 08/05/2017)