

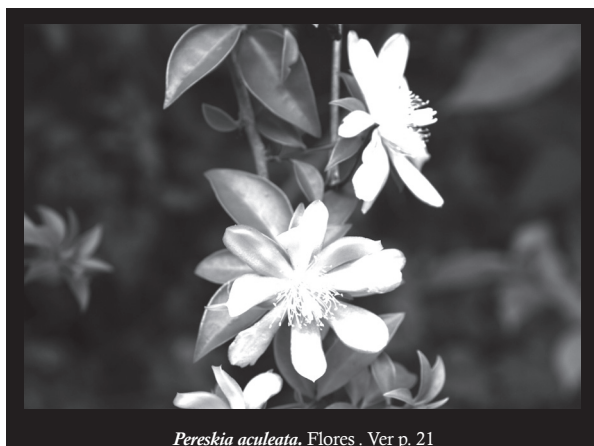


LACANDONIA

Revista de Ciencias de la UNICACH

Revista de Ciencias de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Año 9, vol. 9, núm. 2, julio-diciembre de 2015, ISSN: 2007-1000, \$70.00 m.n.





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS
Y ARTES DE CHIAPAS

Directorio

Rector

Ing. Roberto Domínguez Castellanos

Secretario General

Dr. José Rodolfo Calvo Fonseca

Abogado General

Lic. Adolfo Guerra Talayero

Secretario Académico

Dr. Ernesto Velázquez Velázquez

Directora de Investigación y Posgrado

Dra. María Adelina Schlie Guzmán

Editor responsable

Dr. Carlos Rommel Beutelspacher Baigts

Director de Extensión Universitaria

Lic. Roberto Ramos Maza

Comité Editorial

BIOLOGÍA: Dr. Miguel Ángel Pérez-Farrera y Dr. Gustavo Rivera Velázquez

INGENIERÍA AMBIENTAL: Dr. Raúl González Herrera

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA: Dr. Guillermo Ibáñez Duharte

NUTRICIÓN: Dra. Adriana Caballero Roque

PSICOLOGÍA: Dr. Germán Alejandro García Lara

Colaboradores

Adriana Caballero Roque, Carlos Alberto Ríos-García, Carlos Manuel García Lara, Carlos R. Beutelspacher, Carolina Orantes-García, C. García-Lara, Cinthia Alejandra Maza Moreno, Cristina Lagunés Quevedo, David Bermúdez Pérez, Eduardo Estanislao Espinoza Medinilla, E. Espinoza-Medinilla, Freddy Chanona Gómez, Gabriela Palacios Pola, Gerardo Carbot-Chanona, Hugo Alejandro Nájera Aguilar, Jairo Ricardo Molina-Meza, Jazmín Ramírez-Ramírez, J.L. Carreras-Nampulá, J. Moreira Acosta, Jorge Antonio Paz Tenorio, L. Medina-Sansón, L. Rojas Gálvez, L. Vázquez Valencia, Margarita de los Ángeles López-López, María de Lourdes Gómez Tolosa, Maricela Cundapí Velázquez, Martín Hernández López, Mayra Estrella Pérez-Pimentel, Miguel Ángel Pérez Farrera, Oscar Farrera-Sarmiento, Patricia Ivett Meza Gordillo, Pedro Rafael Enríquez Espinosa, Pedro Vera Toledo, Raúl González Herrera, R. González-Herrera, R. Iglesias Díaz, Roel Simuta Champo, Rubén Alejandro Vázquez Sánchez, Sergio López, Sheila Isamar Díaz Salinas, Zaira Selene Cruz González, Zoar Mendoza Pérez.

Jefe de oficina editorial: Ricardo Garcías Robles

Diseño y formato: Salvador López Hernández

Diseño de portada: Manuel Cunjamá

El contenido de los textos es responsabilidad de los autores.

Costo \$ 70.00 m.n.

REVISTA LACANDONIA, año 9, vol. 9, no. 2, julio-diciembre de 2015, es una publicación semestral editada por la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas a través de la Dirección de Extensión, edificio de Rectoría. 1a. Sur Poniente no. 1460, C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel. 01 (961) 61 7 04 00 extensión 4040, editorial@unicach.mx.

Editor responsable: Dr. Carlos Rommel Beutelspacher Baigts. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2010-120712081500-102, ISSN: 2007-1000. Impresa por Talleres de Desarrollo Gráfico Editorial, S.A. de C.V. Municipio Libre 175, Nave Principal, col. Portales, Del. Benito Juárez, México D.F., C.P. 03300. Tel. (55) 5-605-81-75 este número se terminó de imprimir en junio de 2015 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

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 de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Descripción morfológica de un tremeloide raro: *Tremella Reticulata* (Berkeley) Farlow (Fungi: Tremellaceae) y clave taxonómica del género *Tremella* para Chiapas 7

Freddy Chanona Gómez

Sheila Isamar Díaz Salinas

Cinthia Alejandra Maza Moreno

Árboles y arbustos útiles en una comunidad campesina de Jiquipilas, Chiapas 11

Carlos Alberto Ríos-García

Jazmín Ramírez-Ramírez

Jairo Ricardo Molina-Meza

Mayra Estrella Pérez-Pimentel

Margarita de los Ángeles López-López

Carolina Orantes-García

Primer registro de *Pinguicula heterophylla* Benth. (Lentibulariaceae) para Chiapas, México 17

Carlos R. Beutelspacher

Uncaria tomentosa (Willd.) DC. (Rubiaceae) y las falsas “uña de gato” en México 21

Carlos R. Beutelspacher

Oscar Farrera-Sarmiento

Patrones de herbivoría y esfuerzo reproductivo en *Salvia longispicata* M. Martens y Galeotti (Lamiaceae) 33

María de Lourdes Gómez Tolosa

Martín Hernández López

Sergio López

Miguel Ángel Pérez Farrera

La Colección Paleontológica de la SEMAHN: análisis preliminar 43

Gerardo Carbot-Chanona

Pasta artesanal enriquecida con harina de lombriz (*Eisenia foetida*), para consumo humano.....55

Patricia Ivett Meza Gordillo

Adriana Caballero Roque

Gabriela Palacios Pola

Zoar Mendoza Pérez

Maricela Cundapí Velázquez

Diseño, construcción y evaluación de un sistema de purificación y compresión para biogás 59

L. Vázquez Valencia

J. Moreira Acosta

R. Iglesias Díaz

L. Rojas Gálvez

Medición de partículas atmosféricas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas utilizando sensores pasivos.....67

Carlos Manuel García Lara

Cristina Lagunés Quevedo

David Bermúdez Pérez

Pedro Vera Toledo

Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Raúl González Herrera

Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Análisis de la intensidad y duración de la lluvia simulada mediante manipulación manual, para el diseño y construcción de un simulador de lluvias 73

J. L. Carreras-Nampulá

C. García-Lara

E. Espinoza-Medinilla

R. González-Herrera

L. Medina-Sansón

Estimación del impacto sobre volumen de infiltración del subsuelo en la remodelación del Libramiento Norte Poniente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 79

Pedro Rafael Enríquez Espinosa

Eduardo Estanislao Espinoza Medinilla

Roel Simutá Champo

Evaluación multivariada de dos métodos de estabilización vegetativa de laderas en el estado de Chiapas.....85

Zaira Selene Cruz González

Raúl González Herrera

Miguel Ángel Pérez Farrera

Carlos Manuel García Lara

Jorge Antonio Paz Tenorio



PRESENTACIÓN



En este número presentamos nuevas contribuciones tanto sobre la Flora, como la Fauna de Chiapas, entre ellos el hallazgo de un hongo: “Descripción morfológica de un Tremeloide raro: *Tremella reticulata* (Berkeley) Farlow (Fungi: Tremellaceae) y clave taxonómica del género *Tremella* para Chiapas”; “Árboles y arbustos útiles en una comunidad campesina de Jiquipilas, Chiapas”; el “Primer registro de *Pinguicula heterophylla* Benth. (Lentibulariaceae) para Chiapas, México”, una planta insectívora; “*Uncaria tomentosa* (Willd.) DC. (Rubiaceae) y las falsas “uña de gato” en México”; “Patrones de herbivoría y esfuerzo reproductivo en *Salvia longispicata* M. Martens & Galeotti (Lamiaceae)”; “La Colección Paleontológica de la SEMAHN: análisis preliminar”. En el tema alimentario, se presenta un artículo con la propuesta “Pasta artesanal enriquecida con harina de

lombriz (*Eisenia foetida*), para consumo humano”. En cuanto a nuevas tecnologías, así como algunos estudios sobre el medio ambiente, se incluyen los siguientes: “Diseño, construcción y evaluación de un sistema de purificación y compresión para biogás”; “Análisis de la intensidad y duración de la lluvia simulada mediante manipulación manual, para el diseño y construcción de un simulador de lluvias”; “Evaluación multivariada de dos métodos de estabilización vegetativa de laderas en el estado de Chiapas” y finalmente, un análisis sobre la “Estimación del impacto sobre volumen de infiltración en la remodelación del Libramiento Norte Poniente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”

Carlos R. Beutelspacher,
Editor

Descripción morfológica de un tremeloide raro: *Tremella reticulata* (Berkeley) Farlow (Fungi: Tremellaceae) Y clave taxonómica del género *Tremella* para Chiapas

Freddy Chanona Gómez¹, Sheila Isamar Díaz Salinas²

Cinthia Alejandra Maza Moreno²

¹ Laboratorio Estatal de Salud Pública, Boulevard Salomón González Blanco núm. 3452 C.P. 29040, Tuxtla Gutiérrez Chiapas, ² Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Ciencias Biológicas, Libramiento Norte Poniente No. 1150, colonia Lajas Maciel, C.P. 29032, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Autor de correspondencia: fredpeluche2006@hotmail.com

RESUMEN

Se registra el hongo *Tremella reticulata* para Zinacantán (Laguna Navenchuc), Chiapas, el cual se había observado previamente en el municipio de Oxchuc. Su registro y descripción ayudará a conocer su distribución y el uso cultural de esta especie. En México se conoce para los estados de Guerrero y Michoacán. Asimismo, se presenta una clave taxonómica del género *Tremella* construida con base en las especies existentes en Chiapas. **Palabras clave:** distribución, descripción, *Tremella*, Chiapas, México.

ABSTRACT

Tremella reticulata fungus is recorded to Zinacantan (Laguna Navenchauc), Chiapas, which had been previously observed in the municipality of Oxchuc. Your report and description will help meet its distribution and cultural use of this species. In México it is known for the states of Guerrero and Michoacan. It also presents a taxonomic key to the genus *Tremella* built based on existing species in Chiapas.

Key words: distribution, description, *Tremella*, Chiapas, México.

INTRODUCCIÓN

Raymundo *et al.* (2012) caracteriza a los hongos tremeloides por formar basidiomas gelatinosos y con basidios longitudinales o transversales. Dentro de este grupo enorme se encuentra el género *Tremella* el cual se caracteriza por presentar basidiomas desde consistencia gelatinosa hasta subflexible, cerebriformes, foliosas o lobuladas de coloraciones variable y con hábitos saprófitos o parásitos (Ulloa y Herrera, 1994), probasidios globosos, ovalados, piriformes, irregularmente septados y con tres o cuatro células que producen epibasidios (Martin, 1952), revivientes con el agua. Las basidiosporas suelen ser hialinas a amarillentas, café, blancas, naranjas o amarillento-café en conjunto, globosas a ampliamente ovaladas, ventralmente deprimidas y raramente subalantoides. Las especies que habían sido registradas para Chiapas son: *Tremella fuciformis*, *T. mesenterica*, *T. foliacea* y *T. concrecens*.

Debido a la cantidad insuficiente de estudios para este grupo, el presente documento tiene como finalidad el contribuir con la descripción, distribución y uso de *Tremella reticulata*. Sierra *et al.* (2012) menciona que el conocimiento taxonómico de los hongos gelatinosos es escaso en todo el mundo debido a los pocos investigadores que han centrado

su estudio en este grupo, así como por lo esporádico y raro de sus colectas en nuestro país. Por ello se planteó además de la descripción de *T. reticulata* la elaboración de una clave taxonómica de este grupo el cual tiene como finalidad el conocimiento de las especies presentes en nuestro estado.

METODOLOGÍA

Material examinado

El 29 de septiembre del 2013 se localizó un ejemplar cerca de la Laguna Navenchauc. Se realizó la identificación taxonómica mediante las claves de Martin (1952) y Sierra (1992). Posterior a ello fue depositado en el Laboratorio Estatal de Salud de Pública. Este ejemplar puede considerarse “raro” ya que no existen colectas con anterioridad ni descripciones taxonómicas de esta especie para Chiapas. Previo a este hallazgo, solamente se había observado en una ocasión en el municipio de Oxchuc.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE *TREMELLA RETICULATA* (BERKELEY) FARLOW

Basidiocarpo resupinado, ramificado a coraloide, lobulado o con ramas huecas que salen de una base o

pie central, erecto, gelatinoso-cartilaginoso a elástico, superficie húmeda-viscosa, lisa, de 87 mm de alto y 124 mm de ancho, de color blanco a cremoso u ocráceo, con tonalidades cafés con la edad (figura 1). Ramas de 45 mm de largo y 20 mm de ancho, lóbulos de 56 mm de largo. Himenio liso. Sin olor perceptible o aparente.

Probasidios globoso, ovalado, piriformes a subglobosos, tetráspóricos, lisos, gutulados, de 16-18 μm X 8.6-9.77 μm . Basidiosporas subcilíndricas a faseoliformes o subalantoides, de 8.58-11 X 5.27-6.6 μm ., lisas, oscuras con KOH, con apéndice hilar prominente, gutuladas (figura 2), N: 20 Q:1.70. Hifas con septos de 9.6-13.58 μm de largo, hialinas, gelatinizadas (figura 3) mayor a 1.86 μm de ancho, con paredes delgadas y con conexiones o clamps presentes.

HÁBITAT Y HABITO

Crece de forma saprófita sobre la vegetación de pino-encino a una altitud de 2,270 msnm. Sierra (1992) explica que esta especie puede encontrarse además en bosques mesófilo de montaña, a una altitud de 2,090 a 2,600 msnm durante los meses de julio a octubre.

Martin (1952) reconoció a esta especie como *Corticium reticulatum* Berk. & Curt y *Tremella clavarioides* Lloyd; mientras que Verlag (2003) presenta esta especie como sinonimia de *Sebacina sparassoidea* (Lloyd) P. Roberts.

Aunque en México existen pocas colectas es de amplia distribución en las zonas frías de Canadá; Noreste y Centro de Estados Unidos (Martin, 1952).

DISCUSIÓN

Esta especie es considerada como comestible en algunas regiones de Morelia, Michoacán (municipio de Charo y Zinapecuaro) así como para Tlapa y Chichihualco en Guerrero. Lo anterior es confirmado por Guzmán (2008) y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (2009). Lampman (2004) afirma haber visto que en el municipio de Oxchuc es consumida con sal y chile, conociéndosele en dicha localidad como *sakil tsijtsim lu* (lengua tzeta)l. A pesar de haberse registrado como una especie comestible, Garibay y Ruan (2014) no reportan a *T. reticulata* como alimento tradicional de México, debido quizás a las insuficientes colectas y lo raro de sus fructificaciones en las zonas de crecimiento, lo cual puede corroborarse con las pocas observaciones reportadas para el estado de Chiapas.

Según Sierra (1992) *T. reticulata* ha sido confundida con *Tremella fuciformis* aunque esta última no tiene lóbulos foliosos, es de menor tamaño, el color en fresco y seco es blanquecino y las esporas son más cortas (7-9 μm).

La descripción morfológica (Q., forma y tamaño del probasidio y de las esporas) realizada en el ejemplar estudiado coincide perfectamente con los ejemplares descritos por Martin, 1952; Sierra, 1992 y Verlag, 2003), difiriendo en el color de las esporas, ya que dichos autores explican haberla observado en tonalidades más claras (hialina, amarilla, blancas, naranjas), en comparación a las analizadas las cuales son de colores más oscuros, debido quizás al exceso de colorante adicionado. Martin (1952) afirma que es característico de este género la forma globosa y ampliamente ovadas de las esporas, lo que lo diferencia del género *Exidia* las cuales tienden a ser cilíndricas a ligeramente arqueadas, lisas y amiloides.

CLAVE TAXONÓMICA DEL GÉNERO TREMELLA PARA EL ESTADO DE CHIAPAS

1. Carpoforo blanquecino, cremoso o ligeramente grisáceo 2
- 1a. Carpoforo de otro color..... 4
2. Basidioma blanquecino, ramificado, con lóbulos erectos, gelatinoso, traslúcido, alrededor de 7 cm de largo. Esporas elipsoidales, lisas, desde 5-8 X 4-6 μm *T. fuciformis*
- 2a. Basidioma no blanquecino en su totalidad.....3
3. Fructificaciones grisáceo-blanquecino, erecto, desde 2 hasta 6 cm de largo, creciendo sobre herbáceas o madera. Esporas hialinas, mayor a 8 μm de largo (8-9) y menores de 8 (4.5-6) μm de ancho..... *T. conrescens*
- 3a. Fructificaciones cremoso-ocráceo, gelatinoso, mayor a 9 cm de alto y 12 cm de largo. Esporas desde 16-18 X 8.6-9.77 μm *T. reticulata*
4. Basidiocarpos de color rojizo, naranja, amarillo brillante, lobulada, de 2 a 3 cm de largo. Esporas subglobosas-elipsoides de 7-10 X 6-10 μm *T. mesenterica/ Tremella lutescens*
- 4a. Basidiocarpos lobulados, marrón, pardo-negruzco a rojizo, ligeramente traslúcido, mayor a 3 cm de largo. Esporas elipsoides, hialinas de 7 (9) -12 X 5.5(6) -9 μm *T. foliacea/ Tremella fimbriata*

LITERATURA CITADA

- GARIBAY-ORIJEL R., y F. RUAN-SOTO, 2014.** Listado de los hongos silvestres consumidos como alimento tradicional en México. En: Moreno Fuentes A. R., Garibay-Orijel R. (Eds). *La etnomicología en México: estado del arte*. 243 p.
- GUZMAN, G., 2008.** *Hongos de parques y jardines y sus relaciones con la gente*. Instituto de Ecología, Xalapa, Ver. 242 p.
- LAMPMAN A.M., 2004.** *Tzetzal athmomycology: naming, classification and use of mushrooms in the highlands of Chiapas, México*. Thesis Dr of Phylosophy. Faculty of the University of Georgia. 383 p.
- MARTIN G.W., 1952.** Revision of the north central tremellales. State university of Iowa. Studies in Natural History. No. 3, 62 p.
- RAYMUNDO T., M. CONTRERAS, S. BAUTISTA-HERNÁNDEZ, R. DÍAZ-MORENO Y R. VALENZUELA, 2012.** Hongos tremeloides del bosque La Bayas, municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México. *Polibotánica*. (33): 85-103.
- SIERRA S., 1992.** *Contribución al estudio taxonómico de algunos hongos tremeloides (Heterobasidiomycetes) del centro y sur de México*. Tesis de Biólogo. Facultad de Ciencias. UNAM. México, 104 p.
- SIERRA S., I. RODRÍGUEZ-GUTIÉRREZ, L.A. IZQUIERDO, S. CASTRO, J. CIFUENTES, L. PÉREZ-RAMÍREZ, 2012.** Hongos tremeloides (Basidiomycetes) de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83: 23-30.
- ULLOA, M. y T. HERRERA, 1994.** *Etimología e iconografía de géneros de hongos*. Cuaderno 21. Instituto de Biología, UNAM, 300 p.
- UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, 2009.** *Guía de hongos de los alrededores de Morelia*. Museo de Historia Natural. México, 379 p.
- VERLAG F.B., 2003.** Austria, download unter www.biologiezentrum.at.



FIGURA 1

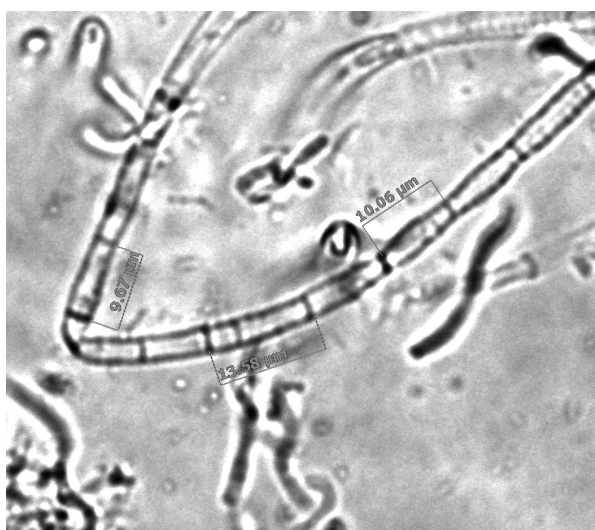
Tremella reticulata

FIGURA 2

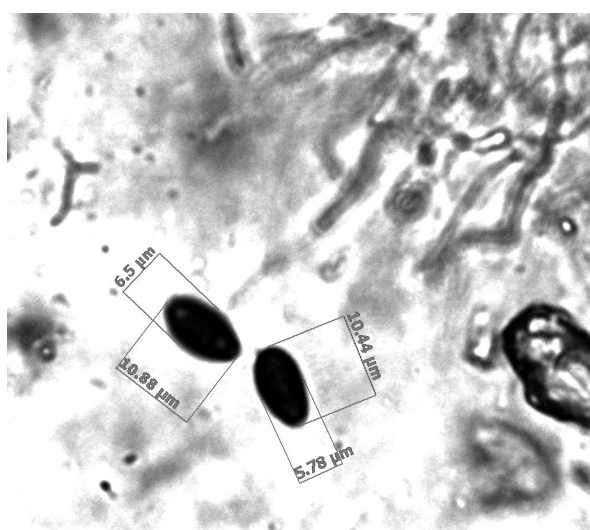
Hifa de *Tremella reticulata*

FIGURA 3

Esporas de *Tremella reticulata*

Árboles y arbustos útiles en una comunidad campesina de Jiquipilas, Chiapas

Carlos Alberto Ríos-García¹, Jazmín Ramírez-Ramírez¹, Jairo Ricardo Molina-Meza¹
Mayra Estrella Pérez-Pimentel¹, Margarita de los Ángeles López-López¹, Carolina Orantes-García¹

¹ Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Ciencias Biológicas, Libramiento Norte Poniente núm. 1150, colonia Lajas Maciel, Código Postal 29032, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Correo electrónico: carlos_garcia2009@hotmail.com

RESUMEN

Se dan a conocer 33 especies de árboles y arbustos con uso multipropósito en la comunidad campesina Sinaloa, municipio de Jiquipilas, Chiapas. Los datos se obtuvieron mediante entrevistas semiestructuradas aplicadas al 20% de la población y recorridos etnobotánicos. Se registraron ocho usos diferentes (maderable, alimento, medicinal, leña, poste, cerca viva, artesanal y religioso), siendo el maderable el más frecuente. El 70% del recurso es nativo y lo extraen de la selva baja caducifolia. Esto indica que el aprovechamiento del recurso forestal forma parte de las actividades básicas en comunidades campesinas.

Palabras clave: aprovechamiento, multipropósito, árboles, arbustos, Jiquipilas, Chiapas, México.

ABSTRACT

present 33 species of trees and shrubs with multipurpose use in the rural community Sinaloa, Jiquipilas, Chiapas. Data were collected in semi-structured interviews at 20% of the population and ethnobotanical tours. Were recorded eight different uses (wood, food, medicine, fuel, post, live fence, craft and religious), where the wood was the most frequent use. 70% of the resource are native and is extracted from tropical deciduous forest. This indicates that the use of forest resources is part of the basic activities in rural communities.

Key words: advantage, multipurpose, trees, shrubs, Jiquipilas, Chiapas, Mexico.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los cinco países megadiversos del mundo; siendo considerado el quinto lugar por su riqueza vegetal en Centroamérica (García-Mendoza *et al.*, 2004), en el territorio mexicano se encuentran alrededor de 2,500 especies de árboles nativos, que constituyen un reservorio de recursos biótico de valor actual y potencial por los múltiples productos y beneficios ambientales que de ellos derivan (Rzedowski, 1992). La parte sur de México contiene la mayor riqueza, donde Chiapas ocupa el segundo lugar después de Oaxaca; cuenta con la tercera parte de la flora y el 80% de las especies de árboles tropicales de todo México. Esto se debe a la inmensa gama de ambientes y hábitats lo que hace que sea un estado rico en especies vegetales (Castro-Soto, 2010), sin embargo 45% de los ecosistemas naturales del mundo están severamente impactados y han dejado de ser funcionales, el restante 55% sostiene los servicios ambientales para la vida del planeta (Ramos, 2004).

Esto se ha venido suscitando debido al uso de los recursos vegetales, los cuales han jugado un papel importante desde el inicio de la humanidad, donde la relación flora-hombre a través del tiempo ha ido legando conocimiento empírico por generaciones, donde ha sabido apropiarse de los recursos para su beneficio y los ha sistematizado de acuerdo con la utilidad que estos proporcionan (Isidro-Vázquez *et al.*, 2006).

Los sistemas tradicionales y locales de conocimiento, considerados expresiones dinámicas de la percepción y la comprensión del mundo, se adquieren y se acumulan a partir de observaciones diarias y de experimentación con formas de vida, ecosistemas naturales y de generaciones pasadas, este sistema local ha permitido que campesinos no solo conozcan las características de su región, sino que tengan conocimientos y experiencias que le permitan adaptarse a su medio y producir lo que necesitan para su subsistencia, principalmente sobre el manejo y uso de especies de los estratos arbóreos, herbáceo y arbustivo (Antonio-Miguel, 2012; Rivera-Lorca *et al.*, 2011).

Aunque las plantas se inmiscuyen en todos los aspectos de cualquier cultura, el trabajo etnobotánico suele centrarse en los grupos humanos cuya relación con la naturaleza es más directa. Los más destacados son los pueblos indígenas y las culturas rurales. Lo que hace importante proteger estos conocimientos por su valor, ya que se consideran parte de un patrimonio colectivo, que conforma la identidad cultural y cosmovisión de una comunidad, además de representar una forma de supervivencia como pueblos, quienes tratan de diferente manera los recursos (Antonio-Miguel, 2012), siendo un tesoro etnobotánico local de gran importancia debido a su dependencia que a través de la interacción con la naturaleza y los recursos naturales han adquirido una cantidad inmensa de conocimiento de su entorno natural, siendo de gran importancia este tipo de trabajo, los cuales promueven el rescate de las percepciones comunitarias y su interacción botánica.

El objetivo del este estudio fue identificar las especies de árboles y arbustos útiles para los pobladores de una comunidad campesina de Jiquipilas, Chiapas.

METODOLOGÍA

Área de estudio. El presente trabajo se realizó en la colonia Sinaloa, municipio de Jiquipilas, Chiapas a 64 km de la capital Chiapaneca; ubicado a 93° 34' 48" longitud oeste y 16° 36' 48" latitud norte, a una altitud de 560-600 msnm, se encuentra en la región demográfica centro, al oeste del estado de Chiapas (INEGI, 2005). Se trata de una comunidad mestiza de origen zoque. La vegetación original corresponde a Selva Baja Caducifolia en las zonas planas y Bosque de Pino en las partes altas, en la actualidad sólo se aprecian algunos de sus elementos arbóreos en pequeños fragmentos aislados, rodeados por potreros y cultivos agrícolas (FORTAM, 1984).

Método. Se aplicaron entrevistas semiestructuradas (Bernard, 1995) a un total de 30 informantes claves (entre 28 a 72 años de edad), lo que cubre el 20% de la población total adulta de la colonia Sinaloa; esta herramienta permitió obtener las formas de uso y manejo de las especies de árboles y arbustos, se complementó con recorridos etnobotánicos con ayuda de informantes residentes de la comunidad, se tomaron fotografías y algunas colectas de ejemplares de las especies para su posterior identificación, con ayuda de bibliografía especializada. El criterio de selección para estas especies se centró básicamente en que fueran especies útiles multipropósito, es decir especies que presentaban más de tres usos (Farrera-Sarmiento y Orantes-García, 2015).

RESULTADOS

a) Aprovechamiento y manejo

Se registró un total de 33 especies de árboles y arbustos, distribuido en 28 géneros y 17 familias con utilidad dentro de la comunidad. Se identificaron ocho diferentes formas de aprovechamiento. El uso maderable para la elaboración de muebles, construcción y reparación de casas fue el más frecuente en mención (cuadro 1).

El aprovechamiento de los árboles y arbustos es para autoconsumo. Del recurso forestal se utilizan los frutos, flores, hojas, corteza, tallo, corteza. La madera para elaboración de muebles, construcción y reparación de casas, se obtienen de árboles de 10 años ≤, desde 0.50 m hasta 1.50 m de diámetro a la altura del pecho (dap), desde 5 m hasta 20 m de altura y los arbustos son aprovechados a partir de los 5 años ≤, desde 0.10 m hasta 0.40 m de dap, a una altura no mayor a 5 m, la planta es cortada *in situ* empleando motosierra y transportada mediante arrastre o camiones. Para postes, leña y artesanal (elaboración de herramientas de trabajo agrícola, elaboración de marimba) se utilizan únicamente las ramas.

Familia	Especie	Nombre común	Usos
Annonaceae	<i>Annona muricata</i>	Guanábana	1,2,3
	<i>Annona purpurea</i>	Chincuya	1,2,4
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>	Flor de mayo	4,5,8
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Roble/matilisguate	1,3,5,6
	<i>Tabebuia donell-smithii</i>	Primavera	1,4,5,6
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Hormiguillo	1,5,6,7
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i>	Caco	2,4,5
	<i>Licania arborea</i>	Totoposte/rabiseco	1,4,5,6

Familia	Especie	Nombre común	Usos
Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Tepezcohuite	1,3,4,5,6
	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	Palo de Brasil	1,4,5,6
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	1,4,6
	<i>Hymenaea courbaril</i>	Guapinol	1,2,4,5,6
	<i>Acacia milleriana</i>	Quebracho	1,4,5,6
	<i>Gliricidia sepium</i>	Madre cacao	1,4,6,8
	<i>Delonix regia</i>	Flamboyán	1,4,5,6,8
Flacourtiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	Capulín	2,4,5
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Aguacate	1,2,3
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Pochota	1,6,7
	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Sospó	1,4,5
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Cuaultote	1,3,4,6
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance/nanchi	2,3,5
Meliaceae	<i>Cedrella odorata</i>	Cedro	1,4,5,6,7
	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	1,4,5,6
	<i>Swietenia humilis</i>	Caobilla	1,3,4,5,6
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	2,3,4
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	Amate	1,5,6
	<i>Ficus carica</i>	Higo	1,2,5
	<i>Brosimum alicastrum</i>	Mujú/ramón	1,2,4,5,6
Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Guaya	2,4,5
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	2,3,6
	<i>Sideroxylon capiri</i>	Tempisque	1,4,5,6
Pinaceae	<i>Pinus chiapensis</i>	Pino	1,4,5
	<i>Pinus oocarpa</i>	Ocote	1,4,5,8

CUADRO 1

Especies arbóreas y arbustivas aprovechadas por pobladores de la colonia Sinaloa, Jiquipilas, Chiapas.

Usos: 1. Maderable, 2. Alimento, 3. Medicinal, 4. Combustible, 5. Poste, 6. Cerca viva, 7. Artesanal, 8. Mágico-religioso.

Torres (2004), menciona que el uso de la madera representa el 40% de la demanda nacional, en el presente trabajo se determinó como uso principal el maderable, esto porque ese recurso forestal es fundamental en la vida diaria de las comunidades rurales, proporcionando techo, alimento y apoyando las actividades productivas (Orantes-García *et al.*, 2013).

Para el uso medicinal, las plantas se extraen en su mayoría del medio silvestre, utilizan flores, hojas, semillas y corteza, se preparan principalmente en infusiones y pomadas (orales, cutáneas, óticas), para aliviar dolores, inflamación, cólicos, conjuntivitis, intoxicaciones, entre otras.

El uso comestible se da principalmente en especies arbóreas encontradas dentro de los huertos de traspatios, algunos se consumen crudos y otros en conservas fermentadas como el nanche (*Byrsonima crassifolia*), mientras que para el uso mágico-religioso las especies son extraídas del medio silvestre, principalmente para la fiesta de mayo dentro de la comunidad (Santa Cruz y San Isidro), donde los altares son adornados con ensartas de flor de mayo (*Plumeria rubra*) y flamboyán (*Delonix regia*); los enrrames son hechos con juncia (hojas de *Pinus oocarpa*) donde cuelgan pan, frutas y recipientes de plástico durante las festividades.

Los pobladores tienen huertos en los patios de las casas con árboles y arbustos, de donde obtienen el 30% del recurso utilizado y 70% de la Selva Baja Caducifolia. Los huertos también son espacios para viveros donde germinan las semillas de árboles y arbustos que posteriormente son trasplantados dentro de sus terrenos. Caballero y Cortés (2001), mencionan que los viveros domésticos con plantas de gran valor para reforestación, tienen importancia para ser usados como fuentes futuras de germoplasma, para satisfacer las necesidades humanas.

Especies vulnerables y perspectivas ambientales

Dentro de las especies aprovechadas se identificaron seis en status de acuerdo a la NOM-059-2010 SEMARNAT y la lista roja de la UICN (cuadro 2).

Nombre científico	Categoría NOM-059-Semarnat-2010	Categoría IUCN
<i>Licania arborea</i>	Amenazada	Sin riesgo
<i>Cedrela odorata</i>	Protección especial	Vulnerable
<i>Swietenia macrophylla</i>	Sin riesgo	Vulnerable
<i>Swietenia humilis</i>	Sin riesgo	Vulnerable
<i>Pinus chiapensis</i>	Amenazada	Sin riesgo
<i>Sideroxylon capiri</i>	Amenazada	Sin riesgo

CUADRO 2

Especies aprovechadas en la comunidad Colonia Sinaloa, Jiquipilas, Chiapas, registradas en categorías de riesgo

Los pobladores mencionaron que en los últimos 20 años han observado disminuida la cantidad de árboles en los

cerros aledaños a la comunidad y en algunas zonas planas, que hoy forman parte de terrenos agropecuarios; debido a esta disminución de la vegetación, los pobladores desde su perspectiva han observado cambios notorios, como el aumento en el nivel de los ríos durante la temporada de lluvia, canículas más cálidas (4-5 °C) y vientos más violentos, a lo cual consideran que los árboles tienen una gran importancia para que estos cambios no aumenten con el tiempo.

Se ha determinado que la madera es un recurso importante en la vida de los campesinos, a lo cual se ha propuesto recientemente utilizar las llamadas “listas rojas” de especies en peligro (Mace, 1995; Butchart *et al.*, 2004); como indicadores del ritmo de extinción o vulnerabilidad (Possingham *et al.*, 2002). Además, toda actividad de aprovechamiento forestal causa, irremediablemente, algún nivel de daño ya sea a la masa remanente, al suelo y/o las fuentes de agua, y así afectando el clima (Contreras *et al.*, 2001).

CONCLUSIONES

Se registraron un total de 33 especies de árboles y arbustos, distribuidas en 28 géneros y 17 familias, las cuales se utilizan como madera, alimento, medicinal, leña, poste, cerca viva, artesanal y mágico-religioso.

Dentro de las especies aprovechadas en la comunidad se encuentran seis en categoría de riesgo. Por lo que hay que considerar trabajos de conservación y aprovechamiento sustentable de especies amenazadas como *Licania arborea*, *Swietenia macrophylla*, *Sideroxylon capiri*, que tiene importancia comercial y ecológica.

Los pobladores de la colonia consideran que la deforestación excesiva de los ecosistemas se encuentran dañando considerablemente el clima.

LITERATURA CITADA

- ANTONIO-MIGUEL, N.B., 2012. *Saberes con rostros de mujeres indígenas, conocimientos tradicionales y actividades agrícolas productivas, en el ejido el remolino, municipio de Huitiupán, Chiapas*. Universidad Intercultural de Chiapas. Tesis de Licenciatura. México. 134 p.
- BERNARD, R., 1995. *Research Methods in Anthropology*. Altamira Press. 585 p.
- BUTCHART, S.H., A. STATTERSFIELD, A. LEON, S. SHUTES, Y R. AKÇAKAYA, 2004. Measuring global trends in the status of biodiversity: Red list indices for birds. *Plos Biology*. 2: 22942304.

- CABALLERO, J. Y L. CORTÉS, 2001.** Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. In: *PLANTAS, CULTURA Y SOCIEDAD: Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI.* (Ed) Rendón-Aguilar, B., Rebollar-Domínguez, S., Caballero-Nieto, J. y Martínez-Alfaro, M.A. *Plantas Cultura y Sociedad.* Universidad Autónoma Metropolitana-SEMARNAP. México. Pp. 79-100.
- CASTRO-SOTO, G., 2010.** *Los impactos ecológicos en Chiapas.* Otros mundos A.C. Amigos de la Tierra México. San Cristóbal de las Casas, Chiapas; México. 3 p.
- CONTRERAS, F., W. CORDERO, Y T.S. FREDERICKSEN, 2001.** Evaluación del Aprovechamiento Forestal. *Bolfor.* México. 46 p.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 2010.** *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.* Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. 30 de Diciembre, 2010. México. 78 p.
- FARRERA-SARMIENTO, O. Y C. ORANTES-GARCIA, 2015.** Plantas útiles multipropósito en una comunidad del área de influencia de la reserva de la biosfera La Sepultura y El Ocote, Chiapas, México. *LACANDONIA, rev. Ciencias UNICACH* 9 (1): 37-42.
- FORTAM, 1984.** *Jiquipilas: diagnóstico municipal.* Gobierno del Estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez.
- GARCÍA-MENDOZA, A.J., M.J. ORDOÑEZ-DÍAZ Y M. BRIONES-SALAS, 2004.** *Biodiversidad de Oaxaca.* Editorial REDACTA. México, DF. 605 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA, 2005.** *Marco Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.* 9 pp. (PDF). En: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/07/07046.pdf>. Consulta: 20 de febrero de 2015.
- ISIDRO-VÁZQUEZ, M., M. MORENO-GUTIÉRREZ Y O. FARRERA-SARMIENTO, 2006.** Plantas útiles de los zoques del centro de Chiapas. In: *Presencia zoque: Una aproximación multidisciplinaria* pp. 369-387.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE, 2015.** Red list of species. In: <http://www.iucnredlist.org/>
- MACE, G., 1995.** Classification of threatened species and its role. In: Conservation planning, In: LAWTON, J.H. Y R.M. MAY (eds.), *Extinction rates.* Oxford University Press, Oxford. 197213 p.
- ORANTES-GARCÍA, C., M.A. PÉREZ-FARRERA, C.U. DEL CARPIO-PENAGOS Y C. TEJEDA-CRUZ, 2013.** Aprovechamiento del recurso maderable tropical nativo en la comunidad de Emilio Rabasa, Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Madera y Bosques* 19 (1): 7-21.
- POSSINGHAM, H.P., S.J. ANDELMAN, M.A. BURGMAN, R. MEDELLÍN Y L.L MASTER, 2002.** Limits to the use of threatened species list. *Trends in Ecology and Evolution* 17: 503507.
- RAMOS, M., 2004.** *Negociación internacional y desarrollo sostenible.* Ponencia sustentada en la mesa redonda Desarrollo Sostenible Alterramos. Feria Internacional del Libro Universitario, Xalapa, 10 de septiembre.

- RIVERA-LORCA, J.L., A. SUÁREZ-CASTILLO, L. RAMÍREZ-CANCINO Y A. SALOMÓN-BRAVO, 2011.** Especies nativas con potencial forrajero y multipropósito. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. Pp. 356-359.
- RZEDOWSKI, J., 1991.** El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. In: G. Halffter, eds. Diversidad biológica de Iberoamérica. *Acta Zoológica Mexicana* 15: 47-64.
- TORRES, R.J., 2004.** *Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020*. FAO. Roma. 145 p.

Primer registro de *Pinguicula heterophylla* Benth. (Lentibulariaceae) para Chiapas, México

Carlos R. Beutelspacher

¹ Herbario HEM, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Email: rommelbeu@hotmail.com

RESUMEN

Se registra por primera vez para Chiapas *Pinguicula heterophylla* Benth (Lentibulariaceae), conocida anteriormente para los estados de Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Se compara con *Pinguicula medusina* Zamudio & Studnička, la especie más cercana.

Palabras clave: *Pinguicula heterophylla*, Lentibulariaceae, primer registro Chiapas, México.

ABSTRACT

It was first registered for Chiapas *Pinguicula heterophylla* Benth (Lentibulariaceae), previously known for the states of Michoacan, Guerrero and Oaxaca. That compares with *Pinguicula medusina* & Studnička Zamudio, the closest species.

Key words: *Pinguicula heterophylla*, Lentibulariaceae first register Chiapas, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Como parte de los estudios que estamos desarrollando sobre la flora en el estado de Chiapas, hemos registrado diversas especies para la entidad, tanto de otros estados o países, como nuevas para la ciencia. En uno de los recientes recorridos hacia las Grutas de Guaymas, ubicadas en el municipio de Villaflores, encontramos una población de plantas insectívoras del género *Pinguicula*, muy diferentes a las especies tradicionales provistas de hojas ovaladas, registradas para Chiapas, Breedlove (1986), las cuales al ser fotografiadas, recolectadas y estudiadas, correspondieron a una especie no conocida para el estado de Chiapas, por lo cual ahora la documentamos.

Pinguicula heterophylla Benth. (Lentibulariaceae)
Pl. Hartw. 70–71 (1839)

DESCRIPCIÓN

(Tomada de Zamudio-Ruiz (2006) y Zamudio & Studnička (2000))

Hierbas perennes, no estoloníferas. Hojas dimórficas, roseta “de invierno” hipogea, semejando un bulbo, con más de 100 hojas desde 1.0 hasta 2.8 cm de largo, desde 1.0

hasta 3.0 mm de ancho, lanceoladas, agudas o acuminadas, carnosas, glabras, las externas largamente ciliadas: roseta “de verano” laxa, tiene desde tres hasta 12 hojas sésiles: láminas (6.0-) 9.0-15.0 (-18.0) cm de largo, desde 2.5 hasta 7.0 mm de ancho en la base, linear-lanceoladas, margen marcadamente revuelto, largamente ciliada en la base, de crecimiento circinado. Escapos desde 1.4 (6.0-) 10.0 hasta 15.0 (-28.0) cm de largo, recubiertos con glándulas estipitadas, más abundantes hacia el ápice. Flores (1.6-) 2.4 cm de largo, incluyendo el espolón: cáliz con labio superior trilobado, lóbulos desde 1.5 hasta 2.0 mm de largo, por 1.0 hasta 1.5 mm de ancho, triangular-lanceolados, labio inferior bilobado, lóbulos desde 1.5 hasta 2.0 mm de largo, por 0.7 a 1.2 mm de ancho, triangular-lanceolados, recubiertos con glándulas estipitadas abaxialmente, glabro adaxialmente; corola subisoloba, blanca, tubo desde 6.0 hasta 8.5 (-11.0) mm de largo y desde 3.0 hasta 5.0 mm de ancho, subterete, no geniculado, piloso adaxialmente, con pelos largos e irregularmente capitados, espolón desde 3.0 hasta 6.0 mm de largo, subterete, redondeado o agudo, subrecto o formando un ángulo distinto con el tubo, de color verde, lóbulos desde 5.0 hasta 12.5 mm de largo, por 3.0 hasta 8.0 mm de ancho, obovado-oblongos, redondeados a truncados, rara vez ligeramente submarginados, recubiertos con pelos largos, irregularmente capitados. Cápsulas

desde 3.0 hasta 4.5 mm de diámetro, subglobosas-ovadas, esparcidamente glandular pubescentes; semillas numerosas, desde 1.0 hasta 1.2 mm de largo por 0.2 hasta 0.5 mm de ancho, fusiformes, finamente reticuladas.

Distribución conocida:

Guerrero, Michoacán y Oaxaca Casper (1966), García-Mendoza & Meave (2011)

CHIAPAS.- Dos km del entroke de la carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores, km 50, hacia Grutas de Guaymas. Altura: 1,061 msnm. N: 16° 25' 17.1" W: 93° 10' 32.7"

Ejemplares depositados en el Herbario HEM, de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Recolectados por Carlos R. Beutelspacher, el 27 de junio de 2015.

COMPARACIÓN ENTRE *Pinguicula medusina* y *Pinguicula heterophylla*: *P. medusina* muestra una similitud estrecha con *Pinguicula heterophylla* con la que comparte muchas características comunes.

De acuerdo con **A World of *Pinguicula***, en general, la flor de *Pinguicula medusina* es un poco más pequeña y más delgada que la flor de *Pinguicula heterophylla*. La forma de los lóbulos de la corola también es diferente: en *P. heterophylla*, los lóbulos inferiores son obovado-oblongos, redondeados en el extremo y la superposición en los bordes; mientras que en *P. medusina*, los lóbulos son oblongos y estrechos, obovados, truncados y redondeados en las puntas y que no se superponen. Además, en *Pinguicula heterophylla* los lóbulos son más a menudo reflexos mientras que en *Pinguicula medusina* esto no se nota.

El patrón de color de la flor también es diferente: para

Pinguicula heterophylla, la corola es lila o blanquecina, con una mancha de color amarillo verdoso en la garganta y el espolón es la verde brillante; para *Pinguicula medusina* la corola es de color blanco, o blanco con una coloración lila en los bordes de los lóbulos, el tubo es de color blanco o teñido con violeta con una mancha de color verde amarillento en la parte inferior, mientras que el espolón es blanco.

Cuando crecen muestras de las dos plantas en las mismas condiciones, se pueden notar diferencias en la fenología de las dos especies: *P. heterophylla* tiene la flor de mayo a junio, mientras que aparecen las hojas intermedias entre la roseta de invierno y la roseta de verano. Las hojas de verano se forman al finalizar de junio y octubre, después de lo cual la roseta de invierno se desarrolla y se mantiene hasta abril del próximo año. Para *Pinguicula medusina*, el período de floración se produce desde principio de junio a principio de julio. En cuanto a *Pinguicula heterophylla*, se observa la presencia de hojas intermedias que permanecen hasta mediados de agosto. Las hojas de verano se desarrollan a partir de agosto a diciembre y la roseta de invierno se produce en enero. Esta roseta de invierno se mantiene hasta junio del próximo año.

OBSERVACIONES

Es interesante señalar, que Zamudio (2006), menciona como hábitat de *Pinguicula heterophylla*, "Bosque" de *Quercus*, *Pinus-Quercus* o *Pinus*, en laderas de roca ígnea y granito, en elevaciones desde 1,500 hasta 2,750 msnm, en tanto que la población encontrada por nosotros en Chiapas, se encuentra en Selva Seca Tropical, con *Hechtia schottii* y *Sabal mexicana* en laderas de rocas calizas y a una altura de 1,061 msnm.

LITERATURA CITADA

A WORLD OF PINGUICULA. Página en internet.

www.pinguicula.org/.../pinguicula_heterophylla.htm. Consultada el 28 de junio del 2015.

BREEDLOVE D.E., 1986. *Flora de Chiapas. Listados florísticos de México VI*. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México. México, D.F. 246 p.

CASPER, S.J., 1966. *Monographie der Gattung Pinguicula L.*. Bibliotheca Botanica. Heft 127/128, str. 99-101.

GARCÍA-MENDOZA, A.J. & J. A. MEAVE, 2011. (none) Divers. Florist. Oaxaca. 1-351.

ZAMUDIO R., S. & M. STUDNIKA, 2000. Nueva especie gipsícola de *Pinguicula* (Lentibulariaceae) del estado de Oaxaca, México. *Acta Botánica Mexicana* 53 :67-74.

ZAMUDIO-RUIZ, S., 2006. Lentibulariaceae, In. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fasc. 45, pp. 2-3. Instituto de Biología, UNAM.

APÉNDICE



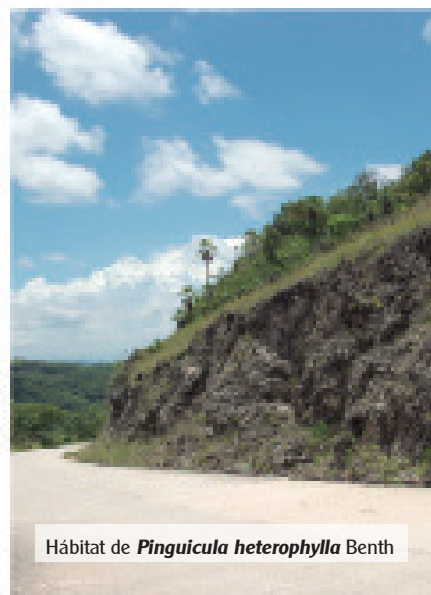
Fruto de *Pinguicula heterophylla* Benth



Plantas de *Pinguicula heterophylla* Benth.
creciendo entre las rocas



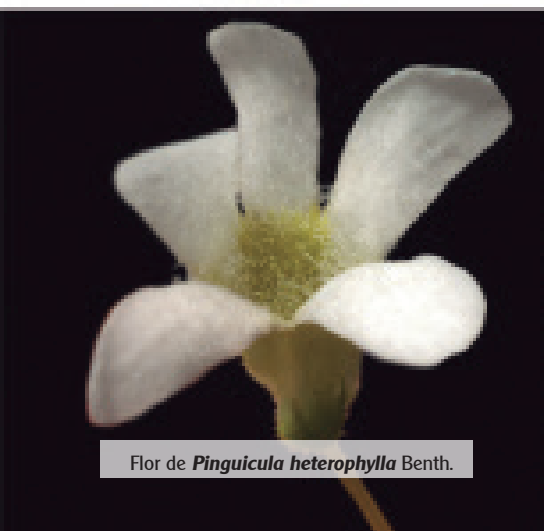
Pinguicula heterophylla Benth



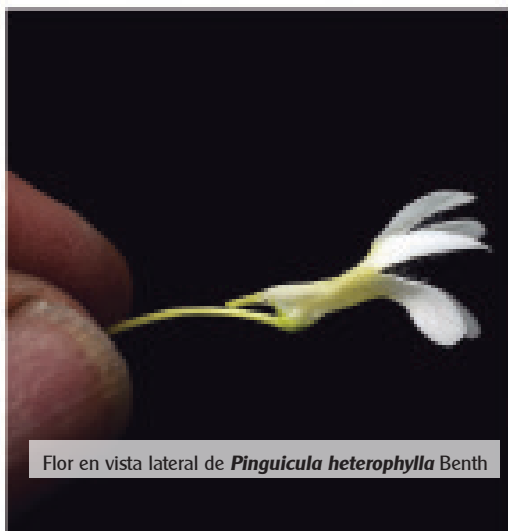
Hábitat de *Pinguicula heterophylla* Benth



Pinguicula heterophylla Benth, con flor



Flor de *Pinguicula heterophylla* Benth.



Flor en vista lateral de *Pinguicula heterophylla* Benth

Uncaria tomentosa (Willd.) DC. (Rubiaceae) y las falsas “uña de gato” en México

Carlos R. Beutelspacher¹
Oscar Farrera-Sarmiento^{1,2}

¹ Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente núm. 1150, colonia Lajas Maciel, C.P. 29032, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, Email: rommelbeu@hotmail.com | ² Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, Calzada Hombres Ilustres s/n Parque Madero, col. Centro, Tuxtla Gutiérrez. Email: correo: ofarreras@hotmail.com

RESUMEN

Se hace una relación y se incluyen breves descripciones de 31 especies de plantas pertenecientes a diversas familias botánicas, principalmente Fabáceas, y que son conocidas comúnmente en México bajo el nombre de “uña de gato” debido a sus espinas, y utilizadas en medicina popular como sustitutos de la verdadera “uña de gato” *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC., (Rubiaceae), sin que se hayan demostrado sus propiedades medicinales con lo que se pone en riesgo la salud de los consumidores. Se ilustran algunas de las especies.

Palabras clave: plantas uña de gato, México.

ABSTRACT

A relationship is made and brief descriptions of 31 species of plants belonging to different botanical families, especially Fabaceae, and are commonly known in Mexico under the name of “cat’s claw” because of their thorns and used in folk medicine as included substitutes for the real “cat’s claw” *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC. (Rubiaceae), but they have proven their medicinal properties which are threatening the health of consumers. They illustrate some of the species.

Key words: plants cat’s claw, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años, comenzó a mencionarse el uso de la “uña de gato” *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC., de la familia Rubiaceae, como una de las tantas “panaceas” capaces de curarlo todo, y aunque es una planta conocida y ampliamente utilizada ancestralmente por los indígenas yáneshas y asháninkas de la selva central del Perú para la cura de diversas enfermedades comunes, sabemos que su utilización más allá de ese ámbito, es bastante reciente, quizá no más allá de treinta o cuarenta años; sin embargo, fue descrita en 1830 como especie, pero no es sino hasta mediados del siglo pasado, cuando el naturalista alemán Arturo Brell, efectuó los primeros estudios sistemáticos de esta especie basándose en ejemplares recolectados en la selva central del Perú. A pesar de todo lo anterior, el uso de esta planta medicinal y la difusión hacia el exterior de este país como panacea, se inicia a más de un siglo después de su descubrimiento, «Cat’s Claw».

Entre las afecciones para las cuales ha sido utilizada la *uña de gato* (*Uncaria tomentosa*), están las siguientes, según Ernst (2004), Reis (2008):

- Cáncer (tracto genital femenino, bronco pulmonar y gástrico) y diversos tumores.
- Coagulación de la sangre.
- Debilidad general y en la convalecencia.
- Diabetes.
- Dolores por reumatismo.
- Gonorrea.
- Hemorroides y fistulas.
- Heridas profundas.
- Infecciones de toda índole
- Inmunodeficiencia VIH o sida
- Irregularidades del ciclo menstrual.
- Normalización de algunas funciones del sistema inmune.
- Procesos virales.
- Úlceras y tumores.

En la Primera Conferencia Internacional sobre *Uncaria tomentosa*, que patrocinó la OMS en Ginebra, Suiza, se llegó a la conclusión que después del descubrimiento de la quinina, ninguna otra planta de la selva húmeda logró despertar tanto interés como lo hizo esta, especialmente sobre todo en los alcaloides, ya que por lo menos seis de ellos eran capaces de aumentar el nivel de inmunidad hasta un 50%. Cinco de los alcaloides fueron clínicamente documentados por tener efecto contra la leucemia, tumores, úlceras e infecciones y artritis (Jørgensen & León-Yáñez, (Eds.) (1999)

GÉNERO UNCARIA SCHREB

Arbustos escandentes, glabros o pubescentes, trepadores, utilizando espinas uncinadas robustas, formadas a partir de pedúnculos abortivos; estípulas interpeciolares, enteras o bifidas; hojas opuestas, pecioladas; inflorescencias pedunculadas densamente esféricas sésiles o pediceladas, axilares y solitarias, o paniculadas; flores amarillentas, generalmente pubescentes con el hipanto alargado, fusiforme, con el cáliz acampanado, en forma de embudo o cortamente tubular, pentalobulada o pentapartido; corola pequeña, tubular-infundibuliforme, con el tubo alargado, glabras en la garganta, el limbo pentalobulado, los lóbulos valvados en la yema; estambres cinco, insertos en la garganta de la corola, con filamentos cortos, las anteras oblongas, dorsifijas, bisetosas en la base; ovario fusiforme, con dos celdas, el estilo delgado, largamente exserto, el estigma capitado; óvulos numerosos, ascendentes; la placenta adherida al tabique; cápsula pequeña, alargada, con celdas, bivalvadas y septicidas, las valvas bipartidas; semillas numerosas, imbricadas, con la testa alada hacia el ápice.

Cerca de 35 especies, principalmente en Asia tropical y África, con una sola especie en América del Sur.

Uncaria tomentosa (Willd.) DC., Rubiaceae.

Nauclea tomentosa Willd., Syst. Veg. (ed.15bis) 5: 221 (1819)

Prodr. 4: 349 (1830)

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Basada en Standley & Williams, Flora of Guatemala 11: Fieldiana: Botany 24, Part 11 (1-3) 204-205, Pl.226 (1975)

Arbusto o árbol pequeño, hasta de 15 metros, escandente o al menos con ramas largas y colgantes o ramas que escalan. Son ramas tetrágonas, densamente pilosas o escasamente o puberulentas, y glabras con la edad; estipu-

las ampliamente oblongo-ovadas a deltoides-redondeadas, de 11.6 mm de largo, obtusas o redondeadas en el ápice, a menudo reflexas; hojas con pecíolos gruesos desde 7 hasta 15 mm de largo, ovaladas a ovadas, desde 10 hasta 15 cm de largo, y desde 5.5 hasta 8.5 cm de ancho, ligeramente obtuso-acuminadas, en la base ampliamente redondeadas o cordadas, de color verde brillante y glabras por encima, más pálidas por debajo, de color blanco-tomentosas, o glabras con la edad, excepto a lo largo de las venas que son pilosas; las inflorescencias en cabezuelas esféricas, a menudo en panículas, numerosas, de unos seis mm de diámetro (exclusivamente de la corola), los pedúnculos desnudos de 3,5 cm de largo o menos, a menudo comprimidos, los más bajos generalmente estériles y espinosos, grandes y aplanados, recurvados; flores sésiles; cáliz e hipantio aproximadamente de dos mm de largo, el hipantio seríceo, el cáliz oscuramente pentadentado, puberulento, los dientes redondeados; la corola de seis mm de largo, densamente retrorso pilosa, con pelos amarillentos adpresos, los lóbulos ovales u oblongos, redondeados en el ápice; fruta trígona, de dos a tres mm de largo.

Se dice que esta planta es una enredadera que crece cerca del agua, y al cortar el tronco, la savia puede ser utilizada como sustituto del agua potable. En Honduras al bejuco se le llama "Uña de Guara". En algunas partes de la costa atlántica de América Central se ha informado que constituye una maleza invasora en las plantaciones bananeras.

DISTRIBUCIÓN GENERAL. Guatemala y Belice hasta Brasil, Ecuador y Perú, incluyendo Las Antillas, por lo que no sería remoto encontrarla en Chiapas, en la Selva Lacandona.

Crece principalmente en la Amazonía, a lo largo del flanco oriental de la cordillera de los Andes, y se desarrolla mejor a alturas entre los 200 y 800 msnm. Su nombre común responde, como los de una treintena de especies vegetales, a las filosas espinas curvas que presentan los tallos jóvenes y que la planta utiliza para sujetarse a los árboles. Su nombre latino *tomentosa* se debe a las pequeñas pilosidades o tomentos que, a manera de pelusa, recubren la superficie de sus hojas, Jørgensen & León-Yáñez, (Ed.) (1999).

De acuerdo a Martínez en su utilísimo libro *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas* (1987), así como en el de *Plantas medicinales de México* (1959); además de otras obras de plantas medicinales, Anónimo (2008), Sosa-Gómez (1997); Valdez-Aguilar (2002) y Velasco-Alvarado (2013), y de la revisión de colecciones de herbarios incluyendo el Herbario Medicinal del

IMSS (Aguilar-Contreras *et al.*, 1998), en nuestro país se encuentran 22 especies de plantas denominadas comúnmente como “uña de gato”, más nueve adicionales que hemos encontrado con el mismo nombre común, y que corresponden no solo a géneros distintos, sino a familias diferentes, lo cual nos da un total de 31 especies. Esto viene a colación, debido a que con frecuencia el común de la gente, o los yerberos, fiándose del nombre común, utilizan una planta con cierto nombre, como aquella a la que se atribuyen propiedades medicinales, tal es el caso de la conocida “uña de gato”. Por lo que consideramos de interés enlistar en este artículo todas aquellas especies conocidas entre otros nombres como “uña de gato”, pero que en definitiva, no tienen nada que ver con *Uncaria tomentosa*, la “auténtica” uña de gato, y que al venderse por parte de los yerberos, constituye no solamente un fraude, sino quizá hasta un riesgo para la salud de los usuarios, por desconocerse sus propiedades.

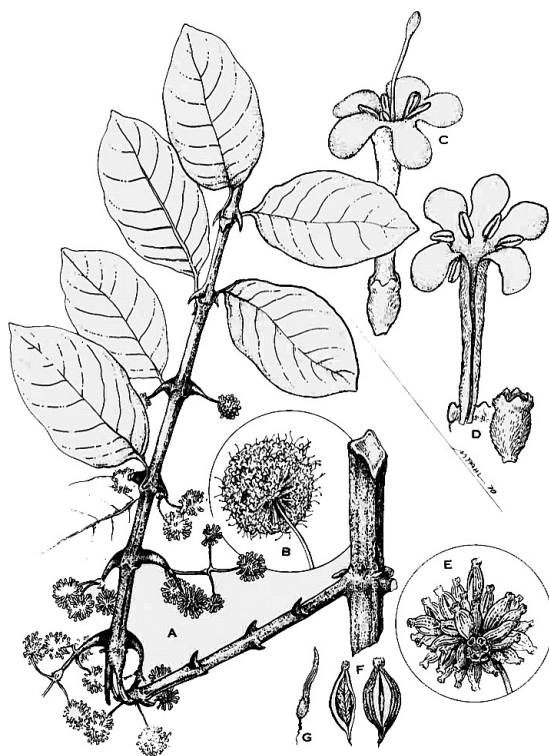


FIGURA 1

***Uncaria tomentosa*.** A. Rama, B. Segmento de la inflorescencia, C. flor, D. flor disecada, E. Inflorescencia fruticosa, F. Cápsulas mostrando la dehiscencia, G. Semillas. Tomada de Standley & Steyermark (1946).

Uña de gato. Con este nombre se designan popularmente a diversas plantas arbustivas que tienen espinas encorvadas, entre ellas, 20 especies de Fabáceas de los géneros *Havardia* (1), *Mimosa* (10), *Machaerium* (4), *Olneya* (1), *Senegalia* (4), una Cactaceae, una Cannabaceae, una Loganiaceae dos Martyniaceae, dos Nyctaginaceae, una Rutaceae, una Rosaceae, una Solanaceae y una Verbenaceae. Algunas descripciones están basadas en Miranda (1998), en tanto que otras se basan en Standley & Steyermark (1946)

Uña de gato. *Pereskia aculeata* Mill., Cactaceae. Figuras 2 y 3.

Gard. Dict. (ed. 8) Pereskia No. 1 (1768)

Planta trepadora hasta de 10 m de altura o más, con tallos de dos a tres cm de diámetro, los más jóvenes poseen espinas en forma de gancho en tanto que los más viejos tienen grupos de espinas leñosas largas y delgadas. Las hojas miden desde cuatro hasta 11 cm de largo y desde 1.5 hasta 4 cm de ancho, son simples, enteras, ligeramente carnosas y de color verde brillante, caducas en la estación seca. Las flores son de color crema, desde 2.5 hasta 5 cm de diámetro, son numerosas y muy perfumadas. El fruto es una baya casi esférica, de dos cm de diámetro, amarilla, anaranjada o roja. Los frutos son comestibles, contienen numerosas semillas.

DISTRIBUCIÓN. EUA., México (Chiapas, Oaxaca, Yucatán), desde Guatemala hasta Brasil, Antillas. China, Sudáfrica y Australia.

Uña de gato. *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg., Cannabaceae. Figura 4.

Silva 7: 64 (1895)

Arbusto o arbolito desde 3 hasta 12 m de altura, espinoso, con las espinas encorvadas; hojas ovadas u ovals; flores amarillo-verdosas; fruto amarillo de ocho a 12 mm, anguloso, con frutos comestibles.

DISTRIBUCIÓN. México (Campeche, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán), desde Guatemala hasta Brasil.

Uña de gato. *Havardia sonora* (S. Watson) Britton & Rose, Fabaceae.

N. Amer. Fl. 23 (1): 42 (1928)

Sin. *Pithecellobium sonora* Wats. (1889)

Arbusto o arbolito espinoso, desde 3 hasta 6 m, con hojas bipinadas y una glándula en el peciolo, debajo de las pinas, éstas en 2-3 pares y las hojuelas numerosas,

desde 3 hasta 4 mm. El fruto es una vaina desde 1.5 hasta 2 mm de ancho.

DISTRIBUCIÓN. México (Sinaloa, Sonora).

Uña de gato. Machaerium biovulatum Michel, Fabaceae. Figura 5.

Mém. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève 34: 265 pl.15 (1903)

Árbol desde 5 hasta 12 metros con la copa redondeada, o, a veces como una enredadera leñosa sobre árboles altos, las ramillas al principio, densamente pardo-tomentosas; estípulas endurecidas y formando pequeñas espinas recurvadas; foliolos desde 13 hasta 21, peciolulados, coriáceos, oblongos, la mayoría desde 4 hasta 7 cm de largo y desde 2 hasta 2.5 cm. de ancho, redondeados y más o menos emarginados en el ápice, obtusos o redondeados en la base, verdes y glabras por encima, pálidos por debajo, cuando jóvenes, algo pilosos o vellosos, al menos a lo largo de las costa, los nervios laterales numerosos, finos y aproximados; racimos solitarios o en panículas, densas y multifloridas, escasamente o densamente pardo-tomentosas; flores desde 11 hasta 13 mm de largo, de color morado oscuro, los pedicelos de 3 mm de largo o más cortos; cáliz campanulado, desde 5 hasta 6 mm de largo, tomentulosos; ovario densamente viloso; vaina desde 5 hasta 7 cm de largo, la porción basal hispidulosa, el ala desde 1,5 hasta dos cm de ancho, glabra, redondeada en el ápice.

DISTRIBUCIÓN. México (Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco), y desde Guatemala hasta Sudamérica.

Uña de gato. Machaerium cobanense Donn. Sm., Fabaceae. Figura 6.

Bot. Gaz. 44 (2): 108-109 (1907)

Bejuco leñoso hasta de 10 metros de largo, con las ramillas densamente tomentosas o cortamente vellosas; estípulas endurecidas y espinescentes, agudas, recurvadas, de cinco mm de largo; foliolos generalmente desde 13 hasta 19, subcoriáceos, peciolulados, oblongos, en general, desde 2 hasta 5 cm de largo y desde 0.5 hasta 2.5 cm de ancho, obtusos o subagudos y mucronados, redondeados a subagudos en la base, de color verde oscuro y escasamente pilosos en el haz, y densamente pilosos por debajo, las nervaduras no muy numerosas o estrechamente paralelas; la inflorescencia es terminal, paniculada, con alrededor de 30 cm de largo, raquis densamente leonado-piloso, los pedicelos desde 1 hasta 3.5 mm de largo; flores desde 12 hasta 13 mm de largo; cáliz tubular acampanado, de 6 mm de largo, tomentoso;

densamente pubescente en el exterior; ovario vellosos; vaina desconocida.

DISTRIBUCIÓN. México (Chiapas, Oaxaca, Veracruz), y de Guatemala a Bolivia.

OBSERVACIONES. Especie citada por Díaz-Montesinos *et al.* (2011) y Standley & Steyermark (1946)

Uña de gato, Bejuco de sangre. Machaerium isadelphum (E. Mey.) Amshoff., Fabaceae.

Drepanocarpus isadelphus E. Mey, Nova Acta Phys.-Med. Acad. Caes. Leop.-Carol. Nat. Cur. 12 (2): 807-808 (1825)

Meded. Bot. Mus. Herb. Rijks Univ. Utrecht 52: 53 (1939)

Sin. *Machaerium marginatum* Standl. (1924)

Machaerium setulosum Standl. (1922)

Arbusto subtrepador espinoso, de hojas pinadas, con numerosas hojuelas desde 2 hasta 3.5 cm de largo, por 6 a 8 mm de ancho. Con nervaduras paralelas, pubescentes abajo; inflorescencias sedoso-pilosas; flores papilionadas, de color violeta; vaina comprimida, parecida a una sámara, indehiscente, con una semilla.

DISTRIBUCIÓN. México (Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz), y de Guatemala a Brasil.

Uña de gato. Machaerium salvadorensis (Donn. Sm.) Rudd., Fabaceae. Figura 7.

Drepanocarpus salvadorensis Donn. Sm., Bot. Gaz. 44 (2): 109-110 (1907)

Phytologia 22 (1): 56 (1971)

Sin. *Machaerium riparium* Brand. (1919)

Planta trepadora de hojas pinnadas, con nueve hojuelas oblongas o elípticas de 3 cm; flores papilionadas en panícula, de color violeta. Vaina elipsoide, comprimida, de 6 cm de largo, por 1.8 cm de ancho, con ala ancha.

DISTRIBUCIÓN. México (Chiapas, Coahuila, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Veracruz), de Guatemala a Panamá y Venezuela.

Uña de gato Mimosa aculeaticarpa Ortega, Fabaceae. Nov. Pl. Descr. Dec. 10: 134 (1800)

Acacia aculeaticarpa (Ortega) Lagasca (1816)

Mimosopsis aculeaticarpa (Ortega) Britton & Rose (1928)

Arbustos erectos o árboles de 1 a 4 hasta 9 m de alto, las ramas jóvenes difusas, acostilladas, pardas, puberulentas a tomentulosas, con puntos resinosos, las ramas maduras estriadas, pardo-grisáceas, puberulentas, glabrescentes, armadas con aguijones infraestipulares, pareados, recurvados. Hojas con estípulas de 2-6 mm de

largo, lineares a subuladas, puberulentas a pubescentes, los márgenes ciliados a lisos, el pecíolo de 0.3-0.4 hasta 1.2 cm de largo, acostillado, puberulento a tomentuloso, inerme, el raquis primario puberulento a tomentuloso, inerme a espinoso, las pinnas 6-20 pares, los folíolos (9-) 10-20 pares por pinna, de 2-4 mm de largo, 0.7-1.5 mm de ancho, oblicuamente lineares a linear-oblongos u oblongos, el haz y el envés glabros a puberulentos, la nervadura excéntrica prominente en el envés, el margen ciliado a liso, el ápice agudo u obtuso. Inflorescencias en capítulos de 1.0-1.5 cm de diámetro, globosos, con 40-50 flores, axilares, solitarios o dispuestos en fascículos de 2-5 o en ramas racemiformes terminales, los pedúnculos de 1.0-2.5 cm de largo, puberulentos, inermes, las brácteas de 1/5-1/3 de la longitud de la corola, espatuladas, puberulentas, el margen ciliado; flores bisexuales, sésiles; cáliz de 1/3-1/2 de la longitud de la corola, 5-lobado, campanulado, puberulento a glabro, el margen ciliado; corola 5-lobada, blanca, los lóbulos puberulentos a pubescentes, libres en 1/3 de la longitud de la corola; estambres 10, los filamentos libres, blancos; ovario estipitado, puberulento a tomentoso o glabro, el ápice del estilo atenuado. Legumbres desde 2.0-3.0 hasta 3.7 cm de largo, 4-6 mm de ancho, linear-oblongas, rectas a ligeramente curvadas, no comprimidas entre las semillas, las valvas enteras, glabras, con puntos resinosos rojizos, estipitadas, el estípite de 1-4 mm de largo, el margen desde espinoso hasta inerme. El ápice agudo a mucronado; semillas de 3.0-4.0 hasta 4.5 mm de largo, de 2.2-3.0 hasta 3.8 mm de ancho, de 0.8-1.1 hasta 2.2 mm de grosor, lenticulares, la testa pardo oscuro o pardo-rojiza, lisa o porosa, brillante, la línea fisural de 40-50% de extensión.

DISTRIBUCIÓN. *Mimosa aculeaticarpa* es una especie endémica de México, se reconocen dos variedades, la var. *aculeaticarpa* y la var. *desmanthocarpa* (B.L. Rob.) J.F. Macbr., la primera tiene amplia distribución en el país, en el centro y norte, en la vertiente del Pacífico desde Colima hasta Oaxaca y en la vertiente del Golfo se encuentra únicamente en Tamaulipas y en cuatro municipios del centro de Veracruz, mientras que la var. *desmanthocarpa* es endémica de Chiapas. En la región tojolabal del ejido Francisco Sarabia, Comitán, Chiapas y es utilizada como parte del cerco vivo.

Uña de gato, zarza. Mimosa albida Willd., Fabaceae. Figura 08.

Sp. Pl. 4 (2): 1030 (1806)

Arbustos espinosos erectos, trepadores o decumbentes, que alcanzan hasta cuatro m de altura, las ramas son estriadas, hispidas a estrigosas y puberulentas, rara vez

glabras. Los aguijones son infraestipulares y dispuestos irregularmente en los entrenudos. Pinnas un par; folíolos 2 pares, el inferior e interno reducido o ausente, oblicuamente elípticos a ovados u obovados, 20-80 mm de largo y 10-40 mm de ancho, ápice desde agudo hasta mucronulado, margen setoso, estrigosos y puberulentos por lo menos en el envés; pecíolos espinosos a inermes, estípulas lanceoladas a subuladas, pubescentes. Cabezuelas globosas a subglobosas, axilares y en ramas racemiformes o paniculiformes, brácteas 1/3 de la longitud de la corola o tan largas como ésta; cáliz campanulado, 1/8-1/5 de la longitud de la corola, glabro, margen ciliado a fimbriado; corola 4 (5)-lobada, pubescente o estrigosa, rosada; estambres 4 (5). Fruto oblongo, 1.5-3.5 cm de largo y 4-8 mm de ancho, con 1-6 artículos, ápice apiculado a cuspidado, valvas y margen estrigosos o puberulentos, sésil a estipitado; semillas lenticulares, 3.5-4.3 mm de largo, 3-3.6 mm de ancho y 1.5-1.7 mm de grueso, la testa lisa, café-rojiza, la línea fisural 1/2 de la longitud de la semilla. Se distribuye desde México hasta Perú, Bolivia y Brasil.

Uña de gato. Mimosa benthamii J.F. Macbride, Fabaceae. Contr. Gray Herb. 59: 12 (1919)

Sin. *Mimosa fasciculata* Benth. (1841)

Arbusto espinoso de corteza blanquecina, con hojas bipinadas provistas de 9 a 10 pares de pinas; hojuelas tomentoso-seríceas en ambas caras, de 2.6 mm; flores en espigas; el fruto es una vaina espinosa de 5 mm de ancho.

DISTRIBUCIÓN. México (Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Sinaloa y Zacatecas).

Uña de gato. Mimosa biuncifera Benth., Fabaceae. Pl. Hartw. 12 (1839)

Arbusto de uno a 2 m, espinoso, con las espinas fuertes y encorvadas; hojas bipinadas, con hojuelas de dos a tres mm; flores blancas o rosadas en cabezuela; fruto, una vaina de cuatro a seis mm de ancho, obtusa o redondeada.

DISTRIBUCIÓN. EUA (Arizona, New Mexico, Texas), México (Baja California, Coahuila, Durango, México, Oaxaca, San Luís Potosí), El Salvador.

Uña de gato. Mimosa eurycarpa B.L. Rob., Fabaceae. Proc. Amer. Acad. Arts 33: 322 (1898)

Arbusto o arbolito hasta de 6 m, con hojas bipinadas y hojuelas muy numerosas, de cuatro a seis mm; flores blancas en cabezuelas; fruto una vaina hispida y delgada.

DISTRIBUCIÓN. México (Jalisco, México, Oaxaca, Sinaloa).

Uña de gato. Mimosa laxiflora Benth., Fabaceae.

Arbusto nativo de ramificación dispersa, hasta de tres m de altura. Se usa la semilla en casos de epilepsia (Valdez-Aguilar, 2002).

DISTRIBUCIÓN. Se le encuentra a la orilla de arroyos y llanos aluviales de Sonora y Baja California, México.

Uña de gato. Mimosa galeottii Benth., Fabaceae.

London J. Bot. 5: 92 (1846)

Arbusto o arbolito desde 3 hasta 4.5 m, con espinas recurvadas y hojas bipinadas con numerosas hojuelas de dos mm. Flores amarillentas al principio y al fin, rosadas. El fruto es una vaina espinosa de 4 cm de largo por 6 de ancho.

DISTRIBUCIÓN. México (Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca).

Uña de gato. Mimosa monanctristra Benth., Fabaceae.

Pl. Hartw. 12 (1839)

Arbusto espinoso hasta de 1.5 m, con espinas cortas y hojas bipinadas, con hojuelas de tres a cinco mm. Flores rosadas en cabezuelas. El fruto es una vaina espinulada de cuatro a cinco mm de ancho.

DISTRIBUCIÓN. México (Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas).

Uña de gato. Mimosa platycarpa Benth., Fabaceae. Figura 9.

Trans. Linn. Soc. London 30: 417 (1875)

Arbustos o árboles, desde 2 hasta 6 m de alto, ramas estriadas, puberulentas y con puntos resinosos a glabras, con agujones infraestipulares y dispuestos irregularmente en los entrenudos. Pinnas desde 4 hasta 10 pares; folíolos desde 8 hasta 20 pares, oblicuamente linear-oblongos, desde 3 hasta 7 mm de largo y desde 0.5 hasta 2 mm de ancho, ápice agudo, margen ciliado, tomentulosos a glabros en la haz, tomentulosos en el envés; pecíolos inermes, estípulas subuladas, tomentosas. Espigas desde dos hasta cuatro cm de largo, laxas, axilares, brácteas de la misma longitud que el cáliz; cáliz campanulado, 1/3 de la longitud de la corola, puberulento, margen ciliado; corola tetra o pentalobada, glabra a puberulenta en los lobos, blanca; estambres desde 8 hasta 10. Fruto lanceolado-oblongo a oblongo o elíptico, desde 3 hasta ocho cm de largo y 10–25 mm de ancho en la parte media, ápice agudo a cuspidado o rostrado, valvas enteras, glabras, con puntos resinosos y nervadura conspicua, margen

espinoso a inermes, estipitado; semillas lenticulares, desde 3.5 hasta 4.4 mm de largo, 2.6–3.3 mm de ancho y desde 1 hasta 1.5 mm de grueso, la testa lisa, café obscura, la línea fisural 3/4 de la longitud de la semilla.

DISTRIBUCIÓN. Común, en bosques caducifolios y subcaducifolios, en matorrales y terrenos inundables, en bosques de galería perturbados, zonas pacífica y norcentral; desde 15 hasta 1,200 m; desde Oaxaca hasta Costa Rica. Está relacionada con *M. acantholoba*, de la cual se distingue por sus flores en espigas, su periodo de floración y fructificación más prolongado, su distribución e intervalo altitudinal más amplios. En Nicaragua se encuentra la variedad típica, mientras que *M. platycarpa* var. *liesneri* (Barneby) R. Grether sólo se conoce de Costa Rica; ésta última difiere por sus folíolos más angostos y el fruto con las valvas densa y largamente setosas y el margen setoso.

Uña de gato. Mimosa polyantha Benth., Fabaceae. Figura 10.

J. Bot. (Hooker) 4 (32): 410 (1842)

Arbusto espinoso desde 1 hasta 3.5 m, con hojas bipinadas y hojuelas oblongas, desde 2 hasta 4 mm. Flores blancas o rosadas en espigas. El fruto es una vaina de 8 mm de ancho.

DISTRIBUCIÓN. México (Chiapas, Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Sonora, Veracruz), desde Guatemala hasta Colombia.

Uña de gato. Olneya tesota A. Gray, Fabaceae.

Pl. Nov. Thurb. 328 (1854)

Arbusto o árbol espinoso hasta de 15 m de altura, y un tronco hasta de 60 cm de diámetro. Las ramas son verdes y posee hojas alternas pinnadas, de seis cm de largo, con cuatro hasta 12 pares de folíolos angostamente elípticos, de color verde-grisáceo, y en la base de cada hoja tiene un par de pequeñas espinas recurvadas. Las flores son de color rosado o lavanda y crecen agrupadas en ramilletes densos. El fruto es una vaina globosa hasta de 6 cm de largo, por 8 hasta 9 mm de ancho, y desde una hasta 8 semillas. El género recibe en español, el nombre vulgar de *palo fierro*, e *ironwood* o *desert ironwood* en inglés, aparte de *uña de gato*.

DISTRIBUCIÓN. EUA. (Arizona, California), México (Baja California, Baja California Sur, Sonora).

Uña de gato. Senegalia greggii (A. Gray) Britton & Rose (= *Acacia greggii* A. Gray), Fabaceae.

N. Amer. Fl. 23 (2): 110 (1928)

Arbusto o árbol de 9 m, con hojas bipinadas, con 3 a 4 pares de pinas, con hojuelas desde 2.5 hasta cuatro mm;

flores en espigas; estambres numerosos, amarillentos y aromáticas. El fruto es una vaina aplanada desde 8 hasta 12 cm. El tronco exuda una goma.

DISTRIBUCIÓN. EUA (Arizona, California, New Mexico, Texas, Utah), México (Baja California, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Tamaulipas).

Uña de gato. Senegalia occidentalis (Rose) Britton & Rose (= *Acacia occidentalis* Rose), Fabaceae.

N. Amer. Fl. 23 (2): 117 (1928)

Arbusto o árbol hasta de 12 m, espinoso; hojas bipinadas; hojuelas desde 10 hasta 14 pares, lisas, los pecíolos con glándulas; flores blanquecinas casi sésiles, en cabezuelas; estambres numerosos; fruto: vaina aplanada de unos siete cm de largo y dos de ancho.

DISTRIBUCIÓN.- EUA. (Arizona), México (Baja California, Sinaloa y Sonora)

Uña de gato. Senegalia riparia (Kunth) Britton (= *Acacia riparia* Kunth), Fabaceae.

Ann. New York Acad. Sci. 35 (3): 144 (1936)

Arbusto trepador, espinoso, con las espinas recurvadas; hojas bipinadas con hojuelas oblongas o angostamente oblongas, casi lisas, desde 5 hasta 7 mm; flores blanco-amarillentas, con estambres numerosos dispuestos en cabezuelas; fruto: una vaina estipitada, lisa y aplanada, de 9 cm de largo, por 2 de ancho.

DISTRIBUCIÓN. México (Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa y Yucatán), desde Guatemala hasta Brasil.

Uña de gato, uña de gato negro. Senegalia wrightii (Benth.) Britton & Rose (= *Acacia wrightii* Benth.), Fabaceae.

N. Amer. Fl. 23 (2): 110 (1928)

Arbusto o árbol hasta de 9 m; hojas bipinadas, con 2 hasta 3 pares de pinas; hojuelas oblongas u obovadas; flores amarillas en espigas desde 3 hasta 5 cm; vaina aplanada desde 8 hasta 11 cm.

DISTRIBUCIÓN. EUA (Texas), México (Baja California, Nuevo León, Tamaulipas).

Uña de gato. Strychnos nigricans Progel., Loganiaceae.

Fl. Bras. 6 (1): 280, t. 79 (1868)

Sin. *Strychnos brachistantha* St. (1936)

Arbusto trepador provisto de zarcillos, con hojas alternas, ovado-acuminadas, desde 6 hasta 8 cm, con 3 nervaduras. Flores pequeñas en cabezuelas. Fruto globoso de 8 cm. Es planta venenosa.

DISTRIBUCIÓN. México (Campeche, Tabasco), desde Guatemala hasta Brasil.

Uña de gato, Cazanpurga, Flor de pulga. Matapulga. Martynia annua L., Martyniaceae.

Sp. Pl. 2: 618 (1753)

Hierba anual hasta de un metro de altura, con tallos carnosos y hojas opuestas, pecioladas, con las láminas ovadas o triangulares, glandulosas y viscosas en ambas superficies. La inflorescencia es un racimo de hasta 20 flores perfumadas en forma de corneta, con cinco pétalos, el pétalo medio inferior es más ancho, el color es blanco con una mancha morada en cada pétalo, así como líneas amarillas y puntos morados. El fruto y la semilla, mide de 2 a 4 cm de largo, por 1.5 a 2 cm de ancho, provisto de una cresta dentada y dos espinas en forma de cuernos recurvados.

DISTRIBUCIÓN. China, EUA, México (Campeche, Chiapas, Chihuahua, Colima, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, Zacatecas) y desde Guatemala hasta Panamá y el Caribe.

Uña de gato, Tamkokochi. Proboscidea fragrans (Lindl.) Decne, Martyniaceae.

Martynia fragrans Lindl., Edwards's Bot. Reg. 26: Misc. 85 (1840)

Ann. Sci. Nat., Bot., sér. 5, 3: 326 (1865)

Hierba como de un metro y medio de alto, con el tallo hueco, de color verde blancuzco, provisto de tricomas. La hoja es ancha, parecida a la de la higuera. La flor es blanca en la mitad basal, en tanto que en la distal, es lila. Florece en septiembre. Cuando la fruta está tierna, es verde, pero al madurar, se pone de color café, se le desprende la cáscara y queda negra, tiene dos puntas en forma de garra de gato. Generalmente crece a la orilla de los ríos.

DISTRIBUCIÓN. En Burapaco, Chorihoa, Mesa Colorada, Mochibampo y San Pedro, en el estado de Sonora.

Uso Medicinal. La fruta se quema, se muele y se pone en un vaso de agua, se cuele y se toma como té, una taza en ayunas durante tres días y es utilizada para curar el cólera y los calambres. También se puede untar en el cuerpo el polvo del fruto quemado y, como talismán, se porta el fruto maduro.

Uña de gato, Cruz espina. Pisonia aculeata L., Nyctaginaceae.

Sp. Pl. 2: 1026 (1753)

Arbusto espinoso muy ramificado, a veces semitrepador, provisto de espinas recurvadas en forma de garra, con hojas de forma variable, desde 2 hasta 10 cm. Flores

unisexuales, pequeñas, aromáticas. Fruto viscoso, anguloso de 9 a 12 mm.

DISTRIBUCIÓN. EUA (Texas), México (Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán), y desde Guatemala hasta Brasil.

Uña de gato. Pisonia capitata (S. Watson) Standl., Nyctaginaceae.

Contr. U.S. Natl. Herb. 13 (11): 388 (1911)

Arbusto o arbolito hasta de 5 m de altura, provisto de espinas recurvadas y hojas opuestas, orbiculares o redondeado-obovadas, pubescentes, desde 2 hasta 6 cm. Flores verde-amarillento, sin corola. Fruto desde 7 hasta 10 mm, con glándulas cortamente estipitadas.

DISTRIBUCIÓN. México (Desde Sonora hasta Nayarit)

Uña de gato. Rosa montezumae Humb. & Bonpl. ex Thory, Rosaceae.

Roses 1: 55–56, pl. s.n. [opp. p. 55] (1817)

Arbusto espinoso de uno a 2 m, con hojas opuestas, desde 3 hasta 7 hojuelas ovales y agudas de uno hasta dos cm. Flores rosadas con estambres numerosos. Fruto rojo, ovalado, liso, con pelillos punzantes interiormente.

DISTRIBUCIÓN. México (montañas del centro del país)

Uña de gato. Zanthoxylum fagara (L.) Sarg., Rutaceae. Figura 14.

Schinus fagara L., Sp. Pl. 1: 389 (1753)

Gard. & Forest 3 (112): 186 (1890)

Arbusto o árbol de 10 m, con olor intenso y corteza recubierta de protuberancias suberosas, ramas espinosas, hojas alternas imparipinadas, con el raquis alado y 5 hojuelas desde 5 hasta 25 mm. Flores pequeñas, amarillo-verdosas, unisexuales. Madera dura y amarilla.

DISTRIBUCIÓN. EUA (Florida, Texas), México (Campeche, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán), y de Guatemala a Sudamérica.

Uña de gato. Solanum adhaerens Willd., Solanaceae.

Syst. Veg. (ed.15 bis) 4: 669 (1819)

Sin. *Solanum donnell-smithii* Coult. (1891)

Arbusto erecto o trepador con las ramas hispidas y hojas oblongas aovadas, hasta de 16 cm, lobadas o sinuadas, espinosas por abajo. Flores monopétalas, blancas,

que mide 1.5 cm, partidas hasta cerca de la base; cáliz espinoso. El fruto es una baya lisa de cerca de un cm.

DISTRIBUCIÓN. México (Campeche, Chiapas, Oaxaca, Tabasco, Veracruz), y desde Guatemala hasta Venezuela.

Uña de gato, Cinco negritos. Lantana camara L., Verbenaceae. Figura 15.

Sp. Pl. 2: 627 (1753)

Arbusto espinoso, provisto de hojas redondeado-ovadas a oblongo-ovadas, desde 2 hasta 4 cm, crenadas y ásperas; flores amarillas, anaranjadas, o rojas, monopétalas, tubulosas de un cm, dispuestas en cabezuelas; fruto negro de 3 mm de diámetro.

DISTRIBUCIÓN. EUA (California, Florida, Georgia, S. Carolina, Texas), México (Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán, Veracruz), de Guatemala a Sudamérica, y China.

OBSERVACIONES. Martínez (1959) menciona que en Morelos se utiliza el cocimiento de las hojas de esta planta como remedio para el reumatismo y como tónico para el estómago. En Sinaloa creen que es remedio para la mordedura de serpientes tomando el cocimiento de las hojas y aplicando una cataplasma en el lugar de la mordedura.

DISCUSIÓN

Las 31 especies de plantas que se conocen con este nombre popular en México nos ponen de manifiesto la importancia del uso del nombre científico, en este caso la *uña de gato* es uno más de los muchos problemas que surgen con el uso del o de los nombres comunes. Prácticamente el nombre común *uña de gato* se aplica a plantas con estructuras parecidas a esta parte anatómica de este animal doméstico, la cual puede ser una espina o aguijón curvo o bien un zarcillo que simule esta estructura, existen otros casos parecidos en nombrar como *uña de murciélago*.

El uso de las plantas medicinales tiene una importancia mayor por el contenido específico de cada especie referente a la estructura química de sus compuestos, también influye la región o agroecosistema de procedencia, el periodo y forma de la colecta del material, la adquisición de material medicinal en establecimientos informales tiene un riesgo alto de la autenticidad y calidad del producto; sin embargo, los estudios etnobiológicos de mercados nos muestran la riqueza de la información que se logra obtener al aplicar las diferentes técnicas etnobiológicas para determinar la especie y registrar el uso y sus particularidades de cada recurso medicinal, comestible, artesanal, ceremonial, etc., que los campesinos manejan

en la región. Mucho del recurso útil no ha sido estudiado y muy posiblemente tenemos nuevas alternativas para el cuidado de la salud, alimentación y demás necesidades reales frente a las posibles crisis de alimento y medicina por citar solo algún ejemplo.

En esta ocasión *uña de gato* tiene 31 posibilidades ubicadas en 14 géneros botánicos ubicados en diez familias de plantas con flores. De forma general los conocimientos más difundidos y “corroborados” del valor medicinal corresponden a *Uncaria tomentosa* la cual posiblemente esté presente en la Selva Húmeda Tropical de Chiapas.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a los curadores de los Herbarios CHIP, de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural de Chiapas, biólogos Francisco Hernández Najarro y al maestro en ciencias, Rubén Martínez, del Herbario HEM de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, por permitirnos tomar fotografías de varios ejemplares de herbario. Al señor Obet Sarmiento Cortés, por facilitarnos una de las fotografías que ilustran este artículo.

LITERATURA CITADA

- AGUILAR-CONTRERAS A.; J.R. CAMACHO-PULIDO; S. CHINO-VARGAS; P. JACQUES-RÍOS Y M.E. LÓPEZ-VILLAFRANCO, 1998.** *Plantas medicinales del herbario IMSS, su distribución por enfermedades*. IMSS. México D.F. 167p.
- ANÓNIMO, 2008.** *Medicina de la naturaleza*. Selecciones del Reader's Digest. p. 191.
- BREEDLOVE D.E., 1986.** *Listados florísticos de México IV. Flora de Chiapas*. Instituto de Biología, UNAM. 245 p.
- DÍAZ-MONTESINOS M.G., O. FARRERA-SARMIENTO Y M.A. ISIDRO-VÁZQUEZ, 2011.** Estudio etnobotánico de los principales mercados de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *LACANDONIA rev. Ciencias UNICACH* 5 (2): 21-42.
- ERNST E., 2004.** Complementary and Alternative Therapies for Rheumatoid Arthritis. *International Journal of Advances in Rheumatology* 2 (1): 22–25.
- FARRERA-SARMIENTO O., 1997.** *Plantas útiles del ejido Quintana Roo, Jiquipilas, Chiapas*. Tesis Lic. Biología. UNICACH. 87 p. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- ISIDRO-VÁZQUEZ M.A., 1997.** *Etnobotánica de los zoques de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. Gob. Edo. Chiapas. 125 p. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- JØRGENSEN, P.M. & S. LEÓN-YÁNEZ, (EDS.) 1999.** Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 75: I–VIII, 1–1181.
- MARTÍNEZ M., 1959.** *Las plantas medicinales de México*. Cuarta Edición. Ediciones Botas, México. 657 p.
- MARTÍNEZ M., 1987.** *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica, México. 1247 p.
- MIRANDA F., 1998.** *La vegetación de Chiapas*. CONECULTA Chiapas, 596 p.
- REIS S.R., L.M. VALENTE, A.L. SAMPAIO, A.C. SIANI, M. GANDINI, E.L. AZEREDO, L.A. D'AVILA, J.L. MAZZEI, M.G. HENRIQUES & C.F. KUBELKA, 2008.** Immunomodulating and Antiviral Activities of *Uncaria tomentosa* on Human Monocytes Infected with Dengue Virus-2. *International Immunopharmacology* 8 (3): 468–476.

SOSA-GÓMEZ R., 1997. *El poder medicinal de las plantas*. APIA. Puebla, Pue. Mex. p. 357.

STANDLEY P.,C. & J.A. STEYERMARK, 1946. Flora of Guatemala. *Fieldiana Bot.* 24 (5): 1- 500.

VALDEZ-AGUILAR R., 2002. *Prácticas de la herbolaria tradicional*. In Valdez-Aguilar R; A. Contreras-Aguilar; M.E. López-Villafranco y S. Xolalpa Molina. Herbolaria Mexicana. México desconocido- Conaculta, Mex. D.F. 215 p.

VELÁSICO-ALVARADO R.K., 2013. *Plantas útiles del ejido Francisco Sarabia, Comitán, Chiapas, México*. Tesis de Lic. Biología. Unicach. Tuxtla Gtz. 93p.

«Cat's Claw». American Cancer Society. 12 de septiembre de 2011. Consultado en agosto de 2015.

http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/flora2.php?l=4&t=U%C3%B1a%20de%20gato&po=guarajia&id=5361&clave_region=6. Consultada el 20 de septiembre del 2015.

<http://www.tropicos.org/name/13016476?projectid=7>. Consultada el 20 de septiembre del 2015.

http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/flover/147-martinez_bernal.pdf. Consultada el 20 de septiembre del 2015.

APÉNDICE



Figura 2.- *Pereskia aculeata*. Flores.

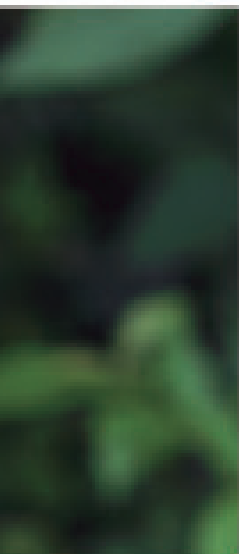


Figura 3.- *Pereskia aculeata*. Tallo con espinas. Fotografía Obet Sarmiento Cortés.



Figura 4.- *Celtis iguanea*. Herbario HEM.



Figura 5.- *Machaerium biovulatum*. Herbario HEM.



Figura 6.- *Machaerium cobanense*. Herbario HEM.



Figura 7.- *Machaerium salvadorensis*. Herbario HEM.

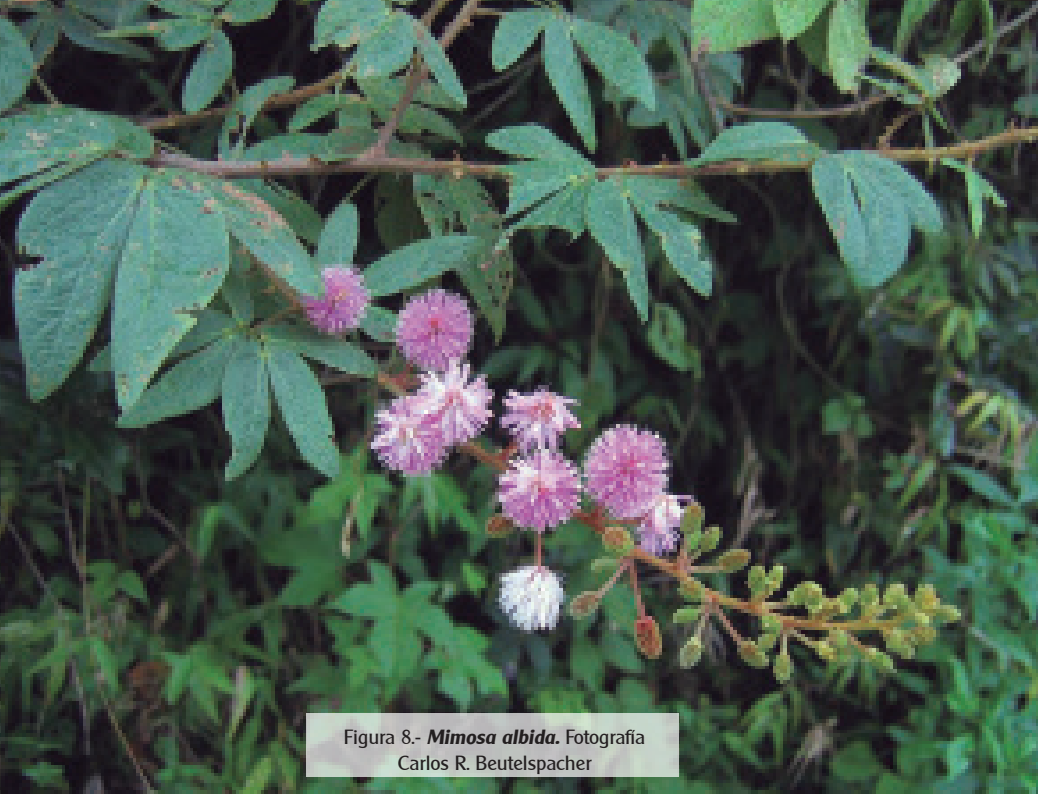


Figura 8.- *Mimosa albida*. Fotografía Carlos R. Beutelspacher



Figura 9.- *Mimosa polycarpa*. Herbario CHIP.



Figura 11.- *Martynia annua*. Planta con flores. Fotografía Carlos R. Beutelspacher



Figura 12.- *Martynia annua*. Fruto. Fotografía Carlos R. Beutelspacher

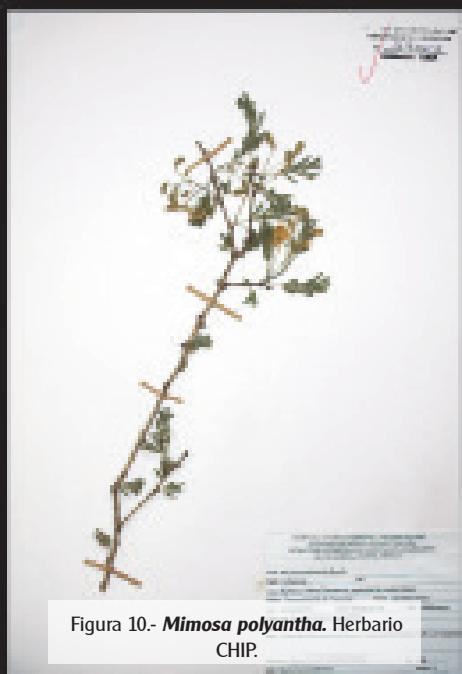


Figura 10.- *Mimosa polyantha*. Herbario CHIP.

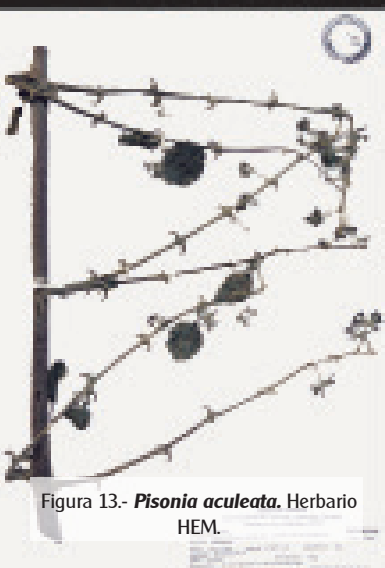


Figura 13.- *Pisonia aculeata*. Herbario HEM.

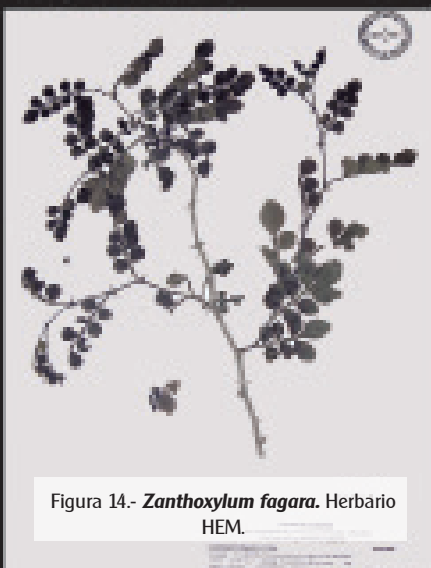


Figura 14.- *Zanthoxylum fagara*. Herbario HEM.

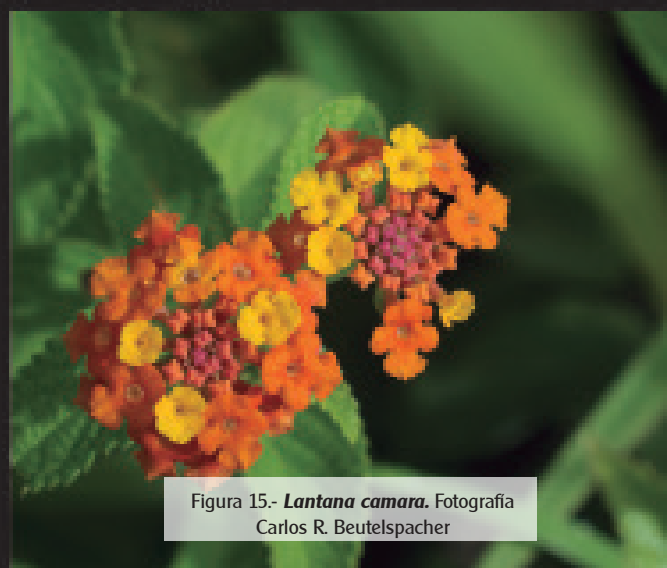


Figura 15.- *Lantana camara*. Fotografía Carlos R. Beutelspacher

Patrones de herbivoría y esfuerzo reproductivo en *Salvia longispicata* M. Martens y Galeotti (Lamiaceae)

María de Lourdes Gómez Tolosa¹, Martín Hernández López¹,
Sergio López², Miguel Ángel Pérez Farrera³

¹Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente s/n, col. Lajas Maciel C.P. 29039 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. E-mail: malugomeztolosa@hotmail.com; tincho_herdez@yahoo.com | ² Laboratorio de Ecología Evolutiva. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente s/n, col. Lajas Maciel C.P. 29039 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel 01(961) 6170440 ext. 4240. E-mail: sergio.lopez@unicach.mx | ³ Herbario Eizi Matuda. Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente s/n, col. Lajas Maciel C.P. 29039 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel 01(961) 6170440 ext 4315. E-mail: perezfarreram@yahoo.com.mx

RESUMEN

En este trabajo se analizó el efecto de la herbivoría y el tamaño de la planta sobre el esfuerzo reproductivo en una población de *Salvia longispicata* de la Reserva Estatal La Pera, municipio de Berriozábal, Chiapas, constituida por selva alta perennifolia y sub-perennifolia. Se empleó el índice de herbivoría (IH) propuesto por Dirzo y Domínguez (1995) como estimador del patrón de herbivoría y la altura de la planta como indicador del tamaño, para relacionarlo con el esfuerzo reproductivo medido como el número de flores producidas por cada individuo. Mediante un análisis de regresión múltiple se observó que existe una relación entre el número de flores producidas y el porcentaje de daño por herbivoría, así como entre el número de flores y la altura de la planta, de manera independiente. Sin embargo, el análisis mostró que no existen efectos combinados entre la herbivoría y el tamaño, sobre el esfuerzo reproductivo.

Palabras clave: Índice de herbivoría, La Pera, regresión lineal múltiple, interacciones bióticas.

ABSTRACT

In this paper we analyzed herbivory and plant size over reproductive effort in *Salvia longispicata* population at a tropical sub-perennial and perennial forest in La Pera reserve, Berriozábal, Chiapas. We applied herbivory index (IH) proposed by Dirzo and Domínguez (1995) to evaluate the relationship between herbivory pattern, plant size and reproductive effort, measured as the number of flowers produced per individual. By a multiple regression analysis we observed a relationship between the number of flowers produced and herbivory, just as plant height and reproductive effort, in a separate way. However, we do not observed combined effects, between herbivory and plant height, over reproductive effort.

Keywords: Herbivory Index, La Pera, Multiple Linear Regression, Biotic Interactions.

INTRODUCCIÓN

Las interacciones interespecíficas son aquellas que se establecen entre al menos dos organismos que pertenecen a dos o más especies diferentes (Del Val y Boege, 2012) e influyen en la abundancia y distribución de las poblaciones a las que pertenecen estas especies por los efectos que tienen sobre la adecuación individual (supervivencia, crecimiento y reproducción). La herbivoría forma parte del grupo de interacciones antagónicas que generalmente es negativa para la presa y positiva para el depredador (Del Val, 2012). Donde toda o parte de la presa (recurso) es consumida por el depredador; en este caso el herbívoro (Morin, 1999)

A nivel global, se ha estimado que la interacción planta-herbívoro involucra alrededor del 55% de las especies conocidas (Danell y Bergström, 2001; Price, 2001). Se calcula que los herbívoros terrestres consumen el 15% de la producción primaria neta anual (Jones y Hartley, 1997). En las selvas tropicales las plantas se enfrentan a pérdidas de biomasa causadas por insectos herbívoros, patógenos y mamíferos (Huntly, 1991). Esta pérdida de biomasa puede tener impacto sobre el crecimiento y la reproducción de las plantas (Crawley, 1987; 1989; Marquis, 1984, 2005). Se ha estimado que en las selvas tropicales aproximadamente el 11% del área foliar anual es consumida por herbívoros y patógenos (Coley y Aide, 1991). Generalmente los estados más vulnerables a la her-

bivoría pueden situarse en dos categorías: hojas jóvenes durante el ciclo de vida de una hoja, y plántulas durante el ciclo de vida de una planta (Boege y Marquis, 2005). En especies tropicales tolerantes a la sombra se ha visto que sus hojas nuevas en expansión pueden presentar de 5 a 100 veces más daño por parte de patógenos y herbívoros, en comparación con sus hojas maduras (Coley y Aide, 1991). En resumen, la herbivoría es la interacción planta-animal más frecuente en la naturaleza (Weis y Berenbaum, 1989) y además tiene un efecto importante sobre la diversidad, estructura y productividad de la vegetación (Harper, 1969; Janzen, 1970)

Uno de los factores más relevantes para el desarrollo y estructura del bosque es la luz (Hogan y Machado, 2002), que también afecta la incidencia del ataque a plantas por herbívoros (Sagers, 1992). Como señala Sagers (1992), algunas especies de plantas que crecen en claros de bosque presentan un mayor grado de herbivoría, comparada con las especies que crecen bajo el dosel. Feeny (1976) mostró que existe una relación positiva entre más conspicua es una planta y la tasa de herbivoría que tiene. Por otra parte, algunos herbívoros terrestres también mantienen o promueven la diversidad de plantas. Un estudio demostró el efecto de las liebres (*Lepus cuniculus*) dentro de la riqueza florística de un pasto en Gran Bretaña. Si no están las liebres el pasto *Bromus erectus* se incrementa y afecta negativamente al número de especies vegetales en la comunidad (Morin, 1999)

Debido a que las plantas no se pueden desplazar y evadir a su depredador, han desarrollado mecanismos de defensa que les ayudan para disminuir el efecto negativo de herbivoría. Desde el punto de vista nutricional, la herbivoría trae como resultado directo satisfacer el nivel químico de nutrimentos para el consumidor. Algunas plantas contienen dentro de sus tejidos gran cantidad de Carbono pero bajas concentraciones de Nitrógeno. Los herbívoros tienen que vencer las sustancias químicas o estructuras físicas que la planta emplea como defensa. Algunas defensas pueden ser físicas como son las espinas, hojas pubescentes, hojas fibrosas o bien hojas que presentan dureza que dificultan su masticación; también presentan defensas químicas como: altos contenidos de taninos y otros metabolitos secundarios (Chew y Rodman, 1979; Crawley 1986; Colety y Ayde, 1991). Existe por otra parte un argumento que establece que no todos los metabolitos secundarios tienen como papel principal y exclusivo el ser considerados como defensas químicas, sino que es necesario explorar otras alternativas; por ejemplo, pueden ser resultado de la presión que ejercieron otros herbívoros, sobre las plantas y que quizá esos her-

bívoros se extinguieron durante el Pleistoceno, o tal vez son resultado de procesos metabólicos de la planta que no se relacionan directamente con la defensa (Dirzo, 1985).

La sustracción de tejidos vegetales, hojas, corteza, tallos, raíces y savia influyen sobre la capacidad de la planta para sobrevivir y que no sea consumida por completo. La pérdida de follaje y la subsecuente pérdida de raíces, reducen la biomasa y el vigor de la planta, lo que la sitúa en desventaja competitiva y disminuye su esfuerzo reproductivo. Esto afecta de forma especial a los estadios jóvenes o en plantas de tamaño pequeño, cuando son más vulnerables y menos competitivas respecto a la vegetación circundante (Crawley, 1986)

Por lo anterior, en el presente trabajo se plantearon tres preguntas: 1) ¿Cómo es la relación entre los niveles de herbivoría y el esfuerzo reproductivo? 2) ¿Afecta el tamaño de la planta al número de flores? 3) ¿Cómo la relación entre la altura y el nivel de herbivoría afectan al esfuerzo reproductivo de las plantas?

Con base en las preguntas se establecieron los siguientes objetivos: i) evaluar el porcentaje de herbivoría en *Salvia longispicata* M. Martens y Galeotti (1844) y su relación con el esfuerzo reproductivo; ii) analizar si existen diferencias en cuanto a los índices de herbivoría y si el tamaño de la planta influye en la producción de flores; iii) comparar los resultados obtenidos con otros trabajos sobre herbivoría por categoría de daño.

Con relación a la información disponible, las preguntas de investigación y los objetivos planteados, se proponen tres hipótesis: 1) los herbívoros tienen un efecto negativo sobre las plantas, por lo que se espera que a mayor porcentaje de herbivoría haya un menor esfuerzo reproductivo; 2) las plantas grandes producen más flores; y 3) las plantas grandes son más conspicuas que las pequeñas, por lo que hay un efecto del tamaño sobre el porcentaje de herbivoría, a mayor tamaño se espera mayores niveles de herbivoría y menor producción de flores.

ÁREA DE ESTUDIO

Se realizó un estudio en la Reserva Estatal La Pera en el municipio de Berriozábal, Chiapas, durante el 27 de abril del 2012, la cual se caracteriza por tener una vegetación conservada de Selva Alta Perennifolia y Sub-perennifolia, cuyos parches de vegetación mantienen un corredor biológico entre la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote y el Parque Nacional Cañón del Sumidero. El área sostiene una gran diversidad de plantas con más de 331 especies, al igual que de animales, registrándose más de 252 especies. De estos organismos, más de 50 especies se encuentran

en alguna Categoría de Riesgo por parte del gobierno de México (NOM-059-ECOL-2001) y por instancias internacionales (UICN, CITES). El Municipio de Berriozábal se localiza en la parte occidental del estado de Chiapas, situándose la cabecera a 16° 47' 54" de latitud norte y a 93° 16' 22" de longitud oeste; se ubica a una altitud de 900 metros sobre el nivel del mar y colinda al norte con los municipios de Tecpatán de Mezcalapa y Copainalá; al sureste con Tuxtla Gutiérrez; al este con San Fernando y al oeste con Ocozocoautla de Espinoza. Su extensión territorial es de 395 Km². La Pera presenta dos tipos de clima cálido húmedo, el Am y el Aw1. El primero se encuentra en la parte norte del polígono, mientras que el segundo tipo se localiza en la parte centro y sur del polígono. Am: Cálido húmedo, con lluvias en verano y parte en otoño, con una temperatura anual promedio arriba de 22° C. Aw 1: Cálido subhúmedo con lluvias medias en verano con una temperatura anual promedio arriba de 22° C. La fisiografía de La Pera está constituida en su mayoría (70% aproximadamente) por serranías en su porción Norte y el restante por lomeríos. Presenta un paisaje sumamente accidentado con elevaciones desde 500 hasta 1,500 m.s.n.m. Desde 500 hasta 1,000 m.s.n.m. se desarrolla la mayor parte de la zona propuesta a conservación, en ella se localiza la mayoría de la selva alta perennifolia, en contraste, la mayor parte de la selva alta sub-perennifolia se encuentra sobre los 1,000 hasta 1,500 m.s.n.m. y corresponde a una tercera parte de la poligonal propuesta en la que se asientan diversos poblados (ver mapa, figura 1; IHNE, 2004)

MÉTODO

Al llegar al área de estudio se seleccionó a la especie herbácea del género *Salvia longispicata*, la cual presentó flores y daño en sus hojas por herbivoría (figura 2a). Una vez ubicada esta especie en el área de estudio, cada colector localizó tres plantas que tuvieran flores y daño de herbivoría en sus hojas (figura 2b). Para determinar la altura, cada planta se midió de la base del tallo al ápice y se realizó el conteo de flores por cada planta, anotando en la libreta de campo (figura 3). Se eligieron cinco hojas por planta con algún tipo de daño por herbivoría (figura 4). Cada hoja se colocó por separado y etiquetó en la libreta de campo o en un cuaderno (libro) de pasta dura, con la finalidad de que estuviese prensada durante su traslado al laboratorio.

En el laboratorio se procedió a seleccionar tres de las cinco hojas colectadas al azar (figura 5a). A las hojas seleccionadas se les contó el número de puntos totales y el

número de puntos dentro del área de daño por herbívoros, empleando un acetato marcado con puntos cada 0.5 cm de distancia entre sí (figura 5b). Una vez terminado este procedimiento, se procedió a calcular el porcentaje de daño por herbivoría de la siguiente forma:

Se aplicó el método del Índice de Herbivoría (IH) propuesto por Dirzo y Domínguez (1995). Con relación al IH, se evaluó diferenciando el grado de herbivoría en seis rangos (categoría 0= hojas sin herbivoría; categoría 1= 1 a 5% de daño; categoría 2= 6 a 12% de daño; categoría 3= 13 a 25% de daño; categoría 4= desde 26 hasta 50% de daño; y categoría 5= más 50% de daño). Se dividió el número de puntos del área dañada entre el número de puntos totales por cada hoja.

Donde;

X_i ni= número de puntos con daño en la categoría i
 N = número total de puntos

Cada hoja fue asignada a una de las categorías antes mencionadas, para construir la distribución de frecuencias y el porcentaje de daño por herbivoría (figura 6). Se aplicó un análisis de regresión lineal múltiple para establecer una relación entre el esfuerzo reproductivo (número de flores) y el porcentaje de daño por herbivoría, junto con la altura de la planta, en el programa estadístico JMP 5.1.2 (SAS, 2004)

RESULTADOS

La relación entre el esfuerzo reproductivo (número de flores) y el porcentaje de daño por herbivoría, junto con la altura de la planta, se caracterizó mediante un análisis de regresión lineal múltiple, y se obtuvieron los siguientes resultados:

La gráfica (figura 7) muestra la relación entre el número de flores y el porcentaje de daño por herbivoría, junto con la altura de la planta, mediante un análisis de regresión lineal múltiple ($F_{3,24} = 7.907$; $R^2 = 0.434$; $P = 0.0008$, para más detalles ver cuadro 1). El análisis de los parámetros del modelo mostró que tanto la altura como el daño por herbivoría, por separado, influyen en el número de flores por planta ($F_{1,24} = 19.772$; $P = 0.0002$ para la altura y $F_{1,24} = 9.288$; $P = 0.0055$ para la herbivoría, cuadro 2). Sin embargo, la interacción entre altura y herbivoría no mostró un efecto significativo sobre el esfuerzo reproductivo ($F_{1,24} = 0.653$; $P = 0.4268$)

DISCUSIÓN

Al evaluar el esfuerzo reproductivo, el resultado del análisis de correlación múltiple entre el número de flores

producidas con el porcentaje de daño de herbivoría y la altura de la planta, muestra que los atributos del porcentaje de daño por herbivoría y la altura tienen una relación significativa. De tal forma que existe una relación entre la producción del número de flores con la altura (figura 7). El número de flores producidas aumenta conforme aumenta la altura de la planta. Esta relación ha sido reportada previamente en la literatura (Francescangeli *et al.*, 2008). Al estimar el esfuerzo reproductivo y el porcentaje de daño por herbivoría, se obtuvo una correlación entre el número de flores producidas y el nivel de daño para *Salvia longispicata*. Las plantas con niveles de daño alto tienen menos flores que las plantas con niveles bajos. Lo que concuerda con los estudios que demuestran una relación entre la herbivoría y sus efectos directos sobre los caracteres reproductivos de la planta, tanto femeninos (la producción de flores y semillas, número y tamaño de los óvulos), como masculinos (largo de la antera, números de flores estaminadas, tasa de crecimiento del tubo polínico y números de granos de polen) en otras especies (Crawley, 1986; Crawley 1989).

Sin embargo, al analizar el efecto combinado (interacción) entre tamaño y herbivoría, no se detectó su influencia en el número de flores por planta. Por otra parte, los resultados del análisis en *Salvia longispicata* confirman que existe un patrón entre el porcentaje de daño por herbivoría y la altura de la planta con el número de flores. Aunque los efectos son independientes, las plantas con altos niveles de herbivoría y tamaños pequeños son las que tienen menos flores. Por lo anterior, es necesario verificar si estos atributos se relacionan con estudios respecto a las características que tiene la hoja como el grado de dureza y la pubescencia (Soria y Zambrana, 2004); o las preferencias de los herbívoros a las especies que tienen defensas indirectas (Llandres *et al.*, 2010), analizar los metabolitos secundarios de la planta, si son producidos durante cierta etapa de su vida, por ejemplo

en hojas jóvenes o adultas (Dirzo, 1985; Granados *et al.*, (2008); Palabral *et al.*, (2008); Llandres *et al.*, 2010)

Respecto al porcentaje de daño por herbivoría, la categoría 2 presenta una mayor frecuencia, porcentaje de daño del 6 al 12%. Este patrón también se ha reportado en selvas tropicales de Chamela, Jalisco y en Costa Rica, en donde se ha observado un porcentaje de daño intermedio de herbivoría estimado de 5-10% (Janzen 1970; Dirzo y Domínguez 1995)

Cabe la posibilidad de que el daño ocasionado por la herbivoría para esta planta no tenga consecuencias negativas más allá de la producción de flores. Para comprobar lo anterior, se debe extender el tiempo del estudio (Dirzo y Domínguez 1995; Palabral *et al.*, 2008; Cepeda y Dirzo, 2010) analizando el ciclo de vida completo de *Salvia longispicata*.

CONCLUSIONES

El porcentaje de daño por herbivoría y la altura de la planta están relacionados con el número de flores en *Salvia longispicata*. Se detectó una relación lineal entre el número de flores producidas y la altura por la planta, independiente de la relación entre el daño por herbivoría y el número de flores producidas.

Respecto al porcentaje de daño por herbivoría, los valores más frecuente fueron del 6 al 12%.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente escrito reconocen la participación del trabajo de campo y gabinete de Gerardo F. Carbot Chanona, María Odetta Cervantes Bieletto, Ricardo Hernández Sánchez, Alondra E. Gutiérrez Calvo, Ebodio Maciel Baltazar, Martiza F. Maza Cruz, Ariel Muñoz Núñez, Andrea G. Rojas Gutiérrez y Yessenia Sarmiento Marina, alumnos de la Maestría en Ciencias Biológicas del Instituto de Ciencias Biológicas de la UNICACH.

LITERATURA CONSULTADA

- BOEGE, K. & R.J. MARQUIS, 2005. Facing herbivory as you grow up: The ontogeny of resistance in plants. *Trends in Ecology and Evolution* 20 (8): 441-448.
- CHEW, F.S. & J.E. RODMAN, 1979. Plant resource for chemical defense. En: Rosenthal. G.A. y D.H: Janzen (eds.). *Herbivores, their interactions with secondary plant metabolites*. Academic Press, New York. Pp. 3-54.
- CEPEDA, C.V. & R. DIRZO, 2010. Sex-Related Differences in Reproductive Allocation, Growth, Defense and Herbivory in Three Dioecious Neotropical Palms, en *PLOS ONE* 5(3): 9824.

- COLEY, P.D. & T.M. AIDE, 1991.** A comparison of herbivory and plant defenses in temperate a tropical forests. En: Price, P.W., T.M. Lewinshon, G.W. Fernández y W.W. Benson (eds.). *Comparison of herbivory and plant defenses in temperate and tropical broad-leaved forests*. Wiley, New York. Pp.25-49.
- CRAWLEY, M.J., 1986.** *Plant ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 496 p.
- CRAWLEY, M.J., 1987.** Benevolent herbivores. *Trends in Ecology and Evolution* 2(6): 167-168.
- CRAWLEY, M.J., 1989.** Insect herbivores and plant population dynamics. *Annual Review of Entomology* 34: 531-564.
- DANELL, K. & R. BERGSTRÖM, 2001.** Mammalian Herbivory in Terrestrial Environments. En Herrera, C. M. y Pellmyr, O. (eds.), *Plant-Animal Interaction. An Evolutionary Approach*. Blackwell Science, Oxford. Pp. 107-131.
- DEL VAL, E., 2012.** Herbivoría. En: Del Val, E. y Boege, K. (eds.), *Ecología y evolución de las interacciones bióticas*. Fondo de Cultura Económica, México. Pp 43-66.
- DIRZO, R., 1985.** Metabolitos secundarios en plantas: ¿Atributos panglosianos o de valor adaptativo? *Ciencias, México*. 36:137-145.
- DIRZO, R. y C.A. DOMINGUEZ, 1995.** Rainfall and flowering synchrony in a tropical shrub: Variable selection on the flowering time of *Erythroxylum havanense*, en *Evolutionary Ecology* 9: 204-216.
- FENNY, P., 1976.** Plant appearance and chemical defense. *Phytochemistry* 10: 1-40.
- FRANCESANGELI, N., A. ZAGABRIA, N. CURVETTO y P. MARINANGELI, 2008.** Cambios en parámetros cuantitativos de *Lilium* para corte producidos por la época de cultivo y por la densidad de plantación. *Horticultura Argentina* 27 (64):11-18.
- INSTITUTO DE HISTORIA NATURAL Y ECOLOGÍA (IHNE), 2004.** *Estudio técnico justificativo para proponer el establecimiento de un área natural protegida con la categoría de zona sujeta a conservación ecológica en el sitio denominado "La Pera", municipio de Berriozábal, Chiapas*. Dirección de Áreas Naturales, Gobierno del Estado de Chiapas, México. 54 p.
- GRANADOS SÁNCHEZ, D., P. RUIZ PUGA y H. BARRERA-ESCORCIA, 2008.** Ecología de la Herbivoría. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14 (1): 51-64.
- HARPER, J.L., 1969.** The role of depredation in vegetational diversity. *Brookhaven Symposia in Biology* 22: 48-62.
- HOGAN, K. & J.L. MACHADO, 2002.** The light environment in tropical forests: biological implications and measurements. En: Guariguata, M.R. y Kattan, G.H. (Eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Agro-america Press, San José, Costa Rica. Pp 119-144.
- HUNTLY, N., 1991.** Herbivores and the dynamics of communities and ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 22: 477-503.
- JANZEN D., 1970.** Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist* 104: 501-528.
- JONES, C.G. & S.E. HARTLEY, 1997.** Plant Chemistry and Herbivory or Why the World is Green? En: CRAWLEY, M.J. (ed.) *Plant Ecology*. Blackwell Science, Cambridge. Pp 284-324.

- LLANDRES A.L., M.A. RODRÍGUEZ & R. DIRZO, 2010.** Plant stages with biotic, indirect defenses are more palatable and suffer less herbivory than their undefended counterparts, en *Biological Journal of the Linnean Society* 101:536–543.
- MARQUIS R.J., 1984.** Leaf herbivores decrease fitness of a tropical plant. *Science* 226: 537-539.
- MARQUIS, R.J., 2005.** Impacts of herbivores on tropical plant diversity. En: BURSLEM, D.F.R.P, PINARD, M.A. y HARTLEY S.E. (Eds.), *Biotic Interactions in the Tropics: Their Role in the Maintenance of Species Diversity*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 328-346.
- MORIN, P.J., 1999.** *Community Ecology*. Edic. Blackwell. Pp.424.
- MARTENS M. & GALEOTTI, 1844.** *Salvia longispicata* Family: Lamiaceae (alt. Labiatae) subfamily: Nepetoideae. *Bull. Acad. Roy. Sci. Bruxelles* 11 (2):73.
- NOM-059-ECOL-2001.** - *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*.
- PALABRAL A.A., L. ARTEAGA Y E. GARCÍA, 2008.** Herbivoría en distintas etapas de vida de *Virola sebifera* comparando bosques con y sin tala reciente. *Rev. Bol. Ecol. y Cons. Amb.* 22: 51-58.
- PRICE, P., 2001.** Species Interaction and the Evolution of Biodiversity. En: CRAWLEY, M.J. (ed.) *Plant Ecology*. Blackwell Science, Cambridge. Pp 331-353.
- SAGERS, C.L., 1992.** Plasticity of plant defenses in a Neotropical shrub: effects of light and genotype. *Bull. Ecol. Soc. Amer.* 73: 332.
- SAS, 2004.** Copyright © SAS Institute Inc., Campus Drive, Cary, North Carolina 27513, USA. All rights reserved.
- SORIA R.W. y C.N. ZAMBRANA, 2004.** Efecto de la dureza foliar sobre la herbivoría en *Cryptocarya alba* (Lauraceae), Quillaja Saponaria (Rosaceae) y Lithrea Caustica (Anacardiaceae). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile* 53: 63-69.

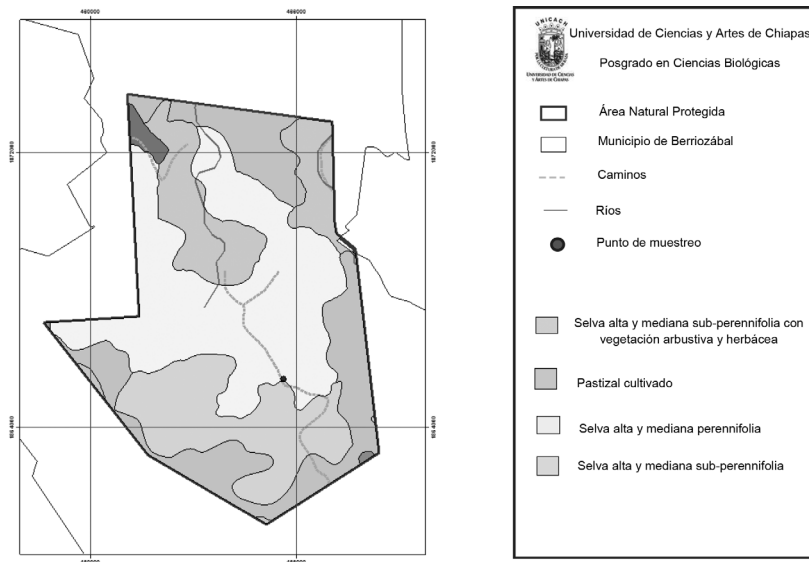


FIGURA 1

Mapa de ubicación del área de estudio, sujeta a Conservación Ecológica La Pera, Municipio de Berriozábal, Chiapas (IHNE, 2004), donde se realizó el trabajo.

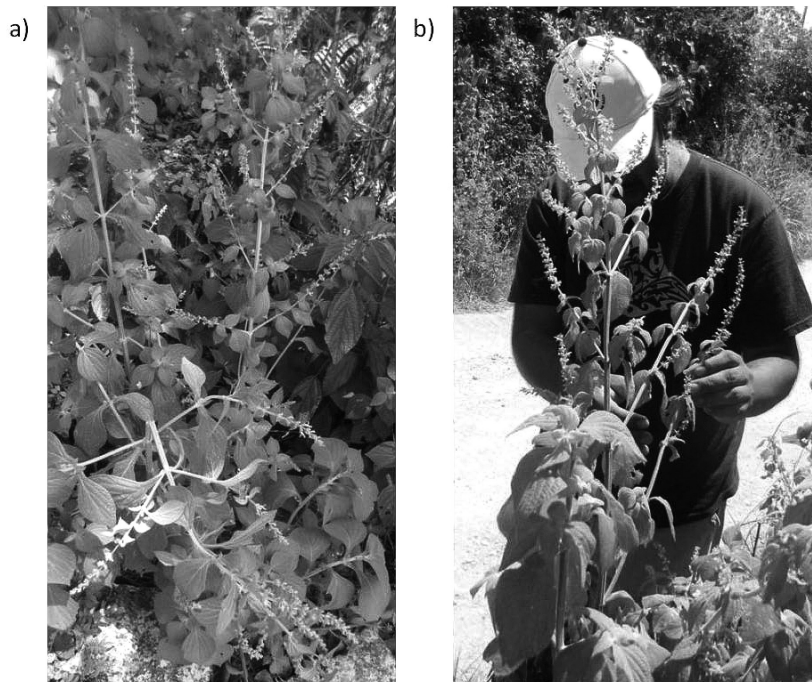


FIGURA 2

Imágenes de *Salvia longispicata* a) Planta con flores y daño por herbivoría. b) Colecta de hojas con daño, conteo de flores y medición de altura de la planta.

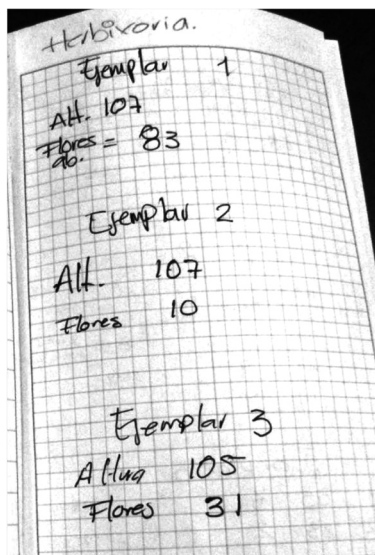


FIGURA 3

Registro de los datos de altura de la planta y número de flores por ejemplar donde se colectaron hojas con daño por herbivoría.

a)



b)

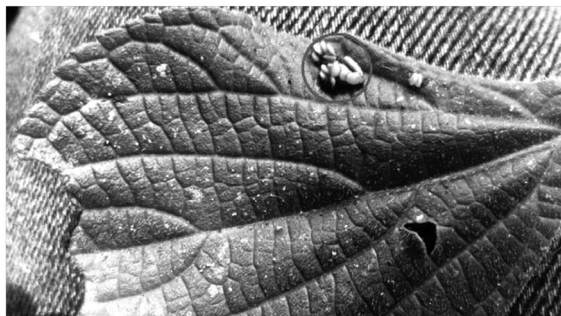


FIGURA 4

Elección de 5 hojas por planta con algún tipo de daño por herbivoría. a) En los círculos rojos se resaltan las hojas con daño. b) Dentro del círculo rojo están localizados los insectos herbívoros en el estadio de huevo (probablemente escarabajos o mariposas).

a)



b)

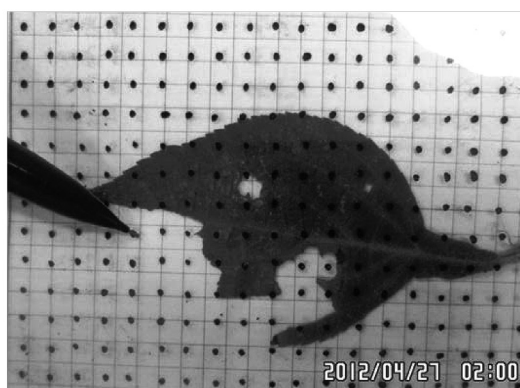


FIGURA 5

a) Elección de tres hojas al azar. b) Conteo del número de puntos totales y el número de puntos dentro del área de daño por herbívoros, empleando un acetato marcado con puntos cada 0.5 cm.

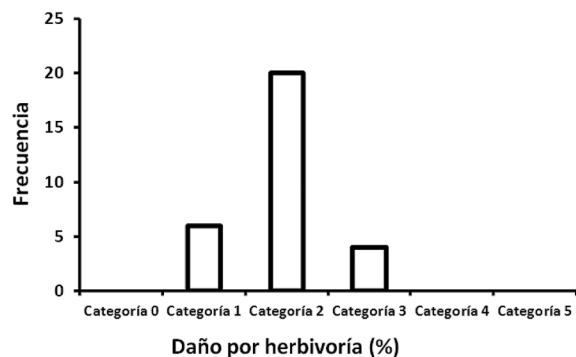


FIGURA 6

Gráfica del nivel de daño por herbivoría y su frecuencia. El eje X representa los cinco niveles de daño y la categoría sin daño (cero), el eje Y corresponde a la frecuencia de plantas por categoría de daño.

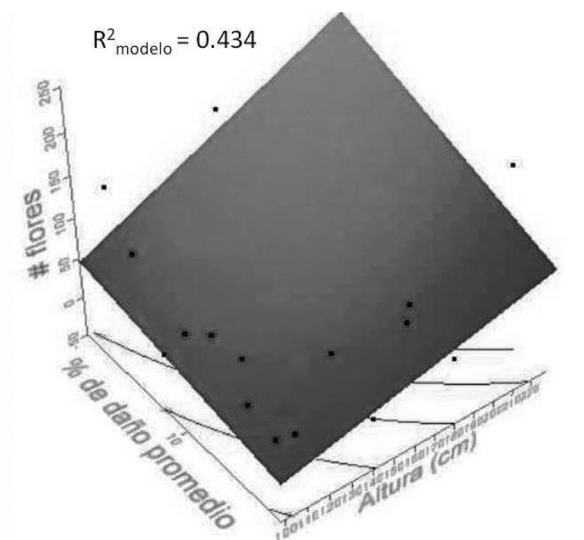


FIGURA 7

Relación entre el número de flores, la altura y el porcentaje de daño por herbivoría a través de un análisis de regresión múltiple en *Salvia longispicata*.

Fuente	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	<i>F</i>	<i>Prob > F</i>
Modelo	3	21395.782	7131.93	7.907	0.0008
Error	24	21646.932	901.96		
Total	27	43042.714			

CUADRO 1

Resultados del análisis de varianza del modelo de regresión múltiple, donde **gl**= grados de libertad, **F**= Coeficiente de Fisher y **Prob > F**= probabilidad de equivocarse al rechazar la hipótesis nula.

Fuente	Nparm	gl	Suma de Cuadrados	<i>F</i>	<i>Prob > F</i>
Altura (cm)	1	1	17833.792	19.772	0.0002
Daño promedio (%)	1	1	8377.653	9.288	0.0055
Altura (cm)*Daño promedio (%)	1	1	589.362	0.653	0.4268

CUADRO 2

Resultados de la prueba de efectos del modelo de regresión múltiple, donde **Nparm**= Número de parámetros puestos a prueba, **gl**= grados de libertad, **F**= Coeficiente de Fisher y **Prob > F**= probabilidad de equivocarse al rechazar la hipótesis nula.

La Colección Paleontológica de la SEMAHN: análisis preliminar

Gerardo Carbot-Chanona¹

¹ Museo de Paleontología Eliseo Palacios Aguilera, Dirección de Paleontología, Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, Calzada de Los Hombres Ilustres S/N, Antiguo Parque Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. gfcarbot@gmail.com

RESUMEN

La Colección Paleontológica de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (CP-SEMAHN), tiene como finalidad tener la máxima representatividad de fósiles de Chiapas. En este trabajo se realizó un análisis preliminar de la CP-SEMAHN. Como primera etapa se contempló alcanzar dos objetivos: 1) sistematizar ejemplares en una base de datos y 2) realizar un recuento de los géneros y/o especies que se albergan en la colección, así como hacer un primer conteo del número de ejemplares determinados. Como resultado se obtuvo una base de datos en Biotica 5.0 con 1,005 registros. Se computarizaron ejemplares de los grupos taxonómicos Echinodermata, Mollusca, Arthropoda (Arachnida, Insecta y Crustacea) y Vertebrata (Chondrichthyes, Actinopterygii, Reptilia y Mammalia). El análisis muestra que el grupo mejor representado en la CP-SEMAHN es Mollusca con 586 registros, que incluyen 59 especies en 44 géneros, seguido de Crustacea, con 201 registros, que incluyen 44 especies en 38 géneros. Por el contrario el de menor representatividad es Arachnida con sólo cuatro registros, que representan cuatro géneros y especies. Estos resultados señalan los taxones sobre los que se han centrado los trabajos taxonómicos y deja de manifiesto el extenso trabajo que falta por hacer.

Palabras clave: paleontología, colecciones científicas, computarización, Chiapas.

ABSTRACT

The goal of the Paleontological Collection of the Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (CP-SEMAHN) aims to have the highest representation of fossils from Chiapas. In this work, a preliminary analysis of the CP-SEMAHN was performed. Two objectives were contemplated to achieve at the first stage: 1) the systematization of specimens in a database 2) and recount the genera and/or species housed in the collection, as well as make an initial count of the number of determined specimens. As a result I obtained a database in Biotica 5.0 with 1,005 specimens. The taxonomic groups Echinodermata, Mollusca, Arthropoda (Arachnida, Insecta and Crustacea) and Vertebrata (Chondrichthyes, Actinopterygii, Reptilia and Mammalia) were computed. The analysis shows that the better represented group at the CP-SEMAHN is Mollusca, with 586 records, including 59 species in 44 genera, followed by Crustacea, with 201 records, including 44 species in 38 genera. By contrast, Arachnida was the least represented group, with only four records, including four monospecific genera. These results show the taxa with more taxonomic work, and makes it clear the extensive taxonomic work that remains to be done.

Key words: Paleontology, scientific collections, computerization, Chiapas.

INTRODUCCIÓN

Las colecciones científicas constituyen sin duda alguna archivos físicos que resguardan ejemplares o muestras, que son base del conocimiento generado o por generar. Además, proporcionan innumerables contribuciones a la ciencia y sociedad en áreas tan divergentes como la seguridad nacional, seguridad y salud pública, monitoreo de cambios ambientales, taxonomía y sistemática (Suarez y Tsutsui, 2004). De entre las colecciones científicas, las

colecciones de historia natural y geociencias son referidas entre las más grandes y más valiosas fuentes de información del mundo natural (Allmon, 2005)

Como parte de las colecciones científicas del área de las geociencias, las colecciones paleontológicas revisten singular importancia, ya que la paleontología basa sus interpretaciones geológicas, taxonómicas, sistemáticas, paleobiogeográficas, paleoclimáticas y evolutivas en los fósiles que se resguardan en ellas (Cristín y Perrilliat, 2011). Históricamente, el resguardo de las colecciones

paleontológicas cae en los museos, quienes además de conservar los fósiles, exhiben parte de su resguardo, logrando con ello transmitir a la sociedad el conocimiento científico. Lo anterior es especificado por el Consejo Internacional de Museos, quien los define como “una institución permanente, sin fines de lucro, al servicio de la sociedad y su desarrollo, abierta al público y que realiza investigaciones referidas a los testigos materiales del hombre y su entorno, los adquiere, divulga y, en particular, los expone para fines de estudio, educación y deleite” (ICOM, 2007)

El Museo de Paleontología Eliseo Palacios Aguilera es un recinto que resguarda a la Colección Paleontológica de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (CP-SEMAHN). Esta colección es la única en su tipo en el sur-sureste de México y tiene como principal objetivo tener la máxima representatividad de fósiles de Chiapas, contribuyendo así al conocimiento de la paleobiodiversidad de nuestro estado, además de fungir como portal para la realización de proyectos de investigación en materia paleontológica. La CP-SEMAHN es de carácter público, y puede ser consultada por los investigadores o estudiantes que lo requieran. Es importante mencionar que dentro de este acervo está incluida una colección de ámbar con inclusiones biológicas, que consta de 1,315 piezas; esta colección de ámbar es la única de carácter público que existe en México (Avendaño *et al.*, 2012)

Antecedentes de la Colección Paleontológica

La creación de la Colección Paleontológica de la SEMAHN estuvo conformada principalmente por tres etapas que se dieron durante el transcurso de 63 años. La primera etapa comenzó en 1941, cuando el profesor Eliseo Palacios Aguilera rescató fósiles de mamutes, mastodontes y perezosos gigantes en los municipios de Villaflores y Villa Corzo (Palacios, 1950); dichos restos aún son conservados y muchos de ellos siguen siendo únicos. La segunda etapa se da en el año de 1944, cuando el doctor Miguel Álvarez del Toro tomó la dirección del Instituto de Historia Natural (lo que ahora es la SEMAHN). Don Miguel, heredó la colección formada por Eliseo Palacios y la fortaleció con recolectas esporádicas y donación de material que recibía; dichos fósiles conforman el grueso de la Colección Histórica, el cual es un anexo de la Colección Paleontológica y está constituida por 45 ejemplares.

La tercera etapa se inicia en 1989, cuando el maestro en ciencias Manuel Javier Avendaño Gil, retoma el tema paleontológico y bajo la autorización de Álvarez del Toro inicia recolectas sistemáticas en diferentes municipios

de Chiapas. Con el material recolectado se inicia formalmente la Colección Paleontológica y se generan las primeras exposiciones de fósiles chiapanecos, teniendo un buen impacto en el público en general y en la comunidad científica.

En 1997, se inicia el proyecto *Rescate del patrimonio paleontológico de la carretera Ocozocoautla-Cosoleacaque*, financiado por el gobierno del estado. Con este proyecto se trabaja durante cuatro años en los estratos expuestos por la construcción de la autopista que inicia de Ocozocoautla, Chiapas, hasta las Choapas, Veracruz. Actualmente el proyecto se denomina *Prospección y resguardo del patrimonio paleontológico de Chiapas* y se trabaja en todo el territorio estatal. Como resultado se han logrado rescatar más de 13,000 fósiles provenientes de 183 sitios de colecta en casi todo el estado de Chiapas, los cuales han contribuido a conocer el pasado geológico-paleontológico de la entidad. En consecuencia, 5,315 ejemplares de los más de 13,000 fósiles recolectados han pasado a formar parte de la CP-SEMAHN, acervo único en su tipo en todo el sureste de México.

El propósito de este trabajo fue realizar un análisis preliminar sobre la CP-SEMAHN. En esta primera etapa se contempló alcanzar dos objetivos: 1) sistematizar ejemplares en una base de datos y 2) hacer un recuento de los géneros y/o especies que se albergan en la colección, así como hacer un primer conteo del número de ejemplares determinados. Lo anterior dio un panorama para saber qué y cuanto falta por hacer para fortalecer el conocimiento sobre el pasado biológico de Chiapas.

METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló principalmente dentro de la Colección Paleontológica, albergada en el edificio del Museo de Paleontología Eliseo Palacios Aguilera, dependiente de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, con sede en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Primeramente se revisó el acervo, con el fin de ubicar ejemplares que estuvieran identificados a nivel de especie o en su defecto a nivel género, o en dado caso que presentaran estructuras diagnósticas que permitieran su posterior identificación. Se cotejó la información curatorial de cada ejemplar (fecha de colecta, colector, localidad, determinador, etc.) asentada en las libretas de registro de entrada y en las etiquetas de los mismos. Muchos de los ejemplares fueron reacomodados dentro de la colección paleontológica usando el criterio bajo el cual funciona dicho acervo. Dentro de la revisión efectuada se detectaron errores en la escritura de algunos datos en

las etiquetas de los ejemplares, por lo que fue necesario reetiquetar con datos actualizados.

Los ejemplares que necesitaron de trabajo curatorial fueron pegados, restaurados y/o limpiados según fuera el caso. Los ejemplares quebrados o fragmentados se pegaron con adhesivos insolubles en agua a base de cianocrilato. La restauración consistió en el rellenado de grietas o complementación de partes faltantes; dicho proceso se llevó a cabo con resina epóxica, espuma de poliuretano o con yeso cerámico. En caso de que la matriz rocosa que contenía el fósil fuera muy grande, se usaría una cortadora de roca MK-101. Los ejemplares que tenían partes diagnósticas cubiertas por sedimento fueron limpiados de forma mecánica usando agujas de dentista o el *airscribe*, o por métodos químicos usando ácido acético al 10% o ácido clorhídrico al 3%.

Las fotografías se obtuvieron en formato JPG (**Joint Photographic Experts Group**) de alta resolución (300 dpi) con una cámara Sony Alfa 290, de 14 megapíxeles, usando un lente 18-55 SAM y un lente macro 30 SAM. Cada ejemplar fue fotografiado junto con una escala gráfica para tener idea de sus dimensiones. Los archivos fueron nombrados con el número de catálogo del ejemplar correspondiente con el fin de hacer más fácil su referencia.

La base de datos fue elaborada en Biótica 5.0 (<http://www.conabio.gob.mx/biotica5/documents/Descarga-Biotica.php>). A cada ejemplar computarizado se le asoció su fotografía y en el caso de los ejemplares Tipo se asoció la publicación en la que aparecen.

Sistemas de clasificación taxonómica usados

Debido a que Biótica 5.0 basa obligatoriamente el arreglo taxonómico de los ejemplares computarizados en sistemas de clasificación previamente publicados y validados, se usaron diferentes sistemas de clasificación (cuadro 1) para los distintos grupos ingresados en la base de datos (ver referencias completas en la bibliografía).

ÁREA DE ESTUDIO

Los trabajos de prospección de localidades fosilíferas y rescate de material fósil, en su mayoría comprenden los municipios de la región central de Chiapas, pues es en esta zona principalmente donde afloran los sedimentos portadores. El catálogo de localidades de la CP-SEMAHN contiene 183 sitios de colecta en 24 municipios. Los sitios de colecta engloban edades que van desde el Paleozoico (250 millones de años) hasta el Pleistoceno tardío (~12,000 años). En esta primera evaluación se contemplaron 27 sitios de colecta en 11 municipios (cuadro 2).

RESULTADOS

Se ingresaron un total de 1,005 registros que corresponden a 1,005 ejemplares depositados en la Colección Paleontológica de la SEMAHN. Para cada ejemplar fueron capturados datos curatoriales, taxonómicos y de localidad. Se obtuvieron un total de 996 fotografías, una de esas fotografías engloba nueve ejemplares del género *Balanus* que están adheridos a la concha de un bivalvo (números de catálogo del IHNFG-5019 al 5027). Cada fotografía se vinculó al ejemplar correspondiente. En el caso de los ejemplares Tipo (holotipos, paratipos, etc.) fue asociada además la publicación donde se hace referencia a cada ejemplar.

Para Echinodermata se capturaron un total de nueve especies ubicadas en nueve géneros; sólo una de estas nueve especies no pudo ser determinada con precisión (*Heteraster* sp.) debido a la falta de caracteres diagnósticos como consecuencia del estado de conservación que presenta el espécimen. El número de ejemplares para este grupo se desglosa en el cuadro 3.

Mollusca es el grupo con más registros, teniendo un total de 586 ejemplares, que corresponden a 59 especies contenidas en 44 géneros. Un total de 27 especies no pudieron ser determinadas con exactitud, quedando 18 sólo hasta género y nueve con el estatus de *confer* (cf.) El número total de ejemplares para este grupo se desglosa en el cuadro 4.

Para el caso de los artrópodos, se tuvieron un total de 210 registros. El total de especies ingresadas fue de 44, incluidas en 38 géneros. Crustacea fue el grupo con más especies y por tanto con más registros (201), mientras que Insecta sólo tuvo un total de cinco registros y Arachnida cuatro. El número total de ejemplares para este grupo se desglosa en el cuadro 5.

El total de registros de vertebrados fue de 194, contabilizándose 31 especies dentro de 27 géneros. De estos el grupo de los mamíferos es el mejor representado, tanto por número de especies como por ejemplares. Por el contrario, los reptiles fueron el grupo con menos representatividad de especies. El número total de ejemplares para Vertebrata se desglosa en el cuadro 6.

DISCUSIÓN

La CP-SEMAHN cuenta en su catálogo 5,315 ejemplares. De estos pudieron contabilizarse en esta primera etapa sólo 1005 ejemplares determinados hasta género y/o especie; esto refleja que se ha hecho poco trabajo taxonómico, principalmente con grupos de invertebra-

dos marinos. Lo anterior va de la mano con el poco interés por parte de estudiantes de Ciencias Biológicas y Ciencias de la Tierra en centrar sus estudios en la paleontología, aunado a que son pocos los espacios de trabajo donde puede desarrollarse esta ciencia. Sin embargo, no es un problema local, sino que se presenta en todo México.

El conteo de taxones usando los filtros de la base de datos generada en Biótica 5.0, muestra que 802 especímenes pertenecen a invertebrados marinos, nueve a invertebrados terrestres, 29 a vertebrados marinos y 165 a vertebrados terrestres (figura 1). La gran cantidad de ejemplares y taxones marinos está relacionado a la historia geológica de Chiapas, pues la región estuvo cubierta desde el Paleozoico hasta el Mioceno medio por un mar somero de aguas cálidas donde se desarrolló abundante vida marina (García-Barrera *et al.*, 2011). Por tal motivo, del total de registros el 79.8% corresponden a equinodermos, crustáceos y moluscos marinos, siendo mayoría los gasterópodos (58.3% del total de registros). Existen ejemplares en la CP-SEMAHN de grupos marinos como Granureticulosa, Cnidaria, Bryozoa y Brachiopoda, pero carecen de estudios y por ende no hay determinaciones a nivel de género o especie, por lo que no pudieron ingresarse en la base de datos ni contabilizarse en esta primera etapa. Contrariamente, los crustáceos y moluscos marinos de los clados Gastropoda y Bivalvia han generado particular interés en investigadores que han centrado sus estudios en estos especímenes, logrando con ello la identificación de varias especies, muchas de ellas nuevas para la ciencia (*e.g.* Feldmann *et al.*, 1996; Perrilliat *et al.*, 2003, 2006, 2010; Vega *et al.*, 2001a, 2001b, 2006, 2007, 2008, 2009; Hyatt *et al.*, 2013; Garissino *et al.*, 2013).

Las arañas e insectos son el grupo de invertebrados que menos registros tuvo (ver cuadro 5), a pesar de que la Colección Paleontológica alberga una colección con 215 piezas de ámbar con inclusiones biológicas que contienen en su mayoría insectos (Avendaño *et al.*, 2012). No obstante, la falta de especialista en esos grupos ha generado pocos trabajos taxonómicos y por ende sólo unos cuantos ejemplares han podido ser determinados a nivel genérico e infragenérico (*e.g.* Wichard *et al.*, 2006; García-Villafuerte, 2006a, 2006b). Adicionalmente se cuenta con el registro de una larva de libélula encontrada en rocas de caliza margosa que datan del Cenomaniano (90 millones de años) en el municipio de Ocozocoautla, sin embargo el ejemplar no pudo ser asignado a nivel específico debido a su estadio ontogenético (Vega *et al.*, 2006).

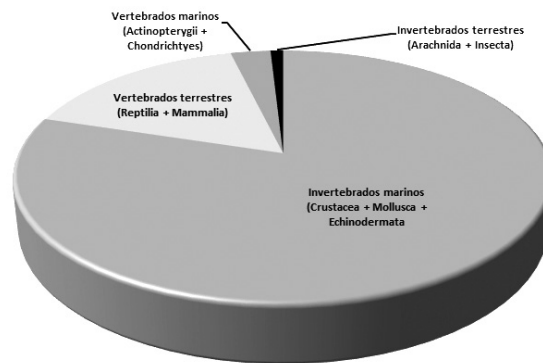


FIGURA 1

Gráfica que muestra las proporciones por grupo biológico de los ejemplares computarizados en este trabajo.

De los vertebrados terrestres depositados en la Colección Paleontológica, el grupo que más atención ha recibido es el de los mamíferos. Sin embargo, los yacimientos de donde han sido rescatados son pocos en Chiapas y por ende están mucho menos representados. No obstante, los especímenes estudiados poseen gran importancia ya que muchos de ellos son nuevos registros para el estado o el país o aportan información biogeográfica relevante (Luna-Espinosa y Carbot-Chanona, 2009; Montellano-Ballesteros y Carbot-Chanona, 2009; Carbot-Chanona, 2010; Carbot-Chanona y Rivera-Sylva, 2011; Gómez-Pérez y Carbot-Chanona, 2012; Brochu y Carbot-Chanona, 2015). Por otro lado, los peces óseos (Actinopterygii) han empezado a recibir atención principalmente por la gran variedad y número de ejemplares y a la buena preservación que estos presentan. De los estudios realizados ya se han derivado descripciones de nuevos taxones, así como nuevos registros para el estado de Chiapas (Alvarado-Ortega *et al.*, 2009, Alvarado-Ortega y Than-Marchese, 2012; 2013; Amaral *et al.*, 2013; Carbot-Chanona y Than-Marchese, 2013). Contrariamente, las rayas y tiburones han sido reportados sólo de manera informal en memorias de congresos (González-Barba *et al.*, 2001, 2002, 2004). Lo anterior se refleja en los registros en la base de datos, pues del total de registros ingresados el 15% corresponde a mamíferos, el 1.5% a reptiles, el 1.8% a peces óseos y sólo el 1.1% a rayas y tiburones.

Dentro de los taxones registrados y contabilizados en esta primera etapa, se tienen un total de 352 tipos, que corresponden a 33 holotipos, 60 paratipos y 259 hipotipos.

Lo anterior convierte a la CP-SEMAHN en es una de las colecciones paleontológicas más importantes en México.

CONCLUSIONES

La Colección Paleontológica de la SEMAHN, sin duda resguarda un importante acervo único en el sureste de México, que es potencializado por el gran número de ejemplares Tipo que resguarda. De los 1,005 ejemplares computarizados que provienen de 26 sitios de colecta en el estado de Chiapas y uno del estado de Veracruz. El grupo mejor representado es Mollusca, con 586 registros que corresponden a 59 especies, seguido de Crustácea, con 201 registros que corresponden a 44 especies. Los grupos menos representados son Insecta y Arachnida, con cinco y cuatro registros respectivamente, que corresponden en ambos casos a cuatro especies. Estos resultados señalan los taxones sobre los que se han centrado los trabajos

taxonómicos, además de mostrar la gran diversidad de organismos marinos encontrados en Chiapas, suceso que va de la mano de la historia geológica del estado.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer al equipo de amigos-colegas que laboran en el Museo de Paleontología Eliseo Palacios Aguilera. A Claudia Azucena Durán por el apoyo en la toma de fotografías y a Roberto Díaz-Sibaja por la revisión del abstract. La elaboración de la base de datos fue gracias al proyecto *HC023 Computarización de la Colección Paleontológica de la Secretaría de Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural*, apoyado por la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO). También quiero agradecer al doctor Carlos R. Beutelspacher Baigts por su apoyo durante el proceso editorial y a los revisores que con sus comentarios ayudaron a mejorar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- AHYONG, S.T., J.K. LOWRY, M. ALONSO, R.N. BAMBER, G.A. BOXSHALL, P. CASTRO, S. GERKEN, G.S. KARAMAN, J.W. GOY, D.S. JONES, K. MELAND, D.C. ROGERS & J. SVAVARSSON, 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. En: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa* 4138: 165-191.
- ALLMON, W.D., 2005. The importance of museum collections in paleobiology. *Palaeobiology* 31 (1): 1-5.
- ALVARADO-ORTEGA, J. & B.A. THAN-MARCHESE, 2012. A Cenomanian aipichthyoid fish (Teleostei, Acanthomorpha) from America, *Zoqueichthys carolinae* gen. and sp. nov. from El Chango quarry (Cintalapa Member, Sierra Madre Formation), Chiapas, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 29 (3): 735-748.
- ALVARADO-ORTEGA, J. & B.A. THAN-MARCHESE, 2013. The first record of a North American Cenomanian Trachichthyidae fish (acanthomorpha, acanthopterygii), *Pepemkay maya*, gen. et sp. nov., from El Chango quarry (Sierra Madre Formation), Chiapas, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 33 (1): 48-57.
- ALVARADO-ORTEGA, J., E. OVALLES-DAMIÁN & A. BLANCO-PIÑÓN, 2009. The fossil fishes from the Sierra Madre Formation, Ocozocoautla, Chiapas, southern Mexico. *Paleontologia Electronica* 12 (2): 1-22.
- AMARAL, C.R.L., J. ALVARADO-ORTEGA & P.M. BRITO, 2013. *Sapperichthys* gen. nov., a new gonorynchid from the Cenomanian of Chiapas, Mexico. En: Arratia, G., H.-P. Schultze & M.V.H. Wilson (eds.), *Mesozoic Fishes 5—Global Diversity and Evolution*. pp. 305-323.
- AVENDAÑO GIL, J., G. CARBOT-CHANONA y M.A. COUTIÑO J., 2012. Estudio del ámbar con inclusiones biológicas de la Colección Paleontológica de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. *LACANDONIA Rev. Ciencias UNICACH* 6 (1): 23-29.
- BOUCHET, P., & J.-P. ROCROI (Eds.), 2005. *A nomenclator and classification of gastropod family-group names*. With classification by Frýda, J., Hausdorf, J.B., Ponder, W., Valdes, A., Warén, A. *Malacologia* 47, pp. 1–397.

- BROCHU, C.A. & G. CARBOT-CHANONA, 2015.** Biogeographic and Systematic Implications of a Caimanine from the Late Miocene of Southern Mexico. *Journal of Herpetology* 49 (1): 138–142.
- CAPPETTA, H., 1987.** Chondrichthyes II. Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii. En: *Handbook of Paleichthyology*. Vol. 3b, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 193 p.
- CARBOT-CHANONA, G., 2010.** The first record of *Dasypus* (Xenarthra: Cingulata: Dasipodidae) in the late Pleistocene of México. *Current Research in the Pleistocene* 27: 164-166.
- CARBOT-CHANONA, G. & H.E. RIVERA-SYLVA, 2011.** Presence of a maniraptoriform dinosaur in the Late Cretaceous (Maastrichtian) of Chiapas, southern México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 63 (3): 393-398.
- CARBOT-CHANONA, G. & B.A. THAN-MARCHESE, 2013.** Presencia de *Enchodus* (Osteichthyes: Aulopiformes: Enchodontidae) en el Maastrichtiano (Cretácico tardío) de Chiapas, México. *Paleontología Mexicana* 63 (1): 8-16.
- CRISTÍN, A. & M.C. PERRILLIAT, 2011.** Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 63 (3): 421-427.
- DUNLOP, J. A., D. PENNEY & D. JEKEL, 2013.** A summary list of fossil spiders and their relatives. En: *The world spider catalog, version 14.0*, Platnick, N. I. (Ed.). American Museum of Natural History, <http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/index.html>.
- DURHAM, T.W., K. E. CASTER, H. RXLINE, H. B. FELL, A.G. FISHER, D. L. FRIZZELL, R.V. KESLING, P. M. KIER, R. V. MELVILLE, R. C. MOORE, D. L. PAWSON, G. REGNÉLL, W. K. SPENCER, G. UBAGHS, C. D. WAGNER & C.W. WRIGHT, 1966.** Echinodermata 3, Vol. 2. En: *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part U, Moore, R. C. (Ed.). Geological Society of America and University of Kansas Press, Boulder, Colorado & Lawrence, Kansas. xxx + 695 pp., 534 fig.
- FELDMANN, R.M., F. VEGA, A.B. TUCKER, P. GARCÍA BARRERA & J. AVENDAÑO, 1996.** The oldest record of *Lophoranina* (Decapoda: Raninidae) from the Late Cretaceous of Chiapas, southeastern, Mexico. *Journal of Paleontology* 70 (2): 296-303.
- FLORES-VILLELA, O., 1993.** Herpetofauna Mexicana. *Special Publication of the Carnegie Museum of Natural History*, 17:1-73.
- FLORES-VILLELA, O. & L. CANSECO-MÁRQUEZ, 2004.** Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20 (2): 115-144.
- GARCÍA-BARRERA, P., F.J. VEGA, G. CARBOT-CHANONA & M.A. COUTIÑO, 2011.** El registro fósil en Chiapas: 250 millones de años de biodiversidad. En: F. Álvarez Noguera (ed.). *Chiapas: Estudios sobre su riqueza biológica*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, p. 35-53.
- GARCÍA-VILLAFUERTE, M.A., 2006a.** Selenopidae y Thomisidae (Arácnida: Araneae) en ámbar de Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 38: 209-212.
- GARCÍA-VILLAFUERTE, M. A. 2006b.** A new fósil *Episinus* (Araneae, Theridiidae) from tertiary Chiapas amber, Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología* 13: 121-124.
- GARASSINO, A., F.J. VEGA, L. CALVILLO-CANADELL, S.R.S. CEVALLOS-FERRIZ & M.A. COUTIÑO, 2013.** New decapod crustacean assemblage from the Upper Cretaceous (Cenomanian) of Chiapas, Mexico. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie–Abhandlungen* 269 (3): 261-270.

- GÓMEZ-PÉREZ, L.E. & G. CARBOT-CHANONA, 2012.** Contribución al estudio de los megamamíferos del Pleistoceno Tardío del municipio de Villaflores, Chiapas. *LACANDONIA Revista de Ciencias UNICACH* 6 (1): 31-41.
- GONZÁLEZ-BARBA, G., M.A. COUTIÑO, E. OVALLES-DAMIÁN & F.J. VEGA-VERA, 2001.** New Maastrichtian elasmobranch faunas from Baja California Peninsula, Nuevo León and Chiapas State, Mexico. *III Internacional Meeting on Mesozoic Fishes: Systematic, paleoenvironments and biodiversity*. Abstract book. Serpiano-Monte San Giorgio, p. 33.
- GONZÁLEZ-BARBA, G., M.A. COUTIÑO y E. OVALLES-DAMIÁN, 2002.** *Carcharocles angustidens* Agassiz, 1843 (Chondrichthyes, Otodontidae) del Oligoceno tardío de la Formación La Quinta, Grupo Simojovel, localidad Los Pocitos, Simojovel, Chiapas. *VIII Congreso Nacional de Paleontología, Guadalajara, Jalisco*, p. 107.
- GONZÁLEZ-BARBA, G., M.A. COUTIÑO y E. OVALLES-DAMIÁN, 2004.** Adiciones a la fauna de selacios (tiburones y rayas) del Eoceno medio de la Formación San Juan, Chiapas, México. *IX Congreso Nacional de Paleontología, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*, p. 39.
- HOLZENTHAL, R.W., J.C. MORSE & K.M. KJER, 2011.** Order Trichoptera Kirby, 1813. En: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa* 4138: 209-211.
- HYÑE, M., F.J. VEGA & M.A. COUTIÑO, 2013.** Ghost shrimps (Decapoda: Axiidea: Callianassidae) of the Maastrichtian (Late Cretaceous) Ocozocoautla Formation, Chiapas (Mexico). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 65 (2): 255-264.
- INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS (ICOM), 2007.** *Statuts du Conseil International des Musées* (ICOM). Adoptés par la 22e Assemblée générale tenue à Vienne (Autriche), le 24 août 2007. Disponible en: <http://icom.museum/who-we-are/the-organisation/icom-statutes/3-definition-of-terms/L/0.html.html>, consultado 14 de julio de 2015.
- KNIGHT, J.B., L.R. COX, A.M. KEEN, A.G. SMITH, R.L. BATTEN, E.L. YOCHELSON, N.H. LUDBROOK, R. ROBERTSON, C.M. YONGE & R.C. MOORE, 1960.** Part I. Mollusca 1. Mollusca General Features, Scaphopoda, Amphineura, Monoplacophora, Gastropoda General Features, Archaeogastropoda and some (mainly Paleozoic) Caenogastropoda and Opisthobranchia. En: *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Moore, R. C. (Ed.). Geological Society of America and University of Kansas Press, Boulder, Colorado & Lawrence, Kansas. xxiii + 351 pp., 216 fig.
- LUNA-ESPINOSA, J.R. & G. CARBOT-CHANONA, 2009.** First record of late-Pleistocene turtles from Chiapas, Mexico. *Current Research in the Pleistocene* 26: 162-164.
- McKENNA, M.C. & S. K. BELL, 1997.** *Classification of mammals above the species level*. Columbia University Press, New York, 631 p.
- MONTELLANO-BALLESTEROS, M. & G. CARBOT-CHANONA, 2009.** *Panthera leo atrox* (Mammalia: Carnivora: Felidae) in Chiapas, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 54 (2): 217-222.
- NELSON, J.S., 2006.** *Fishes of the World*. 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc., 601 p.
- PALACIOS A., E., 1950.** La Frailesca, maravillosa zona paleontológica. *Revista Chiapas*: 23-34.
- PALMER, K.V.W. & D.C. BRANN, 1966.** Catalogue of the Paleocene and Eocene Mollusca of the southern and eastern United States. Part II: Gastropoda (excluding Pteropoda, Prt I). *Bulletins of American Palaeontology* 48 (218): 471-1057.

- PERRILLIAT, M.C., J. AVENDAÑO & F.J. VEGA, 2003.** Middle Eocene cypraeodeans from the San Juan Formation, Chiapas, southern México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 20 (1): 41-51.
- PERRILLIAT, M.C., J. AVENDAÑO, F.J. VEGA & J. SOLÉ, 2006.** Lower Eocene Gastropods from the El Bosque Formation, Central Chiapas, Mexico. *The Veliger* 48 (3): 37-55.
- PERRILLIAT, M. C., F.J. VEGA & M.A. COUTIÑO, 2010.** Miocene mollusks from the Simojovel area in Chiapas, southwestern Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* 30 (2): 111-119.
- ROSE, K.D., R.T. EMRY, T.J. GAUDIN & G. STORCH, 2005.** *Xenarthra* and *Pholidota*. En: Rose, K.D., & D. Archibald (eds.), *The Rise of Placental Mammals*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, pp.106-126.
- SHOSHANI, J. & P. TASSY, 2005.** Advances in proboscidean taxonomy & classification, anatomy & physiology, and ecology & behavior. *Quaternary International* 126-128: 5-20.
- SUAREZ, A.W. & N.D. TSUTSUI, 2004.** The value of museum collections for research and society. *BioScience* 54 (1): 66-74.
- VEGA, F.J., F. ÁLVAREZ & G. CARBOT-CHANONA, 2007.** Albian Penaeoidea (Decapoda: Dendobranchiata) from Chiapas, southern Mexico. En: A. Garassino, R.M. Feldmann & G. Teruzzi (eds.). 3ed Symposium on Mesozoic and Cenozoic Decapod Crustaceans. *Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano* 35 (2): 97-100.
- VEGA, F.J., T. COSMA, M.A. COUTIÑO, R.M. FELDMANN, T.G. NYBORG, C.E. SHWEITZER & D.A. WAUGH, 2001a.** New middle Eocene decapods (Crustacea) from Chiapas, México. *Journal of Paleontology* 75 (5): 929-946.
- VEGA, F., R.M. FELDMAN, P. GARCÍA, H. FILKORN, F. PIMENTEL & J. AVENDAÑO, 2001b.** Maastrichtian crustacea (Brachyura: Decapoda) from the Ocozocuahtla Formation in Chiapas, southeast Mexico. *Journal of Paleontology* 75 (2): 319-329.
- VEGA, F. J., P. GARCÍA-BARRERA, M. C. PERRILLIAT, M. A. COUTIÑO & R. MARIÑO-PÉREZ, 2006.** El Espinal, a new plattenkalk facies locality from the Lower Cretaceous Sierra Madre Formation, Chiapas, southeastern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 23 (3): 323-333.
- VEGA, F., T. NYBORG, M.A. COUTIÑO & O. HERNÁNDEZ MONZÓN, 2008.** Review and additions to the Eocene decapod Crustacea from Chiapas, México. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum* 34: 51-71.
- VEGA, F.J., T. NYBORG, M.A. COUTIÑO, J. SOLÉ & O. HERNÁNDEZ-MONZÓN, 2009.** Neogene Crustacea from Southeastern Mexico. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum* 35: 51-69.
- WICHARD, W., M.M. SOLÓRZANO KRAEMER & C. LUER, 2006.** First caddisfly species from Mexican amber (Insecta: Trichoptera). *Zootaxa* 1379: 37-48.
- ZHANG, Z.-Q., 2011.** Phylum Arthropoda von Siebold, 1848. En: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* 4138: 99-103.

GRUPO TAXONÓMICO	NIVEL TAXONÓMICO	REFERENCIAS USADAS PARA LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN
Echinodermata	Todos	Durham <i>et al.</i> , 1966
Mollusca	Rangos supragenéricos	Bouchet y Rocroi, 2005; Knight <i>et al.</i> , 1960; Palmer, y Brann, 1966.
	Rangos genéricos e infragenéricos	Perrilliat <i>et al.</i> , 2003; Perrilliat <i>et al.</i> , 2006; Perrilliat <i>et al.</i> , 2010; Vega <i>et al.</i> , 2006
Chelicerata (Arachnida)	Todos	Zhang, 2011; Dunlop <i>et al.</i> , 2013
Hexapoda (Insecta)	Todos	Zhang, 2011; Holzenthal <i>et al.</i> , 2011
Crustacea	Rangos supragenéricos	Zhang, 2011; Ahyong <i>et al.</i> , 2011
	Rangos genéricos e infragenéricos	Vega <i>et al.</i> , 2001a, Vega <i>et al.</i> , 2001b; Vega <i>et al.</i> , 2006; Vega <i>et al.</i> , 2008; Vega <i>et al.</i> , 2009;
Chondrichthyes	Todos	Cappetta, 1987
Osteichthyes (Actinopterygii)	Todos	Nelson, 2006
Reptilia	Todos	Flores-Villela, 1993; Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004.
Mammalia	Todos (excepto Xenarthra y Proboscidea)	McKenna, M.C. y S. K. Bell, 1997.
	Xenarthra	Rose <i>et al.</i> , 2005
	Proboscidea	Shoshani y Tassy, 2005

CUADRO 1

Sistemas de clasificación taxonómica usados en el arreglo de los taxones ingresados a la base de datos en Biótica 5.0

SITIO DE COLECTA	MUNICIPIO	ESTADO	EDAD GEOLÓGICA
20 de noviembre	Acala	Chiapas	Eoceno Inferior
Arrecife	Ocozocoautla	Chiapas	Cretácico Superior
Arroyo Remolino	Marqués de Comillas	Chiapas	Mioceno Tardío
Carcineretes	Ocozocoautla	Chiapas	Cretácico Superior
Colonia Capulines II	Tuxtla Gutiérrez	Chiapas	Cretácico Superior
Colonia Las Granjas	Tuxtla Gutiérrez	Chiapas	Cretácico Superior
El Chango	Ocozocoautla	Chiapas	Cretácico Superior
El Espinal	Ocozocoautla	Chiapas	Cretácico Superior
El Pistón	Huituipán	Chiapas	Mioceno Temprano
El Refugio	Tuxtla Gutiérrez	Chiapas	Cretácico Superior
El Reparito	Villaflores	Chiapas	Pleistoceno Tardío
Gasterópodos Gigantes	Ocozocoautla	Chiapas	Cretácico Superior
Gliptodonte	Villaflores	Chiapas	Pleistoceno Tardío

SITIO DE COLECTA	MUNICIPIO	ESTADO	EDAD GEOLÓGICA
Inoceramus	Ocozocoautla	Chiapas	Cretácico Superior
La Simpatía	Villa Corzo	Chiapas	Pleistoceno Tardío
La Tejería	Villa Corzo	Chiapas	Pleistoceno Tardío
Los Mangos	Villaflores	Chiapas	Pleistoceno Tardío
Los Pocitos	Simojovel	Chiapas	Mioceno Temprano
Mesa de Copoya	Tuxtla Gutiérrez	Chiapas	Eoceno Medio
Meyapac	Ocozocoautla	Chiapas	Cretácico Superior
Nanchital	Nanchital	Veracruz	Mioceno-Plioceno
Norte de Ocozocoautla	Ocozocoautla	Chiapas	Cretácico Superior
Puente Ixcán	Ocosingo	Chiapas	Mioceno Tardío
Reptiles	Ocozocoautla	Chiapas	Cretácico Superior
Río Los Amates	Villaflores	Chiapas	Pleistoceno Tardío
Río Nututún	Palenque	Chiapas	Eoceno
Trilobata	Ocozocoautla	Chiapas	Cretácico Superior

CUADRO 2

Sitios de colecta con ejemplares relacionados en la base de datos.

ECHINODERMATA	
<i>Gitolampas tripolinatus</i>	6
<i>Gompechinus colignoni</i>	2
<i>Heteraster</i> sp.	1
<i>Lanieria lanieri</i>	1
<i>Lefortia delgadoi</i>	1
<i>Noetlingaster paucituberculatus</i>	1
<i>Orthopsis miliaris</i>	1
<i>Plagiochasma olfersii</i>	1
<i>Salenia nutrix</i>	1
Total	15

CUADRO 3

Número de ejemplares por especie de Echinodermata ingresados a la base de datos.

MOLLUSCA	
<i>Amaurellina caleocia</i>	4
<i>Amaurellina</i> sp.	88
<i>Ampullina</i> sp.	95
<i>Architectonica alabamensis</i>	1
<i>Architectonica</i> cf. <i>A. elaborate</i>	1
<i>Architectonica</i> sp. 1	1
<i>Architectonica</i> sp. 2	1
<i>Athleta petrosa petrosa</i>	6
<i>Bernaya (Bernaya) media chiapensis</i>	1
<i>Bernaya (Bernaya) obesa</i>	1
<i>Bernaya (Protocypraea) cf. angystoma</i>	1
<i>Bittium (Bittium) estellensis</i>	1
<i>Calliostoma granulata</i>	1
<i>Calyptrea aperta</i>	18
<i>Cerithiopsis</i> sp.	14
<i>Cerithium</i> sp.	1
<i>Cirsotrema</i> sp.	1
<i>Cornulina</i> sp.	1
<i>Crommium globosa</i>	4

MOLLUSCA	
<i>Cypraea (Erosaria) cf. aliena</i>	1
<i>Cypraeorbis alabamensis mexicana</i>	22
<i>Cypraeorbis alabamensis ventripotens</i>	1
<i>Cypraeorbis</i> sp.	1
<i>Eocypraea (Eocypraea) cf. castacensis</i>	1
<i>Eocypraea (Eocypraea) inflata</i>	2
<i>Eocypraea (Eocypraea) sp.</i>	22
<i>Exilia</i> sp.	2
<i>Galeodae koureos</i>	1
<i>Haustator</i> cf. <i>H. rivurbana</i>	2
<i>Iddingsia</i> sp.	10
<i>Lapparia</i> cf. <i>L. nuda</i>	1
<i>Levifusus</i> sp.	1
<i>Lyrischapa spinifera</i>	11
<i>Macrocypraea veintensis</i>	1
<i>Melongena corona tzeltal</i>	3
<i>Mesalia alabamiensis</i>	2
<i>Oliva</i> cf. <i>O. dimidiata</i>	1
<i>Pachycrommiun clarki</i>	156
<i>Palmerella mortoni mexicana</i>	33
<i>Palmerella</i> sp.	5
<i>Perissoptera</i> sp.	4
<i>Potamides (Potamidopsis) tricarinatus</i>	1
<i>Proadustra acyensis</i>	1
<i>Proadustra</i> sp.	5
<i>Proadustra subrostrata bartonensis</i>	2
<i>Rhinoclavis (Ochetoclava) sp.</i>	1
<i>Strombus bifrons</i>	2
<i>Sulcobuccinum</i> cf. <i>S. scalina</i>	1
<i>Terebellum (Seraphs) sp.</i>	1
<i>Tornatellaea bella</i>	7
<i>Trochus</i> sp.	2
<i>Turbinella maya</i>	2
<i>Turricola</i> sp.	1
<i>Turritela humerosa sanjuanensis</i>	1
<i>Turritela</i> sp. 1	3
<i>Turritela</i> sp. 2	3
<i>Volutilithes</i> cf. <i>V. muricinus</i>	23

MOLLUSCA	
<i>Volutocorbis minutus</i>	3
<i>Xenophora delecta</i>	3
Total	586

CUADRO 4

Número de ejemplares por especie de Mollusca ingresados a la base de datos.

ARTHROPODA	
Hexapoda: Insecta	
<i>Antillopsychae mexicana</i>	2
<i>Culoptila aguilerai</i>	1
<i>Pletropsyche alvarezi</i>	1
<i>Xiphocentron chiapasi</i>	1
Total	5
Chelicerata: Arachnida	
<i>Episinus penneyi</i>	1
<i>Hemirragus</i> sp.	1
<i>Lyssomanes</i> sp.	1
<i>Selenops</i> sp.	1
Total	4
Crustacea	
<i>Balanus</i> sp.	9
<i>Calappa zurcheri</i>	6
<i>Calappilia hondoensis</i>	11
<i>Callianassa</i> sp.	4
<i>Carcineretes planetarius</i>	27
cf. <i>Ctenocheles</i> sp.	1
<i>Dardanus mexicanus</i>	1
<i>Eriosachila</i> sp.	1
<i>Eurytium</i> sp.	3
<i>Haydnella</i> cf. <i>H. steininberger</i>	2
<i>Hepatella amazonica</i>	5
<i>Iliacantha panamica</i>	1
<i>Karasawaia markgrafi</i>	1
<i>Laeviranina</i> sp.	1
<i>Lophoranina cristaspina</i>	35
<i>Lophoranina precocius</i>	8

ARTHROPODA	
<i>Megaxantho zoque</i>	1
<i>Necronectes</i> sp.	2
<i>Neochallichirus aetodus</i>	8
<i>Neochallichirus rhinus</i>	1
<i>Notopoides exigus</i>	5
<i>Notopus minutus</i>	1
<i>Orbitoplax nandachare</i>	17
<i>Paleopinnixa perornata</i>	11
<i>Panopeus veintensis</i>	1
<i>Parazanthopsis meyapaquensis</i>	3
<i>Petrochirus</i> sp. 1	1
<i>Petrochirus</i> sp. 2	3
<i>Portunus atecuicitlis</i>	6
<i>Ranina berglundi</i>	3
<i>Raninoides treldenaesensis</i>	1
<i>Santeella lillyae</i>	1
<i>Tehuacana schweitzeriae</i>	5
<i>Verrucoides stenohedra</i>	9
<i>Viapinnixa alvarezi</i>	5
<i>Xaiva</i> sp.	1
Total	201

CUADRO 5

Número de ejemplares por especie de Arthropoda ingresados a la base de datos.

VERTEBRATA	
Chondrichthyes	
<i>Carcharias</i> sp.	1
<i>Carcharocles angustidens</i>	1
<i>Galeocerdo</i> sp.	3
<i>Otodus obliquus</i>	1
<i>Rhombodus</i> sp.	2
<i>Serratolamna</i> sp.	2
<i>Squalicorax pristodontus</i>	1
Total	11
Actinopterygii	
<i>Enchodus ferox</i>	2

VERTEBRATA	
<i>Enchodus gladiolus</i>	2
<i>Enchodus petrosus</i>	2
<i>Enchodus</i> sp. 1	1
<i>Enchodus</i> sp. 2	3
<i>Pepemkay maya</i>	1
<i>Sapperichthys chiapanensis</i>	2
<i>Saurorhamphus</i> sp.	5
Total	18
Reptilia	
<i>Caiman</i> sp.	1
<i>Crocodylus</i> sp.	5
<i>Kinosternon scorpioides</i>	5
<i>Staurotypus</i> sp.	1
<i>Trachemys scripta</i>	3
Total	15
Mammalia	
<i>Bison</i> sp.	4
<i>Camelops</i> sp.	1
<i>Cuvieronius hyodon</i>	11
<i>Dasyypus bellus</i>	1
<i>Equus conversidens</i>	17
<i>Eremotherium laurillardi</i>	3
<i>Glyptotherium floridanum</i>	65
<i>Mammuthus columbi</i>	27
<i>Odocoileus virginianus</i>	16
<i>Panthera atrox</i>	2
<i>Teleoceras</i> sp.	3
Total	150

CUADRO 6

Número de ejemplares por especie de Vertebrata ingresados a la base de datos.

Pasta artesanal enriquecida con harina de lombriz (*Eisenia foetida*), para consumo humano

Patricia Ivett Meza Gordillo¹, Adriana Caballero Roque¹

Gabriela Palacios Pola¹, Zoar Mendoza Pérez¹,

Maricela Cundapí Velázquez¹

¹Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente 1150. Col. Lajas Maciel. Edificio 11. Ciudad Universitaria. Autor de correspondencia: adriana.caballero@unicach.mx

RESUMEN

Se llevó a cabo una serie de análisis para conocer la composición proximal de la harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con la que fue diseñada y elaborada una pasta artesanal, enriquecida con harina de lombriz por su alto contenido en proteína. Finalmente, se realizó el cálculo teórico de la pasta artesanal para saber el contenido nutrimental de las combinaciones realizadas.

Palabras clave: harina de lombriz, valor proteínico, aporte nutritivo.

ABSTRACT

A series of analysis was performed to determine the proximate composition of flour Californian red worm (*Eisenia foetida*) with which it was designed and developed a handmade pasta, enriched with earthworm flour for its high protein content. Finally, the theoretical calculation of the handmade pasta to know the nutritional content of the combinations made was made.

KEY WORDS: flour worm, protein value, nutritional content

INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), los problemas de malnutrición y hambre en los países en desarrollo se sustentan en la falta de inclusión de micronutrientes en la dieta y en el bajo consumo de alimentos que contengan buena disponibilidad de proteína, energía y micronutrientes. Por eso es necesario el desarrollo de alimentos de consumo masivo y que aporten mayor calidad nutricional y que además contribuyan a mejorar la salud y el bienestar del consumidor.

Uno de los nutrientes considerados esenciales para el organismo, debido a su importancia y alto costo, son las proteínas, que proporcionan al organismo los aminoácidos indispensables para el crecimiento, mantenimiento y reparación de tejido, así como de hormonas, enzimas, anticuerpos y otros constituyentes orgánicos (Olivares, 1994).

Una definición básica de la *lumbricultura*, se deriva de la palabra misma, cultivo de lombrices; actividad que no requiere de gran técnica para su desarrollo. Sin embargo, en la última década se ha dado una nueva definición a esta actividad desde el punto de vista biotecnológico. Es por

esta razón que hoy día se define a la *lumbricultura* como aquella biotecnología en la cual la lombriz de tierra funge como herramienta de trabajo para la transformación de desechos en productos orgánicos. La importancia del desarrollo de la *lumbricultura* radica en el alto contenido microbiológico que presentan las excretas de la lombriz, que comúnmente se conocen como lumbricomposta, vermicomposta o abono de lombriz (Martínez, 1999).

Desafortunadamente, no todas las personas pueden adquirir alimento que les proporcione proteínas de buena calidad; por eso, son remplazadas por otros alimentos cuya utilización por el organismo no es suficiente o no cubre las necesidades proteicas. Debido a esto se eligió un alimento de consumo masivo y de bajo costo como lo es la pasta, la cual, por ser un derivado de los cereales, aporta una proporción importante de proteína, a pesar de ser deficiente en Lisina (Dendy y Dobrashczyk, 2004). Con el objetivo de mejorar su aporte proteico, la harina de cereal se enriqueció con harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), que con mayor frecuencia, es utilizada principalmente para la producción de abono orgánico; sin embargo, actualmente se ha utilizado la

carne no sólo para la alimentación animal, sino también para el consumo humano debido a su alto contenido en proteína que va desde 60 hasta 80%, buena porción de aminoácidos, presencia de ácidos grasos esenciales y micronutrientes como hierro y calcio (Ferruzzi, 1986)

METODOLOGÍA

Cultivo de lombrices (*Eisenia foetida*)

Las lombrices fueron cultivadas en el lumbricompostero ubicado en el huerto ecológico Muil itaj de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos. Las lombrices fueron alimentadas durante 12 meses con residuos orgánicos biodegradables como frutas y verduras, hojas secas, cáscara de frijol y cascarón de huevo. Se realizó el mantenimiento cuidando la humedad. Se utilizaron lombrices adultas para la elaboración de la harina.

ELABORACIÓN DE HARINA DE LOMBRIZ

Limpieza. Separación de las lombrices de la composta.

Selección. Se realizó en forma manual y visual, considerando su madurez y periodo de gestación.

Lavado. Se colocaron lombrices en coladores, lavar (5-10 veces) con agua potable hasta quitar los residuos de composta.

Sacrificio. Se colocaron las lombrices en un recipiente de plástico, con solución salina (30 g de sal por litro de agua), durante 15-20 minutos. Al finalizar este proceso se observó que la lombriz desprendió una sustancia amarillenta y de olor característico.

Lavado. Se lavó nuevamente la carne de lombriz para quitar la sal, el olor y la sustancia amarilla.

Deshidratado. Se colocaron capas delgadas de lombriz sobre una charola de aluminio con papel antiadherente, y se metió al horno de aire caliente con control de temperatura, modelo: 40AF, durante 12 horas con temperatura constante de 60°C.

Molienda. Se realizó en molino de piedras hasta pasar por la malla 50.

Las características organolépticas de la harina de lombriz se muestran en la tabla 1.

FORMULACIÓN DE LA PASTA ARTESANAL

Para la elaboración de la pasta artesanal se utilizaron como materia prima dos tipos de harina la de lombriz y la harina de trigo de marca comercial, huevos y agua.

Se realizaron dos formulaciones para la elaboración de la pasta de harina de lombriz (PHL).

- PHL 1: 100 gr de harina de trigo, 5% de harina de lombriz, 1 huevo y 5 ml de agua.
- PHL2: 100 gr de harina de trigo, 10% de harina de lombriz, 1 huevo y 5ml de agua.

PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA PASTA EN FORMA DE FIDEOS

Se pesó, coló y mezcló la harina, se agregó el agua y huevo para su incorporación. Amasado durante 10 minutos hasta volverse elástica. Se cubrió y dejó reposar con papel antiadherente por 30 minutos. Se estiró la masa con un rodillo hasta obtener una lámina que pudiera pasar en la máquina cortadora; se cortaron las láminas en forma de fettuccini y espagueti. Finalmente se secaron en el horno marca 40AF de 12-15 horas/60 °C.

ANÁLISIS PROXIMALES DE LA HARINA DE LOMBRIZ

Se realizó la determinación de los análisis de humedad, cenizas, grasas, proteínas y fibra cruda en el laboratorio de Tecnología y Análisis de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos de la UNICACH, de acuerdo con los métodos establecidos por la AOAC de 1995. Los resultados son el promedio de tres determinaciones (tabla 2) y se presentan en base húmeda (tabla 3).

DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DE LA PASTA ARTESANAL

Para la obtención de los cálculos del valor nutrimental de la pasta artesanal, se consultaron las tablas del Sistema Mexicano de Equivalentes (Pérez, 2008), utilizando información de acuerdo con la harina de lombriz en base húmeda.

RESULTADOS

Obtención de la harina de lombriz

Las características organolépticas de la harina de lombriz se muestra en la tabla 1.

Características organolépticas	Harina de Lombriz
Color	Café oscuro
Olor	Parecido a productos del mar
Sabor	Pescado

TABLA 1

Características organoléptica de la harina de lombriz.

Valor nutricional

El valor nutritivo de la harina de lombriz se muestra en la tabla 2. Para conocerlo se realizó el cálculo de su composición a partir de los resultados obtenidos en los análisis proximales que se muestran en la tabla 3, estos, estaban expresados en porcentajes y se convirtieron a gramos para poder multiplicarse por el factor Atwater y obtener las kilocalorías aportadas. En estos datos se puede observar que esta harina es un alimento de origen animal hiperproteico, con alto aporte en grasa y bajo contenido en hidratos de carbono y fibra.

Nutrientes	Kcal	H.C. (g)	Proteína (g)	Lípidos (g)	Fibra (g)
Total	392.58	29.50	49.12	8.60	1.01

TABLA 2.

Valor nutricional de la harina de lombriz en 40 g

Análisis proximal	Base húmeda
% Humedad	2.12
% Cenizas	9.44
% Grasa o extracto etéreo	8.66
% Proteína cruda	49.12
%Hidrato de Carbono	29.54
% Fibra	1.10

TABLA 3

Resultado de análisis proximales de harina de lombriz.

Para el cálculo teórico de las dos presentaciones de pasta se sumaron todos los ingredientes usados: el huevo, la harina de trigo y la harina de lombriz. Un dato relevante para el cálculo es que por cada 100 g de masa se obtuvo aproximadamente 40 g de pasta seca por lo que los resultados presentados en la tabla 4, están calculados con base en el peso final de alimento deshidratado.

Ingredientes	Kcal	H.C. (g)	Proteína (g)	Lípidos (g)	Fibra
PHL1 (5%)	458.63	80.32	18.11	7	0.35
PHL2 (10%)	478.25	81.8	20.57	7.43	0.41

TABLA 4

Composición nutricional en 40 gr de PHL1 y PHL2.

Como se observa en las tablas anteriores, la composición nutrimental de la pasta tiene cantidades significativas de kilocalorías, proteínas, lípidos y carbohidratos, la cual la convierte en una buena opción para el consumo humano, ofreciendo ventajas como: cubrir en pocas porciones una parte de los porcentajes de los nutrimentos requeridos en la alimentación humana (esto depende de la edad, sexo, peso, talla y actividad física), ayudar a las personas con escasos recursos y poca disponibilidad de alimento, ayudando a mejorar su estado de nutrición. Por su valor nutrimental, también puede ser utilizada como una opción en la alimentación de personas deportistas.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que la harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), es un alimento no convencional que contiene una buena fuente proteínica. Esta harina podría ayudar al enriquecimiento de productos con base en cereales, lo cual representa una alternativa para la sociedad y para formar parte del apoyo nutricional para comunidades de marginación y alto grado de desnutrición. Se sugiere realizar el análisis proximal de la pasta artesanal para contar con datos más exactos, así como realizar otras investigaciones en ratas Wistar ya que son un modelo con características similares a las del ser humano y poder observar el efecto causado, y realizar la digestibilidad de proteína *in vitro*.

LITERATURA CITADA

- DENDY D. y DOBRASZCZYK, B., 2004. *Cereales y productos derivados. Química y tecnología*, 2da. Ed. México. Editorial Acribia. p 1, 3.
- FERRUZZI C., 1986, *Manual de lombricultura*. 1ª ed. Madrid. Mundi-Prensa, p. 13-16, 24, 25, 85.
- MARTÍNEZ, C., C. ROMERO L., M. TRINIDAD S., A. RAMÍREZ S., L. FELIPE, 1999. *Simposium Internacional y Reunión Nacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos*. México: 1999. Pp. 114-116.

OLIVARES S., ANDRADE M., ZACARIAS I. 1994. *Manual de autoinstrucción de necesidades nutricionales y calidad de la dieta.* 1ª ed. Chile. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, pp. 55-57.

PÉREZ, L. A. B., 2008. *Sistema mexicano de alimento Equivalente,* 3ª edición, México. OGALI, 36 p.

Diseño, construcción y evaluación de un sistema de purificación y compresión para biogás

L. Vázquez Valencia¹, J. Moreira Acosta¹

R. Iglesias Díaz¹, L. Rojas Gálvez¹

¹ Centro de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Lib. Norte 2021 Col. Caleras Maciel C.P 29018, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. (961) 61 7 04 40.

RESUMEN

Se presentan los resultados del diseño, construcción y evaluación de un sistema de purificación y compresión de biogás (SPCB), sistema que permite almacenar biogás de una mayor calidad disminuyendo y eliminando impurezas presentes en el mismo, aumentando su potencial energético y su almacenamiento en tanques de alta presión, para su fácil transporte y manejo en múltiples aplicaciones que puede darle al biogás.

Palabras clave: biogás, compresión de biogás.

ABSTRACT

This article presents the results obtained from the design, construction and evaluation of a Biogas purification and compression system (SPCB); the one which allows to storage biogas of a higher quality in order to reduce and to remove impurities that might be present in this gas mixture and also to upgrade its energetic potential and its storage in high pressure reservoirs, making it easier to manage and to transport in the diverse

Key words: biogas, compression of biogas.

INTRODUCCIÓN

Debido a la emergente situación energética a nivel mundial, es importante utilizar cada uno de los recursos relacionados de la forma más eficiente y hacer uso de la energía renovable. La producción de biogás como fuente de energía renovable puede resolver diferentes tipos de problemas, tales como ambientales, energéticos y de salud, siendo accesible para la sociedad.

Un biodigestor es un reactor que transforma la materia orgánica en energía mediante un proceso anaeróbico en presencia de agua, obteniendo en la descomposición de la materia orgánica dos productos, biogás y abono orgánico. Dentro de los componentes principales del biogás se encuentra metano (CH_4) 50-70 %, dióxido de carbono (CO_2) 30-50 %, nitrógeno (N) 0.5-3 %, ácido sulfhídrico (H_2S) 0.1- 2 %, hidrogeno (H) 1-2% [Arvizu J y Huacuz J., 2003].

Se presenta el desarrollo y evaluación de un sistema de purificación y compresión para biogás (SPCB), el cual permitirá disminuir dióxido de carbono (CO_2) quedando atrapado parte de este gas en uno de los procesos,

importante gas de efecto invernadero (GEI) y eliminar el ácido sulfhídrico (H_2S) que es altamente corrosivo; el sistema propuesto almacenará a alta presión un biogás de mayor calidad, con un mayor porcentaje de metano (CH_4) del volumen total almacenado, para proponer su uso posterior como biocombustible en la generación de energía eléctrica.

Este trabajo constituye una experiencia en el manejo, eliminación de impurezas y compresión del biogás, todo este proceso se llevó a cabo en el Centro de Desarrollo y Evaluación de Biodigestores (CDEB) adscrito al Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables (CIDTER) en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).

METODOLOGÍA

Descripción del sistema

En las figuras 1 y 2 se muestra el SPCB que consta de 4 fases fundamentales.

La primera fase (filtrado de H_2S) (figura. 1) posee un filtro denominado “filtro primario” para la eliminación

de (H_2S), este es un filtro construido de material de policloruro de vinilo (PVC) hidráulico de 0.10 m de diámetro y 0.80 m de largo con una entrada y salida para biogás de 0.018 m de diámetro, en el interior de éste se depositaron 3.5 kilogramos de limaduras de óxido férrico (Fe_2O_3).

La segunda fase (disminución de CO_2) y eliminación residual de H_2S (figura.1) consta de otro filtro denominado “filtro secundario”, está construido del mismo material y dimensiones que el primario, pero con una entrada y salida para biogás de 0.0190 m de diámetro, una entrada y salida para agua de 0.0125 m manteniendo un volumen constante dentro de éste de 4 litros de agua (50 % de su capacidad). El agua entra al filtro y es esparcida en su interior interactuando con el biogás a contracorriente y por burbujeo con el agua depositada en el fondo del filtro; el agua sale por la parte inferior del filtro para ser nuevamente recirculada por una bomba.

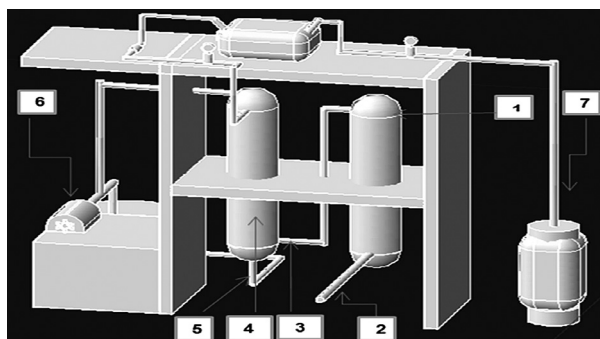


FIGURA 1 Vista frontal del SPCB.

Partes: 1.Filtro primario, 2.Entrada de biogás desde la bolsa, 3.Tubería de biogás del filtro primario hacia el filtro secundario, 4.Filtro secundario, 5.Tubería de recirculación de agua, 6.Bomba de agua, 7.Cilindro de alta presión para CH_4 , 8.Tubería de agua, 9.Depósito de agua, 10.Tubería de agua hacia depósito, 11.Filtro de humedad, 12.Manómetro de baja presión, 13.Com-

En la tercera fase (eliminación de humedad) (figura.2) pasa el biogás después de haber concluido el proceso de eliminación y disminución de impurezas (H_2S y CO_2), por un tercer filtro, filtro de humedad, absorbiendo alguna cantidad de agua o humedad residual que contenga aun el biogás

En la cuarta fase (compresión de biogás) (figura.2) consta de un compresor de refrigeración, con una capacidad de compresión de máxima de 3447.37 kPa, el cual succiona al biogás desde el filtro primario, pasa por el secundario y después por el filtro de humedad; lo comprime y almacena en un tanque de alta presión de 10 kg diseñado a almacenar gas Lp, a una presión que de 1620.26 kPa.

Se utilizaron biodigestores del tipo DM diseñado por el Cuerpo Académico de Energía y Sustentabilidad de la UNICACH, estos fueron alimentados con sustrato de ganado vacuno (estiércol de ganado vacuno).

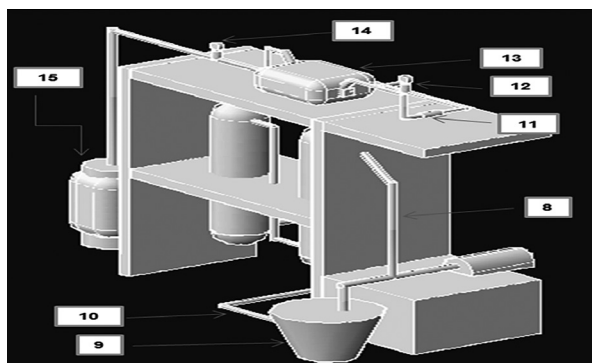


FIGURA 2 Vista lateral del SPCB.

presor, 14.Manómetro de alta presión, 15.Cilindro de alta presión para CH_4 .

Materiales y métodos

A continuación se muestra una tabla de los principales materiales para la construcción del SPCB.

Material	Parte del sistema
Tubo pvc hco para gas	Tubería para conducción de biogás
Tubo pvc hco para agua	Tubería para conducción de agua en filtro secundario
Tubo pvc hco 0.1 m de diámetro con tapa	Filtro primario y filtro secundario
Bomba de agua de 1/2 hp	Necesario para hacer circular agua en el filtro secundario correspondiente a la fase 2 del sistema

Material	Parte del sistema
Tanque plástico de 20 L de capacidad	Recipiente para depósito de agua necesario en el filtro secundario
Limaduras de óxido férrico (Fe_3O_2)	Contenido en el filtro primario
Regadera de agua con un diámetro de entrada de 0.0125 m	Sistema que esparce el agua que circula en el filtro secundario
Filtro de humedad	Fase 3 del sistema
Manguera de presión con un diámetro de entrada y salida de 0.0062 m	1. Enlace desde fase 1 hasta la fase 2 (biogás con impurezas)
	2. Enlace desde fase 3 hasta la fase 4
	3. Para conducción de biogás limpio
Válvulas pvc hco	Sistema de agua y gas
Manómetro baja presión	Fase 3 del sistema
Manómetro alta presión	Fase 4 del sistema
Compresor ½ hp	Sistema de compresión (fase 4 del sistema)
Madera	Estructura del sistema.

TABLA 1

Tabla de los principales materiales usados en la construcción del SPCB.

Diseño experimental

Para diseñar el SPCB es necesario conocer los componentes del biogás a disminuir o eliminar dentro biogás y sus porcentajes reales. Para ello se usó el equipo multitec 540 (foto 4), que está diseñado para medir en porcentos en volumen los componentes más importantes de biogás, al inicio y al final del proceso del SPCB.

En la fase 1, se realiza absorción del H_2S por medio de limaduras de hierro. La preparación de las limaduras de hierro, comenzó con su recolección en talleres de maquinado mecánico, posteriormente se lavaron con detergente desengrasante y se secaron; a continuación se sumergen en una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 5.0 % durante 10 minutos, se extraen y se secan al aire; por último, son sumergidas en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 5,0 %, por otros 10 minutos, y se dejan secar al aire. Como resultado, las virutas se convierten en Fe_2O_3 , compuesto que reacciona rápidamente con el H_2S , cuyo límite de absorción en Fe_2O_3 es 56 %, donde la reacción básica está dada por la reacción [Cepero *et al.*, 2012]



En la fase 2 en el filtro secundario se produce una adsorción fisicoquímica usando agua presurizada como absorbente que usualmente se usa para la purificación de biogás. El agua pasa a contra-corriente, de tal forma que se disuelva el CO_2 y el H_2S remanente de la fase 1, esa agua

con impurezas es extraída y depositada en un tanque de 20 litros. [Morero B, Gropelli E., Campanella E., 2010.]

En la fase 3 el compresor hace fluir el biogás por el filtro de humedad, para retirar alguna cantidad de humedad presente en el biogás ya limpio o purificado.

Finalmente, en la fase 4 se ha obtenido un biogás libre de las principales impurezas ya mencionadas y está listo para su almacenamiento; es comprimido hasta los 1620.26 kPa y almacenado en tanques de alta presión para gas Lp de capacidad de 10 kg.

Consumo energético

El SPCB cuenta con dos elementos que consumen energía eléctrica, una bomba de recirculación de agua que se utiliza en el filtro secundario y un compresor para la compresión y almacenamiento del biogás limpio.

Elemento	Consumo watts/hora (w/h)	Tiempo operación en minutos	Consumo total en watts
Bomba de agua	600	30	300
Compresor	744	30	372
		Total	672

TABLA 2

Consumo energético de elementos eléctricos del SPCB

Evaluación del SPCB

Una vez diseñado y construido el SPCB como se muestra (fotos 1 y 2) se procedió a su evaluación

Para la producción de biogás se utilizaron tres biodigestores del tipo DM1 (foto 3) se toma muestras en la salida de cada uno de ellos, conectándolo directamente la toma al equipo multitec 540 (foto 4) para conocer las características del biogás antes del SPCB. Concluido el proceso de SPCB se tomaron muestras y nuevamente se conectó a la toma del equipo multitec 540 para verificar la disminución y eliminación de impurezas

Se conecta la bolsa de almacenamiento de biogás (foto 5) a la fase 1 a través de una manguera, posteriormente se abre la válvula de paso permitiendo así fluir el biogás en el interior del filtro primario e interactuar con las limaduras de óxido férrico (F_2O_3) y atrapar el ácido sulfhídrico (H_2S) que contiene el biogás. Después de ello el biogás sigue su trayecto hacia el filtro secundario, donde éste se inserta por la parte inferior del filtro interactuando con el agua que se encuentra en el fondo del filtro por burbujeo; y posteriormente interactuar con el agua que es esparcida por una regadera desde la parte superior en el interior del filtro secundario, proceso a contracorriente, de tal forma que se disuelva el CO_2 y el H_2S remanente de la fase 1 que contenga el biogás hasta ese momento del proceso, cabe destacar que el agua que se utiliza se recircula con una bomba.

Finalmente en la fase 4, después de pasar por el filtro de humedad se comprime el biogás limpio, almacenando 3.5 kg de biogás en un tanque diseñado a almacenar gas L_p a una presión de 1620.26 kPa en un tiempo de operación de 30 minutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran en las gráficas 1, 2 y 3 las tres muestras de biogás tomadas de los tres biodigestores DM1 mostrando los principales valores contenidos en la mezcla, porcentaje en volumen de CH_4 , CO_2 , O_2 , H_2S y CO .

En la gráfica 5 se muestran los resultados después concluido el proceso del SPCB tomando una muestra del tanque de almacenamiento de biogás y conectándolo directamente la toma al equipo Multitec 540, mostrando como disminuye un porcentaje importante de CO_2 y el valor de H_2S es tan bajo considerando despreciable.

CONCLUSIONES

Se diseñó, construyó y evaluó un sistema de purificación y compresión de biogás. El SPCB cumplió con el objetivo de disminuir los valores de CO_2 en el biogás desde un 29.6 % de su valor inicial hasta un 9 %, y del 1.5 % de H_2S a 0.0008 %, prácticamente despreciable. Se obtiene un biogás de alta calidad comprimido a 1620.26 kPa.

Este sistema ofrece como producto final un biogás de alta calidad almacenado en tanques pequeños a una presión de 1620.26 kPa de facilitando su transporte y uso para múltiples aplicaciones, tales como la generación de energía eléctrica a través de su uso en un motor de combustión interna acoplado a un generador eléctrico, no afecta sus componentes por estar libre de H_2S y su combustión no genera altos niveles de CO_2 .

LITERATURA CITADA

- ARVIZU J. Y J. HUACUZ, 2003. Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad. *Boletín IIE*, octubre-diciembre del 2003.
- CEPERO, L., V. SAVRAN, D. BLANCO, D., M.R. DÍAZ PIÑÓN, J. SUÁREZ Y X? PALACIOS, 2012. Production of biogas and biofertilizers from biodigester effluents. *Estación Experimental de Pastos y Forrajes* Indio Hatuey, 35: 219-226. Matanzas, Cuba.
- MORERO, B., E. GROPELLI Y E. CAMPANELLA, 2010. Revisión de las principales tecnologías de purificación de biogás. *Ciencia y Tecnología*, 10: 187-201.

APÉNDICE



Foto 1. Vista frontal del SPCB.



Foto 2. Vista lateral del SPCB.



Foto 4. Equipo Multitec 540.



Foto 3. Biodigester DM1.



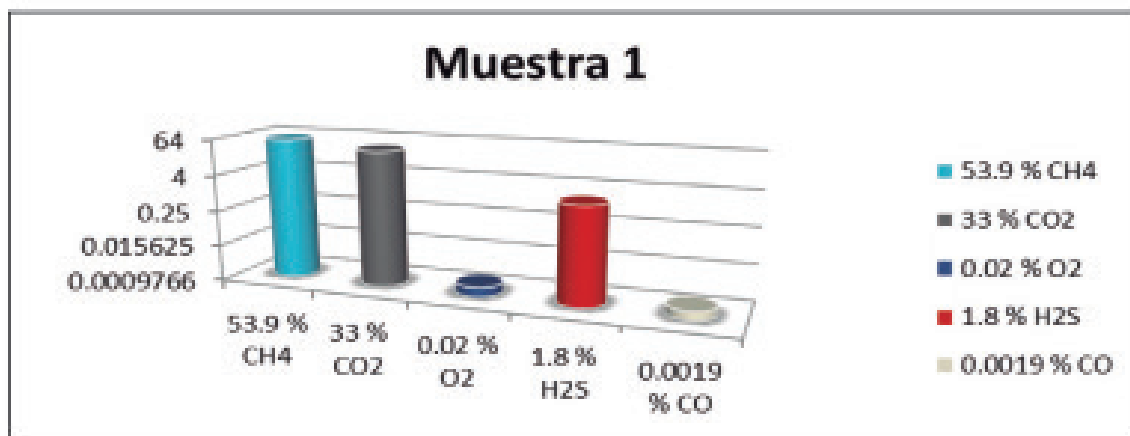
Foto 5. Bolsa de almacenamiento de biogás.



Foto 6. Mediciones de biogás inicio y al final del proceso.

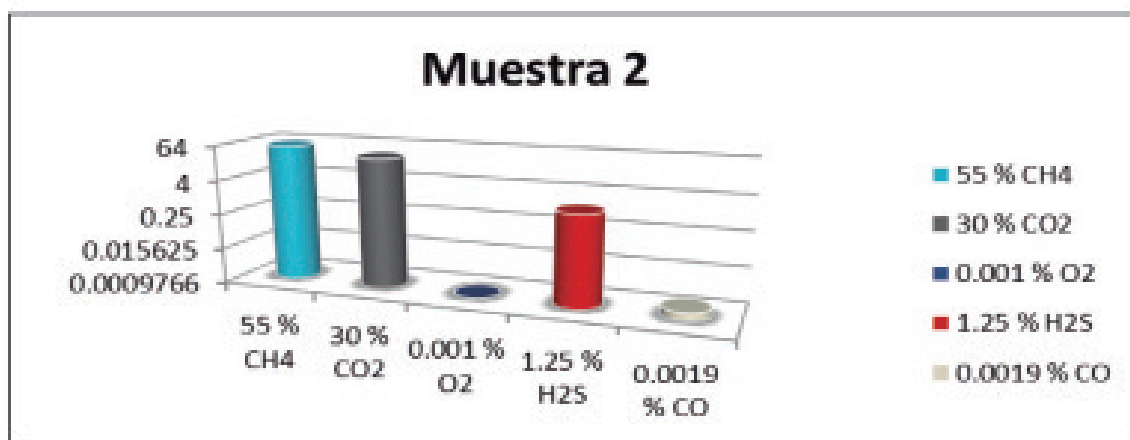


Foto 7. Banco de biodigestores DM1.



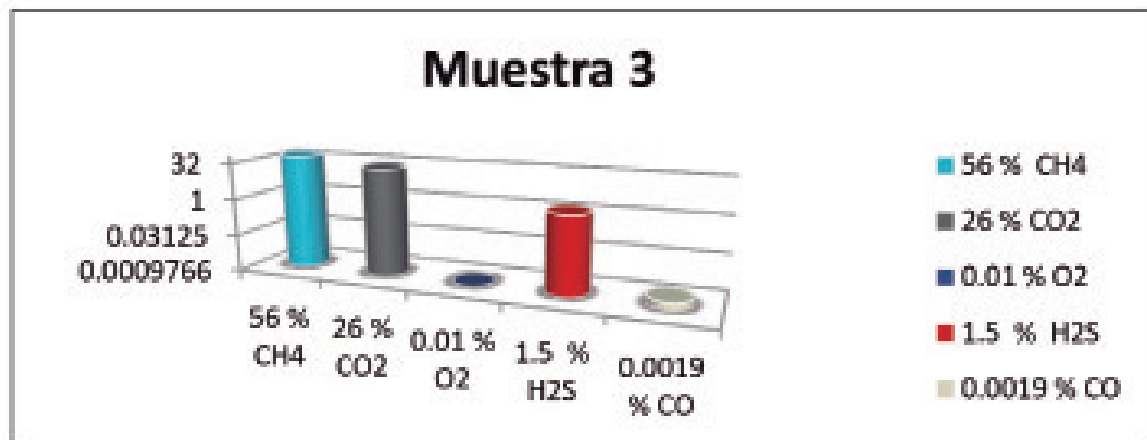
GRÁFICA 1

Valores obtenidos de la muestra 1 de biogás por el equipo Multitec 540.



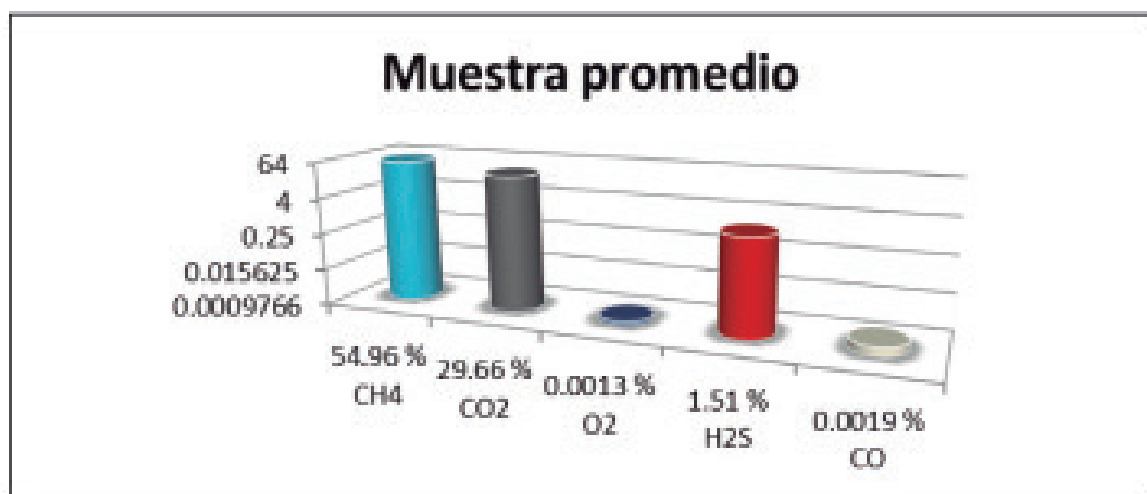
GRÁFICA 2

Valores obtenidos de la muestra 2 de biogás por el equipo Multitec 540.



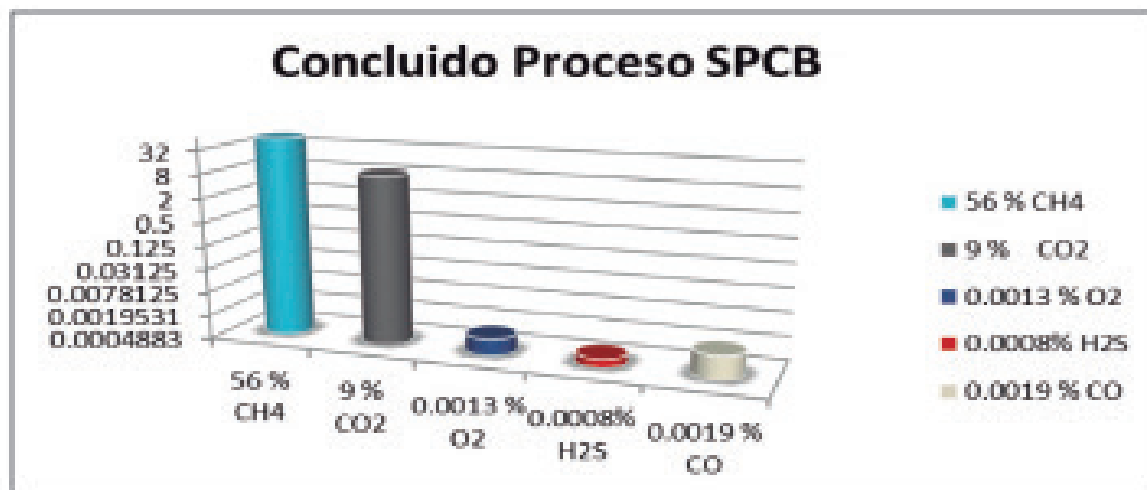
GRÁFICA 3

Valores obtenidos de la muestra 3 de biogás por el equipo Multitec 540



GRÁFICA 4

Valores promedio de muestras de biogás antes del SPCB.



GRÁFICA 5

Valores obtenidos al concluir el proceso el biogás en el SPCB por el equipo multitec 540.

Medición de partículas atmosféricas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas utilizando sensores pasivos

Carlos Manuel García Lara^{1,2}, Cristina Lagunés Quevedo¹
David Bermúdez Pérez¹, Pedro Vera Toledo^{1,2}, Hugo Alejandro Nájera Aguilar^{1,2},
Raúl González Herrera^{1,2}, Rubén Alejandro Vázquez Sánchez^{1,2}

¹ Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ingeniería, Libramiento Norte Poniente 1150, Col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C. P. 29039, e-mail: carlos.garcia@unicach.mx | ² Cuerpo Académico Estudios Ambientales y Riesgos Naturales

RESUMEN

La contaminación atmosférica en las ciudades es un problema grave que ha ido creciendo. El estudio de la evolución espacial y temporal de la concentración de contaminantes atmosféricos, en específico de material particulado, es necesario. En este trabajo se presenta un estudio realizado desde septiembre de 2014 hasta marzo de 2015 en periodos de 30 días, recolectando un total de 162 muestras utilizando la técnica de muestreo pasivo y el análisis de peso constante. Se encontró que para partículas suspendidas totales, en siete lugares seleccionados se excedió la norma NOM-025-SSA1-1993, para el caso de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$, en las instalaciones de Ciudad Universitaria de la UNICACH y en la zona centro poniente, se presentaron cantidades superiores a lo estipulado en la norma, no se encontró relación directa con las condiciones ambientales.

Palabras clave: calidad del aire, contaminación atmosférica, material particulado

ABSTRACT

A serious problem that has been growing in cities is the air pollution. The study of the spatial and temporal evolution of the air pollutant concentrations, including particulate matter, is necessary. In this paper is presented a study since September 2014 to March 2015 in periods of 30 days, collecting a total of 162 samples using the technique of passive sampling and constant weight analysis. It was found that for total suspended particulates in seven selected locations, the NOM-025-SSA1-1993 was exceeded, for PM_{10} and $PM_{2.5}$ particles, inside of the UNICACH facilities and in the central west zone, higher amounts than stipulated in the standard were presented, any relation to environmental conditions was founded.

Key words: air quality, air pollution, particulate matter

INTRODUCCIÓN

Las partículas atmosféricas son una mezcla compleja de compuestos con carbón, amonio, nitratos, sulfatos, residuos minerales, elementos traza y agua. Los cuales pueden ser de origen natural como polvo volcánico y tolvaneras o antropogénico que incluyen fábricas, plantas de generación de energía, cementeras, fundidoras, obras de construcción y demolición, hornos y chimeneas que utilizan madera como combustible, áreas sujetas a erosión y motores de combustión (Wadden, 1987; Manoli *et al.*, 2004) y pueden ser emitidos directamente a la atmósfera o formados en ésta a partir de precursores gaseosos.

El estudio de concentraciones de partículas, tamaño y composición química en sitios con presencia de éstos es esencial para conocer las fuentes de generación de aerosoles y los procesos asociados con su formación (Cheng *et al.*,

2005; Yin and Harrison, 2008). Otros problemas asociados a las partículas atmosféricas son el efecto adverso sobre la salud humana, exposiciones cortas a estas partículas ocasionan reacciones inflamatorias de los pulmones, malestares del sistema respiratorio, efectos adversos sobre el sistema cardiovascular e incremento en los servicios hospitalarios (Lippmann and Chen, 2009), reducción en la visibilidad (Watson, 2002), formación de núcleos de condensación de nubes (Seinfeld and Pandis, 2006) y acidificación de nubes, lluvia y niebla (Hong *et al.*, 2002).

El análisis de partículas se basa en el diámetro de estas, clasificándose en partículas suspendidas totales (PST) con un diámetro de hasta 100 μm , partículas inhalables o respirables (PM_{10}) cuyo diámetro es menor a 10 μm , finas con diámetro menor a 2.5 μm ($PM_{2.5}$) y ultrafinas con diámetro menor a 1 μm (PM_1). En México se tienen diversos estudios sobre partículas suspendidas

(Díaz-Ramírez *et al.*, 1999; Chow *et al.*, 2002; Arreola-Contreras, 1999; Pérez-Vidal *et al.*, 2010).

Existen diferentes técnicas para la obtención y medición de partículas como son (Martínez & Romieu, 1997):

- Muestreo pasivo el cual es de muy bajo costo, simple y útil para cribado y estudio de base, pero únicamente proporcionan promedios de concentración y requiere de análisis de laboratorio.
- Muestreo reactivo es de bajo costo, requiere de materiales químicos y cuidados en su manejo.
- Monitores automáticos son de alto desempeño, requiere de personal calificado y es de alto costo periódico de operación.
- Sensores remotos son de alta resolución, medición de multicomponente, muy complejos y costosos, difíciles de operar, calibrar y validar, y
- Bioindicadores son baratos, determinan la presencia de algunos contaminantes, poseen problemas de estandarización, en casos requiere de análisis de laboratorio.

En este trabajo se hace un análisis sobre la concentración de partículas presentes en la atmósfera de Tuxtla Gutiérrez utilizando la técnica de muestreo pasivo.

METODOLOGÍA

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas cuenta con una extensión de 412.4 Km², se localiza a los 16° 45' 11" de latitud Norte y 93° 6' 56" de longitud Oeste. Presenta un clima cálido subhúmedo con lluvia en el verano. Los parámetros meteorológicos dirección e intensidad del viento, humedad relativa, temperatura y precipitación pluvial se monitorearon de manera continua en una estación climatológica marca Davis, la estación está ubicada en el edificio de Ingeniería Ambiental en Ciudad Universitaria de la UNICACH.

Para el análisis gravimétrico de las partículas, se emplearon filtros con una abertura de poro de 20 y 8 mm, denominado de poro grueso y mediano, respectivamente, los cuales fueron acondicionados antes y después del muestreo a una temperatura de 60°C durante 5 minutos para determinar la ganancia neta de masa. Los filtros fueron acondicionados en forma circular con diámetro de 4.6 cm y ubicados dentro de un contenedor de PVC de 5.08 cm de diámetro y 40 cm de altura. Los filtros fueron separados a una distancia de 3 cm de tal forma que actuaron como un sistema de cribado, en la parte inferior se colocó acetato para captar las partículas menores a 8 mm y en la superior se colocó una malla que limitó el acceso de insectos o material voluminoso como hojas.

El monitoreo se realizó en periodos de 30 días en cuatro tiempos, siendo estos del 26 de septiembre al 26 de octubre, del 5 de noviembre al 5 de diciembre de 2014, del 13 de enero al 13 de febrero y del 20 de febrero al 20 de marzo de 2015. Cada unidad se colocó a una altura superior a 2 m para evitar la contaminación proveniente del suelo (Moreno *et al.*, 2008). Las muestras colectadas fueron almacenadas en bolsas selladas para su posterior estudio. El contenido de partículas sedimentadas se obtuvo por diferencia de peso entre el filtro con y sin muestra.

RESULTADOS

Para determinar los puntos de muestreo en la ciudad, se utilizó información histórica sobre la dirección del viento en la zona urbana y se colocaron inicialmente 40 filtros ubicados en diferentes sitios dentro de la ciudad, a partir de este análisis se utilizaron los diez puntos con mayor captación de partículas. En la figura 1, se presenta la dirección de los vientos predominantes en la zona, así como la ubicación espacial de los filtros.

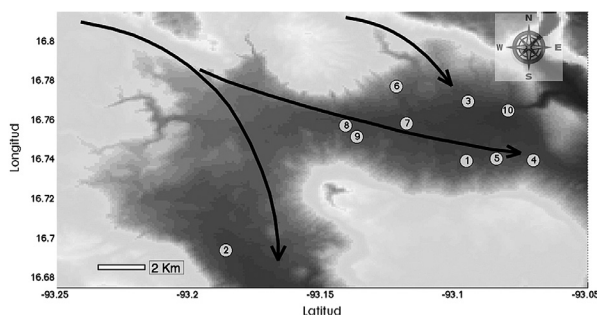


FIGURA 1

Ubicación espacial de los puntos de muestreo en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Los diez puntos con mayor concentración de partículas se presentan en la figura 1, resaltando en color amarillo aquellos en donde se encontró mayor cantidad de partículas superiores a 10 mm (PM₁₀), la descripción de los sitios es: 1 corresponde a la colonia Santa Ana, el 2 a las instalaciones de la UNACH ubicadas en el ejido Zapata, el 3 corresponde a la colonia 24 de Junio, el 4 a la colonia La Misión, el 5 a la Prolongación del Libramiento sur con la 9ª Sur, el punto 6 son las instalaciones de Ciudad Universitaria de la UNICACH, el 7 está ubicado en la 5ª Norte entre 4ª y 5ª Poniente, el 8 se encuentra en la Unidad Deportiva Parque Caña Hueca, el 9 a la colonia Penipak y por último, el 10 corresponde a la colonia Paso Limón ubicada en la zona norte oriente de la ciudad.

Es importante considerar los vientos predominantes en el sitio de interés debido al arrastre de partículas y a la concentración encontrada; además de las actividades antropogénicas que se realizan en los periodos de muestreo. En la figura 2, se presenta la rosa de vientos durante los cuatro periodos realizados, los cuales fueron obtenidos con la estación climatológica descrita en la metodología, observándose primordialmente vientos dominantes en la dirección sur-este, lo cual concuerda con los datos históricos previamente analizados.

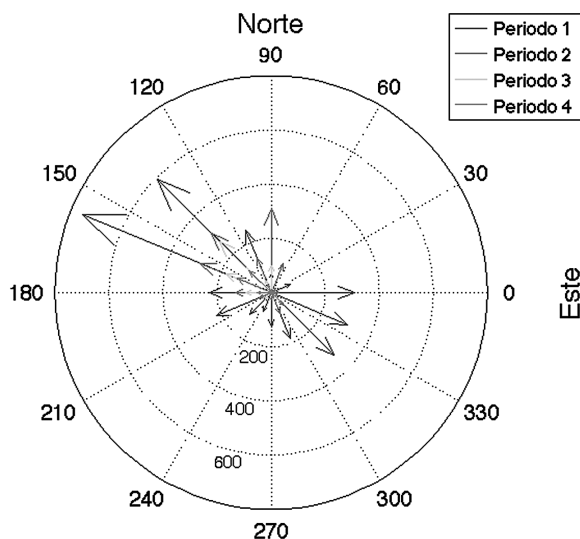


FIGURA 2

Dirección del viento en los cuatro periodos de muestreo realizados.

Cabe señalar que la diferencia en la magnitud y frecuencia del viento se debe a las fechas en las cuales se realizó la recopilación de muestras, siendo el primer periodo en el cual se presentó la mayor frecuencia de éstos.

En la Figura 3, se presentan los resultados obtenidos con partículas superiores a 20 μm , aquí se observa que el primer periodo de muestreo presentó mayor número de partículas atrapadas lo cual puede explicarse debido a que en este periodo, cercano al punto de muestreo, se llevaban a cabo diferentes obras de construcción de avenidas, lo cual generó un gran número de vehículos emitiendo contaminantes como polvo y los propios de este tipo de vehículos automotores.

Estas fuentes de emisión son determinantes debido a la alta velocidad de sedimentación de partículas mayores a 20 μm y a que por su tamaño son partículas primarias de origen natural. En lo que respecta a la salud, el

sistema respiratorio cuenta con diversos mecanismos que permiten expulsar estas partículas de manera natural, razón por la cual no son de consideración, sin embargo, se debe establecer mecanismos de prevención cuando éstos rebasen valores límite, establecidos en las normatividad.

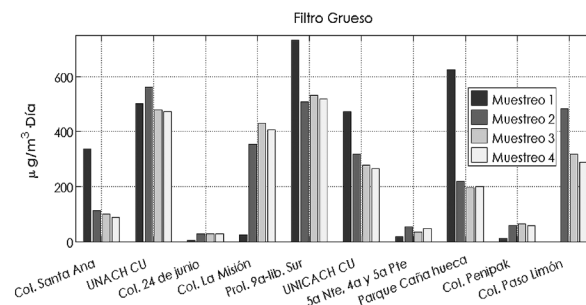


FIGURA 3

Concentración de partículas retenidas en el filtro grueso.

Las normas que regulan las concentraciones de partículas suspendidas en el aire, como medida de protección a la salud de la población de México, corresponden a la NOM-035-ECOL-1993 en donde se establecen los métodos de medición. La NOM-024-SSA1 define los criterios de evaluación. La NOM-025-SSA1-1993 de salud ambiental, establece los criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de las partículas, para el caso de partículas suspendidas totales (PST) establece un valor límite diario de 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual fue superado en siete de los diez puntos analizados, lo cual, no obstante la escasa actividad industrial en la zona, se debió a la densidad de vehículos automotores observados en los periodos de muestreo, lo cual ocasionó dispersión de partículas de polvo cercanos a la zona de muestreo, debido al movimiento por zonas con residuos de construcción.

En la figura 4, se presentan los datos obtenidos con partículas superiores a 8 μm pero menores a 20 μm , las cuales entre otras, pueden provenir de materiales como cemento o polen, en la UNICACH se presentó el mayor número de partículas atrapadas de estas dimensiones, lo cual puede explicarse por la vecindad que se tiene con una planta extractora de cal, que en su proceso de extracción y procesamiento puede liberar este tamaño de partículas, además de que en la parte norte de la UNICACH se encuentran conjuntos habitacionales en desarrollo y terrenos baldíos, los cuales en conjunto podrían emitir estas partículas.

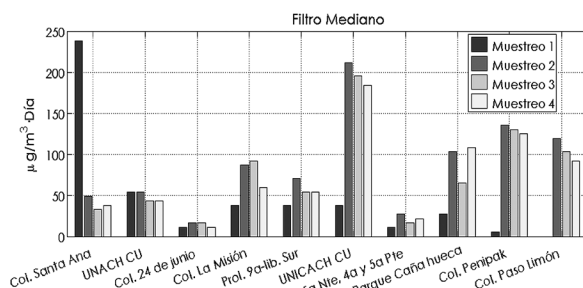


FIGURA 4

Concentración de partículas retenidas en el filtro mediano.

Para el caso de partículas superiores a 10 mm (PM_{10}), la norma establece un valor límite diario de 120 mg/m³, el cual fue superado de manera constante en la UNICACH y Penipak, este último se encuentra en la zona noroeste de la ciudad, nuevamente estos valores se consideran altamente influidos por las actividades de construcción de vías efectuadas en los periodos de muestreo. Para estas partículas se debe contar con protección del sistema respiratorio debido a que pueden adherirse a la membrana mucosa y eliminarse por la parte baja del tracto respiratorio.

Los factores a considerar en los dos primeros periodos de monitoreo son la lluvia y el viento que para el primer caso limita la dispersión y para el segundo permite la dispersión de contaminantes no se observa este proceso en el segundo y tercer muestreo en la UNICACH, en donde se alcanzó un valor máximo de 211 y de 195 mg/m³día, respectivamente, para el último periodo de monitoreo se determinó una concentración de 184 mg/m³día, lo cual se atribuye a un fenómeno estacionario que sucede en la atmosfera de la ciudad, en donde las emisiones ocasionadas por la quema de pastizales se concentran en ésta.

En la figura 5, se presentan los resultados obtenidos con partículas menores a 8 mm, las cuales se presentan en forma de aerosoles, nuevamente en la UNICACH, y en Penipak aparecieron los mayores índices de partículas atrapadas de estas dimensiones, lo cual sucede debido a la gran carga vehicular en las fechas de evaluación, generando emisiones vehiculares por arriba de las condiciones normales.

Para partículas menores a 2.5 mm ($PM_{2.5}$), la norma establece un valor límite diario de 65 mg/m³, el cual fue superado en todas las mediciones realizadas en estos dos puntos. Para estas partículas se debe tener especial cuidado en la protección del sistema respiratorio debido a que penetran fácilmente a los pulmones, por lo que se

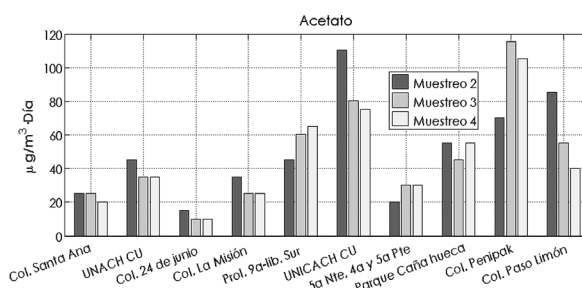


FIGURA 5

Concentración de partículas retenidas en el acetato.

del orden de 0.1 mm, las cuales tienen mayor capacidad de ingreso al sistema respiratorio (deposición alveolar), incluso pueden infiltrarse al torrente sanguíneo. Cabe señalar que no se encontró una relación directa entre las condiciones ambientales y la dispersión de partículas finas, lo anterior se explica por los vórtices que pueden formarse en zonas puntuales dentro de la ciudad, permitiendo la concentración temporal de los contaminantes en estas regiones.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron datos del monitoreo atmosférico realizado en temporada de lluvia y de sequía, observando que en la primera debido al arrastre de las partículas por las gotas de agua se tuvo mayor concentración de partículas suspendidas, mientras que en la temporada de sequía se registro en promedio mayor cantidad de partículas menores a 10mm y 2.5 mm, lo cual se debe a la falta de vientos que ayuden a la dispersión de estos fuera de la ciudad. Los resultados muestran que en la UNICACH existe una alta concentración de partículas menores a 20 mm. Se determinó que las condiciones atmosféricas no influyeron significativamente en estos sitios debido a que la dispersión de contaminantes no fue evidenciada.

Se determinaron valores máximos en este punto de 472 mg/m³día, para partículas superiores a 20 mm, de 211 mg/m³día, para partículas superiores a 8 mm y de 110 mg/m³día, para partículas menores a 8 mm, lo anterior refleja la necesidad de establecer sistemas de monitoreo constantes que permitan determinar con precisión la sedimentación que existe de estas partículas en la UNICACH y en otros puntos de interés en la ciudad, la correlación que existe de estos con las condiciones meteorológicas presentes, así como los mecanismos de control para reducir o evitar esta sedimentación.

AGRADECIMIENTOS

A la SEMAVIHN por su apoyo en la realización de esta investigación, facilitando información de contaminantes por partículas suspendidas de la zona de estudio.

LITERATURA CITADA

- ARREOLA-CONTRERAS, J.L., G. GONZÁLEZ, 1999. Análisis espectral del viento y partículas menores de 10 micrómetros (PM_{10}) en el área metropolitana de Monterrey, México, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 15(2), 95-102.
- CHENG, M.T., Y. C. LIN, C. P. CHIO, C. F. WANG, C. Y. KUO, 2005. Characteristics of aerosols collected in central Taiwan during Asian dust event in spring 2000, *Chemosphere*, 61, 1439-1450.
- CHOW, J.C., J. G. WATSON, S. A. EDGERTON, E. VEGA, 2002. Chemical composition of PM_{10} in Mexico City during winter 1997, *Sci. Total Environ.*, 287(3), 177-201.
- DÍAZ-RAMIREZ, P., I. GARCÍA-SOSA, J. L. ITURBE-GARCÍA, F. GRANADOS-CORREA, J. C. SÁNCHEZ-MEZA, 1999. Air pollution in the atmosphere of the Toluca Valley, Mexico, *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 15(1), 13-17.
- HERRERA MURILLO, J., A. CAMPOS RAMOS, F. ÁNGELES GARCÍA, S. BLANCO JIMÉNEZ, B. CÁRDENAS, A. MIZOHATA, 2012. Chemical composition of $PM_{2.5}$ particles in Salamanca, Guanajuato Mexico: Source apportionment with receptor models, *Atmospheric Research*, 107, 31-41.
- HONG, Y.M., B. K. LEE, K. J. PARK, M. H. KANG, Y. R. JUNG, D. S. LEE, M. G. KIM, 2002. Atmospheric nitrogen and sulfur containing compounds for three sites of South Korea, *Atmos. Environ.*, 36, 3485-3494.
- MANOLI, E., A. KOURAS, C. SAMARA, 2004. Profile analysis of ambient and source emitted particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons from three sites in northern Greece. *Chemosphere*, 56, 867-878.
- MARTÍNEZ, A.P., I. ROMIEU, 1997. Introducción al monitoreo atmosférico, ECO. Metepec, 262.
- MORENO G., E. MARTÍNEZ CARRETERO, A. M. FAGGI, B. VENTO, 2008. Sedimentación atmosférica seca en hojas de *Morus alba* L. en la ciudad de San Juan, Argentina, *Interciencia*, Vol. 33, No 11, 844-849.
- PÉREZ-VIDAL, H., M. A. LUNAGÓMEZ-ROCHA, L. I. ACOSTA-PÉREZ, 2010. Análisis de partículas suspendidas totales (PST) y partículas fracción respirable (PM_{10}), en Cunduacán, Tabasco, *Universidad y Ciencia*, 26(2), 151-162.
- SEINFELD, J., S. N. PANDIS, 2006. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, Wiley, New York, 1232.
- WADDEN, A.R., 1987. *Contaminación del aire en interiores*, editorial Limusa, México D.F., 67.
- WATSON, J.G., 2002. *Visibility: science and regulation*, J. Air Waste Manage, 52, 628-713.
- YIN, J., R. M. HARRISON, 2008. Pragmatic mass closure study for PM_1 , $PM_{2.5}$ y PM_{10} at roadside, urban background and rural sites, *Atmos. Environ.*, 42, 980-988.

Análisis de la intensidad y duración de la lluvia simulada mediante manipulación manual, para el diseño y construcción de un simulador de lluvias

*J. L. Carreras-Nampulá¹, C. García-Lara²

E. Espinoza-Medinilla², R. González-Herrera², L. Medina-Sansón³

¹ Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos. Facultad de Ingeniería, UNICACH. | ² Facultad de Ingeniería, UNICACH. | ³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNACH. *Autor correspondiente: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Lib. Nte. Pte. s/n. Col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 29000. México. E-mail: eduardo.espinoza@unicach.mx.

RESUMEN

El presente trabajo describe el estudio realizado para el diseño y construcción de un equipo de simulador de lluvias, el cual permite controlar variables importantes de la lluvia como son: intensidad y duración. El equipo fue diseñado con tubos de PVC de 13 mm debido a que es la medida más pequeña en el mercado y además es de bajo costo con respecto a otros materiales. Consta de un bastidor de 1 m² con orificios de 0.8 mm como sistema generador de gotas que se conecta a un recipiente de 19 litros a través de tubos de PVC; el flujo del agua se controla mediante manipulación mecánica lo que permite estabilizar la presión. Los resultados de las pruebas indican que el comportamiento en el volumen de agua no es uniforme, debido al medio de control utilizado.

Palabras claves: lluvia simulada, calibración, duración e intensidad de la lluvia.

ABSTRACT

The present paper describes the study for the design and construction of a rainfall simulator equipment, which allows control important variables of a rain such as: intensity and duration. The equipment was designed with PVC pipes of 13 mm because it is the smallest on the market and is inexpensive compared to other materials. Consists of a frame of 1 m² with 0.8 mm holes droplet generator system is connected to a 19 liter container through PVC tubes, the water flow is controlled by allowing mechanical handling stabilize the pressure. The test results indicate that the behavior in the volume of water is not uniform due to the control means used.

Key words: simulated rain, calibration, duration and intensity of the rain.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso vital y en gran medida no renovable, lo que implica que su pérdida y degradación no son reversibles en el curso de una vida humana (FAO, 2015). Cada vez se sabe más acerca de los problemas que afectan al suelo gracias a las investigaciones que se han realizado en los últimos años. En la república mexicana se menciona que el 73.34% tiene algún grado de erosión, de la cual la erosión hídrica constituye la forma más frecuente de degradación del suelo que representa el 37% (Ramírez-Carballo & Pedroza-Sandoval, 2007).

La erosión del suelo en la república mexicana es un problema ambiental muy grave que afecta a gran parte del territorio nacional, siendo la lluvia uno de los principales causantes (Montes-León *et al.*, 2011).

En el estado de Chiapas las intensas lluvias ocurridas en los últimos años por fenómenos meteorológicos extre-

mos, se asocian con graves procesos de erosión hídrica (Pérez-Nieto *et al.*, 2012). Esto, aunado a la composición de los suelos y la deforestación por el crecimiento de la población debido a la migración del campo a la ciudad y la falta de medidas de conservación ha llevado a acelerar el proceso natural de erosión. Diversas investigaciones se han realizado en los últimos años en el estudio y cuantificación de los procesos de erosión con el propósito de poder desarrollar instrumentos que permitan investigar en breve tiempo la relación causa-efecto de las precipitaciones sobre las propiedades del suelo. Para lo cual se han diseñado y construido diversos simuladores de lluvia, los cuales son instrumentos diseñados para aplicar agua de forma similar a la lluvia natural, bajo condiciones controladas (Benito *et al.*, 2001). Asimismo, los estudios con lluvia simulada no pretenden sustituir las investigaciones realizadas con lluvia natural, sino complementarlas.

Por lo antes mencionado es relevante el diseño y calibración de un simulador de lluvias que contribuya al estudio de la erosión hídrica sin la necesidad de contar con una lluvia natural, ya que es muy difícil saber con certeza, dónde y cuándo lloverá, así como tampoco si el evento tendrá la intensidad y duración necesaria para producir erosión. El objetivo del presente estudio es controlar la intensidad y duración de la lluvia simulada que nos permita el diseño y calibración de un simulador de lluvias para cuantificar los efectos de la precipitación a través del control de la intensidad bajo precipitaciones controladas.

METODOLOGÍA

Se diseñó y construyó un simulador de lluvia, como modelo se eligió al desarrollado por (Martínez-Mena *et al.*, 2001), con modificaciones en la estructura y funcionamiento, considerando las variables de intensidad y duración de las precipitaciones. Conocer el efecto de estas variables permitirá evaluar la susceptibilidad del suelo a ser erosionado.

Para realizar el control de las variables mencionadas fue necesario construir un equipo que permitiera generar desde gotas hasta un flujo de agua de una forma controlada. El prototipo permite variar la altura del recipiente para distribuir agua a diferentes presiones, lo cual se realizó con una válvula de control, que permitió regular el flujo de salida de agua a diferentes intervalos de tiempo.

Se realizaron 24 ensayos con tres repeticiones para cada uno, a un metro y 1.5 metros para diferentes presiones de trabajo; para evaluar la uniformidad de la lluvia simulada en el sistema se utilizaron 16 recipientes de 1000 ml, distribuidos en cuatro filas a intervalos de 20 cm, para determinar el volumen de agua acumulado durante 60 y 120 segundos.

Los resultados de las pruebas realizadas fueron manipulados y procesados en el software Matlab R2012a.

Calibración del simulador

La calibración del simulador consistió en evaluar la presión de trabajo en el sistema mediante la apertura de la válvula, lo cual puede ser determinado mediante el cálculo del caudal utilizando el volumen del líquido que pasa a través de los tubos. Lo anterior partiendo del volumen de agua existente en el recipiente colector y el tiempo de apertura de la válvula, se tiene que el caudal está dado por:

Donde Q es el caudal (m^3/s), v es la velocidad de salida del agua (m/s) y t es el tiempo (s).

Asimismo se realizó el cálculo de la presión hidrostática del fluido, para determinar la presión ejercida por el líquido en cualquier punto y altura, debido a que es directamente proporcional al valor de la gravedad (g), la densidad del líquido (ρ) y de la altura (h), la cual se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

Dónde: P es la presión (pascales), ρ es la densidad del agua (kg/m^3), g es la gravedad (m/s^2) y h es la altura (metros).

RESULTADOS

La estructura del simulador consistió en un bastidor de $1 m^2$ de lado sujetado por cuatro soportes a 25 centímetros (cm) de altura del suelo. En la parte superior se sujeta el esqueleto del simulador de lluvias, la cual fue construida con tubos de PVC de 13 mm, se utilizó esta medida porque es la más pequeña que hay en el mercado, lo cual nos proporciona mayor presión en el flujo de agua, asimismo, el material es más económico en comparación con otros materiales como el cobre, el bastidor se conecta a través de un tubo de PVC el cual lleva una válvula de control para estabilizar la presión, conectándose a un recipiente de 19 litros el cual abastece de agua a todo el sistema por gravedad (figura 1), los orificios realizados a los tubos de PVC para generar la lluvia tienen un diámetro de 0.8 mm, los cuales se sitúan a distancias de 10 cm entre sí (figura 2).

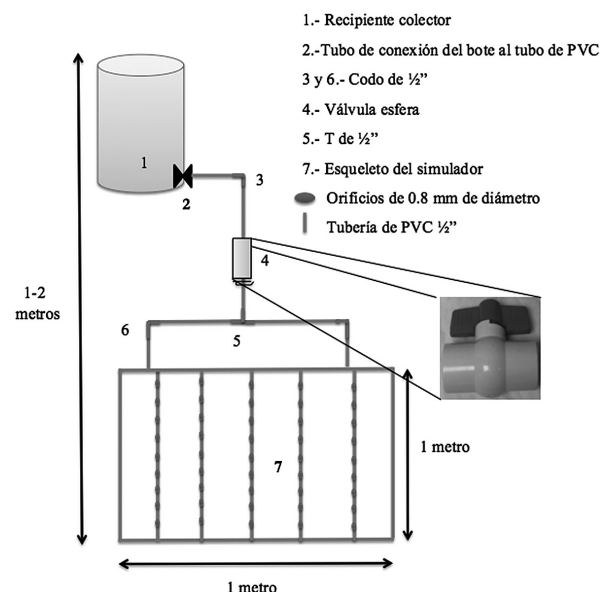


FIGURA 1

Estructura de los componentes del modelo desarrollado.

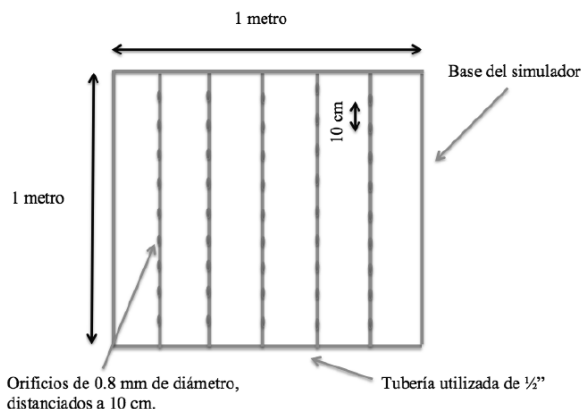


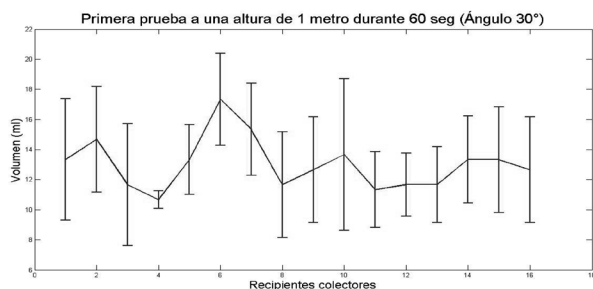
FIGURA 2

Estructura de los componentes del modelo desarrollado.

Figura 2. Base del simulador con orificios de 0.8 mm.

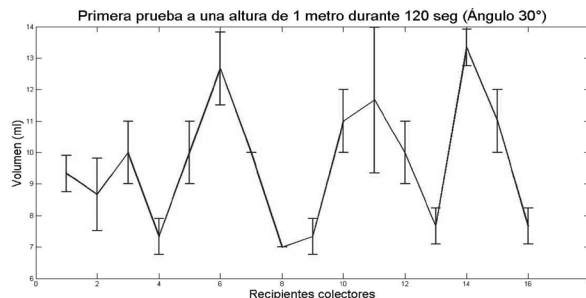
Los resultados obtenidos a partir de cada simulación de lluvia presentan la relación entre la presión y el tiempo, observándose cambios en intensidad en cada uno de los orificios realizados, esto es debido al tipo de control utilizado y además de que es muy difícil abrir la válvula a la misma distancia, así como a la cantidad de carbonato de calcio que el agua contiene y de las impurezas, ocasionando que los orificios se obstruyeran y provocaran variaciones en el flujo del agua.

En las gráficas 1 y 2, se muestra el comportamiento de las precipitaciones simuladas, observándose que, a menor y mayor tiempo de precipitación, no existe uniformidad en el volumen de salida, presentando variaciones del 60% para la gráfica 1 y de 59% para la gráfica 2.



GRÁFICA 1

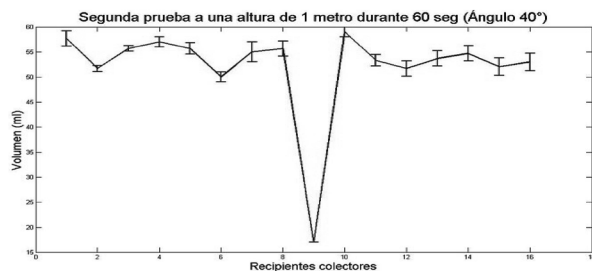
Comportamiento de las precipitaciones simuladas.



GRÁFICA 2

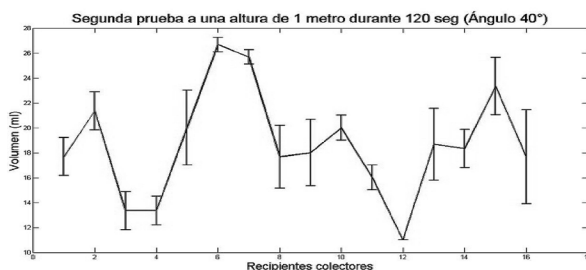
Variación en la homogeneidad de la lluvia simulada.

En la gráfica 3, se puede apreciar la uniformidad en el volumen de agua con excepción del vaso 9 siendo del 36%, para el caso del volumen se observa el doble en comparación con los datos de las gráficas 1 y 2, debido a que la apertura de la válvula fue mayor. En la gráfica 4, el volumen de agua acumulado aumenta en relación con la gráfica 3, mientras que el comportamiento de esta presenta variaciones del 32% debido al tipo de control utilizado y las impurezas mencionadas anteriormente.



GRÁFICA 3

Uniformidad del volumen obtenido a mayor apertura de la válvula.

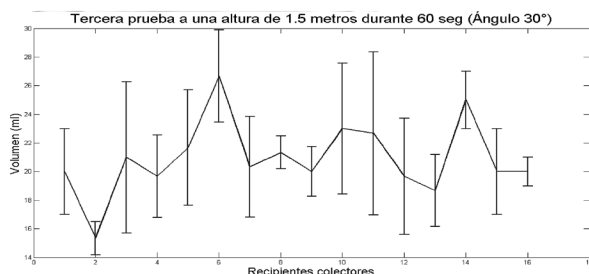


GRÁFICA 4

Variación en el comportamiento del volumen acumulado.

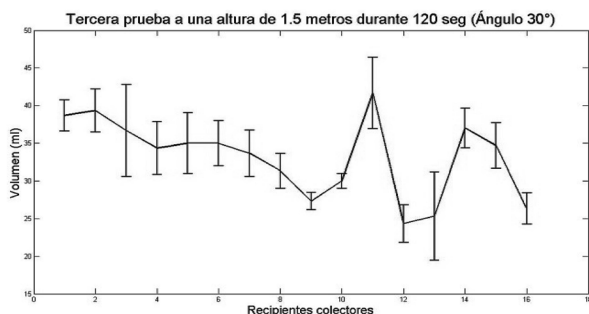
En la gráfica 5, se observa nuevamente la disimilitud en el volumen obtenido, lo anterior

debido al aumento en la altura del recipiente colector, presentando variaciones del 50%. Sin embargo, en la gráfica 6, se presenta un comportamiento más homogéneo en relación a la gráfica 2, siendo esta del 48 %.



GRÁFICA 5

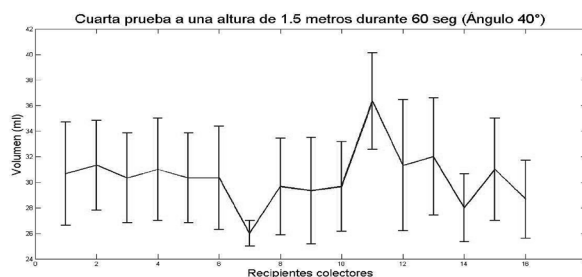
Similitud de las precipitaciones simuladas.



GRÁFICA 6

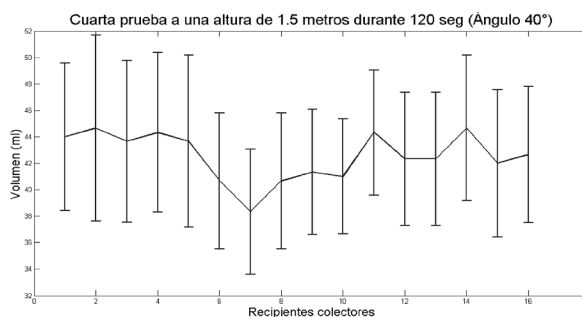
Variación en la homogeneidad de la lluvia simulada.

En la gráfica 7 se visualiza de nuevo la disimilitud en el volumen de agua del 37%, incrementándose en comparación con la gráfica 3, producto de la mayor apertura de la válvula además de que existe mayor altura en el recipiente por lo que la presión del flujo del agua es mayor. En la gráfica 8 el volumen de agua se incrementa en relación a la gráfica 4, presentando un rango de error del 40% a causa del control y del extenso tiempo de experimentación ocasionando la sedimentación de las impurezas.



GRÁFICA 7

Uniformidad e incremento en el volumen obtenido.



GRÁFICA 8

Incremento y variación en el comportamiento del volumen de agua.

CONCLUSIONES

Las pruebas realizadas para el diseño y construcción del simulador de lluvia han permitido utilizar materiales de bajo costo y fáciles de manipular. El modelo del simulador de lluvia permite generar desde gotas hasta una tormenta el cual admite trabajar con diferentes rangos de intensidad y duración, lo cual se logra mediante manipulación mecánica.

El comportamiento del volumen de agua a diferentes intervalos de tiempo e intensidad, mostraron que no es preciso el control de la intensidad y duración de la lluvia simulado por manipulación mecánica esto debido a que no existe uniformidad en el volumen de agua acumulado.

En general es conveniente realizar más actividades de investigación con el simulador evaluado realizando adaptaciones en su funcionamiento y considerando otras variables como tamaño de la gota, velocidad y energía cinética para lograr incrementar el grado de precisión del equipo. Siendo este una parte esencial para el estudio de erosión, escurrimiento e infiltración, ya que permite obtener datos confiables en poco tiempo.

LITERATURA CITADA

- BENITO, E., E. DE BLAS, J.L. SANTIAGO & M.E. VARELA, 2001.** Descripción y puesta a punto de un simulador de lluvia de campo para estudios de escorrentía superficial y erosión del suelo. *Cadernos Laboratorio Xeolóxico de Laxe Coruña*, 26: 211–220.
- FAO, 2015.** *El suelo es un recurso no renovable*. FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/documents/card/es/c/0cd51fed-61de-4780-ba88-234645fac56b/>
- MARTÍNEZ-MENA, M.D., R. ABADÍA, V.M. CASTILLO SÁNCHEZ, & J. ALBALADEJO-MONTORO, 2001.** Diseño experimental mediante lluvia simulada para el estudio de los cambios en la erosión del suelo durante la tormenta. *Revista C. & G.* 15 (1-2): 31–43.
- MONTES-LEÓN, M.A., L., E.M. URIBE-ALCÁNTARA & E. GARCÍA-CELIS, 2011.** Mapa Nacional de Erosión Potencial. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 2 (1): 5–17.
- PÉREZ-NIETO, S., J. ARELLANO-MONTERROSAS, L. IBÁÑEZ-CASTILLO & F. HERNÁNDEZ-SAUCE-DO, 2012.** Estimación de la Erosión Hídrica provocada por el Huracán Stan en las Cuencas Costeras de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*, 30 (2): 103–110.
- RAMÍREZ-CARBALLO, H., & A. PEDROZA SANDOVAL, 2007.** Evaluación participativa de la degradación del suelo en la reserva de la biosfera de Mapimi, Durango, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 6: 247–254.

Estimación del impacto sobre volumen de infiltración del subsuelo en la remodelación del Libramiento Norte Poniente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Pedro Rafael Enríquez Espinosa¹

Eduardo Estanislao Espinoza Medinilla^{1*}, Roel Simuta Champo^{1*}

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente núm. 1150, col. Lajas Maciel, C.P. 29099, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. pedro.enriquez9214@gmail.com núm. Tel. 9612740892

RESUMEN

Se realizó el análisis del impacto sobre volumen de infiltración de agua pluvial, en el cambio de uso de suelo de los camellones del Libramiento Norte Poniente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en donde se llevó a cabo un cambio de piso de adoquín y arena por lasjas que sellan completamente y favorecen al escurrimiento superficial del agua. Se determinó el coeficiente de infiltración de los adoquines en el aparato hidrológico mod.H313 los cuales varían según la pendiente. Se hicieron uso dos criterios, análisis de balance hidrológico y determinación de porcentaje de infiltración. La superficie analizada fue de 84,581.136 m² distribuida en adoquines con 59,682.424 m², áreas verdes con 24,898.712 m² con una infiltración de 6822.82 m³/año antes de la remodelación. En la situación actual 71,475.026 m² pertenecen a lasjas, 12,540.11m² áreas verdes y una infiltración de 1718m³/año, incrementando 13.94% en adoquines y una pérdida de 50.36% de superficie en áreas verdes. El agua estimada convertida en escorrentía es de 5,104.82 m³/año.

Palabras clave: Agua subterránea, Áreas verdes, Coeficiente de infiltración, Evapotranspiración, Escorrentía, Hidrograma, Infiltración, Precipitación, Simulador de lluvia.

ABSTRACT

Analyzing the impact on volume of infiltration of rainwater it was carried out with the change in land use of the ridges north bypass - west of the city of Tuxtla Gutierrez, Chiapas, where he conducted a changed cobblestone floor sand and slabs that sealed completely and favor the runoff water. The rate of infiltration of the cobblestones in the water was determined mod.H313 apparatus which vary the slope. Use two criteria, analysis of hydrological balance and determination of percentage of infiltration were made. The surface was analyzed distributed 84581.136 59682.424 m² cobbles, green areas 24898.712 m² with an infiltration of 6822.82 m³ / year before remodeling. In the current situation 71475.026 m² belong to slabs, 12540.11m² green areas and infiltration of 1718m³ / year, increasing 13.94% on cobblestones and a loss of 50.36% of area in green space. The estimated runoff water is converted to 5104.82 m³ / year.

Keywords: Groundwater, Green areas, coefficient of infiltration, evapotranspiration, runoff, hydrograph, infiltration, precipitation, rain simulator.

INTRODUCCIÓN

Las áreas verdes nos ayudan a retener grandes cantidades de agua para la infiltración durante un evento de lluvia. Al existir pocas áreas verdes y parques, se tiene un mayor escurrimiento que pueden provocar inundaciones lo que pone en riesgos bienes materiales e incluso podría tener pérdidas de vidas humanas. Existen datos de anteriores investigaciones que estiman que el 90% de las precipitaciones pueden transformarse en escorrentía superficial en zonas urbanas impermeables, mientras que en entornos naturales permeables, este valor descendería

como mínimo hasta un 25% (Suriya y Mudgal 2012). Además, multitud de estudios como los llevados a cabo por Christensen and Christensen (2003) han puesto de manifiesto la modificación en los patrones de las precipitaciones, tanto medias como extremas, asociadas al cambio climático. Estos patrones se verían modificados tanto en su nivel de ocurrencia, como en los valores de intensidades y volúmenes de lluvia, mostrando un incremento claro en las últimas décadas (Christensen y Christensen, 2003).

Como menciona (Schlichting, 1978; Blume, 1990, Doran y Parkin, 1994) que el suelo es un cuerpo natural

y dinámico que desempeña numerosas funciones en los ecosistemas terrestres. Entre las propuestas que se consideran por Schlichting (1978) y Blume (1990) se destaca la de regulación del balance de agua, la cual consiste en la captación y distribución de los aportes en distintos compartimentos del ecosistema, siendo el proceso de infiltración fundamental para el desempeño de tal función. En el ambiente urbano, el rol del suelo como regulador del balance de agua se encuentra considerablemente alterado (Corbin McGriff Jr., 1972). La impermeabilización con pavimento y edificaciones (Pitt *et al.*, 1999, Yusof *et al.*, 2005), sumada a la frecuente compactación de los suelos expuestos (NRCS 2000), limitan cuantiosamente la infiltración, aumentando así la escorrentía y los riesgos de erosión e inundación (Pedron *et al.*, 2004, Gregory *et al.*, 2006). Es por ello que las áreas verdes (camellones, jardines, campos de césped, etc.) adquieren una gran importancia ya que estas actúan como focos de infiltración. El lugar en que vivimos, puede convertirse en un sitio muy distinto al que originalmente existía años atrás, pues la urbanización es un proceso que transforma el entorno de manera drástica y a veces a un ritmo muy acelerado, a tal grado que es difícil que podamos concebir a la ciudad como un ecosistema en sí mismo; sin embargo, la ciudad constituye el centro de toda una red de interacciones, tan diversas que es capaz de impactar la región, plasmando en ella su huella ecológica. Un “ecosistema urbano”, está constituido por al menos cuatro núcleos básicos, 1) las áreas mineras, 2) las áreas rurales, 3) las áreas de asentamientos vecinos y 4) las áreas naturales (Camargo, 2008).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que las ciudades deben tener como mínimo entre 10 y 15 m² de área verde por habitante, distribuidos de manera equitativa con relación a la densidad de la población (CONAMA, 2002).

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la parte norte poniente de la ciudad chiapaneca, denominado Libramiento Norte Poniente, en el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Este municipio está ubicado en la Depresión Central de Chiapas, presentando relieve montañoso tanto al sur como al norte, sus coordenadas geográficas son 16° 45' N y 93° 07' W. Limita al norte con los municipios de San Fernando y Usumacinta, al este con Chiapa de Corzo, al sur con Suchiapa y al oeste con Ocozacoautla y Berriozábal <http://www.inafed.gob.mx/>.

Para determinar el impacto sobre volumen de infiltración del subsuelo en la remodelación del Libramiento Norte Poniente, se utilizaron datos de precipitación pluvial y temperatura media mensual de los datos históricos registrados en la estación, los cuales fueron de los años 1988 al 2013 es decir 25 años en promedio mensual. Los datos de la estación meteorológica se obtuvieron a partir de la base de registro de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Estos datos pertenecen a la estación meteorológica 00007238 El Sabinal, Tuxtla Gutiérrez. Latitud: 16° 45' 33". Longitud: 93° 05' 19" y altitud 498 (tabla 1).

Concepto	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media
Precipitación	17.88	14.06	7.33	16.54	75.66	160.12	154.74	196.37	173.75	86.18	33.46	26.64	952.74
Temperatura	18.09	18.61	20.34	21.75	22.84	22.44	21.97	21.81	21.60	20.4	18.90	16.65	20.25

TABLA 1

Registro mensual de precipitación pluvial en mm.

Para determinar el volumen de infiltración se usan dos criterios, para la infiltración en las áreas de adoquines se utiliza el aparato hidrológico para determinar el porcentaje de infiltración (coeficiente de infiltración). Para las áreas verdes se realizó un balance hidrológico utilizando formulas empíricas y se obtiene una lámina de lluvia de infiltración.

Con el uso del aparato hidrológico, Ltd9 modelo H313 se construyó un hidrograma (gasto vs tiempo) en el cual se obtiene el coeficiente de infiltración mediante el tiempo de saturación y el área:

$$V = Q \cdot t$$

$$I = V - E$$

$$\alpha = \frac{I}{V} \times 100$$

Donde:

E= Escurrimiento (l)

Q= Gasto (l/min)

t= Tiempo de la duración de la lluvia

V= Volumen llovido (l)

α = Coeficiente infiltración

El volumen de escurrimiento (E) se obtiene del área bajo la curva del Hidrograma.

La ecuación de Balance Hidrológico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca (Llerena, 2003).

Para estimar la recarga vertical supondremos que lo que la lámina de lluvia que se infiltra en el acuífero es la misma que recarga a éste. De tal forma que tendremos que la lámina que se infiltra al acuífero es igual a:

$$I = P - ETR - E$$

Dónde:

I= infiltración

P= precipitación

ETR= evapotranspiración real

E= escurrimiento

Los análisis realizados en el laboratorio de hidrología con el simulador de lluvia, fueron para determinar el coeficiente de infiltración en adoquines ya que este dato no se conocía y se determinó mediante este análisis en esta investigación.

Para determinar el coeficiente de escurrimiento se hace uso de la formula siguiente:

$$C = k \left(\frac{P - 250}{2000} \right) + \left(\frac{k - 0.15}{1.5} \right)$$

Siendo:

C= coeficiente de escurrimiento anual, adimensional.

P= precipitación anual, en milímetros.

K= parámetro que depende del tipo y uso o cobertura del suelo (tabla 2).

Tipo de suelo	Características		
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos		
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad, loess algo más compactados que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos		
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas.		
Uso de suelo	Tipo de suelo		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.30
Cultivos;			
En hilera	0.24	0.27	0.30
Legumbres o rotación de praderas	0.24	0.27	0.30
Granos pequeños	0.24	0.27	0.30
Pastizales:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% poco	0.14	0.20	0.28
Del 50% al 75% regular	0.20	0.24	0.30
Menos del 50% excesivo	0.24	0.28	0.30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Camino	0.27	0.30	0.33
Praderas permanentes	0.18	0.24	0.30

TABLA 2

Valores de k en función del tipo y uso de suelo. NOM-011-CNA-2000.

Para obtener la evapotranspiración real se hace uso de la ecuación de tipo II de Coutagne:

$$ETR = P - \lambda P^2 \quad \lambda = \frac{1.00}{0.80 + 0.14T}$$

Fórmulas que están en función de la temperatura y precipitación media mensual.

RESULTADOS

De acuerdo a los datos obtenidos en las mediciones de los camellones, se determinó que la superficie total en el camellón del Libramiento Norte Poniente es de: 84,581.136 m² y estas se encontraban divididas en áreas verdes y adoquinado (véase tabla 3). De igual forma, en la remodelación se dividieron en áreas verdes y las existiendo modificaciones en la superficie de las denominaciones (véase tabla 4).

Concepto	Superficie en m ²
Adoquinado	59,682.424
Áreas verdes	24,898.712
Superficie total	84,581.136

TABLA 3

Superficie del camellón Libramiento Norte Poniente antes de la remodelación.

Concepto	Superficie total m ²
Lajas	71,475.026
Áreas verdes	12,540.11
Superficie total	84,581.136

TABLA 4

Superficie del camellón Libramiento Norte Poniente actual.

Respecto a la situación actual del camellón en el tramo de estudio del Libramiento Norte Poniente se puede decir que las áreas verdes se han reducido en un 50%. Desapareciendo el área de adoquines sustituyéndolos por lajas, resultando así un área impermeable en un 85%. Y conservando únicamente una superficie de infiltración del 15% con respecto a la superficie total de los camellones.

La diferencia entre el volumen total de lluvia simulada y el volumen total escurrido es el volumen de infiltración, obteniéndose el porcentaje de la infiltración a partir del

cociente entre el volumen de infiltración y el volumen de lluvia simulada. Tabla 5.

Intensidad en l/min	Pendiente en %	Coefficiente infiltración
6	0	0.433
12	1	0.238
18	2	0.10
22	4	0.06

TABLA 5

Coefficiente de infiltración en adoquines.

Para las áreas verdes de la zona de estudio del Libramiento Norte Poniente se considera el valor de K de 0.24. Si se tiene una precipitación media anual de 952.74 mm entonces el coeficiente de escurrimiento para las diferentes zonas es el siguiente:

$$C = 0.24 \left(\frac{952.74 - 250}{2000} \right) + \left(\frac{0.24 - 0.15}{1.5} \right) = 0.144$$

Y el escurrimiento en la zona de área verde es:
 $E = CP = (0.144)(952.74) = 137.19 \text{ mm.}$

La evapotranspiración de acuerdo a esta fórmula de Coutagne (Campos Aranda, 1998) es:

$$ETR = P - \lambda P^2$$

$$\text{Con } \lambda = \frac{1.00}{0.80 + 0.14T} = \frac{1.00}{0.80 + 0.14(20.45)} = 0.273$$

$$ETR = 0.95274 - 0.273(0.95274)^2 = 0.678 \text{ m}$$

ETR = 678 milímetros promedio anual.

Aplicando la ecuación del balance hidrológico se tiene que la lámina de lluvia en las áreas verdes es la siguiente:

$$I = P - ETR - E$$

$$I = 952.74 - 678 - 137.55$$

$$I = 137.55 \text{ mm.}$$

Conforme a las pendientes utilizadas en las pruebas de infiltración, se realizó el algebra de mapas a partir de un Modelo Digital de Elevación (DEM) de la superfi-

cie total de los camellones del tramos del Libramiento Norte Poniente, generando así un mapa de pendiente. Los resultados obtenidos del álgebra de mapas, identificaron pendientes mayores del 4%, considerando que la pendiente máxima del aparato hidrológico es de 4%, se decidió utilizar esta pendiente con el coeficiente de infiltración de 0.06.

De acuerdo al coeficiente de infiltración en adoquines y áreas verdes el volumen de infiltración queda determinado de la forma siguiente: antes de la remodelación se tenía una infiltración en áreas verdes de 3411.12 m³/anuales, una superficie de 24,898.712 m² y ocupa un 71%

de la superficie total y en adoquines 3,411.71 m³/anual, una superficie de 59,682.424 m² ocupando un 29% de la superficie total. Después de la remodelación se tiene 1717 m³/anuales en áreas verdes, una superficie de 12,540.11 m² ocupando el 85% de la superficie total mientras que en las lajas la infiltración es 0 m³/anuales con una superficie de 71,041.712 m² ocupando un 85% de la superficie total.

Mediante los valores obtenidos para cada concepto, se graficó los diferentes escenarios aproximados en m³ para el tramo de la zona de estudio del Libramiento Norte Poniente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (Tabla 6).

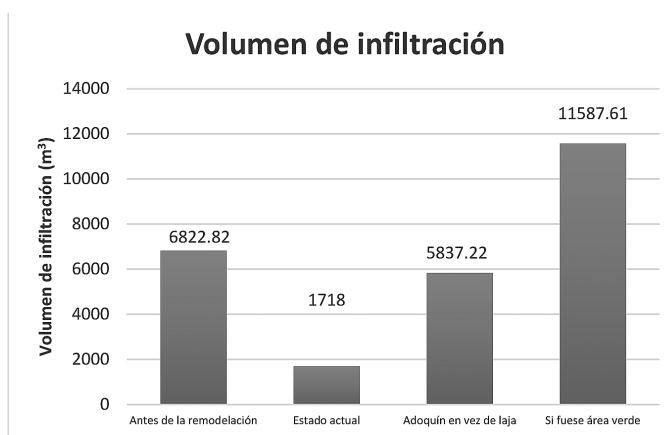


TABLA 6

Volumen de infiltración.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos observamos el cambio de uso de suelo impacta directamente en los niveles de disponibilidad de agua de los acuíferos, por lo que cualquier actividad encaminada a favorecer el proceso de infiltración es de vital importancia para las reservas acuíferas.

El agua que no se infiltra en cualquier evento de precipitación genera una escorrentía, por lo tanto en-

tre más áreas se tengan que favorezcan la infiltración menor será el volumen de escurrimiento favoreciendo así la infraestructura vial y se reduce los riesgos de inundaciones. La cantidad de agua estimada que se convierte en escorrentía en las situaciones actuales del tramo de estudio con respecto al camellón antes de la remodelación es de 5,104.82 m³/anual lo que genera un mayor aumento de erosión que repercute en el aumento del daño de las vialidades de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

LITERATURA CITADA

- BLUME HP., 1990.** Einführung. In Blume HP eds. Handbuch des Bodenschutzes. Landsberg, Germany. Ecomed-Verlag. p. 1-3.
- CAMARGO, P. DE L.G G., 2008.** Estado y perspectivas de los ecosistemas urbanos de Bogotá prioridades 2008 - 2011. *Foro nacional ambiental. Documento de políticas públicas. Universidad piloto de Colombia.*

- CAMPOS-ARANDA, D.F., 1998.** Procesos del ciclo hidrológico. 3ra. Reimpresión. Universidad autónoma de san Luis Potosí. Facultad de ingenierías. San Luis Potosí, México.
- CHRISTENSEN, J.H., & O.B. CHRISTENSEN, 2003.** "Severe summer time flooding in Europe." *Nature*, 421 (6925): 805-806.
- CONAMA. 2002.** Áreas verdes en el gran Santiago. Gobierno de Chile. CONAMA R.M.
- CORBIN MCGRUFF JR. E., 1972.** The effects of urbanization water quality. *J. Environ. Qual.* 1: 86-89.
- DORAN JW, TB PARKIN. 1994.** Defining and assessing soil quality. In Doran JW, DC Coleman, DF Bezdick, BA Stewart eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Wisconsin, USA. *SSSA Special Publication 35*: 3-21.
- GREGORY J.H., M.D. DUKES, P.H. JONES & G.L. MILLER, 2006.** Effect of urban soil compaction infiltration rate. *Journal of Soil and Water Conservation* 61 (3): 117-123.
- LLERENA, C.A., 2003.** Servicios ambientales de las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú. FAO Presentado en el *Foro Regional sobre Sistemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA)*, Arequipa, Perú, 9-12 junio 2003, durante el Tercer Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas.
- LOCALIZACIÓN TUXTLA GUTIÉRREZ:** <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclo/pedia/EMM07chiapas/municipios/07101a.html>
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-CNA-2000. 2000.** Conservación del recurso agua-que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. PROYECTO de *Diario Oficial de la Federación*, 2 de agosto de 2001.
- NRCS NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE, US. 2000.** *Urban soil compaction. Soil quality-Urbantechical note N° 2.* Consultado junio 17, 2015. Disponible en <http://soils.usda.gov/sqi/files/u02.pdf>.
- PEDRON F. DE A.DINIZ R.S., A.C. DE AZEVEDO & J. KAMINSKI, 2004.** Solos urbanos. *Ciência Rural* 34 (5): 1647-1653.
- PITT, R. J. LANTRIP AND R. HARRISON, 1999.** Infiltration through disturbed urban soils and compost-amended soil effects on runoff quality and quantity. *Research report EPPA/600/R-00/016. Office of Research and Development. U.S.EPA. Washington D.C.*
- SCHLICHTING E., 1978.** Funktionen von Böden in der Ökosphäre. Daten u. Dokumente Z. *Umweltschutz*. 22: 9-12.
- SURIYA, S. & B.V. MUDGAL, 2012.** Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed - A case study. *Journal of Hydrology* pp. 412-413, 210- 219.
- YUSOF, M.F., N.A. ZAKARIA, A.A. GHANI, R. ABDULLAH & C.K. CHANG, 2005.** Infiltration study for urban soil: case studies - Butterworth and Engineering Campus, University Sains Malaysia. *Proceedings of the Congress - International Association for Hydraulic Research, September 11-16, 2005, Seoul, Korea.*

Evaluación multivariada de dos métodos de estabilización vegetativa de laderas en el estado de Chiapas

Zaira Selene Cruz González¹, Raúl González Herrera¹
Miguel Ángel Pérez Farrera¹, Carlos Manuel García Lara¹
Jorge Antonio Paz Tenorio¹

¹ Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente 1150. Ciudad Universitaria, Colonia Caleras Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, e-mail: zasecruz7@gmail.com

RESUMEN

El proceso de erosión está interrelacionado con el clima, suelo, topografía, cobertura vegetal y las prácticas de conservación que se desarrollen en las laderas. En el estado de Chiapas, las causas que generan mayor erosión del suelo son las actividades agrícolas, ganaderas y la deforestación; este efecto produce problemas que disminuyen la sustentabilidad del suelo en las laderas. El empleo de barreras vivas se considera como una de las técnicas menos agresivas para el medio ambiente que ayuda a disminuir la erosión del suelo, lo que se refleja en la conservación del suelo y agua, actuando como barreras que impiden el arrastre de sedimentos; es de bajo costo y presenta un diseño de fácil aplicación y mantenimiento. Se analizaron dos estudios realizados en el estado de Chiapas que evalúan los métodos de cultivos en laderas y que emplean barreras vivas, un estudio en la región Fraylesca y el segundo estudio se ubica en el municipio de Jiquipilas. En estos estudios se observó que las barreras formadas obstaculizan la escorrentía del agua y con esto que los sedimentos sean transportados, lo que disminuye la pérdida de suelos en las laderas.

Palabras clave: barreras vivas, control de la erosión, Chiapas

ABSTRACT

The erosion process is interrelated with the climate, soil, topography, vegetation coverage and conservation practices that take place on the slopes. In the state of Chiapas, the causes that increase soil erosion are the agricultural, livestock and deforestation; this effect causes problems that decrease the sustainability of soil on the slopes. The use of live barriers is considered as one of the least invasive techniques for the environment that helps reduce soil erosion, which is reflected in the conservation of soil and water, acting as barriers to sediment; it is inexpensive and it presents a design of easy implementation and maintenance. Two studies in the state of Chiapas assessing methods of crops on slopes and the use of live barriers were analyzed; the first studio is located in the Fraylesca region. The second study is located in the town torrent of Jiquipilas. As a result it was observed that the formed barriers do not allow water torrent to transpert sediments, which decreased soil loss on slopes.

Key words: live barriers, erosion control, Chiapas

INTRODUCCIÓN

El proceso de erosión hídrica en laderas se acentúa dependiendo de la precipitación y el escurrimiento de suelos que se presenten en una región determinada (Andrade y Rodríguez, 2002). De acuerdo con la FAO (1977), el proceso de erosión está interrelacionado con el clima, suelo, topografía, cobertura vegetal y las prácticas de conservación que se desarrollen en las laderas; y es considerado como un proceso que provoca la pérdida de los servicios ambientales indispensables para mantener la sustentabilidad de las tierras (SEMARNAT, 2013).

El problema de la erosión hídrica se acrecienta cuando existen pendientes fuertes, longitudes de ladera considerables, así como una estructura del suelo débil con poca consolidación geológica y sobretodo una falta de cobertura vegetal que amortigüe la intensidad de la energía de la lluvia y los escurrimientos que se generan al producirse esta (Cruz y Mota, 2001).

En México, el 11.9% del territorio nacional se encuentra afectado por problemas intensos de erosión hídrica, que se deriva de diversas causas, entre ellas la agricultura, el pastoreo, la pérdida de cobertura vegetal y la sobreexplotación de la vegetación, la urbanización, así como las actividades industriales (SEMARNAT, 2013).

En el estado de Chiapas, las causas que generan mayor erosión del suelo son las actividades agrícolas, ganaderas y la deforestación (SEMARNAT, 2013); este efecto produce problemas que disminuyen la sustentabilidad del suelo en las laderas (Camas Gómez *et al.*, 2012) debido a que el territorio chiapaneco presenta una orografía accidentada (pendientes mayores a 15° y amplias longitudes de ladera) que incrementa el riesgo de presentar alta y muy alta pérdida de suelo por erosión hídrica. De acuerdo con los datos presentados por la SEMARNAT (2013) se han perdido 324.71 ha de suelo en el periodo comprendido entre 2002 y 2012.

Entre los años 2002 y 2012, Chiapas perdió el 204,972.29 ha de su cobertura vegetal natural a causa de incendios forestales, de las cuales el 62.5% se tratan de pastizales, esta superficie no incluye la superficie perdida por las actividades agrícolas, ganaderas, urbanización y otras actividades que provocan el cambio del uso de suelo natural (SEMARNAT, 2013).

La pérdida de la cobertura vegetal da como resultado una mayor exposición del suelo al impacto de la energía cinética de las gotas de lluvia que provocan el incremento de la escorrentía del agua en las laderas que presentan fuertes pendientes. Esta pérdida de suelo se aumenta en regiones tropicales por los altos índices de precipitación y la presión que tienen los suelos por las diversas actividades antrópicas (Cruz y Mota, 2001).

La importancia de la cobertura del suelo para mitigar la erosión es bien conocida (Morgan, 2005; De Baets *et al.*, 2006) whereas little attention has been given to the role of below ground biomass. Yet, in a context where above ground biomass may temporarily or spatially disappear (e.g. due to fire or grazing, algunos estudios muestran que las gramíneas pueden ser muy eficaces para el control de la erosión, ya que presentan un rápido crecimiento que promueve la recuperación de la cubierta vegetal completa y perenne (Gyssels y Poesen, 2003).

Una barrera viva funciona como un método de control de erosión del suelo integrando elementos naturales al medio ambiente, de fácil aplicación en laderas y mantenimiento, además de presentar una eficiencia alta (Andrade y Rodríguez, 2002). Es por eso que se considera como una de las técnicas menos agresivas para el medio ambiente que ayuda a disminuir la erosión del suelo, lo que se refleja en la conservación del suelo y agua, actuando como barreras que impiden el arrastre de sedimentos. Esta tecnología presenta una alta eficiencia puesto que es una práctica que se puede reproducir en climas tropicales, es de bajo costo y presenta un diseño de fácil aplicación y mantenimiento.

Esta tecnología se aplicó por primera vez en 1970 por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IIAT), que buscaba obtener mejores resultados al aplicar una técnica viable en áreas con alta humedad; en México, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrolló un programa en donde se establecieron terrazas de muro vivo de *Gliricidia sepium* en Veracruz, de dicho programa se obtuvieron buenos resultados al contener hasta 937 m³/ha de suelo (Andrade y Rodríguez, 2002; Cruz y Mota, 2001; García, 2011).

La construcción de barreras vivas como un mecanismo en contra de la erosión es un método que hace uso de especies de plantas perennes y de crecimiento abundante, que sean aptas para el sitio donde se pretenden implementar (Valarezo, 2000 citado por Ponce-Intriago y Cevallos-Navarro, 2005). Las especies que mejor responden al control de la erosión de los suelos son las especies de gramíneas (León Peláez, 2001).

Es por lo anterior que el presente documento se basa en el análisis de la viabilidad de esta técnica, para estabilizar cortes carreteros en el estado de Chiapas; a través del estudio multivariado de dos investigaciones realizadas en dos diferentes regiones, que aplican el método de barreras o muros vivos, que ayudan a minimizar los problemas erosivos que atentan con la estabilidad de las laderas generadas por la construcción de caminos urbanos y rurales.

METODOLOGÍA

En el presente estudio se realiza una comparación entre los valores de la eficiencia de retención de suelos y la disminución de la escorrentía de las diferentes técnicas que se aplicaron en dos estudios realizados en el estado de Chiapas.

El primer estudio se efectuó en la zona de la Frailesca en el estado de Chiapas, ubicado en la región de la Sierra Madre de Chiapas y la Depresión Central. El sitio de estudio presentaba una pendiente del 9%, con suelo tipo fluvisol con textura franca, moderada permeabilidad y drenaje superficial, aumentando el drenaje interno. En el estudio se implementaron tres tratamientos en parcelas de 40 x 150 m (6,000 m²); el primero se trata de un testigo que implica al sistema tradicional de cultivo de maíz (*Zea mays*) que no aplica movimiento de suelo excepto durante la siembra de las semillas; el segundo tratamiento aplicó las barreras vivas de cocoite (*Gliricidia sepium*) sembrando las semillas continuando la curva de nivel con 14 m de distancia entre barreras, surcando el contorno, haciendo un movimiento de tierra a favor de la pendiente (figura 1). Finalmente, el tercer tratamiento aplicó la labranza

de conservación que realizó una siembra en hileras, sin hacer limpieza, labranza o fertilización, pero con una cobertura de 3 ton/ha de residuos sobre la superficie (Cruz y Mota, 2001).

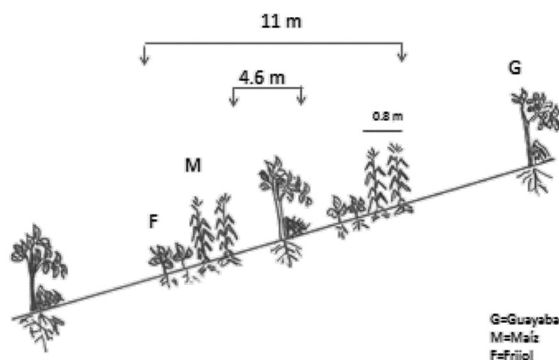


FIGURA 1

Diseño del establecimiento del sistema milpa intercalada con árboles frutales empleados en el control de la erosión (Cruz y Mota, 2001).

El segundo estudio se llevó a cabo en el municipio de Jiquipilas, en donde se estudiaron áreas más amplias, ya que el análisis abarcó tres microcuencas pertenecientes al río Catarina, dicha zona presenta un clima cálido, con precipitaciones de 1,055 mm, pendientes entre 30-40%, con suelos Typic Haplustepts, siendo de textura ligera, alta compactación y drenaje, contiene materia orgánica en niveles moderados. Se estudiaron tres sistemas agrícolas que consistieron en: 1) milpa intercalada con árboles frutales; 2) maíz con barreras de muro vivo; 3) maíz en labranza de conservación. Los tres tratamientos presentaban semejanzas en el manejo del suelo, entre las cuales están la no roturación del suelo, el uso de herbicidas y la conservación del rastrojo como cobertura que hace más densa la cobertura vegetal (Camas Gómez *et al.*, 2012).

Se evaluaron analíticamente ambos estudios, tomando en cuenta que sus áreas, ubicación y pendientes difieren, no obstante se consideró que debido a la homogeneidad de los suelos y precipitación se puede evaluar la eficiencia del método para condiciones similares en el estado de Chiapas. Se empleó una base de datos en Excel y en este mismo software se desarrollaron las gráficas y la correlación de los puntos obtenidos.

RESULTADOS

Los métodos de labranza tradicional aplicados en el primer estudio, muestran que el suelo expuesto a la in-

temperancia y sin presentar tratamiento alguno, presenta mayor escurrimiento del agua (439.7 mm), tal como lo indican Cruz y Mota (2001) la ausencia de la cobertura vegetal y las fuertes precipitaciones (1,434 mm anuales) provocaron que exista una pérdida de suelo de 7.9 ton/ha. En tanto los métodos que aplicaban cierta cobertura del suelo ya sea con individuos arbóreos o residuos sobre el suelo impidieron que las partículas del suelo se desplacen hacia áreas bajas, que como indica Hudson (1982) las barreras formadas no permiten que la escorrentía del agua transporte los sedimentos erosionando el suelo. La eficacia de los métodos de barreras vivas de cocoite con surcado al contorno y labranza de conservación marcaron una mejoría de 45.6% y 49%, respectivamente, en cuanto a la retención de sedimentos.

En el segundo estudio emplearon técnicas que permiten mantener mayor retención de suelos, como son los métodos de milpa intercalada con árboles frutales y maíz con barreras de muro vivo, ambos métodos presentaron 32.9 y 30.4% de eficacia de escurrimiento con respecto al escurrimiento que se generó en el método de maíz en labranza de conservación. Este último método provocó la pérdida de 16.8 ton/ha de suelo, con fuertes precipitaciones que llegaron a 1,055 mm de lluvia. La eficiencia del método que incluye el establecimiento de franjas de cultivo de frijol y líneas de árboles frutales, retiene un mayor volumen de sedimentos debido a su cercanía entre tallos de los frijoles y la cobertura que brinda el arbolado protege al suelo del golpe de las gotas de lluvia y el arrastre de partículas de suelo disminuye.

La tabla 1, refleja que los métodos que emplean las barreras vivas tienen mayores eficiencias, ya que ayudan a disminuir la pérdida de suelos en las laderas por hectárea. El método de Labranza de conservación (LC), si bien ayuda a disminuir el escurrimiento debido al diseño de siembra en hileras, tiene un coeficiente de escurrimiento mayor al método que emplea barreras vivas. No obstante, no genera más erosión debido a los diversos obstáculos que tienen que sortear los escurrimientos debido a la precipitación, lo que redundará en pérdida de energía cinética de los flujos superficiales, por la importante participación del rastrojo.

La participación del rastrojo (maleza que se genera de manera natural) en la reducción de la erosión en las laderas carreteras del estado de Chiapas será más útil conforme avance el tiempo de establecimiento de las barreras vivas. En la tabla 1, se observa que la participación de árboles o especies vegetales mayores no necesariamente aumenta considerablemente la conservación del suelo superficial, pero emplear barreras vivas que tengan raíces

profundas y fuertes ayudarán a que la estabilidad de la ladera y el tiempo de vida de las barreras colocadas pueda ser mayor. Estas variables permiten estabilizar laderas que presentan mayor longitud y pendiente.

La tabla 1, también permite observar que las laderas que se emplean para sembrar maíz y que no consideran

medidas de control de la erosión aportan las mayores pérdidas de suelos orgánicos, lo que redundará en el empobrecimiento de la fertilidad de la ladera y la alta probabilidad de ser abandonada tras una o dos cosechas, lo que potenciará su erosión en el futuro.

AUTORES	MÉTODO	ESCURRIMIENTO (mm)	EFICIENCIA (%)	SUELO PERDIDO (ton/ha)	COEF. ESCURRIMIENTO
Cruz y Mota (2001). La Fraylesca	Sistema tradicional (ST)	439.7	0.0	7.9	0.22
	Barreras vivas de cocoite con surcado al contorno (Bv-Sc)	239.1	45.6	2.9	0.19
	Labranza de conservación (LC)	223.9	49.0	2.4	0.23
Camas Gómez et al. (2012). Jiquipilas	Maíz en labranza de conservación (MLC)	205.0	0.0	16.8	0.19
	Maíz con barreras de muro vivo (MBMV)	142.7	30.4	6.3	0.13
	Milpa intercalada con árboles frutales (MIAF)	137.5	32.9	5.8	0.12

TABLA 1

Resultados obtenidos por los diversos métodos empleados para el control de la erosión en laderas en el estado de Chiapas.

En la figura 2, se muestra el porcentaje de eficiencia alcanzado por cada uno de los tres métodos empleados en los estudios presentados, en ella se aprecia que los métodos de manejo del suelo que implican el sistema tradicional y el cultivo de maíz en labranza de conservación presentan altos niveles de pérdida de suelos, por lo cual resultan ser los métodos menos eficientes; caso contrario sucede con los métodos que implican mayor cobertura del suelo, que disminuyeron la pérdida de suelos en las laderas.

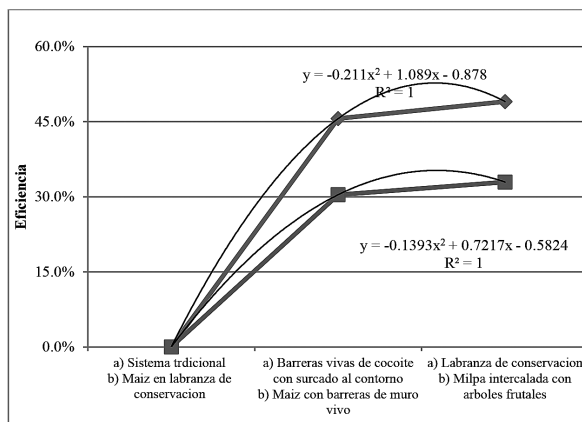


FIGURA 2

Comparación de la eficiencia de la retención de suelos de cada uno de los métodos usados; a) Cruz y Mota (2001), b) Camas Gómez et al. (2012).

Ambos estudios presentan un comportamiento de la eficiencia muy similar, ya que presentaron valores de R^2 iguales a 1 y las ecuaciones de ambos fueron polinómicas de segundo grado, lo que indica que entre mayor cobertura presente el suelo, menores pérdidas de sedimentos se tendrán en la ladera. No obstante, entre mayores y más profundas sean las raíces, mayor será la resistencia de la barrera y la estabilidad general de la ladera ante procesos de remoción de masas.

CONCLUSIONES

La producción de sedimentos está relacionada estrechamente con la precipitación, pendiente y cobertura de suelos, sin embargo, las prácticas de manejo de suelos aumentan o disminuyen la pérdida de suelos (Jones *et al.*, 1992) "event": "Taller sobre la Utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG. De acuerdo con lo anterior, ambos proyectos manejan un descenso de escurrimiento y pérdida de suelos cuando la cubierta vegetal y la eficiencia van en aumento.

Los dos estudios muestran que los métodos que no dan mayor tratamiento al suelo durante las labores de cultivo y lo mantienen expuesto a las inclemencias del tiempo resultan en la degradación del mismo y mayor erosión. Lo cual se aplica directamente a las laderas carreteras que quedan expuestas a la inclemencia sin ningún tratamiento.

En cuanto a los métodos que aplican sistemas de siembra en hileras y apoyados por barreras vivas, aumentan la retención de suelo y disminuyen la velocidad de escurrimiento del agua en las laderas, lo que permite que menor producción de sedimentos, dando como resultado las mayores eficiencias.

Los estudios presentan diferentes pendientes que van de moderadas a importantes (9%, 30% y 40%), lo cual habla de la versatilidad de los sistemas de barreras vivas. La intensidad de la lluvia provocó un proceso de erosión que se intensifica cuando la cobertura vegetal existente en el suelo es minoritaria. Los métodos que hacen uso de las barreras vivas presentan mayor eficiencia para disminuir la degradación de los suelos, siempre y cuando la profundidad de las raíces sea tal que empaque el suelo que puede ser removido.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, B. O. C. y P. O. S. RODRÍGUEZ, 2002. Evaluación de la eficiencia de barreras vivas como sistemas de conservación de suelos en ladera. *Bioagro*, 14 (3): 123–133 p.
- CAMAS-GÓMEZ, R., A. TURRENT-FERNÁNDEZ, C. FLORES, J. ISABEL, M. LIVERA-MUÑOZ, A. GONZÁLEZ-ESTRADA y P. CADENA-ÍÑIGUEZ, 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3 (2): 231–243.
- CRUZ, M.E.R. y J.L.O. MOTA, 2001. Eficiencia de dos prácticas productivo-conservacionistas controlar erosión de laderas en el trópico. *Agrociencia*, 35(5), 489–495. Consultado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30235502>
- DE BAETS, S., J. POESEN, G. GYSSELS & A. KNAPEN, 2006. Effects of grass roots on the erodibility of topsoils during concentrated flow. *Geomorphology*, 76(1–2), 54–67. Consultado en: <http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.10.002>
- FAO, 1977. *Soil conservation and management in developing countries*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. No. 33; 208 p. Consultado en: <http://www.fao.org/docrep/018/ar113e/ar113e.pdf>
- GARCÍA, G., 2011. *Buenas prácticas*. Programa Extraordinario de Apoyo a la Seguridad Alimentaria y Nutricional. FAO. Consultado en: <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/10/13195641664990/barrerasfinal.pdf>
- GYSSELS, G. y J. POESEN, 2003. The importance of plant root characteristics in controlling concentrated flow erosion rates. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28(4), 371–384. Consultado en: <http://doi.org/10.1002/esp.447>
- HUDSON, N., 1982. *Conservación del suelo*. Reverte.

- JONES, C.A., R.H. GRIGGS, J.R. WILLIAMS y R. SRINIVASAN, 1992.** Predicción de la erosión hídrica y eólica del suelo. En *Erosión de suelos en America Latina*. Santiago de Chile: FAO. Consultado en: <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S03.htm#Predicción de la erosión hídrica y eólica del suelo>
- LEÓN-PELÁEZ, J.D., 2001.** *Estudio y control de la erosión hídrica*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, Colombia. Consultado en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/10407/>
- MORGAN, R. P. C., 2005.** *Soil Erosion and Conservation* (3ra edición). Consultado en: <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1405117818.html>
- PONCE-INTRIAGO, M.S. y M.I. CEVALLOS-NAVARRO, 2005.** *Protección de taludes en la obra: alojamiento temporal para la zona rural del Canton Portoviejo - Manabi, con barreras vivas de Plantas vetiver (Vetiveria zizanioides)* (Licenciatura). Universidad Técnica de Manabi, Ecuador. Consultado en: <http://repositorio.utm.edu.ec/handle/50000/207>
- SEMARNAT, 2013.** *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental*. (No. Edición 2012). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/index.html
- VALAREZO, C., 2000.** *Sistematización de Experiencias de Barreras Vivas, Barreras de Piedras y Zanjas de Absorción*. Care.

NORMAS EDITORIALES

REVISTA LACANDONIA

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

Los trabajos que aquí se publican son inéditos, se relacionan con temas de actualidad e interés científico. Tendrán prioridad para su publicación, aquellos artículos generados por miembros de la comunidad de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Pueden ser artículos científicos, técnicos, ensayos o notas escritos en un lenguaje claro y accesible, en tercera persona, en español o inglés y que se ajusten a las siguientes Normas Editoriales:

El manuscrito será arbitrado por dos revisores especializados en el tema para su aceptación y publicación. El dictamen del Comité Editorial de esta revista de ciencias será inapelable.

Se entregará el original con dos copias, en papel tamaño carta, escrito a doble espacio y con un margen de 3 cm a cada lado y páginas numeradas y guardado en un CD.

Es responsabilidad del autor realizar las correcciones a que haya lugar después de la evaluación, para lo cual se le devolverá el manuscrito y el CD. La versión definitiva se entrega tanto en CD como impresa a más tardar 15 días hábiles de que haya sido devuelta.

El documento se captura en Word 6.0 para Windows 95 o posterior, con letra Calibri o Times New Roman 12 y con el texto justificado. Los dibujos, figuras, mapas y cuadros se entregarán en CD o en original en tinta china; las fotografías a color o en blanco y negro, en papel brillante y con alto contraste. Todos éstos, claros y pertinentes, con pie de figura y con el correspondiente señalamiento del sitio donde irán insertados en el texto.

La extensión deseable de los trabajos será desde 5 hasta 20 cuartillas, cuando sea necesario se podrán extender más.

El orden de las secciones para los manuscritos es:

- **TÍTULO**
- **AUTOR(ES)**
- **RESUMEN**
- **INTRODUCCIÓN**
- **METODOLOGÍA**
- **RESULTADOS**
- **CONCLUSIONES**
- **LITERATURA CITADA**

Título: corto e informativo de acuerdo con lo expresado en el texto. Escrito en mayúsculas y negritas.

Autores: nombre y apellidos, centro de trabajo, dirección, teléfono y fax y correo electrónico para facilitar la comunicación. El número de autores por artículo no debe pasar de seis.

Resumen: describe brevemente el diseño metodológico, los resultados y conclusiones del trabajo en forma concisa. Deberá acompañarse del mismo traducido de preferencia al inglés o a alguna otra lengua. Inmediatamente después del Resumen, se incluirán las Palabras Clave y también se traducirán al idioma en el que esté el Resumen en otra lengua.

Introducción: se presenta el tema enmarcando brevemente las cuestiones planteadas, justificación, razones para exponerlas, objetivos e impacto social o científico del trabajo y el orden en que se desarrollarán las ideas. Se describe brevemente la metodología empleada.

Resultados o cuerpo del texto: desarrolla las ideas planteadas al inicio de manera organizada. Se recomienda utilizar subtítulos. Esta sección incluye el análisis y la discusión de las ideas.

Se concluye resaltando en pocas palabras el mensaje del artículo: qué se dijo, cuál es su valor, para terminar con lo que está por hacer.

Las citas en el texto se escriben de acuerdo con los siguientes ejemplos: Rodríguez (1998) afirma..., Rodríguez y Aguilar (1998); Rodríguez *et al.* (1998) cuando sean tres o más autores; si sólo se menciona su estudio, escribir entre paréntesis el nombre y año de la publicación: (Rodríguez, 1998) o (Rodríguez, 1998: 35).

Al finalizar el texto se describe la literatura citada en el texto, de acuerdo con los siguientes ejemplos, si se trata del artículo publicado en una revista, tanto el título como el volumen, número y páginas, deberán escribirse en cursivas; en el caso de libros, el título de los mismos deberán ir en cursivas, de acuerdo con los siguientes ejemplos:

Para un artículo de revista:

VERDUGO-VALDEZ, A.G. y A.R. GONZÁLEZ-ESQUINCA, 2008. Taxonomía tradicional y molecular de especies y cepas de levaduras. *Lacandonia, Rev. Ciencias UNICACH* 2 (2): 139-142.

Para un libro:

HÁGSATER, E., M.A. SOTO ARENAS, G.A. SALAZAR CH., R. JIMÉNEZ M., M.A. LÓPEZ R. Y R.L. DRESSLER, 2005. *Las orquídeas de México*. Edic. Productos Farmacéuticos, S.A. de C.V. 302 p.

El material ilustrativo –dibujos y fotografías– deberán ser de calidad, es decir, deberán enviarse en el máximo formato que puedan capturarse; en el caso de los dibujos –figuras morfológicas, mapas y gráficas– deberán hacerse en tinta china y arreglados en láminas que permitan su adecuada reducción en la imprenta, así como el aprovechamiento del espacio; los números que contengan, deberán ser en Letraset, plantilla y Leroy y en tinta china. Las fotografías serán de preferencia en blanco y negro, pero también –si es necesario– podrán ser en color, bien contrastadas e impresas en papel brillante, o de preferencia digitalizadas. Todo el material gráfico deberá presentarse digitalizado en un CD, en una carpeta distinta a la del texto y con los datos escritos sobre el mismo del título, del artículo, así como del (o los) autor(es). Títulos y subtítulos de cada uno de los artículos se debe escribir con mayúsculas y minúsculas; el subtema del subtítulo con negritas, también con altas y bajas.

En el caso de las notas, no requieren de resumen ni de bibliografía, y si se hace alusión a alguna publicación, ésta deberá ser citada dentro del propio texto.

Los originales no serán devueltos.

Enviar sus contribuciones al Dr. Carlos R. Beutelspacher, editor de la revista *Lacandonia* de la UNICACH rommelbeu@gmail.com o bien al miembro del Comité Editorial de la respectiva escuela:

BIOLOGÍA: Dr. Miguel Ángel Pérez-Farrera y Dr. Gustavo Rivera Velázquez

INGENIERÍA AMBIENTAL: Dr. Raúl González Herrera

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA: Dr. Guillermo Ibáñez Duharte

NUTRICIÓN: Dra. Adriana Caballero Roque

PSICOLOGÍA: Dr. Germán Alejandro García Lara

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS, diciembre de 2015.

Rectoría

Ing. Roberto Domínguez Castellanos
RECTOR

Dr. José Rodolfo Calvo Fonseca
SECRETARIO GENERAL

Dr. Ernesto Velázquez Velázquez
SECRETARIO ACADÉMICO

Lic. Adolfo Guerra Talayero
ABOGADO GENERAL

Lic. Ricardo Cruz González
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN

Mtro. Pascual Ramos García
DIRECTOR DE PLANEACIÓN

C.P. Miriam Matilde Solís Domínguez
AUDITORA GENERAL

Lic. Roberto Ramos Maza
DIRECTOR DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

L.R.P. Aurora Evangelina Serrano Roblero
DIRECTORA DE SERVICIOS ESCOLARES

Dra. María Adelina Schlie Guzmán
DIRECTORA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Mtra. Brenda María Villarreal Antelo
DIRECTORA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIONES

Lic. Noé Fernando Gutiérrez González
DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNICACH joven rostro de cultura,
educación y conocimiento. Alma viva del ICACH



Producción Editorial
Universitaria 2015