

LACANDONIA

Revista de Ciencias de la UNICACH



Revista de Ciencias de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Año 5, vol. 5, núm. 1, junio de 2011, ISSN: 2007-1000, \$70.00 m.n.

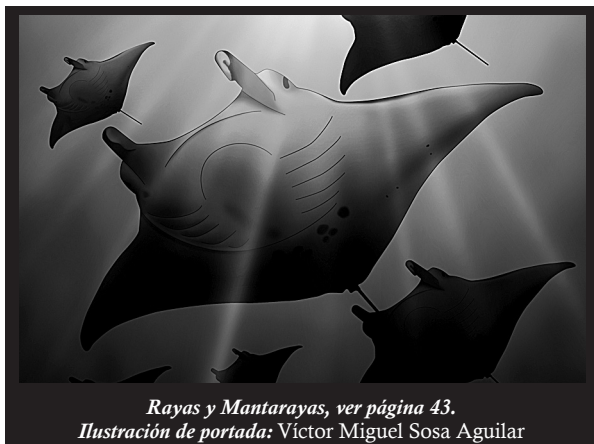


LACANDONIA

Revista de Ciencias de la UNICACH



Año 5, vol. 5, núm. 1, junio de 2011



Rayas y Mantarayas, ver página 43.
Ilustración de portada: Víctor Miguel Sosa Aguilar



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS
Y ARTES DE CHIAPAS

Directorio

Rector

Ing. Roberto Domínguez Castellanos

Secretario General

Mtro. José Francisco Nigenda Pérez

Abogado General

Lic. Adolfo Guerra Talayero

Director Académico

Mtro. Florentino Pérez Pérez

Director de Investigación y Posgrado

Dr. Eduardo E. Espinosa Medinilla

Editor responsable

Dr. Carlos Rommel Beutelspacher Baigts

Comité Editorial

Biología: Dr. Miguel Ángel Pérez Farrera

Ingeniería ambiental: Dr. Raúl González Herrera

Ingeniería topográfica: M. en C. José Armando Velasco Herrera

Nutrición: M. en C. Adriana Caballero Roque

Odontología: Dr. Paulo César Ramos Núñez

Psicología: Dra. Flor Marina Bermúdez Urbina

Colaboradores

Carlos Sandoval Morado, Néstor Espinosa Paz, Ricardo Quiroga Madrigal, Fernando Daniel Acosta-López, Carolina Orantes-García, Eduardo Raymundo Garrido-Ramírez, Mario A. López Miceli, Orlando Lam Gordillo, Ana K. Chanona Pérez, José A. Pérez Hernández,

Miguel Ángel Pérez Farrera, Jesús Alberto Díaz-Cruz, David Sandoval Gómez, Carlos Javier Ramírez Sánchez, Jesús Ernesto Pérez Sánchez, Marcos Mauricio García López, Gustavo Rivera Velázquez, Margarito Tapia García, Gibran Juárez Hernández, Guillermo Enrique Sánchez-Aguilar, Roberto Luna-Reyes, Efraín Hernández-García, Gerardo Carbot-Chanona, Roilan Iglesias Díaz, Joel Pantoja Enriquez, Joel Moreira Acosta, Neín Farrera, Guillermo Ibáñez Du-harte, César Gómez, Pascual López, Francisco F. Domínguez, M. C. García-Abad, Fredi Eugenio Penagos García, José Luis Moreno Ruiz José Martín Ramírez Gutiérrez, David Herrera Olayo, Jorge Antonio Paz Tenorio, Raúl González Herrera, Mario Gómez Ramírez, José Piña Flores, Juan Carlos Mora Chaparro, José Edgar Castellanos Roque, Eduardo Vázquez Náfate, Isaac Jordanli Balbuena de la Cruz, Albert Orantes Jonapá, Carlos García Lara, Rubén Vázquez Sánchez, Jorge Camas Anzueto, Karina E. Díaz Domínguez, Patricia I. Meza Gordillo, Adriana Caballero Roque, Gilber Vela Gutiérrez, Juan M. León González, Vidalma del R. Bezares Sarmiento, María de Lourdes Gómez Tolosa, Norma de Jesús Borraz Rodríguez, Sergio López, Oscar Joaquín Victoria Nanga, Mauro Moreno Corzo, César Tejeda Cruz, Eduardo Espinoza Medinilla.

Jefa del departamento de divulgación y difusión:

María de los Ángeles Vázquez Amancha

Jefe de oficina editorial: Noé Zenteno Ocampo

Diseño y formato: Víctor Miguel Sosa Aguilar

Corrección: Luciano Villarreal Rodas

Diseño de portada: Víctor Miguel Sosa Aguilar

El contenido de los textos es responsabilidad de los autores.
Costo \$ 70.00 m.n.

REVISTA LACANDONIA, año 5, vol. 5, no. 1 enero-junio 2011, 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 2011 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.

Contenido



Artículos científicos

Selección de bacterias inhibidoras del hongo *Diplodia* en maíz7

Carlos Sandoval Morado
Eduardo R. Garrido Ramírez
Néstor Espinosa Paz
Ricardo Quiroga Madrigal

Germinación y crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) en condiciones de vivero 13

Fernando Daniel Acosta-López
Carolina Orantes-García
Eduardo Raymundo Garrido-Ramírez

Inventario florístico del Rancho de Villahermosa municipio de Ocozocoautla, Chiapas, México21

Mario A. López Miceli
Orlando Lam Gordillo
Ana K. Chanona Pérez
José A. Pérez Hernández
Miguel Ángel Pérez Farrera

Rayas (Piscis: Batoidea) de la Plataforma Continental de la Región Soconusco, Chiapas, México..... 43

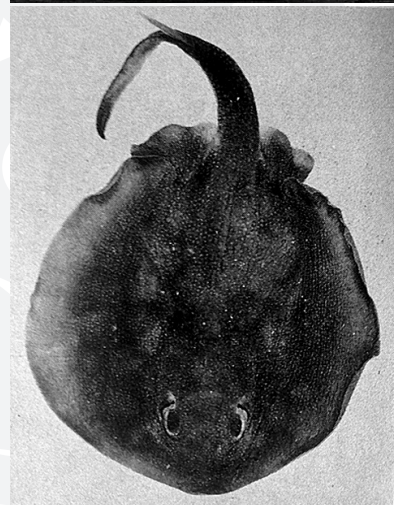
Fredi E. Penagos García
Orlando Lam Gordillo
Gustavo Rivera Velázquez
Margarito Tapia García
Gibrán Juárez Hernández

Herpetofauna de la zona sujeta a conservación ecológica El Cabildo, Amatal, Chiapas, México53

Guillermo Enrique Sánchez-Aguilar
Roberto Luna-Reyes
Efraín Hernández-García

Los Crocodyliformes mesozoicos de México..... 67

Gerardo Carbo-Chanona



Artículos técnicos

Diseño de un secador solar con circulación forzada.....79

Rolán Iglesias Díaz
Joel Pantoja Enriquez
Joel Moreira Acosta
Neín Farrera
Guillermo Ibáñez Duharte

Estudio exploratorio del impacto ambiental generado por la industria ladrillera del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, México.....89

Cesar Gómez
Neín Farrera
Pascual López
Francisco F. Domínguez
Joel Moreira

Subsistemas hidrológicos de la laguna Mar Muerto, Oaxaca Chiapas, México97

Margarito Tapia-García
M. C. García-Abad
Fredi Eugenio Penagos García
José Luis Moreno Ruíz
Luis Gibran Juárez Hernández
José Martín Ramírez Gutiérrez
David Herrera Olayo

Los procesos de remoción en masa en Chiapas: una revisión de los últimos cinco años (2006-2011).....113

Jorge Antonio Paz Tenorio
Raúl González Herrera
Francisco Félix Domínguez Salazar
Mario Gómez Ramírez

Microzonificación sísmica de las laderas de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México123

José Piña Flores
Juan Carlos Mora Chaparro
Raúl González Herrera
José Edgar Castellanos Roque
Eduardo Vázquez Náfate
Isaac Jordanli Balbuena de la Cruz

Medición remota de ozono atmosférico en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, utilizando la técnica Doas.....133

Albert Orantes Jonapá
Carlos García Lara
Rubén Vázquez Sánchez
Raúl González Herrera
Jorge Camas Anzueo



Elaboración de producto con base en maíz (*Zea mays*) y chipilín (*Crotalaria longirostrata*) para fomentar el consumo de hojas verdes en la alimentación de niños143

Karina E. Díaz Domínguez
Patricia I. Meza Gordillo
Adriana Caballero Roque
Gilber Vela Gutiérrez
Juan M. León González
Vidalma del R. Bezares Sarmiento



Ensayos

Kamasutra para animales: el caso de la competencia espermática y la elección críptica en insectos.....151

Sergio López
César Tejeda Cruz
Eduardo Espinoza Medinilla
Miguel Angel Pérez Farrera



Se ha dicho que la continuidad de una revista, está sujeta a la publicación al menos de siete números, por lo que con este número de *Lacandonia*, que correspondería al ocho, estamos rebasando dicha cifra... Por otra parte, nos sentimos muy orgullosos, ya que finalmente a principios de este año, nos fue otorgado el registro ISSN, lo cual nos da una categoría superior. Simultáneamente, todos los números publicados de *Lacandonia*, han sido subidos a la página de internet de nuestra Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, y a donde cualquier persona puede consultarlos. En este número, se incluyen artículos de diversos temas, como “Selección de bacterias inhibidoras de *Diplodia* en maíz”, “Germinación y crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) en condiciones de vivero”, “Inventario florístico del Rancho de Villahermosa, municipio de Ocozocoautla, Chiapas, México”, “Rayas (Piscis, Batoidea) de la Plataforma Continental de la Región Soconusco, Chiapas, México”, “Herpetofauna de la zona sujeta a conservación ecológica El Cabildo Amatal, Chiapas, México” y “Los Crocodyliformes Mesozoicos de México”. Por otra parte, dentro de los artículos técnicos, podemos mencionar varios de gran importancia para nuestro estado: “Diseño de un secador solar con circulación forzada”, “Estudio exploratorio del impacto ambiental generado por la industria ladrillera del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, México”, “Sistemas hidrológicos de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México”, “Los procesos de remoción en masa en Chiapas: una revisión de los últimos cinco años (2006-2011)”, en el cual se tocan eventos de gran importancia, sobre todo por la pérdida de vidas humanas, como fue el caso de la comunidad de Juan de Grijalva, “Microzonificación sísmica de las laderas de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México”, “Medición remota de ozono atmosférico en

la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, utilizando la técnica DOAS” y “Elaboración de producto con base en maíz (*Zea mays*) y chipilín (*Crotalaria longirostrata*) para fomentar el consumo de hojas verdes en alimentación de niños”. Finalmente, dentro de la categoría de Ensayos, encontramos con un título muy sugerente: “Kamasutra para animales: el caso de la competencia espermática y la elección críptica en insectos”.

Carlos R. Beutelspacher Baigts
Editor



Selección de bacterias inhibidoras del hongo *Diplodia* en maíz

Carlos Sandoval Morado¹
Eduardo R. Garrido Ramírez²
Néstor Espinosa Paz³
Ricardo Quiroga Madrigal⁴

RESUMEN

Los principales agentes causales de la pudrición de la mazorca de maíz en Chiapas, son hongos del género *Fusarium* y *Diplodia*. En muestras de maíz recolectadas en diversas partes del estado de Chiapas, se aislaron cepas de bacterias inhibidoras del crecimiento *in vitro* de *Diplodia*, que pudiesen servir a futuro para su control biológico. Se evaluaron en laboratorio 44 cepas de bacterias nativas obtenidas de las muestras de maíz, encontrándose seis de ellas con efecto inhibidor del crecimiento de *Diplodia*.

Palabras clave: Aislamiento, selección, bacterias inhibidoras, maíz.

ABSTRACT

According to conducted studies, the main causal agents of the ear roth in Chiapas, are fungi of the genus *Fusarium* and *Diplodia*. In this work was evaluated in laboratory maize samples collected in

various parts of the state of Chiapas, were isolated several strains of bacteria to find some growth inhibiting *Diplodia*, which could be used for future biological control, finding six of them with a clear inhibiting effect of the growth of *Diplodia*; in one second stage will be identify mechanism of inhibition and test of its effect in field.

Key words: Isolated, selection, bacteria, inhibiting, *Diplodia*, maize.

INTRODUCCIÓN

En Chiapas, el maíz es el cultivo con mayor superficie sembrada, con un promedio de 716 mil hectáreas, que generan 43.8% del valor estatal de la producción agrícola (SAGARPA, 2009). Su producción enfrenta diversos problemas como las enfermedades de la mazorca ocasionadas por hongos, sobre todo en regiones cálidas y húmedas, que merman el rendimiento de grano, su calidad e inocuidad; como ocurrió en Chiapas en 1999, en donde se perdieron 150 mil toneladas por infección en campo de hongos de los géneros *Diplodia* y *Fusarium* (SAGARPA, 2000), mismos que son considerados como los más importantes en áreas tropicales (Coutiño, 1992, Paliwal *et al.*, 2001)

Los factores que favorecen las pudriciones de mazorca son muy diversos, desde ambientales y biológicos

¹Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP

E-mail: carlomagno6@live.com.mx

²Universidad Autónoma de Chiapas

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro de Chiapas, km.3.0 Carr. Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla, Chiapas.

E-mail: sandoval.carlos@inifap.gob.mx

⁴Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Villaflores, Chiapas.

hasta de manejo agronómico. Dentro de los primeros, está la sequía durante las primeras etapas de desarrollo de la planta seguido por abundante humedad y temperaturas desde 28 hasta 30 grados centígrados durante o después del espigamiento; dentro de los factores biológicos están los daños ocasionados por insectos, aves y enfermedades foliares; entre los de manejo agronómico están la fertilización desbalanceada y excesiva densidad de siembra (Bucio *et al.*, 2003, Stuckey *et al.*, 1990)

Para el problema de pudriciones de mazorca, se han explorado varias estrategias de control una de las cuales es mediante el uso de organismos que inhiben el crecimiento del hongo, en tres modalidades: *a)* Utilizados en aplicaciones directas a los cultivos en campo; *b)* Mediante un compuesto antifúngico producido por el microorganismo y aplicado en el campo para control de enfermedades; *c)* Aislar los genes responsables de la producción del compuesto antifúngico para desarrollar plantas transgénicas resistentes a hongos. Así por ejemplo, en el laboratorio de biología molecular de la UNAM, una de las líneas de investigación es la del control biológico en patógenos, en donde se manejan bacterias antagonicas de hongos fitopatógenos, principalmente en papa y ajo, con un enfoque de control integral de las enfermedades, entre las cuales se encuentran las causadas por *Diplodia* y *Fusarium*. Como resultados de estos trabajos se han aislado bacterias nativas antagonicas de estos hongos. (UNAM, 1997)

Asimismo en plantaciones de arroz, se aislaron bacterias de plantas, suelo y agua, con la finalidad de encontrar alguna antagonica para el hongo *Fusarium moniliforme*, que ocasiona la enfermedad conocida como “bakanae”, encontrándose algunas que controlaron la incidencia de la enfermedad en un 71 hasta el 96 %, aunque estos resultados no fueron consistentes en los tres años que duró la investigación (Rosales y Mew, 1997). En maíz se identificaron bacterias de la familia Enterobacteriaceae como antagonica de *Fusarium verticilloides* y *F. Proliferatum*, las cuales compitieron por nutrientes con el hongo (Orlando *et al.*, 2003)

Bajo el contexto anterior, el objetivo general del presente trabajo es encontrar bacterias inhibidoras en el crecimiento del hongo *Diplodia*, que puedan servir a futuro para el control biológico particularmente en pudriciones de mazorca en maíz.

METODOLOGÍA

Se utilizaron mazorcas recolectadas en un estudio de evaluación de daños de pudrición de mazorcas que hizo el INIFAP en el año 2000. Se efectuaron en total 44 cultivos de granos infectados por *Diplodia*, de muestras de maíz de Tuxtla, Villaflores, Comitán y Tapachula. Se seleccionaron granos podridos de las 30 mazorcas más contaminadas de estas localidades y se cultivaron en medio de PDA para la obtención de bacterias mediante el procedimiento siguiente: los granos se esterilizaron con hipoclorito de sodio al 5%, se lavaron y se colocaron en cajas de petri con PDA, de reacción neutra, para su incubación a temperatura ambiente y obtención de bacterias. A los tres días, se procedió a aislar las bacterias encontradas, para lo cual se tomó con un asa una pequeña parte de la colonia y se hizo un “barrido” en caja de petri, con la finalidad de obtener cultivos puros, en los cuales se pudieran identificar cepas individuales, mismas que posteriormente se colocaron en un nuevo medio de cultivo para obtener la cepa pura (French y Herbert, 1980). En la figura 1 se muestra ese proceso.

Una vez obtenidas las cepas, se procedió a hacer la prueba de inhibición *in vitro*, colocando hongo y bacteria en una misma caja de petri con PDA y observando el crecimiento de ambos para identificar a aquéllas que impidan el desarrollo del hongo, y una vez identificadas, el siguiente paso fue la conservación en glicerol de estas bacterias.

RESULTADOS

En todos los cultivos se encontraron, además del hongo, bacterias de diversa índole en todos los cultivos en crecimiento. De esta manera se encontraron seis cepas de bacterias inhibidoras del crecimiento de *Diplodia*,

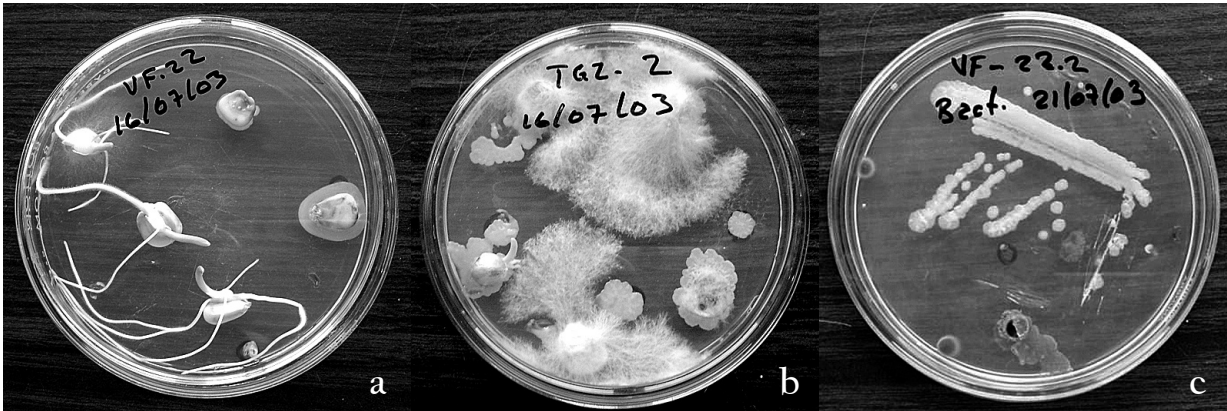


Figura 1 ■ | Proceso para la obtención de bacterias antagonicas: a) Cultivo de granos podridos para la obtención de bacterias; b) Desarrollo de bacterias; c) Barrido en caja de petri para obtener colonias individuales.

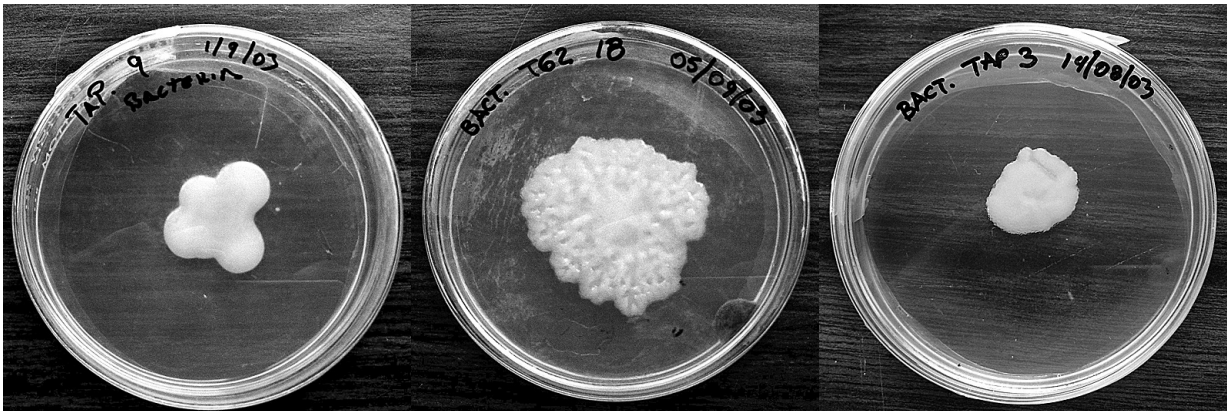


Figura 2 ■ | Cepas de bacterias encontradas.

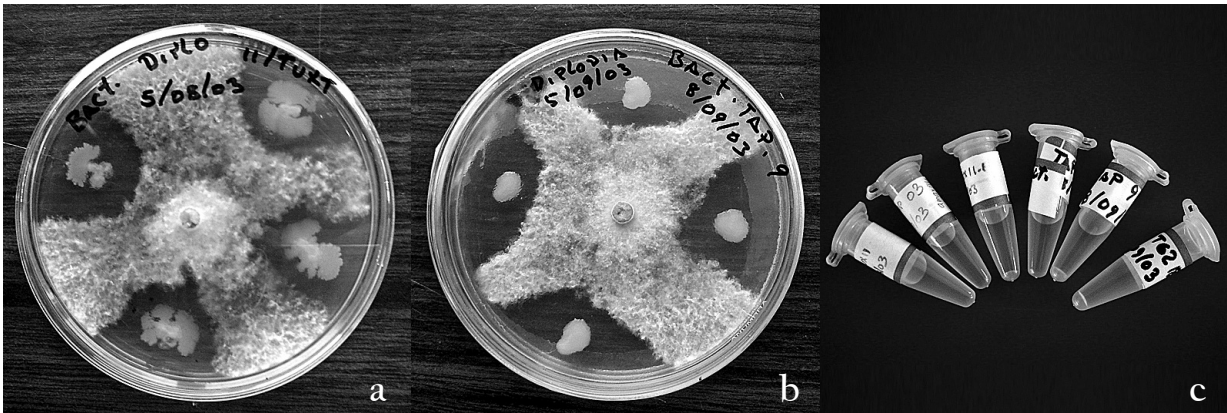


Figura 3 ■ | Efecto antagonico sobre *Diplodia* y cepas en glicerol.

No.	NOMENCLATURA	ORIGEN DE LA MUESTRA
1	Tap-2-080903	Tapachula
2	Tap-9-080903	Tapachula
3	Tap-3-090903	Tapachula
4	Tgz-11-11-0803	Tuxtla Gutiérrez
5	Tgz-11-11-0803	Tuxtla Gutiérrez
6	Tgz-11.1-11-0803	Tuxtla Gutiérrez

Tabla 1 ■ Nomenclatura asignada a las bacterias encontradas y origen de la muestra.

detectadas visualmente *in vitro*, las que se conservaron en glicerol para su posterior identificación y prueba de patogenicidad en mazorcas. En las figuras 2 y 3 se muestran imágenes de estos resultados y en la tabla 1 la nomenclatura asignada.

Uno de los objetivos planteados fue identificar al menos una cepa de bacterias inhibidoras del crecimiento *in vitro* de *Diplodia*, lo cual se logró ampliamente, ya que las cepas identificadas corresponden a especies nativas, adaptadas a las condiciones ambientales del estado de Chiapas, por lo que se consideran muy promisorias al utilizarlas en campo para control de hongos fitopatógenos, en este caso *Diplodia*.

Cabe mencionar que la siguiente acción será hacer la caracterización de estas cepas y evaluar el efecto inhibidor de éstas en *Fusarium*; asimismo sería deseable hacer pruebas en campo para evaluar su eficacia bajo las condiciones ambientales en que se desarrolla el cultivo de maíz.

CONCLUSIONES

Se lograron aislar seis cepas de bacterias que inhibieron *in vitro* el crecimiento de *Diplodia*.

Se considera necesario continuar con otra etapa de la investigación que incluya: a) Identificación y clasificación de las bacterias encontradas, b) Determinación del mecanismo de inhibición de éstas, c) Evaluación en

campo para control de *Diplodia* en el cultivo de maíz y e) Evaluación del efecto de estas bacterias sobre *Fusarium*.

LITERATURA CITADA

BUCIO V.C., J.O. MARTÍNEZ, G.R. MORALES, 2003. VII Congreso Nacional de Ciencia de los alimentos y III foro de Ciencia y Tecnología de los alimentos, Guanajuato, Gto., pp. 425-431.

COUTIÑO E.B.J., 1992. Informe anual del programa de maíz 1992, Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP-SARH, Ocozocoautla, Chiapas, Documento de trabajo, p. 27

FRENCH E.R., T.T. HEBERT, 1980. Métodos de investigación fitopatológica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Serie: Libros y Materiales Educativos 43, San José, Costa Rica.

ORLANDO J, I. CAVAGLIERI, M. ETCHEVERRY, 2003. Sucesión microbiana en la rizósfera de maíz: selección de bacterias antagonistas para hongos productores de fumonisinas, en I Panamerican Symposium on Mycotoxins for Industry, Mexico City, April 2003, p. 75.

PALI WAL R.L., G. GRANADOS, L.H. RENEE, A.D.VIOLIC, 2001. *El maíz en los trópicos, mejoramiento y producción*, Colección FAO: producción y protección vegetal no. 28, Roma, 360 pp.

ROSALES A.M. AND T.W. MEW, 1997. Suppression of *Fusarium moniliforme* in rice by rice associated antagonistic bacteria, en *Plant Disease 81 (1): 49-52*.

SAGARPA, 2000. Delegación Chiapas. Subdelegación de agricultura, en *Informe anual de cultivos básicos*, 55 pp.

SAGARPA, 2009. *Síntesis del sector agropecuario del estado de Chiapas*, Dirección General de estudios agropecuarios y pesqueros, 14 pp.

STUCKEY, R.E., R.F. NYVALL, J.P. KRAUZ, AND C.W. HORNE, 1990. *Corn Disease management*, Corn Handbook Project, Iowa State Univ., Ames, Iowa, pp. 1-8.

UNAM, 1997. Control biológico de hongos fitopatógenos, en *Avance y perspectiva*, enero-febrero 1997, 3 pp.





Germinación y crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) en condiciones de vivero

Fernando Daniel Acosta-López

Carolina Orantes-García*

Eduardo Raymundo Garrido-Ramírez**

RESUMEN

Para determinar el proceso germinativo de las semillas de caoba (*Swietenia macrophylla* K.) se evaluaron cuatro tratamientos pregerminativos (ácido giberélico, agua caliente, peróxido de hidrógeno y testigo) en un diseño experimental en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, usando 10 semillas por repetición como unidad experimental. Los parámetros evaluados fueron porcentaje de germinación, velocidad de germinación e índice de germinación acumulada. Los resultados muestran que con el ácido giberélico se obtiene un 92% de germinación y de acuerdo al índice de velocidad, el ácido giberélico y el peróxido de hidrógeno aceleran el proceso germinativo en 21.02 y 22.28 días en promedio y el testigo en 26.07 días. Posteriormente se evaluaron los sustratos de polvillo de coco, polvillo de maíz, vermicomposta y arena para determinar su influencia en el crecimiento de las plántulas, mediante los parámetros: longitud de tallo, diámetro del tallo y número de hojas; con un diseño experimental en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, demostrando que el tratamiento polvillo de coco fue el más sobresaliente para los tres parámetros.

Palabras clave: caoba, *Swietenia macrophylla*, germinación, crecimiento.

*Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
e-mail: egarrido_ramirez@hotmail.com

** INIFAP, Campo Experimental Centro de Chiapas
Ocozacoautla, Chiapas.

ABSTRACT

The present study was carried out to determine the germination process of seeds of Big Leaf Mahogany (*Swietenia macrophylla* K.), four seed treatment were used (gibberellic acid, hot water, hydrogen peroxide and control) in a randomized block design with four replication. Germination percentage, germination speed and accumulated germination rate were assessed. 92% germination was obtained with gibberellic acid and according to the rate of speed, gibberellic acid and hydrogen peroxide accelerates the germination process in 21.02 and 22.28 days on average, while with control treatment in 26.07 days. Also, to determine substrate influence on seedlings growth four substrates were evaluated (coconut powder, corn powder, vermicompost and sand) in a randomized block design with four replications. Stem length, stem diameter and number of leaves were evaluated during three months. Coconut powder was the most appropriate for the three parameters to mahogany seedlings growth.

Key words: Big leaf mahogany, *Swietenia macrophylla*, germination, growth.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 40 años en México, los problemas sociales, económicos y ambientales, así como el manejo inadecuado de las especies forestales, la destrucción de los bosques, problemas de baja viabilidad y bajos índices de sobrevivencia de especies vegetales,

han generado un incremento en el déficit de materias primas forestales a escala mundial (Miranda, 1998; SEMARNAT, 2000). En 1994, el Inventario Forestal Periódico, estimó 53 millones de hectáreas de bosques nativos, de éstas el 21.5 millones de hectáreas con potencial de producción forestal. Desafortunadamente el 40% de éstas se encuentran bajo aprovechamiento regulado (CONABIO, 2000). Respecto a la tenencia de la tierra, el 71% de ésta superficie aprovechada es de propiedad ejidal, 14% de propiedad comunal y 15% de pequeña propiedad privada (INEGI, 1997; Procuraduría Agraria, 2000).

En Chiapas existen 12 millones de hectáreas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales y alrededor de 5 millones de hectáreas susceptibles a plantarse con especies de rápido crecimiento, tomando en cuenta sus condiciones de clima y suelo (SEMARNAT/CONAFOR, 2001). Asimismo, se considera que alrededor de 6.2 millones de hectáreas de bosques y 0.8 millones de hectáreas de selvas son aprovechables (SEMARNAP, 1998). La industria forestal de las zonas tropicales de México ha comercializado y utilizado la caoba desde hace más de 400 años (Miranda, 1998). A nivel estatal *Swietenia macrophylla* junto con otras especies tropicales como *Cedrela odorata* y *Tabebuia donnell-smithii*, son las que presentan mayor demanda, pues produce una madera con cualidades excepcionales (Miranda, 1998, Blundell y Gullison, 2003, SEMARNAT/CONAFOR, 2001). En la Selva Lacandona, una de las causas principales de explotación de esta especie fue a consecuencia de la exploración del río Jataté en 1870. A partir de ello se establecen en la zona muchas compañías madereras (Miranda, 1998).

Debido a ello, las poblaciones naturales de caoba son muy reducidas, siendo esto un motivo para ser incluida en el Apéndice II del CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), que refiere a la obligación de los gobiernos a controlar la tala de este árbol, cuya madera se utiliza en la fabricación de muebles finos y autoriza su comercio sólo en la medida de que no comprometa

la existencia de esta especie (Rodan y Blundell, 2003). La FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) catalogó a la especie como de alta prioridad para la conservación *in situ*, considerándola como la especie maderable más valiosa de América (Blundell y Gullison, 2003).

El gobierno federal y estatal desarrollaron diversas estrategias para disminuir el impacto sobre las especies silvestres, entre ellas, la creación de áreas naturales protegidas; con ello pretenden fomentar la protección de algunas importantes extensiones de bosques latifoliados, con el fin de regular y controlar el uso de la caoba, entre otras especies (Calvo, 2000). En toda Mesoamérica se ha estimado que del área que aún existe con bosques, sólo 180 mil hectáreas están dentro de unidades de conservación en protección absoluta como parques nacionales, lo que equivale al 4.3% del área de distribución original y al 11.5% del área que aún existe con bosques (Calvo, 2000).

Bajo estas consideraciones y debido a la creciente demanda de productos forestales, el cultivo de especies forestales tropicales es una necesidad urgente y al mismo tiempo una excelente alternativa para el aprovechamiento del trópico húmedo. Es por ello que el presente trabajo de investigación tuvo como objetivos el establecer un tratamiento adecuado para la germinación y el sustrato más eficiente para el crecimiento de plántulas de caoba.

MATERIALES Y MÉTODO

Las semillas de caoba utilizadas en este trabajo fueron obtenidas de cápsulas recolectadas en el mes de abril del 2006 en el ejido Emilio Rabasa, municipio de Ocozacoautla, Chiapas. Las cápsulas fueron recolectadas en un estado previo a su completa maduración (80%), sin haberse abierto, sin daño fisiológico o biológico aparente (hongos, plagas, aves, roedores entre otros), provenientes de árboles previamente seleccionados por su vigor y salud aparente. Los frutos se trasladaron en bolsas de papel debidamente etiquetadas al Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales en la Facultad de Ciencias Biológicas

de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, donde permanecieron intactos hasta su maduración.

Las semillas fueron extraídas de las cápsulas una vez que alcanzaron su madurez y se limpiaron, eliminando la estructura externa que las recubre. Se dejaron secar al aire libre sobre papel y cartón para luego almacenarlas en bolsas de papel y base de cartón agrupadas en lotes a temperatura ambiente (seco y fresco), este tipo de almacenamiento consiste en mantener vivas las semillas hasta el momento que sean utilizadas.

Tratamientos pregerminativos. Se aplicaron los tratamientos de agua caliente, peróxido de hidrógeno, ácido giberélico y testigo.

a) Agua caliente (a). Se colocaron en agua caliente a 85° C dejándolas sumergidas hasta llegar a temperatura ambiente.

b) Ácido giberélico (g). Se sumergieron en una solución de ácido giberélico a 3ppm durante 24 horas, a temperatura ambiente.

c) Peróxido de hidrógeno (p). Se les aplicó peróxido de hidrógeno a una concentración de 3% durante 2 horas.

d) Testigo (t). Estas semillas se sembraron sin ningún tratamiento.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, evaluando cuatro tratamientos pregerminativos con cuatro repeticiones y la unidad experimental fueron 10 semillas sembradas en charolas de unicel para especies forestales, con peat-moss. Las semillas fueron consideradas germinadas en el momento de emerger la radícula aproximadamente 2 mm (Hartmann y Kester, 1988). Se utilizó un arreglo factorial de 4 x 4 x 10, haciendo un total de 160 semillas. Los datos se tomaron cada tres días después de la siembra durante 30 días. Se evaluó el porcentaje de germinación, germinación acumulada y el índice de velocidad de germinación (IVG) de acuerdo a Hartmann y Kester (1988).

Evaluación de sustratos en el crecimiento de plántulas. Las semillas utilizadas para este experimento fueron germinadas sin ningún tratamiento en charolas

con peat-moss. Una vez obtenidas las plántulas, se seleccionaron las que median 15 cm de altura, 0.25 cm de grosor y 4 hojas, se trasplantaron a bolsas de polietileno color negro de 28 x 9 cm que contenían uno de los sustratos siguientes: polvillo de coco (C), polvillo de maíz (M), vermicomposta (V) y arena (A).

Se usó un diseño de bloques completamente al azar, evaluando cuatro sustratos con cuatro repeticiones; la unidad experimental se formó de un grupo de 5 plantas. Se evaluaron las siguientes variables: longitud de tallo (cm), diámetro del tallo (cm) y número de hojas; los datos se tomaron cada cinco días durante tres meses.

Con los datos obtenidos se determinó media aritmética y desviación estándar; se construyeron gráficas de los parámetros evaluados. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) y prueba de honestidad de Tukey's (0.05%) mediante el programa R-CRAN® 2.0 (R Development Core Team, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación. El mejor tratamiento pregerminativo fue el ácido giberélico (g) con 92% de germinación, mientras que el tratamiento testigo (t) alcanzó el 65% de germinación y el peróxido de hidrógeno (p) tuvo un promedio de 28%, mientras que en tratamiento de agua caliente (a) no hubo germinación. Resultados similares fueron reportados en la germinación de semillas de *Manilkara zapota*, en donde el tratamiento con ácido giberélico promovió el 72.5% de germinación (Pérez *et al.*, 2010). Según Salisbury (2000), el ácido giberélico tiene propiedades estimulantes de germinación, favorece la elongación y emergencia de la radícula a través del endospermo, la cubierta seminal o la cubierta del fruto que restringen su crecimiento además de producir enzimas hidrolíticas durante la germinación.

Los resultados obtenidos con peróxido de hidrógeno (p), difieren con lo propuesto por Liyunga *et al.*, (2006). Estos autores señalan que el peróxido de hidrógeno es un antiséptico eficaz en la esterilización de las semillas y aumenta la germinación debido a que reblandece la

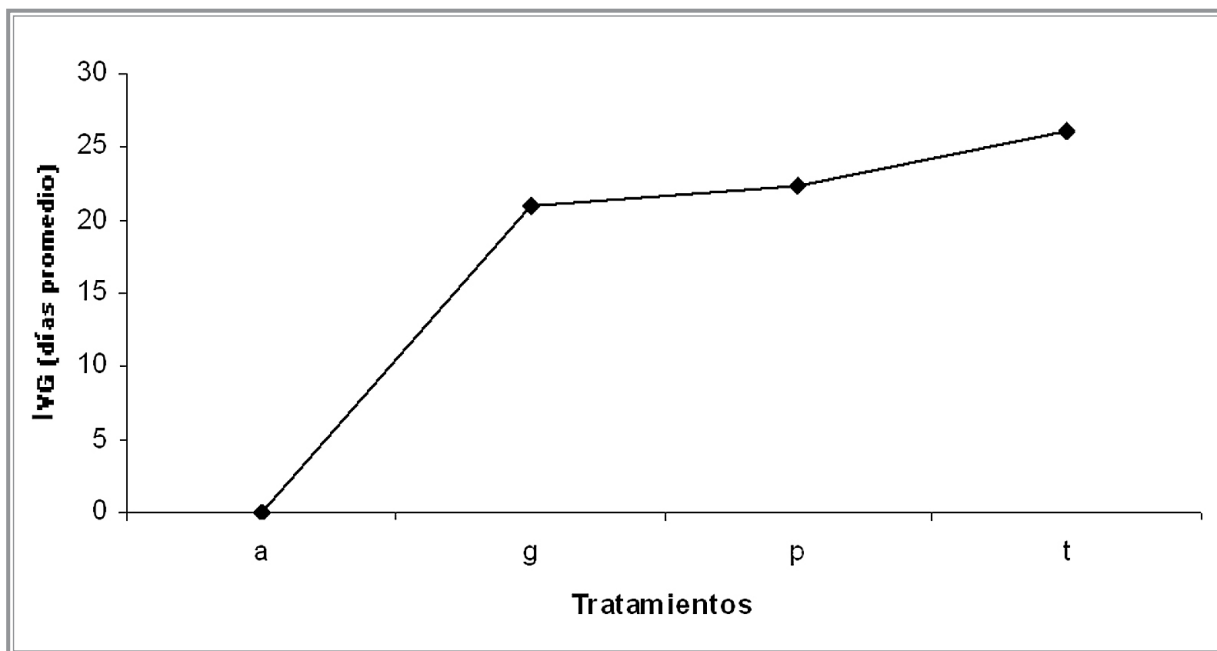


Figura 1 ■ | Índice de velocidad de germinación de *Swietenia macrophylla*, por tratamiento.

cubierta, permitiendo que el agua y el oxígeno entren con mayor facilidad. En este caso, el peróxido de hidrógeno no fue favorable para las semillas de caoba, puesto que el porcentaje de germinación quedó por debajo de la muestra testigo, demostrando que afectó las semillas, posiblemente debido a la concentración utilizada. Según Salisbury y Ross (2000), las semillas responden de diferente manera de acuerdo a la concentración y tiempo de exposición en el peróxido de hidrógeno. En el tratamiento con agua caliente no hubo germinación; de acuerdo a Samaniego (1995) se debe a que las semillas de caoba no presentan testa dura, lo cual no impide que el calor penetre y dañe el embrión.

De acuerdo a la curva del índice de velocidad de germinación (IVG) (figura 1), tanto el ácido giberélico (g) y el peróxido de hidrógeno (p), aceleran el proceso germinativo a 21.02 y 22.28 días en promedio respectivamente, comparado con el testigo (t) en donde la velocidad es de 26.07 días.

En la curva de germinación acumulada (figura 2), la pendiente de germinación se incrementa a diferentes días que van desde los 9 hasta los 30 días aproximadamente después de la siembra, con excepción del tratamiento con agua caliente que no tuvo respuesta. El tratamiento con ácido giberélico tuvo una respuesta de reacción a los 9 días con 3% de germinación, siendo el primer tratamiento en germinar; posteriormente se tornó un poco más lento a los 15 días, y a los 18 incrementó nuevamente hasta superar a los otros tratamientos con 92% a los 30 días. El tratamiento testigo a los 18 días tuvo su primera reacción con 5% de germinación teniendo un incremento considerable de 25% a los 24 días, culminando con un 65% a los 30 días. Bauer (1987) menciona que en un estudio de 448 semillas de caoba, mostró que la tasa más alta de germinación ocurrió entre 16 y 20 días después de la siembra (un 61.7% para las semillas almacenadas bajo refrigeración y un 44.1% para las semillas almacenadas

a temperatura ambiente) y aproximadamente un 95% de todas las semillas habían germinado a los 30 días después de la siembra, coincidiendo con los resultados obtenidos en la presente investigación.

El tratamiento con peróxido de hidrógeno fue el segundo en inducir a la germinación en un 5% a los 15 días y 18% a 21 días, aun por encima del tratamiento testigo; a los 24 días fue superado por el tratamiento testigo con 24% de germinación acumulada. Por lo que el peróxido de hidrógeno es considerado un tratamiento poco efectivo en la germinación de semillas de caoba. El tratamiento de agua caliente no tuvo germinación en todo el proceso de evaluación, haciéndolo un tratamiento no adecuado para la germinación de semillas de *Swietenia macrophylla*.

Evaluación de sustratos en el crecimiento de plántulas. Respecto al efecto del sustrato sobre el crecimiento final de plántulas de caoba, se observó que el tratamiento con polvillo de coco (C) fue el que presentó

mejores resultados sobre la variable longitud del tallo, ya que se tuvo un promedio de 8.23 cm, teniendo la mayor concentración de valores por encima de la media. Según Noguera (1999) el polvillo de coco presenta ventajas en aplicaciones de cultivo frente a otros sustratos, por su fácil hidratación. Pire y Pereira (2003) lo describen como un producto natural utilizado como sustrato debido a su alta porosidad (de hasta 95%) y que le confiere una excelente distribución del aire, agua y alta capacidad de almacenar nutrientes liberándolos progresivamente como giberelina, favoreciendo a las plantas al estimular las zonas meristemáticas. En el tratamiento con vermicomposta (V), las plántulas crecieron en un promedio de 6.38 cm superando al tratamiento con polvillo de maíz (M), que alcanzó un promedio de 5.28 cm ubicándolo en el tercer lugar. Definitivamente el tratamiento con arena (A) tuvo el resultado más bajo con un promedio de 2.25 cm en longitud del tallo con la mayoría de valores agrupados cerca de la media.

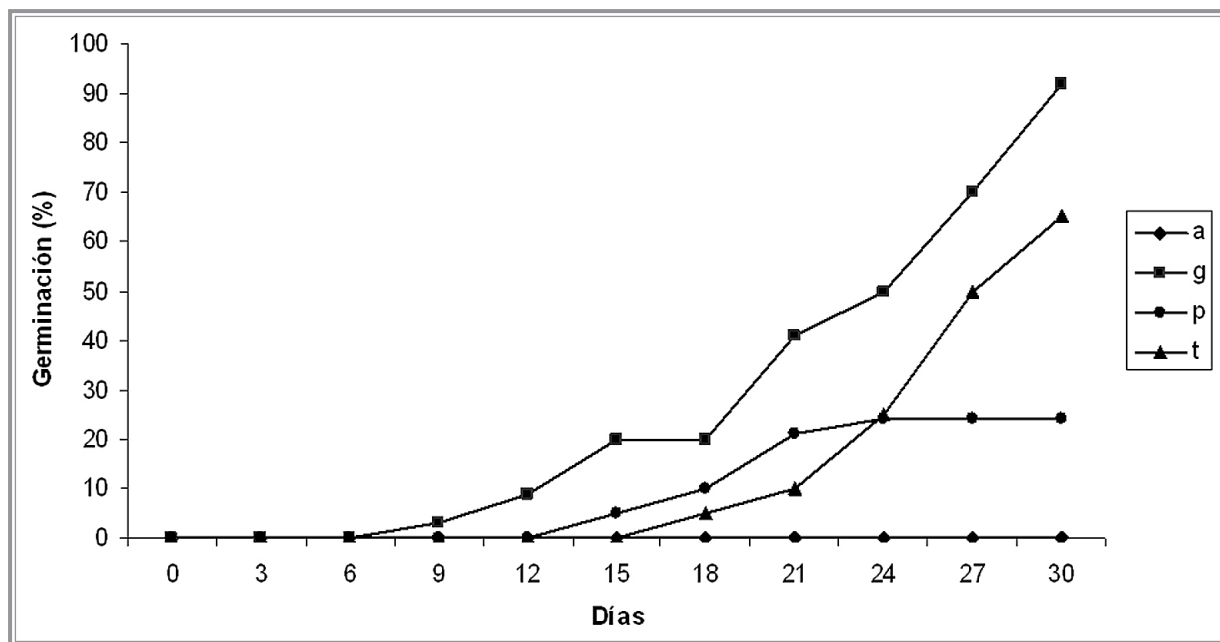


Figura 2 ■ | Índice de velocidad de germinación de *Swietenia macrophylla*, por tratamiento.

Cuadro 1 ■ Efecto de cuatro sustratos en el crecimiento de plántulas de caoba en condiciones de vivero.

Tratamiento	Longitud de tallo (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Número de hoja por planta
Arena	2.25 c*	0.067 d*	2.8 c*
Polvillo de coco	8.23 a	0.167 a	9.8 a
Polvillo de maíz	5.38 b	0.105 c	5.4 b
Vermicomposta	6.38 ab	0.117 b	6.2 b
Promedio	5.56	0.114	6.05
C.V. (%)	8.81	15.93	17.33

* Medias con las letras diferentes dentro de una misma columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey's (0.05).

En relación al diámetro de tallo, el tratamiento donde se presentó el promedio más alto fue el polvillo de coco (C) con 0.167 cm, teniendo el mayor desplazamiento de los valores por encima de la media; el tratamiento arena (A) tuvo un promedio de 0.067 cm dando como resultado el menor engrosamiento del tallo de toda la muestra. De acuerdo a Pire y Pereira (2003) el sustrato de arena (A) está compuesto por rocas silicatadas con granulometría desde 0.5 hasta 2 mm y 20% de retención de agua; haciéndolo un sustrato que no aporta nutrientes en una etapa crucial para el desarrollo de la planta por lo que se ve reflejado en su crecimiento. El tratamiento polvillo de maíz (M) tuvo un promedio de 0.105 cm y el tratamiento vermicomposta (V) se colocó por arriba del tratamiento polvillo de maíz (M), con un promedio de 0.117 cm ubicando la mayoría de puntos sobre la media del tratamiento.

Referente al número de hojas por planta, Bidwell (1999) menciona que las plantas producen el mayor número de hojas en las primeras etapas de adaptación al ambiente después de la germinación, para poder sintetizar su alimento a través de la fotosíntesis. Esta aseveración se refleja en el tratamiento con polvillo de coco (C) donde se obtuvo un promedio de 9.8 hojas, siendo el mejor tratamiento; a diferencia de la arena (A) que fue el promedio más bajo con 2.8 hojas; reiterando que las plántulas necesitan nutrientes para poder

desarrollarse y establecerse; el tratamiento vermicomposta (V) está por debajo del tratamiento polvillo de coco con un promedio de 6.2 así como el tratamiento polvillo de maíz (M) que alcanzó 5.4 con la mayoría de sus puntos por debajo de la media del tratamiento.

De acuerdo a los resultados en el análisis de varianza para cada una de las variables, existe una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.01$) entre los tratamientos. En el cuadro 1 se muestran las diferencias de medias entre tratamientos por la prueba de Tukey's (0.05).

CONCLUSIONES

El ácido giberélico estimula y acelera la germinación de semillas de *Swietenia macrophylla*.

El tratamiento con agua caliente daña la semilla de *Swietenia macrophylla*, evitando su germinación.

El mejor crecimiento de plántulas de *Swietenia macrophylla* medido en longitud y diámetro del tallo y número de hojas, se obtiene en el sustrato con base en el polvillo de coco.

Los tratamientos vermicomposta y polvillo de maíz tuvieron resultados similares para el crecimiento de plántulas de *Swietenia macrophylla*.

La arena no favorece el crecimiento de las plántulas de caoba.

LITERATURA CITADA

- BAUER, G.P., 1987.** *S. macrophylla* and *S. macrophylla* X *S. mahagoni* development and growth: the nursery phase and the establishment phase in line planting in the Caribbean National Forest, Puerto Rico, Syracuse, NY: College of Environmental Science and Forestry, State University of New York, Tesis de M. S., 310 pp.
- BIDWELL, R.G.S., 1999.** *Fisiología vegetal*, 2ª edición, Edit. AGT Editores, S.A., México, D. F., 784 pp.
- BLUNDELL, A.G. y GULLISON R.E., 2003.** Poor regulatory capacity limits the ability of science to influence the management of mahogany, en *Forest Policy & Economic*, 5:395-405.
- CALVO, C.J., 2000.** *Diagnóstico de la caoba en Mesoamérica: visión general* [en línea], Costa Rica, Edit. CCT (Centro Científico Tropical), Unidad de Sistemas de Información Geográfica, PROARCA/CAPAS, consultado el 14 de abril de 2007, disponible en <http://www.capas.org>.
- CONABIO (COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD), 2000.** *Regiones prioritarias terrestres de México*, CONABIO, México.
- GARCÍA PÉREZ M.A., ORANTES-GARCÍA, C., MICELI-MENDEZ, C.L., GARRIDO-RAMÍREZ, E.R. y PÉREZ LÓPEZ, R. 2010.** Germinación de semillas de chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen (Sapotáceas) en *Lacandonia*. *Revista de Ciencias de la UNICACH*, 4(1):17-22.
- HARTMANN, H.T. Y KESTER, D.E., 1988.** *Propagación de plantas. Principios y prácticas*, 2ª edición, Editorial CECSA, México, 760 pp.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA), 1997.** *Censo de población y vivienda*, 5 de noviembre de 1995, México.
- LIYUNGA, K.P., MATAKALA, P., CHINTU R., JOAO C., FERNANDO G., SILESHI G., AKINNI-FESI F. K. Y AJAYI O. C., 2006.** *Agroforestry options manual: a trainers' guide*, s.l.: World Agroforestry Centre ICRAF, 39 p.
- MIRANDA, F., 1998.** *La vegetación de Chiapas*, 3ª ed., Edit. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Chiapas, México, 596 pp.
- NOGUERA, M.P., 1999.** *Caracterización y evaluación agronómica del residuo de fibra de coco: un nuevo material para el cultivo en sustrato*, Tesis doctoral, E.T.S. Ing. Agrónomos, Universidad Politécnica de Valencia, s.p.
- PIRE, R. Y PEREIRA A., 2003.** Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela: propuesta metodológica, en *Bioagro 15(1)*: 55-64.
- PROCURADURÍA AGRARIA, 2000,** *Los recursos colectivos en México*, CD-ROM, México.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2006.** *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, s.p.
- RODAN, B. Y BLUNDELL A., 2003.** Can sustainable mahogany stem from CITES Science, en *Bioscience* 53 (7): 619.
- SALISBURY, F. Y ROSS C., 2000.** *Fisiología de las plantas*, (Tr.) A. Alonso, 1a. ed., Edit. Paraninfo Thomson Learning, España, 988 pp.

SAMANIEGO, P.J.A., 1995. *Estandarización de técnicas para el manejo de semillas de *Swietenia macrophylla* y *Cordia alliodora**, Tesis Mag., Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 134 pp.

SEMARNAP (SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA). 1998. *Ciclo de conferencias del sector forestal de México, avances y perspectivas, México.*

SEMARNAT (SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES), 2000. *La gestión ambiental en México*, México, 374 pp.

SEMARNAT/CONAFOR (SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES/COMISIÓN NACIONAL FORESTAL), 2001. *Programa nacional forestal 2001-2006*, SEMARNAT, México, s.p.





Inventario florístico del Rancho de Villahermosa municipio de Ocozocoautla, Chiapas, México

²Mario A. López Miceli
²Orlando Lam Gordillo
²Ana K. Chanona Pérez
²José A. Pérez Hernández
¹Miguel Ángel Pérez Farrera

RESUMEN

Se realizó un listado preliminar de las plantas vasculares presentes en el Rancho Villahermosa, municipio de Ocozocoautla, Chiapas, México. Se recolectaron 274 ejemplares de herbario, 232 especies pertenecientes a 94 géneros y 74 familias. El grupo de las angiospermas fue el más representado, destacando las familias Fabaceae, Asteraceae, Acanthaceae, Orchidaceae, Cactaceae y Araceae, con 21, 19, 18, 13, 12 y nueve especies, respectivamente. Los géneros más representativos fueron *Acacia*, *Ficus*, *Barleria* con seis especies respectivamente, *Peperomia* con cinco y *Chamaedorea*, *Selenicereus* e *Hippocratea* con cuatro especies respectivamente. Se determinaron en el sitio tres tipos de comunidades vegetales (selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y popal) de las cuales la selva baja caducifolia fue la más diversa con 159 especies. Dentro del área de estudio se encuentran una especie bajo la categoría de Amenazada según la NOM-059-2001 y una especie en la IUCN. La flora inventariada en esta localidad representa el 2.81% de la flora estimada para Chiapas y el 23.24% de la flora representada en la Depresión Central de Chiapas.

Palabras clave: Inventario florístico, Ocozocoautla, Chiapas, México.

ABSTRACT

A check list vascular plants in the Villahermosa Farm was made. Approximately 274 herbarium vouchers were collected represented in 232 species, 94 genera and 74 families. The angiosperm group was most representing. The families most represent were Fabaceae, Asteraceae, Acanthaceae, Orchidaceae, Cactaceae y Araceae with 21, 19, 18, 12, 12 y nine species respectively. The genera major represented were *Acacia*, *Ficus*, *Barleria*, with six species, *Peperomia* with five and *Chamaedorea*, *Selenicereus* and *Hippocratea* with four species respectively. Three type vegetation communities were determined "selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia and popal". The selva baja caducifolia was most diverse with 159 species. One species collected in the area is under conservation status as "amenazada" according the NOM-059-2001 and one in the red list IUCN. The flora inventoried in the area represent about 2.81% of flora estimated for Chiapas and about 23.24% of flora represented for physiographic region of the Central Depression of Chiapas.

Keywords: Floristic Inventory, Ocozocoautla, Chiapas, Mexico.

¹Herbario Eizi Matuda. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).

Libramiento Norte Poniente 1150, col. Lajas Maciel
 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29039

E-mail: perezfarreram@yahoo.com.mx

²Facultad de Ciencias Biológicas
 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).

Libramiento norte poniente 1150, col. Lajas Maciel
 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29039

biol_17@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El principal propósito de los estudios de la flora y vegetación de una localidad radica en optimizar el aprovechamiento sustentable de la misma, y

es con base en ello, generar información para un manejo eficiente así como promover su conservación. La conservación de las comunidades vegetales no se limita a los vegetales, implica también la del germoplasma, de un hábitat, los suelos y los mantos acuíferos (Valdés, 2000).

Se puede considerar que las aéreas con mayor diversidad en cuanto a la composición florística se encuentran en zonas tropicales, en las cuales se considera necesaria la elaboración de inventarios biológicos, siendo prioritarios dichos estudios en áreas con mayor diversidad. En México, se ha dado prioridad a los inventarios biológicos para el trópico húmedo, ya que éste, presenta la mayor diversidad biológica del mundo (CONABIO-INE, 1994), mientras que los estudios florísticos en las regiones de trópico seco, se han estudiado en menor grado, a pesar de que las mayores tasas de endemismos para México, se encuentran en estos sitios (Toledo, 1994).

El trópico seco en México ocupa una superficie de 31 millones 712 mil hectáreas, lo que equivale al 16.1% del territorio nacional. La vegetación que caracteriza a esta zona son los bosques o selvas caducifolias y subcaducifolias, generalmente bajas o medianas (González, 2004).

La mayor diversidad de México se encuentra en un área que se inicia en Chiapas, incluye Oaxaca, prolongándose por un lado hacia el centro de Veracruz y por el otro a Sinaloa y Durango (Rzedowski, 1994). El estado de Chiapas es el segundo estado del país con mayor diversidad florística (Rzedowski, 1978), posee una gran diversidad de asociaciones florísticas debido a la influencia de los factores fisiográficos, climáticos y edáficos, por ello muchos factores intervienen en la distribución de las plantas, no obstante se reconocen varios tipos de vegetación que se repiten con aspecto semejante y que permiten relativamente fácil identificación (Miranda, 1952).

La Depresión Central de Chiapas presenta hábitats muy parecidos a los encontrados en el estado de Oaxaca, aunque muchas de las especies del estado vecino no se encuentran en la región aun cuando algunas de

éstas se hallan en zonas áridas del oriente de Guatemala, y en su lugar incluye especies del centro del país (Breedlove, 1981). De acuerdo a Miranda (1952) esta región pudo servir de comunicación entre la zona húmeda del norte de Chiapas y el Soconusco, lo cual permitió la migración de especies del oriente del país, esta comunicación parece haberse establecido en la zona sur de Ocozocoautla, donde todavía se encuentran enclaves de selva en Cerro Brujo.

El presente estudio documenta y presenta un listado preliminar de la riqueza de plantas vasculares en el Rancho Villahermosa, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México, un área enclavada en la región central de la depresión central de Chiapas que se caracteriza principalmente porque a lo largo de su territorio están representados las selvas bajas caducifolias más sureñas del país.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra a 16°40'17.9"N y 93°25'13.6" W, con una altitud máxima de 885 msnm y la más baja de 800 msnm (fig. 1).

La vegetación está conformada por selvas bajas caducifolias y medianas subcaducifolias, con vegetación secundaria. Los suelos son vertisoles y litosoles, las rocas aflorantes del sitio corresponden calizas (Internet 1).

Clima es cálido húmedo con lluvias en verano "Am (f)", en los meses de mayo a octubre la temperatura mínima promedio va desde los 15 grados centígrados hasta los 22.5 grados centígrados, mientras que la máxima promedio oscila entre 24 grados centígrados y 34.5 grados centígrados. En el periodo de noviembre a abril, la temperatura mínima promedio va desde 9 grados centígrados hasta 19.5 grados centígrados y la máxima promedio fluctúa entre 24 grados centígrados y 33 grados centígrados (*idem*).

La precipitación mínima promedio durante los meses de mayo a octubre va de los 900mm a los 2000 mm, y en el periodo de noviembre a abril, la precipitación media va de los 25 mm a los 700 mm (*Idem*).



Figura 1 ■ Vista satelital del sitio de recolecta ubicado en Ocozocoautla, Chiapas (Google Earth, 2010).

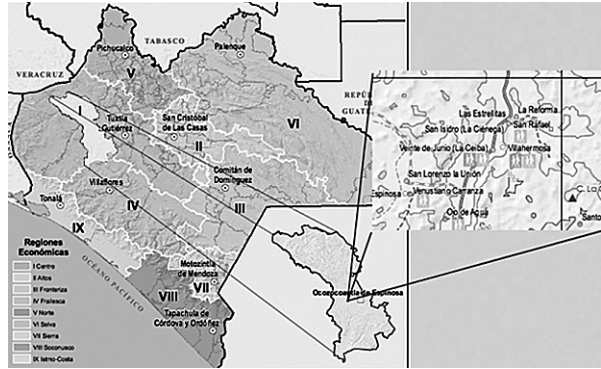


Figura 2 ■ Sitio de recolección ubicado en Ocozocoautla, Chiapas.

Grupo	Familias	Géneros	Especies
Pteridophyta	0	0	0
Gimnospermae	0	0	0
Angiospermae			
Monocotiledoneas	11	30	40
Dicotiledoneas	63	64	192
Total	74	94	232

Cuadro 1 ■ Riqueza de los grupos de plantas recolectadas en el Rancho Villahermosa, Ocozocoautla.

METODOLOGÍA

Se realizaron nueve salidas de campo de enero a mayo 2010. La recolecta se realizó a través de caminos, senderos, caminos de animales y zonas accesibles para recolectar. Los ejemplares recolectados se guardaron en bolsas de plástico de un kilogramo para su posterior prensado.

El procesamiento de los ejemplares se realizó en el Herbario Eizi Matuda (HEM) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas y fue realizado utilizando las técnicas de herbario citadas por Lot y Chiang (1986).

La identificación de los ejemplares se llevó a cabo con ayuda de la colección de plantas del Herbario Eizi Matuda (HEM) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNICACH. Además de ello se consultaron los siguientes libros y guías especializadas: *La vegetación de Chiapas* (Miranda, 1998), *Orchids of Guatemala and*

Belize (Ames y Correl, 1985), *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas* (Martínez, 1979), *A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America* (Colombia, Ecuador, Perú) (Gentry, 1993) y *Flora mesoamericana* (Davidse, Sousa y Charter, 1994).

Para reconocer a las especies en riesgo se consultó la *Norma Oficial Mexicana* (NOM-059-ECOL-2001); SEMARNAT, 2001) y la *Lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza* (IUCN, 2007).

Los nombres de los ejemplares recolectados se registraron en una base de datos en Microsoft Excel 2007 y exportados a Microsoft Access 2007 para Windows XP.

RESULTADOS

Riqueza

Se recolectaron 272 números y se obtuvo un listado

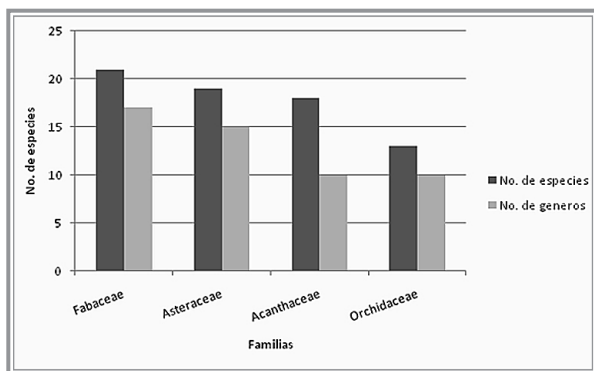


Figura 3 ■ Riqueza de géneros y especies por familias encontradas en el Rancho Villahermosa, Ocozocoautla.

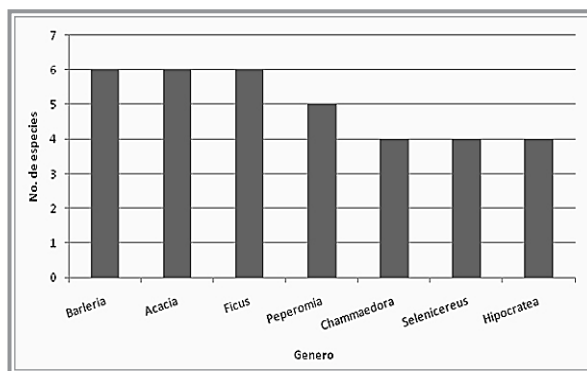


Figura 4 ■ Riqueza de las especies por género encontradas en el Rancho Villahermosa, Ocozocoautla.

florístico que incluye 232 especies pertenecientes a 94 géneros y 74 familias (cuadro 1).

Las Angiospermas o Magnoliophytas fueron los grupos mejor representados, con 192 especies dicotiledóneas y 40 especies monocotiledóneas. De los grupos Pteridophyta y Gimnospermae no se encontraron especies.

La familia con un mayor número de especies fue la Fabaceae con 21, Asteraceae con 19, Acanthaceae con 18 y Orchidaceae con 13 especies. La familia más rica en géneros fue la Fabaceae con 17, seguida por Asteraceae con 15, Acanthaceae con 10, Orchidaceae con 10 y Cactaceae con ocho (figura 3).

Los géneros con mayor riqueza son *Barleria*, *Acacia* y *Ficus* con seis, *Peperomia* con cinco, y *Chammaedorea*, *Selenicereus* e *Hippocratea* con cuatro respectivamente (figura 4).

Tipos de vegetación

Se detectaron tres tipos de vegetación de acuerdo con la clasificación de Miranda y Hernández X (1963). De estos, la selva baja caducifolia fue la más diversa con 159 especies, seguido por la selva mediana subcaducifolia con 47 y el popal con 34 especies (figura 5).

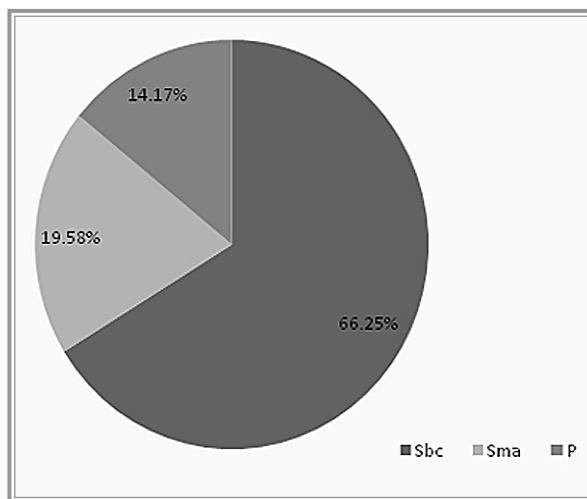


Figura 4 ■ Riqueza de las especies por tipo de vegetación encontradas en el Rancho Villahermosa, Ocozocoautla (Sbc= Selva baja caducifolia, Sma= Selva mediana subcaducifolia, P= Popal).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La flora recolectada en la zona representa el 2.81 % de la flora estimada para Chiapas, de acuerdo a la cifra estimada de 8 mil 250 especies (Breedlove, 1981). De los 232 especies recolectadas una especie se encontró en la NOM-059-2011 (*Guarianthe skinneri*) y una en la lista roja de la IUCN (*Cedrela odorata*).

Localidad	Núm. de familias	Núm. de géneros	Núm. de especies	Extensión (ha)	Referencia
Rancho Villahermosa	74	94	232	129	Este estudio
C. El Cebú (REBITRI)	115	30	502	450	Martinez <i>et al.</i> (2008)
C. El Triunfo (REBITRI)	138	407	751	10,000	Long y Heath (1991)
C. Ovando (REBITRI)	122	476	791	-	Matuda (1950)
La Sepultura	72	-	407	167,309	Castillo (1996)
Montes Azules (Selva Lacandona)	61	-	3,400	1,550,200	Martinez <i>et al.</i> (1994)
Selva El Ocote	121	452	705	101,288	Ochoa-Gaona (1996)
La Fraylesca	129	441	858	831,180	Bachem y Rojas (1994)
Los Tuxtlas, Veracruz	214	-	3,000	155,000	Ruiz y Durán, (2004)
Cañada la Chacona y parte occidental del PNCS	95	379	549	-	Gallegos (2009)

Cuadro 2 ■ Comparación de la diversidad de especies en diferentes aéreas naturales protegidas y zonas contiguas (REBITRI= Reserva de la Biosfera el Triunfo, PNCS= Parque Nacional Cañón del Sumidero).

La flora recolectada en el rancho Villahermosa incluye exclusivamente angiospermas, las cuales están concentradas en 232 registros, obteniendo así 74 familias, 94 géneros y 232 especies, de las cuales una especie se encuentra registrada en la NOM-059-2001 como amenazada.

Riqueza y composición florística

El grupo mejor representado fue el de las dicotiledóneas con 83% y las monocotiledóneas con 17%, no se encontraron representantes de otros grupos. Las familias mejor representadas (Fabaceae y Asteraceae) concuerdan con lo propuesto por Villaseñor (2004) sobre la composición de la flora de México y con las familias mejor representadas en la selva baja caducifolia (Ceballos *et al.*, 2010).

Si comparamos con el estudio realizado por 1996 Ochoa-Gaona en la Reserva de la Biosfera Selva El

Ocote, registra 705 especies, 452 géneros y 121 familias para la flora a lo largo del cañón del río La Venta, se obtuvo una diversidad de especies (232 especies) equivalente al 32.9% del total registrado para la REBISO, aunque este dato puede considerarse preliminar dado que el área montañosa de la reserva entre los 800 y mil 400 m aún no se ha explorado exhaustivamente (cuadro 2).

Con respecto a otras reservas, sólo registramos un equivalente a 57.28% de las especies registradas en La Sepultura y un equivalente al 6.8% de la Reserva de Montes Azules, aunque superamos a nivel de familias el número de taxones registrados para la reserva de La Sepultura y Montes Azules registrando un 2.78% y 21.3% más de familias respectivamente (cuadro 2).

Esta diversidad tan grande a nivel de familias puede deberse principalmente a dos factores, de acuerdo a Breedlove (1981) la Depresión Central tiene elementos

florísticos del centro del país, mientras que Miranda (1952) refiere a la zona sur de Ocozocoautla como una zona de comunicación entre la zona húmeda del norte de Chiapas y el Soconusco, que permitió la migración de especies del oriente del país y tomando como evidencia los enclaves de selva en Cerro Brujo.

En cuanto a las formas biológicas las hierbas representan el 60.17%, los árboles el 34.20%, los arborescentes 2.60%, mientras que las formas menos comunes fueron los bejucos y trepadoras con 1.30% y 1.73%, respectivamente. De acuerdo al tipo de hábito, las plantas de hábito terrestre fueron las mejor representadas con 84.5%, seguida de las epifitas con 6.47%, las hemiepifitas con 3.44% y los hábitos menos comunes fueron rupícola y subacuática con 0.43%.

Respecto a los tipos de vegetación el más diverso fue la selva baja caducifolia con 68.53%. Esta comunidad vegetal se encuentra mejor representada por encima de los 880 m, generalmente por encima de la selva mediana subcaducifolia aunque la principal zona muestreada de selva mediana fue a 885 m, generalmente se extiende desde poco más de 800 m hasta los 880 en zonas donde la insolación se ve reducida.

Las principales asociaciones de la selva baja caducifolia son de *Agave* sp., *Furcraea* sp., *Yucca* sp., *Cephalocereus* sp.1 y *Cephalocereus* sp.2 Otra asociación frecuente es de *Pachycereus marginatus* y *Bursera simaruba*.

Las asociaciones de selva mediana subcaducifolia son de *Platymiscium dimorphandrum* (hormiguillo) y *Spondias purpurea*. La única asociación en el popal es de *Cyperus oxylepis*, *Fimbristylis dightoma*, y *Pontederia sagittata*.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la señora Alicia Méndez Zorrilla, dueña del Rancho Villahermosa, por su apoyo y permiso para realizar las actividades correspondientes. A los encargados del rancho, señor Audelino Salgado y señora Rosita Pérez, quienes amablemente nos dieron acceso a su casa y nos permitieron guardar

el material de trabajo. Al maestro en ciencias Mario Alberto López González por su apoyo en las salidas de campo, transporte y ayuda en la determinación de algunos géneros y especies, y nombres comunes de las plantas recolectadas. También agradecemos al contador público José Alfredo Chanona López y María del Carmen Pérez Toledo por permitirnos realizar el montaje y etiquetado las plantas en su casa. Por último agradecemos a todos los miembros del Herbario Eizi Matuda (HEM), por sus observaciones y la ayuda en la determinación de los ejemplares.

LITERATURA CITADA

AMES, O. Y D. S. CORREL, 1985. *Orchids of Guatemala and Belize*, Dover Publications, INC. EUA, 779 pp.

ARRIAGA, L., J. M. ESPINOSA, C. AGUILAR, E. MARTÍNEZ, L. GÓMEZ Y E. LOA (COORD.), 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, México, D.F., 609 pp.

BACHEM U. Y R. ROJAS, 1994. *Contribución al estudio ecológico de la vegetación en la región de La Fraylesca, Chiapas*, Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Edo. de México.

BEUTELSPACHER, C., 1999. *Bromeliáceas como ecosistemas*, 1ª edición, Plaza y Valdés Editores, México. 123 pp.

BREEDLOVE D.E., 1981. *Flora of Chiapas, Part I: introduction to the flora of Chiapas*, The California Academy of Science, San Francisco, California, USA, 35 pp.

- BUBB P., 1991.** *The current situation of the cloud forest in northern Chiapas, Mexico. Final report*, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.
- CABRERA, CACHÓN, T., 1999.** *Orquídeas de Chiapas*, 1ª edición, IHN-Gobierno del Estado de Chiapas, México, 11-13 pp.
- CASELO, E., O. RICALDE Y J. PANERO, 2003-2005.** *Catálogo de autoridades de asteráceas mexicanas y actualización de tribus Heliantheae y Eupatorieae*, University of Texas, Base de datos SNIB-CONABIO proyectos V004, AE012 y CS011, México, D.F., 260 pp.
- CASTILLO J.J. 1996.** *Vegetación de la Reserva de la Biosfera La Sepultura*, Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., s.p.
- CEBALLOS G., 1995.** Vertebrate diversity, ecology, and conservation in neotropical dry forest, en S. BULLOCK, E. MEDINA & H. A. MOONEY (Eds.) *Tropical deciduous forest ecosystems*, Cambridge University Press., USA, pp. 195-222.
- DAVIDSE, G., M. SOUSA, A. Y O. CHARTER, 1994.** *Flora mesoamericana*, UNAM, México, vols. 1 y 6.
- ESCOBAR- PÉREZ C.I., 1997.** *Experiencia de participación social en la conservación de la reserva estatal Cerro Mactumactzá: Estudio de caso ejido Copoya, municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*, Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- GALLEGOS, R., 2009.** *Inventario florístico de la cañada La Chacona y parte occidente del Parque Nacional Cañon del Sumidero, Chiapas, México*, Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- GARCÍA ALFARO, R., 1999.** *Estudio de la vegetación y usos del suelo de la porción oeste de las Montañas del Norte de Chiapas, México*, Tesis, Escuela de Licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes del Estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez.
- GENTRY, A., 1993.** *A field guide: to the families and genera of woody plants of northwest south america (Colombia, Ecuador, Perú)*, University of Chicago Press, 1st Edition, Chicago, 895 pp.
- , 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests, en Bullock, S, H., H. A. Mooney & E. Medina (Eds.), *Seasonally dry tropical forests*, Cambridge University Press, USA, pp.146-194.
- GONZALEZ MEDRANO, F., 2004.** *Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México*. 2ª ed., Ed. INE, México, 88 pp.
- GUILLÉN, J. G. JIMENEZ-FERRER, J. NAHEDTORAL Y L. SOTO-PINTO, 2001.** La ganadería indígena en el norte de Chiapas, en L. Hernández (comp.), *Historia ambiental de la ganadería en México*, Instituto de Ecología, A.C., México, D.F., pp. 210-223.
- HÁGSATER. E. Y G. SALAZAR, 1991.** *Orquídeas de México: Icones Orchidacearum*, vol. 1., Asociación Mexicana de Orquideología, A.C., México, 100 pp.
- LONG A. Y M. HEATH, 1991.** Flora of the El Triunfo Biosphere Reserve, Chiapas, México: a preliminary floristic inventory and the plant communities of Polygon I, *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, Serie Botánica, 62:133-172.

- LÓPEZ, G., 2008.** *Vegetación y flora asociada a la laguna de Catazajá municipio de Catazajá, Chiapas*, Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- MARTÍNEZ E., RAMOS C. Y CHIANG F., 1994.** Lista florística de La Lacandona, Chiapas, en *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 54:99-177.
- MARTÍNEZ, M., 1979.** *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1220 pp.
- MARTÍNEZ-MELÉNDEZ, J., M.A. PÉREZ-FARRERA Y O. FARRERA SARMIENTO, 2008.** Inventario florístico del cerro El Cebú y zonas adyacentes en la Reserva de la Biosfera el Triunfo (Polígono V), Chiapas, México, en *Bol. Soc. Bot. Méx.* 82:21-40.
- MATUDA E., 1950.** A contribution to our knowledge of wild flora of Mt. Ovando en *The American Midland Naturalist*, 43:195-223.
- MIRANDA, F., 1952.** *La vegetación de Chiapas*, Parte 1 y 2, 2ª edic., Ediciones de Gobierno del Estado, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 225 pp.
- MULLERIED, F.K.G., 1957.** *La Geología de Chiapas*, Gobierno Constitucional del estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 180 pp.
- OCHOA-GAONA S., 1996.** La vegetación de la reserva El Ocote a lo largo del cañón del río La Venta, en Vásquez-Sánchez M.A y March-Mifsut I.J. (eds.), *Conservación y desarrollo sustentable en la selva El Ocote, Chiapas*, El Colegio de la Frontera Sur, Centro de Estudio para la Conservación de los Recursos Naturales, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, San Cristóbal de Las Casas, pp.45-61.
- PINTO R. R., 2002.** *Árboles y arbustos con potencial forrajero del valle central de Chiapas*, Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Yucatán, Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Mérida, Yucatán.
- POSADA, J.M., A. T. MITCHELL AND J. CAVELIER, 2000.** Cattle and weedy shrubs as restoration tools of tropical montane rainforest, en *Restoration Ecology*, pp. 370-379.
- RUIZ FERRO J.C., 1997.** Publicación no. 122-A-1997, no. 032, *Decreto del Ejecutivo por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Reserva Estatal, las propiedades privadas del Cerro Mactumatza, en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*, 5-13 pp.
- RZEDOWSKI J., 1978.** *La vegetación de México*, Edit. Limusa, México, D.F., 432 pp.
- _____, **1994.** *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México, 432 pp.
- _____, **1996.** Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México, en *Acta Botánica Mexicana*, 35:25-44.
- _____, **2005.** México como área de origen y diversificación de linajes vegetales, en Llorente-Bousquets, J., & Monrrone, J. J., *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: Primeras Jornadas Biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática (RIBES XII.I-CYTED)*, México, D.F., pp. 375-382.
- SOUSA, S.M. Y DELGADO S.A., 1998.** *Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes en diversidad biológica de México orígenes y distribución*, Ramamoorthy T. P; R. Bye, A. Lot y J. Fa. Compiladores, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., 449 pp.

- STADMÜLLER T., 1987.** *Los bosques nublados en el trópico húmedo*, Universidad de las Naciones Unidas, Turrialba, s.p.
- STROTHER, P. C. Y WILLIAMS, L. O. (EDS.), 1981-1993.** *Flora of Guatemala*, (volúmenes varios), Natural History Museum, Chicago, Systematic Botany Monographs, The American Society of Plant Taxonomist, United States of America, s.p.
- TOLEDO, V.M., 1994.** La diversidad biológica de México. Nuevo retos para la investigación en los noventas, en *Ciencias* 34:43-59.
- VALES GABRIELA Y RODRÍGUEZ F., 2000.** *Áreas naturales protegidas de México*, Ed. FONTIS, 63 pp.
- VASQUEZ SÁNCHEZ, M. A. E. I. MARCH MIFSUF (EDS.), 1996.** *Conservación y desarrollo sustentable en la selva El Ocote, Chiapas*, ECOSUR-CONABIO-ECOSFERA. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México, 2, 56-58 pp.
- VÁZQUEZ YAÑEZ, C., A. I. BATIS MUÑOZ, M. I. ALCOCER SILVA, M. GUAL DÍAZ Y C. SÁNCHEZ DIRZO, 1999A.** *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación: Introducción. Reporte técnico del proyecto J084*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ecología, UNAM [en línea].
- VILLASEÑOR J., 2004.** Los géneros de plantas vasculares de la flora de México en *Bol. Soc. Bot. Méx.* 75: 105-135 (2004).
- VOVIDES A.P. Y A. GÓMEZ-POMPA., 1977.** The problems of threatened and endangered plant species of Mexico, en G.T. y T.S. Elias (Eds.), *Extinction is forever, proceed prance*, New York Botanical Garden, pp. 77-88.
- WEBSTER G.L., 1995.** The panorama of neotropical cloud forest en Churchill, S.P. Balsev, H. Forero, E.Luteyn J.L. (eds), *Biodiversity and conservation of neotropical montane forest*, The New York Botanical Garden, New York, pp. 53-77.
- Internet 1: <http://www.ocozocoautla.chiapas.gob.mx/> 2011.
- Internet 2: www.Googleheart.com 2010. INEGI.





Listado de especies vegetales del Rancho Villahermosa, Ocozocoautla, Chiapas, México. **Datos de colecta (Col):** Ana Karen Chanona Perez (AKCP), José Alejandro Pérez Hernández (JAPH), Orlando Lam Gordillo (OLG), Mario Alberto López Miceli (MALM), Dalia Guadalupe Ruiz Coutiño (DGRC), Marco Antonio Villalobos Peña (MAVP). **Tipo de Vegetación (TV):** Selva baja caducifolia (Sbc), Selva mediana subcaducifolia (Sma), Popal (P). **Forma de crecimiento (FC):** Hierba (Hi), Arbol (Ar), Arborecente (Ab), Bejuco (Be). **Tipo de hábito (TH):** Terrestre (Te), Epífita (Ep), Trepadora (Tr), Hemiepífita (He). **Mes de colecta (MC):** 1 enero hasta 4 Abril. **Categoría de riesgo NOM-059-2001 y IUCN (Cr):** Amenazada (A), No endémica (Ne), Endémica (E), Vulnerable (V).

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
Dicotiledóneas						
Acanthaceae						
<i>Aphelandra gigantiflora</i> Lindaw	AKCP3, DGRC10	Sbc, Sma	Hi	Te	1	
<i>Aphelandra scabra</i> Valh	MALM9, MALM18	Sbc, Sma	Hi	Te	1	
<i>Baerleria oenotheroides</i> Dum. Cours.	OLG50	Sbc	Hi	Te	4	
<i>Blechum brownei</i> Juss	JAPH4	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Blechum grandiflorum</i> Oerst.	MAVP20	Sbc	Hi	Te	4	
<i>Blechum pyramidatum</i> (Lam.) Urb.	JAPH25	Sbc	Hi	Te	4	
<i>Blechum sp.2</i>	MALM20	Sma	Hi	Te	1	
<i>Blechum sp.1</i>	MALM27	P	Hi	Te	2	
<i>Elytrania inbricata</i> (Vahk) Pers	MALM33	P	Hi	Te	2	
<i>Henerya insularis</i> Neesex Benth	JAPH16, JAPH17	Sma, Sbc	Hi	Te	3	
<i>Holographis parayana</i> Miranda	MAVP21	Sbc	Ar	Te	4	
<i>Justicia sp.</i>	AKCP26	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Odontema sp.</i>	MALM19	Sma	Hi	Te	1	
<i>Ruelia gomifolia</i> Kunth	MALM111	Sbc	Hi	Te	4	
<i>Ruellia inundata</i> Kunth	AKCP12, JAPH5	Sma, Sbc	Hi	Te	1	
<i>Stenostephoinus gracilis</i> (Oerst) T.F. Daniel	DGRC26	Sbc	Ar	Te	4	
<i>Thumbergia alata</i> Bojer es. Sims	MALM116	Sbc	Hi	Te	4	
Amaranthaceae						
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	MAVP14	Sbc	Ar	Te	3	

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
<i>Iresine arbustula</i> Uline & Bray	AKCP28	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Iresine calca</i> (Ibañes) Standley	OLG40	Sbc	Tr	Te	3	
<i>Iresine celosia</i> L.	OLG38	P	Hi	Su	2	
Anacardiaceae						
<i>Mauria</i> sp.	MALM61	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Spondias purpurea</i> L.	MALM95	Sma	Ar	Te	1	
Annonaceae						
<i>Annona purpurea</i>	MALM75	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Annona globiflora</i> Schltld.	MAVP8, AKCP27	Sbc	Ar	Te	3	
Apiaceae						
<i>Eryngium caroliniae</i> F. Delaroché	DGRC20	P	Hi	Te	2	
Apocynaceae						
<i>Asclepias curassavica</i> Lour	OLG15, MALM107	Sbc, P	Hi	Te	4, 2	
Asclepiadaceae						
<i>Cynanchum rensonii</i> NC.	AKCP8	Sma	Hi	Tr	1	
<i>Gonolobus pectinatus</i> Brandegee	JAPH6	Sbc	Hi	Tr	1	
Asteraceae						
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	JAPH18	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Ageratum corymbosum</i> Zucc	DGRC22, MALM30	Sbc, P	Hi	Te	2, 3	
<i>Ageratum houstonianum</i> Miler	MAVP12	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Aldama dentata</i> La Llave & Lex	OLG30	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	MAVP9	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	AKCP17	P	Hi	Te	2	
<i>Bidens alba</i> (L) Ballard var. <i>radiata</i> (Sh. Brp) Ballard	DGRC19, MAVP16	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Calea urticifolia</i> (Mill) DC.	AKCP4, DGRC23	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Cirsium mexicanum</i> D.C	MAVP13	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Critonia daleoides</i> D.C.	MALM67	Sma	Hi	Te	3	
<i>Eupatorium odoratum</i> L.	JAPH19	Sbc	Hi	Te	3	

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
<i>Pseudoxinoxys chenopodioides</i> (Kunth)	MALMII, DGRC25	Sbc	Hi	Te	1, 4	
<i>Senecio</i> sp.	MAVP5	Sma	Ar	Te	1	
<i>Spilathes ocyimifolia</i> (Lam) A. H. Moore	MALM43	P	Hi	Te	2	
<i>Trixis inula</i> Crantz	AKCPI6	P	Hi	Te	2	
<i>Vernonia canescens</i> Kunth	MAVP17	Sbc	Ar	Te	4	
<i>Vernonia</i> sp.	JAPH26	Sbc	Hi	Te	4	
Bignonaceae						
<i>Ceratophytum tetragonolobum</i> (Jacq)	AKCPI4	Sma	Ar	Te	1	
<i>Cydista potosina</i> CK. Schum Loes	MALM88	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Godmania aesculifolia</i> (Kunth) Standl.	OLG46	Sbc	Ar	Te	4	
<i>Macfadyena unguis-cati</i> (L.) A.H. Gentry	OLG47	Sbc	Tr	Te	4	
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) A. DC.	MALM26	P	Ar	Te	2	
<i>Pithecoctenium</i> sp.	MALMI	Sbc	Hi	He	1	
<i>Pithecoctenium crucigerum</i> (L.) A.H. Gentry	MALM23	Sma	Ar	Te	1	
Bombacaceae						
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	MALM65	Sma	Ar	Te	3	
Boraginaceae						
<i>Cordia alliodora</i> Cham.	MALM100	Sbc	Ar	Te	4	
<i>Cordia gerascanthus</i> L.	MALM96	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Cordia spinescens</i> L.	MALM83	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Heliotropium indicum</i> L.	OLG44	Sbc	Hi	Te	4	
Burseraceae						
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	MALM64	Sma	Ar	Te	3	
Cactaceae						
<i>Acanthocereus pentagonus</i> (L.) Britton & Rose	OLG10	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Cephalocereus senilis</i> (Haw.) Pfeiff.	OLG6	Sbc	Hi	Te	1	A, E
<i>Cephalocereus</i> sp.1	OLG54	Sbc	Hi	Te	4	
<i>Epiphyllum</i> sp.	OLG1	Sbc	Hi	He	1	
<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britt. & Rose	OLG7	Sbc	Hi	He	1	
<i>Opuntia pubescens</i> J.C. Wendl. Ex Pfeiff.	OLG13	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Pachycereus marginatus</i> (DC.) Britton & Rose	OLG2	Sbc	Hi	Te	1	

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
<i>Peniocereus sp.1</i>	OLG4	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Peniocereus sp.2</i>	OLG14	Sma	Hi	He	1	
<i>Selenicereus grandiflorus</i> (L.) Britt. & Rose	OLG19	Sbc	Hi	He	2	
<i>Selenicereus sp.1</i>	OLG8	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Selenicereus sp. 2</i>	AKCP22	Sbc	Hi	Te	2	
<i>Selenicereus validus</i> Arias & Guzman	MALM66	Sma	Hi	Te	3	
Campanulaceae						
<i>Lobelia cardinalis</i> L.	AKCP15	P	Hi	Te	2	
Capparaceae						
<i>Capparis sp.</i>	DGRC8, DGRC12	Sma	Ar	Te	1	
<i>Crataeva tapia</i> L.	MALM104	Sbc	Ar	Te	4	
<i>Morisonia americana</i> L.	MALM60	Sma	A	Te	3	
Caricaceae						
<i>Carica pennata</i> Heilborn.	MALM3	Sbc	Hi	Te	1	
Caesalpiniaceae						
<i>Bauhinia calderoni</i> L.	AKCP2	Sbc	Ar	Te	1	
Cleomaceae						
<i>Cleome magnifica</i> Briq.	MALM47	Sbc	Hi	Te	2	
Clusiaceae						
<i>Clusia guatemalensis</i> Hemsl.	DGRC18	Sbc	Hi	Te	2	
Cochlospermaceae						
<i>Cochlospermum vitifolium</i> Planch.	MALM7	Sbc	Ar	Te	1	
Convolvulaceae						
<i>Ipomoea batata</i> (L.) Poir	MALM39	P	Hi	Te	2	
<i>Ipomoea sp.</i>	OLG53	Sbc	Hi	Te	4	
<i>Ipomoea alba</i> L.	MALM38	P	Hi	Te	2	
<i>Merremia quinquefolia</i> (L.)	DGRC21	Sbc	Hi	Te	3	
Euphorbiaceae						
<i>Acalypha unibracteatra</i> Mull Arg.	OLG20	Sbc	Hi	Te	2	
<i>Acalypha sp.</i>	DGRC24	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Cnidocolus urens</i> (L) A. King	OLG23	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ort.	AKCP5, OLG17	Sbc, P	Ar	Te	1, 2	
<i>Croton guatemalensis</i> Lott	JAPH20, OLG49	Sbc	Ar	Te	3, 4	

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.	OLG34	Sbc	Hi	Te	3	
Fabaceae						
<i>Acacia cornigera</i> (L) Wild	AKCP6	Sbc	Ar	Te	1	
<i>Acacia farnisiana</i> (L) Willd.	JAPH14	P	Ar	Te	2	
<i>Acacia hindsii</i> Benth.	DGRC2	Sbc	Ar	Te	1	
<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.	AKCP24	Sma	Ar	Te	3	
<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	MALM71	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Clitoria</i> sp.	MALM29	P	Hi	Te	2	
<i>Crotalaria cajanifolia</i> Kunth	MALM87	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Desmodium</i> sp.	MAVP15	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Diphysa racemosa</i> Rose	MALM85	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	MALM52	Sbc	Ar	Te	2	
<i>Erythrina americana</i> Mill.	MALM59	Sma	Ar	Te	3	
<i>Gliricidia sepium</i> Steud	MALM15	Sma	Ar	Te	1	
<i>Haematoxylon brasiletto</i> Karst	MALM115	Sbc	Ar	Te	4	
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	MALM58, JAPH24	Sma, Sbc	Ar	Te	3, 4	
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	MALM21	Sma	Hi	Te	1	
Omelaceae trichidium						
<i>Pithecellobium dulce</i> (Raxb) Benth	MALM74	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Platymiscium dimorphandrum</i> Donn. Sm.	MALM42	P	Ar	Te	2	
<i>Platymiscium</i> sp.	MALM57	Sma	Ar	Te	3	
<i>Senna atomaria</i> (L.) H. S. Irwin & Barneby	DGRC1, AKCP23, MAVP6	Sma	Ar	Te	3, 1	
<i>Senna holwayana</i> (Rose)	MALM72	Sbc	Ar	Te	3	
Flacourtiaceae						
<i>Casearia nitida</i> (L) Jacq.	MALM86	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl	OLG39, MALM102	Sbc	Ar	Te	3, 4	
Gesneriaceae						
<i>Achimenes</i> sp.	JAPH11	Sbc	Ar	Te	1	
Hippocrateaceae						
<i>Hippocratea celastroides</i> Kunt	MALM105, MALM81	Sbc	Ar, Be	Te	4, 3	
<i>Hippocratea volubilis</i> L.	MALM56	Sma	Tr	Te	3	
<i>Hippocratea excelsa</i> H.B.K.	MALM62	Sma	Hi	Te	3	

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
Lamiaceae						
<i>Salvia sp.</i>	OLG42	Sbc	Hi	Te	3	
Lauraceae						
<i>Licaria sp.</i>	MALM70	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Phoebe mexicana</i> Meins.	MALM109	Sbc	Ar	Te	4	
Loganiaceae						
<i>Spigelia sp.</i>	MAVPI0	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Spigelia splendens</i> Well.	AKCPI1	Sma	Hi	Te	1	
Malpigiaceae						
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) HBK	MALM103	Sbc	Ar	Te	4	
Malvaceae						
<i>Anoda acerifolia</i> Cav.	MALM34	P	Hi	Te	2	
<i>Crossopetalum tonduzii</i> (Windell)	MALM16	Sma	Ar	Te	1	
<i>Hibiscus poeppgii</i> (Spreng) Gracke	AKCPI3, OLG36	Sma	Hi, Ar	Te	1, 3	
<i>Sida acuta</i> (L.) Blume	JAPH20, MAVPI9, MALM37	Sbc, P	Hi	Te	2, 3, 4	
Meliaceae						
<i>Cedrela odorata</i> L.	MALM8, MALM79	Sbc	Ar	Te	1, 3	V, Ne
<i>Trichilia cuneata</i> Radlk.	MALM55	Sma	Hi	Te	3	
<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	MALM80, MALM84, MALM108	Sbc	Ar, Hi	Te	3, 4	
Menispermaceae						
<i>Cissampelos paraira</i> L.	MALMI10	Sbc	Hi	Te	4	
<i>Hyperbaena mexicana</i> Miers	MALMI06	Sbc	Ar	Te	4	
Moraceae						
<i>Ficus benguetensis</i> Merr.	MALM69	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Ficus benjamina</i> L.	MALM82	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Ficus glabrata</i> Kunth	MALM22	Sma	Ar	Te	1	
<i>Ficus sp.1</i>	OLG27	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Ficus sp.2</i>	MALM91	Sbc	Hi	Te	3	

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
<i>Ficus sp.</i> 3	MALM76	Sbc	Hi	Te	3	
Muntingiaceae						
<i>Muntingia calabura</i> L.	OLG35	Sbc	Ar	Te	3	
Myrsinaceae						
<i>Ardisia escallonioides</i> Schltl. & Cham.	OLG32	Sbc	Ar	Te	3	
Myrsinaceae <i>Ardisia escallonioides</i> Schltl. Cham.	OLG32	Sbc	Ar	TE	3	
Myrtaceae						
<i>Eugenia sp.</i>	MALM73	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Psidium guajava</i> L.	OLG52, OLG41	Sbc	Ar	Te	3, 4	
Oleaceae						
<i>Fraxinus sp.</i>	MALM77	Sbc	Ar	Te	3	
Onagraceae						
<i>Ludwigia repens</i>	AKCP18	P	Hi	Te	2	
Papaveraceae						
<i>Argemone mexicana</i> L.	OLG29	Sbc	Hi	Te	3	
Passifloraceae						
<i>Passiflora foetida</i> L.	MAVP11	Sbc	Hi	Tr	3	
Picramniaceae						
<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liemb.	MALM101, JAPH7	Sbc	Ar	Te	1, 4	
Piperaceae						
<i>Peperomia columella</i> Rauh & Hutchison.	OLG9	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Peperomia glutinosa</i> Millsp.	MALM48	Sbc	Hi	Ep	2	
<i>Peperomia incana</i> (Haw.) A. Dietr.	MAVP2, JAPH21	Sma, Sbc	Hi	Te	1, 3	
<i>Peperomia pereskiaifolia</i> (Jacq.) H.B.K.	OLG21	Sma	Hi	Te	3	
<i>Peperomia sp.</i>	AKCP1	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Piper cristatum</i> C. D.C.	DGRCl3	Sma	Hi	Te	1	
<i>Piper dryandum</i> C. DC.	DGRCl1, JAPH9	Sma	Hi	Te	1	
Plantaginaceae						
<i>Plantago major</i> L.	MAVP18	Sbc	Hi	Te	4	

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
Plumbaginaceae						
<i>Plumbago scandens</i> L.	AKCP30, OLG51	Sbc	Hi	Te	4	
Polygonaceae						
<i>Polygonum persicarioides</i> Kunth	DGRC14, DGRC17	Sma, P	Ab, Ar	Te	1, 2	
<i>Coccoloba acapulcensis</i> Standl.	MALM94	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	MALM93	Sbc	Ar	Te	3	
<i>Polygonum hispidum</i> Kunth	DGRC16	P	Hi	Te	2	
<i>Polygonum punctatum</i> Ell.	JAPH8	Sma	Hi	Te	1	
Ranunculaceae						
<i>Clematis dioica</i> L.	MALM17	Sma	Hi	Te	1	
Rubiaceae						
<i>Randia aculeata</i> L.	DGRC4, OLG26, JAPH15, OLG22, JAPH22, MALM90	Sbc, Sma	Hi, Ar, Ab	Te	1, 2, 3	
Sapindaceae						
<i>Sapindus saponaria</i> L.	JAPH23	Sbc	Ar	Te	4	
<i>Serjania macrocarpa</i> Standl & Steyerf.	OLG45	Sbc	Ar	Te	4	
Scrophulariaceae						
<i>Calceolaria</i> sp.	AKCP20	P	Hi	Te	2	
<i>Capraria biflora</i> L.	MALM32, OLG33, AKCP29	P	Hi, Ar	Te	2, 3, 4	
<i>Castilleja arvensis</i> Shldtl & Cham.	AKCP25	Sbc	Hi	Te	3	
Salicaceae						
<i>Salix chilensis</i> Mol.	OLG25	Sbc	Ar	Te	3	
Solanaceae						
<i>Lycopersicon esculentum</i> var. <i>cerasiforme</i> (Dunal) A. Gray, 1886	OLG28	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Solanum nigrum</i> L.	OLG48	Sbc	Hi	Te	4	
<i>Solanum torvum</i> Sw.	AKCP19	P	Hi	Te	2	
Sterculiaceae						

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	MAVP7	Sma	Ar	Te	1	
Teofrastaceae						
<i>Jacquinia aurantiaca</i> W. T. Aiton.	DGRC3	Sbc	Ar	Te	1	
Tiliaceae						
<i>Corchorus siliquosus</i> L.	OLG37	Sbc	Hi	Te	3	
Thymelaeaceae						
<i>Daphnopsis bonplandiana</i> (Kunth) Standl.	MALM45	P	Ar	Te	2	
Urticaceae						
<i>Myriocarpa heterostachya</i> J. D. Smith	MAVP4	Sma	Ar	Te	1	
Verbenaceae						
<i>Lantana camara</i> L.	OLG43	Sbc	Hi	Te	4	
<i>Petrea volubilis</i> L.	MALM92	Sbc	Tr	Te	3	
Vitaceae						
<i>Cissus cacuminis</i> Standl	MALM24	Sma	Hi	Tr	1	
<i>Cissus erosa</i> Rich	MALM89	Sbc	Be	Te	3	
<i>Vitis tiliifolia</i> Humb. & Bonpl.	OLG31	Sbc	Be	Tr	3	
Monocotiledoneas						
Agavaceae						
<i>Agave</i> sp.	OLG5	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Furcraea</i> sp.	OLG11	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Yucca lacandonica</i> Gomez Pompa & Valdez	OLG18	Sbc	Ar	Te	2	A, Ne
Amaryllidaceae						
<i>Hymenocallis</i> sp.	MALM31	Sma	Hi	Te	3	
Araceae						
<i>Alocasia plumbae</i> (Introducido)	MALM25	P	Hi	Te	3	
<i>Anthurium schlechtendalii</i> Kunth.	MAVP1	Sma	Hi	Te	1	
<i>Anthurium seleri</i> Engl.	MALM97	Sbc	Hi	Te	4	
<i>Monstera deliciosa</i> Liemb.	MALM6, MALM99	Sbc	Hi	He	1, 4	
<i>Philodendrum hederaceum</i>	DGRC5	Sbc	Hi	Te	1	

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
<i>Philodendrum warewizzi</i>	MALM54, DGRC7	Sbc, Sma	Hi	Te	1, 3	
<i>Syngonium neglectum</i> Shott.	MALM5	Sbc	Hi	He	1	
<i>Syngonium morelosense</i> Matuda	DGRC9	Sma	Hi	He	1	
<i>Syngonium podophyllum</i> Shott	OLG24	Sbc	Hi	Te	3	
<i>Xanthosoma roseum</i> Schott.	MALM28	P	Hi	Te	2	
Arecaceae						
<i>Chamaedorea plumosa</i> Hodel	MALM117, MALM114	Sbc, Sma	Ab	Te	4	
<i>Chamaedorea angustifolia</i> Mart.	JAPH2, MALM53	Sbc	Ab	Te	1, 2	
<i>Chamaedorea</i> sp. 1 (cultivada)	MALM121	Sma	Ab	Te	1	
<i>Chamaedorea</i> sp. 2	JAPH10	Sbc	Ab	Te	4	
Bromeliaceae						
<i>Billbergia mexicana</i> Mez.	MALM46	Sbc	Hi	Ep	2	
<i>Hechtia argentea</i> Baker.	OLG12	Sbc	Ar	Te	1	
<i>Tillandsia flabelata</i> Baker.	MALM63, MALM98	Sbc, Sbc	Hi	Ru, Ep	3, 4	
<i>Tillandsia shiedeana</i> Stud.	JAPH27	Sbc	Hi	Ep	4	
Cannaceae						
<i>Canna edulis</i> Ker Gawl.	MALM44	P	Hi	Te	2	
Commelinaceae						
<i>Commelina erecta</i> L.	AKCP21	P	Hi	Te	2	
<i>Tradescantia zanoniana</i> (L.) Sw.	JAPH28, AKCP7	Sma, Sbc	Ar, Hi	Te	1	
Cyperaceae						
<i>Cyperus oxylepis</i> Ness	DGRC15	P	Hi	Te	2	
<i>Fimbristylis dichtoma</i> Ohwi.	MALMc	P	Hi	Te	2	
Orchidaceae						
<i>Epidendrum martinezii</i> L. Sanchez S. & Carnevali	MALM120	Sbc	Hi	Ep	4	
<i>Guarianthe aurantiaca</i> (Bateman ex Lindl.) Dressler & W.E. Higgins.	MALM68	Sbc	Hi	Ep	3	
<i>Guarianthe skinnenri</i> (Bateman) Dressler & W. E. Higgins	MALM14	Sma	Hi	Ep	1	A, Ne
<i>Myrmecophila tibicinis</i> (Bateman) Rolfe	MALM119	Sbc	Hi	Ep	4	
<i>Notylia barkeri</i> Lindl.	MALM78	Sbc	Hi	Ep	3	

ESPECIE	Col	TV	FC	TH	MC	Cr
<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	MALM4	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Oncidium maculatum</i> (Lindl.) Lindl.	MALM118	Sbc	Hi	Ep	4	
<i>Oncidium sphacelatum</i> Lindl.	MALM113	Sbc	Hi	Ep	4	
<i>Prostechea cochleata</i> (L) W. E. Higgins	MALM112	Sbc	Hi	Ep	4	
<i>Prostechea livida</i> (Lindl.) W. E. Higgins.	MALM49	Sbc	Hi	Ep	2	
<i>Sarcoglottis cerina</i> (Lindl.)	MALM10	Sbc	Hi	Te	1	
<i>Trichocentrum ascendens</i> (Lindl.) M.W.Chase & N.H. Williams.	MALM51	Sbc	Hi	Ep	2	
<i>Trichocentrum cebolleta</i> (Jacq) M. W. Chase & N.H.	MALM50	Sbc	Hi	Ep	2	
Poaceae						
<i>Panicum cordovense</i> E. Fourn.	AKCP9	Sma	Hi	Te	1	
Pontederiaceae						
<i>Pontederia sagittata</i> C. Presl.	OLG16	P	Hi	Te	2	



Rayas (Piscis: Batoidea) de la Plataforma Continental de la Región Soconusco, Chiapas, México

¹Fredi E. Penagos García

¹Orlando Lam Gordillo

²Gustavo Rivera Velázquez

³Margarito Tapia García

³Gibran Juárez Hernández

RESUMEN

Se elaboró un listado taxonómico de las rayas (Piscis: Batoidea), en la Plataforma Continental de la región Soconusco, Chiapas, México. Esta información se obtuvo de colectas realizadas en enero desde 2002 hasta noviembre de 2010. De 48 ejemplares analizados, se encontró un total de cuatro órdenes, 10 familias, 10 géneros y 11 especies. Los resultados demuestran que el orden mejor representado fue Myliobatiformes. Las familias mejor representadas fueron Myliobatidae y Narcinidae con dos géneros respectivamente y el género mejor representado fue *Narcine* con dos especies. La presente información sirve como antecedente para investigaciones o estudios que incidan en la región.

Palabras clave: Piscis Batoidea, rayas, Plataforma Continental Soconusco, Chiapas, México.

ABSTRACT

A preliminary taxonomic list was realized and contributes information about the Rays in the continental platform of the Soconusco region, Chiapas, Mexico. The information was obtained by realized exits to field of January 2002 to November 2010. From a total of 48 analyzed specimens, we found a total of four orders, 10 genus and 11 species. The results demonstrate that the order better represented was Myliobatiformes. The families better represented were Myliobatidae and Narcidniae with two genuses respectively. The genus better represented was *Narcine* with two species. The contributed data serve like study base for projects of investigation of the region.

Keyword: Piscis Batoidea, Rays, Soconusco continental platform, Chiapas, Mexico.

¹Laboratorio de Hidrobiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).
Libramiento Norte Poniente 1150, col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29039
E-mail: fred_i_penagosgarcia@hotmail.com, olg_4@hotmail.com

²Laboratorio de Acuicultura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).
Libramiento Norte Poniente 1150, col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29039
E-mail: grivera@unicach.edu.mx

³Depto. De Hidrobiología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Av. Rafael Atlixco #186, col. Vicentina, México, D.F., C.P. 09390 A.P. 55-535, tels: 5804-4737, 5804-6492, fax: 5804-4738
E-mail: mtg@xanum.uam.mx; gibbjuares@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los peces integran un grupo de alta diversidad destacan por el interés ecológico, biológico y evolutivo, ya que uno de sus linajes primarios dio origen a los tetrápodos y a los teleosteos, que manifiestan la radiación adaptativa más importante de su historia (Amezcuza, 2009).

Dentro de este grupo de alta diversidad destaca la clase Chondrichthyes son la segunda clase más importante de peces (Curtis, 2000), la cual está conformada

por los grupos elasmobranquios el cual cuenta con aproximadamente mil 164 especies en la que se incluye tiburones, rayas y el grupo holocefalos el cual incluye quimeras, pez elefante y pez rata.

Los tiburones, rayas y quimeras se caracterizan por tener un esqueleto cartilaginoso, denticulos dérmicos que cubren todo su cuerpo y una fertilización interna a través de los apéndices copuladores externos de los machos (gonopterigios), entre otras. Estos peces a diferencia de los peces óseos producen pocas crías, tienen baja fecundidad y un crecimiento lento. Los condriictios presentan un desarrollo embrionario que puede ser vivíparo placentado, vivíparo aplacentado y ovíparo (Santana, *et al.*, 2004).

El éxito de estos peces primitivos se debe a que la mayoría son depredadores que ocupan los niveles más altos de la cadena trófica marina. Según Castro *et al.* (1999), los elasmobranquios se pueden caracterizar por:

- 1) Crecimiento lento y maduración retrasada (10 años en promedio)
- 2) Largos ciclos reproductivos (de uno a dos años)
- 3) Baja fecundidad (desde 4 hasta 30 embriones)
- 4) Largos periodos de vida (se desconoce en la mayoría de los casos)

La clasificación de los batoideos se encuentra actualmente bajo revisión. De modo clásico, se subdividen en tres órdenes, Rajiformes (rayas verdaderas), Pristiformes (peces sierra) y Torpediniformes (rayas eléctricas) (Froese, 2009). Los batoideos tienen un cuerpo muy aplanado, mucho más que los tiburones; como ellos, tienen el esqueleto hecho de una sustancia elástica llamada cartílago. Las aberturas branquiales de los batoideos se encuentran debajo de las aletas pectorales, mientras que los tiburones las tienen a los lados de la cabeza (Santana, *et al.*, 2004).

Los ojos y los espiráculos están situados en la parte dorsal; ojos sin membrana nictitante. Las mandíbulas pueden proyectarse hacia adelante en la mayoría de las especies; los dientes son aplanados. El morro posee órganos que detectan la electricidad. Las aletas pec-

torales están muy ensanchadas y su ángulo anterior está unido a los lados de la cabeza por delante de las aberturas branquiales; carecen de aleta anal. Las vértebras anteriores están fusionadas (Santana, *et al.*, 2004).

En la actualidad existen cerca de 600 especies de rayas pertenecientes a 18 familias. Sus formas corporales están altamente modificadas y especializadas. Están aplanadas de varias maneras y las aletas pectorales y parte del cuerpo se unen formando una estructura denominada disco; este suele ser más ancho que largo y puede ser fusiforme, ovalado, circular o triangular. Los miembros de las familias principales son fáciles de reconocer pero las especies pueden tener formas engañosamente similares (Froese, 2009).

El presente estudio documenta y presenta una lista sistemática de rayas (Batoidea) de la fauna acompañante de la captura de camarón en la plataforma continental de la Región Soconusco, Chiapas, México.

ÁREA DE ESTUDIO

La Región Soconusco se localiza en el sur del estado de Chiapas (fig. 1), en los 15°19' N de longitud y los 92°44' W de latitud, cubriendo 5 mil 475 km² (el 7.2 % del territorio del estado). El Soconusco presenta varios ecosistemas característicos de zonas costeras, de gran relevancia para el pacífico americano debido a su extensión, estructura y productividad, comprendida entre la Sierra Madre de Chiapas al norte, el mar mexicano al sur, frontera al este con Guatemala (SEGOB, 1998).

Se llama "mar territorial" a la franja marina de 22.2 km (12 millas náuticas) que colinda con nuestro país. Está constituido por el subsuelo, el lecho, las aguas y el espacio aéreo que lo cubre. La zona económica exclusiva es la franja marina de 380.4 km (200 millas náuticas) situada fuera del mar territorial. En esta zona las embarcaciones pueden circular libremente con fines de tránsito, de exploración y de explotación de los recursos naturales (SEGOB, 1998).

Además, sirve como puente natural entre las regiones biogeográficas neártica y neotropical y alberga

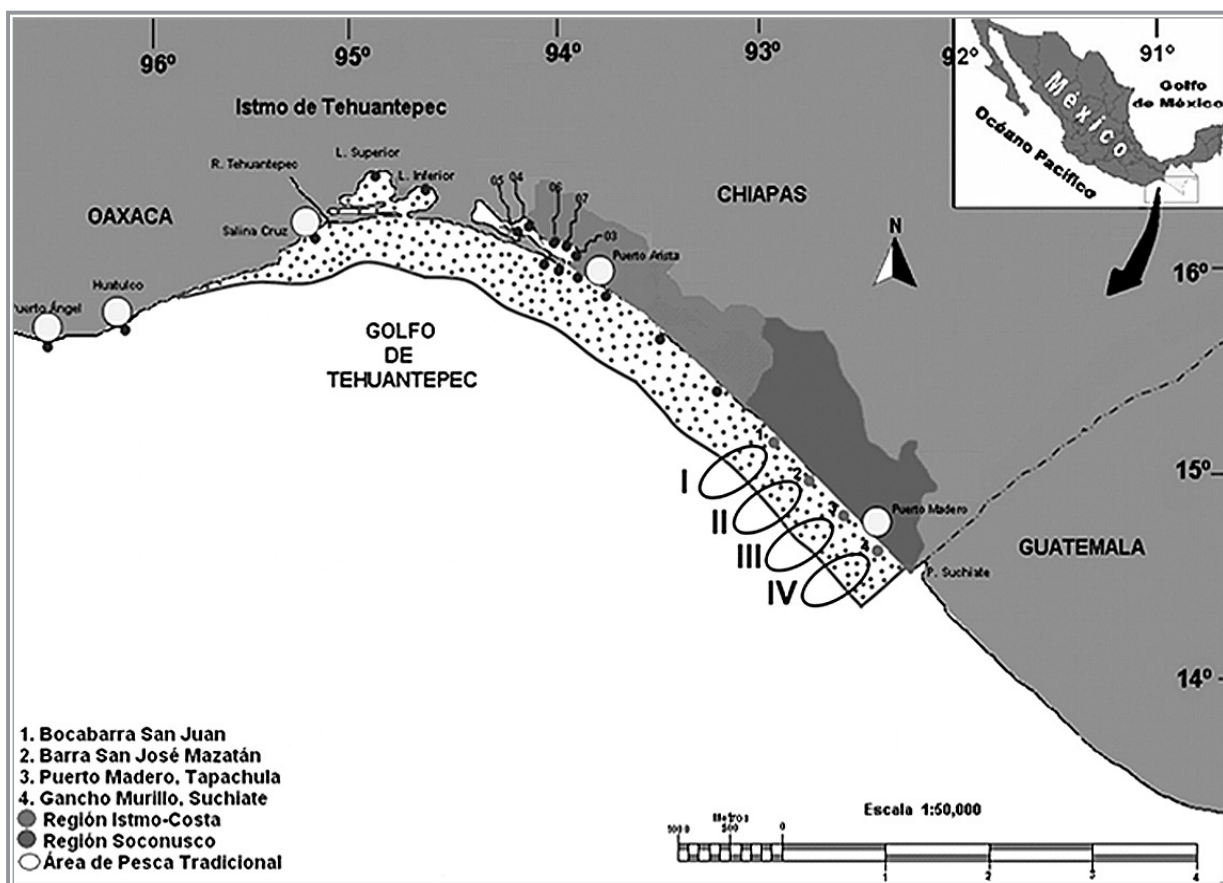


Figura 1 ■ | Localización del área de estudio.

las variedades más norteñas y sureñas de numerosas especies.

**La Plataforma Continental es el área más productiva del océano y va desde los 0 m hasta los 80 m aunque generalmente se pesca desde 11 hasta 25 brazas de profundidad (SEGOB, 1998).

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Hidrobiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, con ejemplares que son el resultado de recolecciones

realizadas desde enero del 2002 hasta noviembre del 2010 a bordo de embarcaciones camaroneras y por donación de los barcos en el muelle pesquero que operan en la Plataforma Continental de la región Soconusco. Las embarcaciones son de tipo banfoco camaroneras, se utilizó una red tipo mac-backer con dos portalones con relinga superior e inferior en forma cónica de 3 ½ pulgadas de luz de malla, en algunas ocasiones red tipo cholo con el DET instalado. Durante las faenas se recolectaron las diferentes especies de batoideos, preparándolos en fresco y congelados a bordo de la embarcación, posteriormente

en tierra se fijaron inyectándoles formaldehído al 99% y se depositaron en frascos con formaldehído al 10%. En el laboratorio se lavaron, reetiquetaron y conservaron en alcohol al 70%.

El trabajo consistió en revisar estos ejemplares que fueron depositados en el Laboratorio de Hidrobiología, se seleccionó a los que se encontraron en buen estado de conservación y con datos de colecta completos. Para la determinación se utilizaron claves taxonómicas especializadas; *Peces demersales del pacífico de México* (Amezcuca, 2009); *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico centro oriental* (Campagno, 1995); *Tiburones y rayas, guía de identificación (CRAM)*; *Guía para la identificación de la fauna de acompañante del camarón del golfo de Tehuantepec* (Gonzales, 2008); *Guía para el reconocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Chile* (Laminilla, et al., 2005); *Guide to marine fishes* (Perlmutter, 1961); *Catálogo de tiburones, rayas y quimeras (Condriichthyes) que habitan en las aguas del norte del Golfo de California* (Santana, et al., 2004). Las muestras fueron recolectadas de cuatro cruceros en la temporada de pesca de camarón en el mes de septiembre de 2002 (temporada de lluvia) y febrero, marzo, abril y noviembre del 2010 (temporada de seca), esto debido que el periodo de apertura de la veda es de septiembre a abril. Finalmente el material revisado debidamente catalogado se depositó en la colección de batoideos de la plataforma continental de la región Soconusco en el Laboratorio de Hidrobiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNICACH.

RESULTADOS

Se revisaron un total de 48 ejemplares encontrándose un total de cuatro órdenes, 9 familias, 10 géneros, y 11 especies para la plataforma continental de la región.

Listado sistemático de los batoideos presentes en la fauna de acompañamiento del camarón en la plataforma continental de la región.

Phylum: Chordata

Clase: Chondrichthyes

Subclase: Eslamobranchii

Superorden: Batoidea

Orden: Rajiformes

Familia: Rhinobatidae

Género: *Rhinobatos*

Especie: *Rhinobatos glaucostigma* (Jordan y Gilbert, 1883)

Orden: Myliobatiformes

Familia: Mobulidae

Género: *Manta*

Especie: *Manta birostris* (Walbaum, 1792)

Familia: Dasyatidae

Género: *Dasyatis*

Especie: *Dasyatis longa* (Garman, 1880)

Familia: Myliobatidae

Género: *Rhinoptera*

Especie: *Rhinoptera steindachneri* (Evermann y Jenkins, 1891)

Género: *Aetobatus*

Especie: *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1970)

Familia: Gymnuridae

Género: *Gymnura*

Especie: *Gymnura marmorata* (Cooper, 1864)

Familia: Urolophidae

Género: *Urolophus*

Especie: *Urolophus concentricus* (Osburn y Nichols, 1816)

Familia: Urotrygonidae

Género: *Urotrygon*

Especie: *Urotrygon chilensis* (Gunther, 1872)

Orden: Torpediformes

Familia: Narcinidae

Género: *Narcine*

Especie: *Narcine entemedor* (Jordan y Starks, 1895)

Especie: *Narcine vermiculatus* (Breder, 1928)

Orden: Esquatiniformes

Familia: Squatinidae

Género: *Squiatina*

Especie: *Squatinina californica* (Ayres, 1859)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La composición faunística de batoideos obtenidos para la plataforma continental de la región dio un total de cuatro órdenes, 10 familias, 10 géneros y 11 especies. Amezcua (2009) reporta cuatro órdenes, ocho familias, 12 géneros y 22 especies para el orden batoidea en el Pacífico Mexicano. Obteniendo un mayor número de familias, pero menor número de órdenes, géneros y especies en el presente estudio.

Gonzales (2008) reporta un total de ocho familias, 10 géneros y 13 especies de batoideos en el Golfo de Tehuantepec, existiendo mayor diversidad de especies pero menor diversidad de familias, que en la plataforma continental de la Región Soconusco.

Las especies con mayor número de individuos examinados fueron: *Rhinobatos glaucostigma* (17) y *Dasyatis longa* (17), mientras que las especies con menor número de individuos examinados fueron: *Manta birostris* (1), *Aetobatus narinari* (1), *Gymnura marmorata* (1), *Urolophus concentricus* (1), *Narcine entemedor* (1), *Narcine vermiculatus* (1) y *Urotrygon chilensis* (1).

CONCLUSIONES

La composición faunística de batoideos obtenidos para la plataforma continental de la región fue un total de cuatro órdenes, 10 familias, 10 géneros y 11 especies.

El orden Myliobatiformes es el mejor representado en la plataforma continental de la región Soconusco, con seis familias, siete géneros y siete especies.

La familia mejor representada fue Myliobatidae con dos géneros; *Rhinoptera* y *Myliobatis*.

El género mejor representado fue *Narcine* con dos especies; *Narcine entemedor* y *Narcine vermiculatus*.

Las especies con mayor número fueron *Rhinobatos glaucostigma* y *Dasyatis longa* con 17, respectivamente.

Se obtuvo que la plataforma continental de la región Soconusco es una zona con un alto índice de biodiversidad debido a las características climáticas y oceanográficas con las que cuenta.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al ingeniero David Rodríguez Mendoza, oficial de protección de instalaciones portuarias por su apoyo y permisos de ingreso a los muelles pesqueros de Puerto Chiapas y al señor Abraham Solís López por su apoyo en las actividades subacuáticas así como a la cooperativa de ostioneros de Puerto Madero, Chiapas.

LITERATURA CITADA

AMEZCUA, L.F., 2009. *Peces demersales del pacífico de México*, 1ª edición, Universidad Autónoma de México, México. 282 pp.

CAMPAGNO L., 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico centro oriental*, Departamento de Pesca de la FAO, Roma, pp. 647-1200.

CASTRO, J., C. WOODLEY, Y R. BRUDEK., 1999. *A preliminary evaluation of status of sahrks species*, FAO Fisheries Technical Paper, Roma, 72 pp.

CASTRO, J., ESPINOSA H. 1996., *Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México: (Chondrichthyes: Eslamobranchii: Rajiformes: batoideimorpha)*, vol. 1., Listados faunísticos de México VII, UNAM, 75 pp.

CURTIS, H., 2000. *Biología*, 6ª edición, Ed. Médica Panamericana, Buenos aires, 1584 pp.

FROESE, R. Y PAUL, D., 2009. *FishBase. World wide web electronic publication*, www.fishbase.org, Version (10/2009).

FUNDACION PARA LA CONSERVACION Y RECUPERACION DE ANIMALES MARINOS (CRAM), *Tiburones y rayas, guía de identificación*, 44 pp.

GOODSON, G., 1988. *Fishes of the Pacific Coast*, 1ª edición, Ed. Standford University Press, Stanford, California, 267 pp.

GONZALES M.G., 2008. *Guía para la identificación de la fauna acompañante del camarón del Golfo de Tehuantepec*,

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 13 pp.

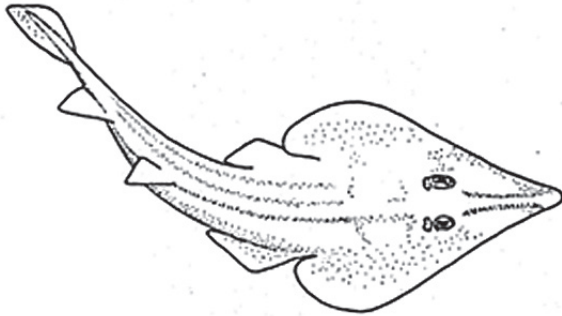
LAMINILLA, J. Y C. BUSTAMANTES, 2005. Guía para el reconocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Chile, en *Oceana* 17 (nov. 2005), pp 1-80.

PERLMUTTER, A., 1961. *Guide to marine fishes*, Ed. Bramhall House, New York, 431 pp.

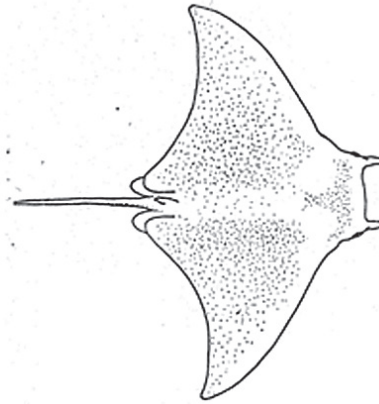
SANTANA M. O., CASTILLO G. J., SOSA N. O Y RODRIGUEZ M. C., 2004. *Catálogo de tiburones, rayas y quimeras (Condriichthyes) que habitan en las aguas del norte del Golfo de California*, CICESE, 119 pp.

SEGOB, 1998. Colección Enciclopedia de los Municipios de México en *Los municipios de Chiapas*, Centro Nacional de Estudios Municipales, Gobierno del Estado de Chiapas, Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F.

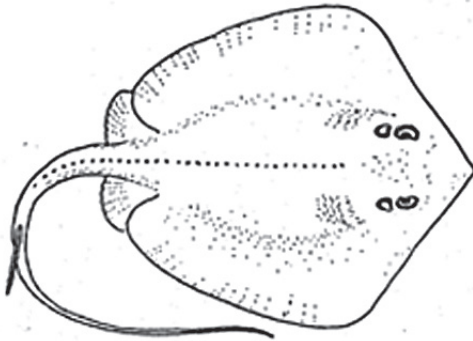




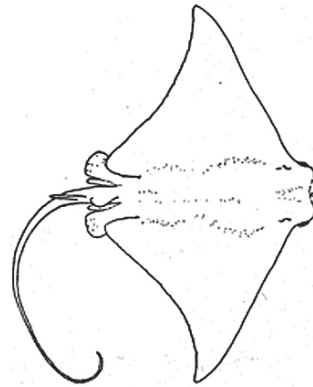
N. c. *Rhinobatos glaucostigma* (Jordan y Gilbert, 1883).
N. v. Pez guitarra, raya diablo, raya cara de niño.
Distribución geográfica: desde el sur de Baja California y Golfo de California hasta Perú.
Diagnosis: cuerpo largo, hocico moderadamente alargado. Color gris oscuro. Vientre blanquecino.
Biología: abundante y frecuente en áreas someras sobre fondos blandos. Ovovivípara. Se alimenta de macrocrustáceos, moluscos y gusanos.



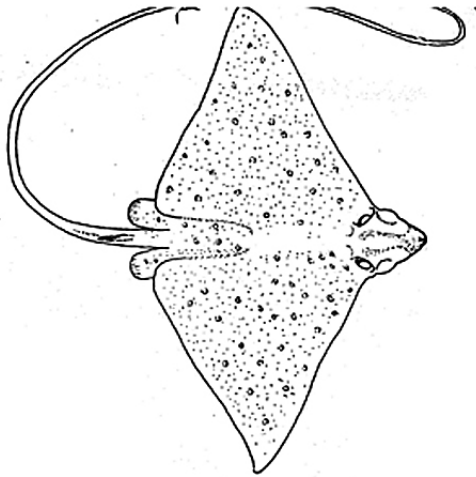
N. c. *Manta birostris* (Walbaum, 1792)
N. v. Manta diablo, manta diablo gigante, manta gigante.
Distribución geográfica: Desde el sur de Carolina hasta Brasil. Sureste de Florida y el Golfo de México.
Diagnosis: la más grande de las rayas, carece de aguijón venenoso en la cola. Color del dorso rojo-café, verde-café o negra y del vientre blanco.
Biología: habita en mares templados. Ovovivípara. Se alimenta de peces pequeños, plancton y calamares.



N. c. *Dasyatis longa* (Garman, 1880). **N. v.** Raya látigo, raya arenera, raya coluda, raya con aguijón, raya con espina.
Distribución geográfica: desde el sur de Baja California y la parte media sur del Golfo de California hasta el Ecuador.
Diagnosis: disco rómbico, más ancho que largo, hocico angular. Cola con una quilla dorsal y un pliegue ventral. Color de gris a marrón oscuro.
Biología: costera, frecuente fondos arenosos y fangosos. Ovovivípara. Se alimenta de gusanos, camarones, esquilas y pequeños crustáceos y gasterópodos y algunos peces pequeños.



N. c. *Rhinoptera steindachneri* (Evermann y Jenkins, 1891)
N. v. Águila marina, manta raton, manta nariz de vaca. Gavilán negro.
Distribución geográfica: desde Baja California Sur y Golfo de California hasta Perú.
Diagnosis: lóbulo subrostral dividido anteriormente. Dorso gris uniforme. Vientre blanco, cola oscura.
Biología: costera, sobre fondos suaves y cerca de arrecifes. Vivípara. Se alimenta de crustáceos, moluscos gasterópodos y bivalvos.



N. c. *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1970)

N. v. Manta picuda, manta pintada, gavilán, chucho pintado.

Distribución geográfica: desde Baja California Sur y Golfo de California hasta Perú.

Diagnosis: hocico alargado y picudo. Disco ancho, rómbico, margen anterior cóncavo. Dorsal oscuro moteado con manchas claras.

Biología: habita sobre fondos de arena y fango a poca profundidad. Ovovivípara. Se alimenta de moluscos, cefalópodos, crustáceos, poliquetos y peces.



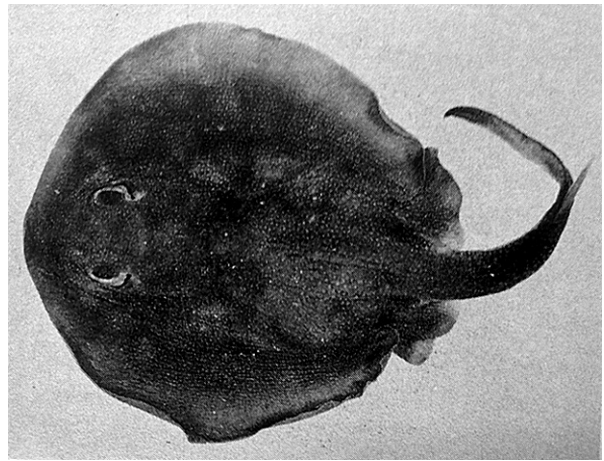
N. c. *Gymnura marmorata* (Cooper, 1864)

N. v. Raya mariposa, raya mariposa gigante, mantarraya.

Distribución geográfica: desde San Diego, California y Golfo de California hasta Perú.

Diagnosis: disco triangular, casi rómbico, el hocico corto y romo. Color marrón. Vientre blanco rosáceo.

Biología: costera, en áreas someras como playas. Vivípara. Se alimentan de cangrejos, camarones, bivalvos, gasterópodos y peces.



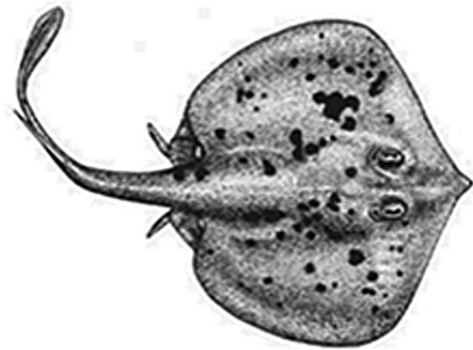
N. c. *Urolophus concentricus* (Osburn y Nichols, 1986)

N. v. Raya amarilla.

Distribución geográfica: desde las costas del Golfo de California.

Diagnosis: color café; dos bandas angostas de tonos pálidos rodeando todo el disco.

Biología: habita en fondos arenosos cercanos a los arrecifes de coral. Ovovivípara. Se alimenta de crustáceos, anélidos y pequeños peces.



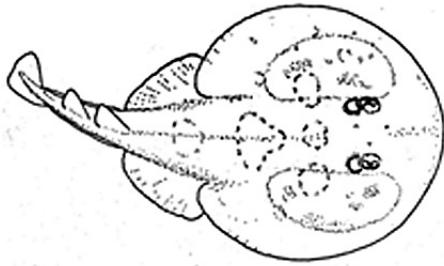
N. c. *Urotrygon chilensis* (Gunther, 1872)

N. v. Raya pinta, raya redonda moteada, raya redonda chilena.

Distribución geográfica: desde el sur de Baja California y Golfo de California hasta Chile.

Diagnosis: disco anguloso, margen posterior redondo, más ancho que largo. Hocico triangular, puntiagudo. Dorsal liso, denticulos muy pequeños color café. Agujones en la línea media del dorso y cola.

Biología: habitan en áreas someras, protegidas, templadas y tropicales. Ovovivípara. Se alimenta de crustáceos peneidos y estomatópodos, moluscos, gasterópodos, bivalvos y cefalópodos, poliquetos, lenguados pequeños.



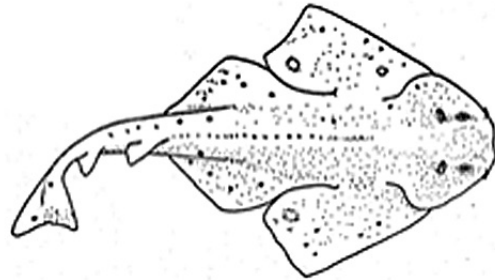
N. c. *Narcine entemedor* (Jordan y Starks, 1895)

N. v. Torpedo, raya eléctrica, raya eléctrica gigante.

Distribución geográfica: desde Baja California sur y Golfo de California hasta Perú.

Diagnosis: disco redondo y carnoso, cola gruesa, dos dorsales, dorso gris color uniforme.

Biología: costas someras sobre fondos blandos y rocas. Ovovivípara. Se alimenta de crustáceos, gusanos, ascidias, esponjas, gasterópodos, bivalvos, cefalópodos, brizoarios y peces.



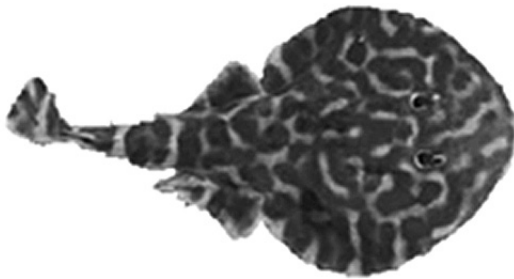
N. c. *Squatina californica* (Ayes, 1859)

N. v. Angelote, pez ángel, chucho.

Distribución geográfica: desde Baja California hasta Jamaica, y desde Ecuador hasta Chile.

Diagnosis: dorso color gris claro o azul-gris, la cabeza con una coloración roja. El vientre color blanco.

Biología: frecuente todos los fondos blandos, así como también las zonas someras. Ovovivípara. Se alimenta de gasterópodos, bivalvos, cefalópodos, camarones, cangrejos, gusanos y peces.



N. c. *Narcine vermiculatus* (Breder, 1928)

N. v. Raya eléctrica vermiculada, raya eléctrica rayada.

Distribución geográfica: desde el sur de Baja California, Sonora hasta Costa Rica.

Diagnosis: disco oval y alargado, hocico redondo, dorso con vermiculado blanco y gris.

Biología: frecuente todos los blandos de zonas someras. Ovovivípara. Se alimenta de gasterópodos, bivalvos, cefalópodos, camarones, cangrejos, gusanos y peces.



Herpetofauna de la zona sujeta a conservación ecológica El Cabildo, Amatal, Chiapas, México

¹Guillermo Enrique Sánchez-Aguilar

²Roberto Luna-Reyes

²Efraín Hernández-García

RESUMEN

Se analizó la composición taxonómica y riqueza de la herpetofauna por tipos de vegetación en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica El Cabildo, Amatal, Chiapas, México. Se registraron en total 12 especies de anfibios y 31 de reptiles, de estos últimos, 16 especies son serpientes. Trece especies se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo en la *Norma Oficial Mexicana* (NOM-059-SEMARNAT-2001), nueve están sujetas a Protección Especial (Pr) y cuatro están Amenazadas (A). El tipo de vegetación que presentó la mayor riqueza de especies de anfibios y reptiles fue el palmar. Es vital preservar las zonas de manglar ya que contienen un número considerable de especies exclusivas a este tipo de vegetación.

Palabras clave: herpetofauna, composición taxonómica, riqueza, El Cabildo, Amatal, Chiapas.

ABSTRACT

In this study we analyzed the taxonomic composition and richness of the herpetofauna by vegetation types in the Area Sujeta a Conservación Ecológica El Cabildo, Amatal, Chiapas, Mexico. There were in total 12 species of amphibians and 31 reptiles, 16 species are snakes. Thirteen species are included in some risk category in the *Official Mexican Standard* (NOM-059-SEMARNAT-2001), nine are subject to special protection (Pr), and four are threatened (A). The

highest species richness of amphibians and reptiles were recorded in the palm groves. It is vital to preserve the mangrove swamp areas as they contain a considerable number of species unique to this vegetation type.

Key words: herpetofauna, taxonomic composition, richness, El Cabildo, Amatal, Chiapas.

INTRODUCCIÓN

A pesar de la gran riqueza herpetológica de México, la cual asciende a mil 226 especies, 374 de anfibios y 852 de reptiles (Liner, 2007), que representan aproximadamente el 10% de la herpetofauna mundial (Pough *et al.*, 2001), el conocimiento sobre estos grupos de organismos es escaso, no obstante que en los últimos años el número y calidad de los estudios sobre la herpetofauna mexicana se han incrementado; sin embargo, el conocimiento generado sigue siendo insuficiente y muchas regiones del país permanecen aún sin ser estudiadas, tal es el caso de los humedales costeros.

Los humedales costeros son considerados como los segundos ambientes más productivos, ya que proporcionan servicios ecosistémicos fundamentales relacionados con la calidad del agua, la degradación y reciclaje del material orgánico que los ríos arrastran, además de proporcionar hábitats específicos para la

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), Libramiento Norte Poniente 1150, col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29039. vertebrata.j@gmail.com

flora y fauna. Al mismo tiempo, los humedales contribuyen a disminuir el impacto de inundaciones y a la estabilización de la línea costera (RAMSAR, 2007).

En Chiapas existen diversos sistemas de humedales, tanto costeros (manglares y vegetación de dunas costeras) como interiores (tintales, canacoitales, popales y tulares) (PRONATURA, 2007). De estos, los sistemas de humedales costeros de la Planicie del Pacífico de Chiapas son considerados entre los mejor conservados del país, destacando por su riqueza de flora y fauna. Sus lagunas están bordeadas por manglares que, junto con los de Nayarit y Campeche, son los más complejos y diversos del país llegando a medir hasta 30 metros de altura; su avifauna, tanto residente como migratoria, es muy considerable (Castañeda y Contreras, 2003).

Lamentablemente toda la zona costera de Chiapas y en especial las áreas de manglar han sido fuertemente alteradas debido a las diferentes actividades humanas (Tovilla *et al.*, 2004; Tovilla, 2006).

La Zona Sujeta a Conservación Ecológica (ZSCE) El Cabildo, Amatal alberga uno de los principales humedales costeros del sur de Chiapas y constituye una importante área de conservación del manglar y una destacable zona de alimentación, refugio y reproducción de una gran variedad de aves residentes, así como de aves acuáticas migratorias neotropicales (Tovilla, 2006). En el área no existen estudios sobre la herpetofauna en su conjunto, es por esta razón que realizamos esta investigación enfocada a determinar la composición taxonómica, riqueza y distribución de la herpetofauna de la ZSCE El Cabildo, Amatal con el fin de mostrar la importancia de este grupo de vertebrados.

ÁREA DE ESTUDIO

La ZSCE El Cabildo, Amatal fue decretada a nivel estatal el 16 de junio de 1999 (POE, 1999). Esta área natural protegida se localiza en la Planicie Costera del Pacífico abarcando parte de los municipios de Mazatán y Tapachula (figura 1), las coordenadas extremas son 92°29'45.240" W y 14°47'30.48" N, y 92°25'01.308" W

y 14°43'24.347" N; tiene una extensión de 3 mil 610 hectáreas. El clima es cálido subhúmedo con una temperatura media anual de 26.5°C y una precipitación de mil 578 mm. Se localiza en la Región Hidrológica 23, denominada Costa de Chiapas, y está incluida en la cuenca del río Suchiate (SERNYP, 1998). De acuerdo a la clasificación de Miranda y Hernández (1963), la zona de estudio comprende cinco tipos de vegetación: manglar, palmar, selva baja caducifolia, vegetación de dunas costeras y vegetación secundaria (pastizales, cultivos de marañón, plátano y maíz).

METODOLOGÍA

El periodo de muestreo fue de abril de 2004 a octubre de 2009; además del trabajo de campo, se consultó y recopiló la literatura disponible sobre los anfibios y reptiles registrados en el área de estudio, consultándose también los ejemplares y la base de datos de la Colección Herpetológica (IHNHERP), que es parte de los acervos de la Colección Zoológica Regional de la Secretaría de Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural (SEMAYIHN). Los muestreos se realizaron en cinco localidades: Barra San Simón, 19 de Abril, Laguna El Cabildo, Ejido Morelos y Villa San José (figura 1). Los anfibios fueron capturados directamente o con apoyo de redes de acuario, las lagartijas fueron capturadas directamente o con ligas de hule y cañas de pesca, las serpientes inofensivas fueron capturadas con ganchos, mientras que las venenosas con pinzas herpetológicas especiales, y las tortugas principalmente con trampas de embudo (Gaviño *et al.*, 1985; Casas-Andreu *et al.*, 1991; Llorente *et al.*, 1990) a lo largo de trayectos lineales de dirección y extensión variable y en trayectos desde 2 hasta 3 km de longitud por 10 m de ancho en fragmentos de los siguientes tipos de vegetación: manglar, palmar, selva baja caducifolia, vegetación de dunas costeras y vegetación secundaria (pastizales, cultivos de marañón, plátano y maíz).

La búsqueda de ejemplares se realizó en los microhábitats explotados por la herpetofauna (rocas, grietas,

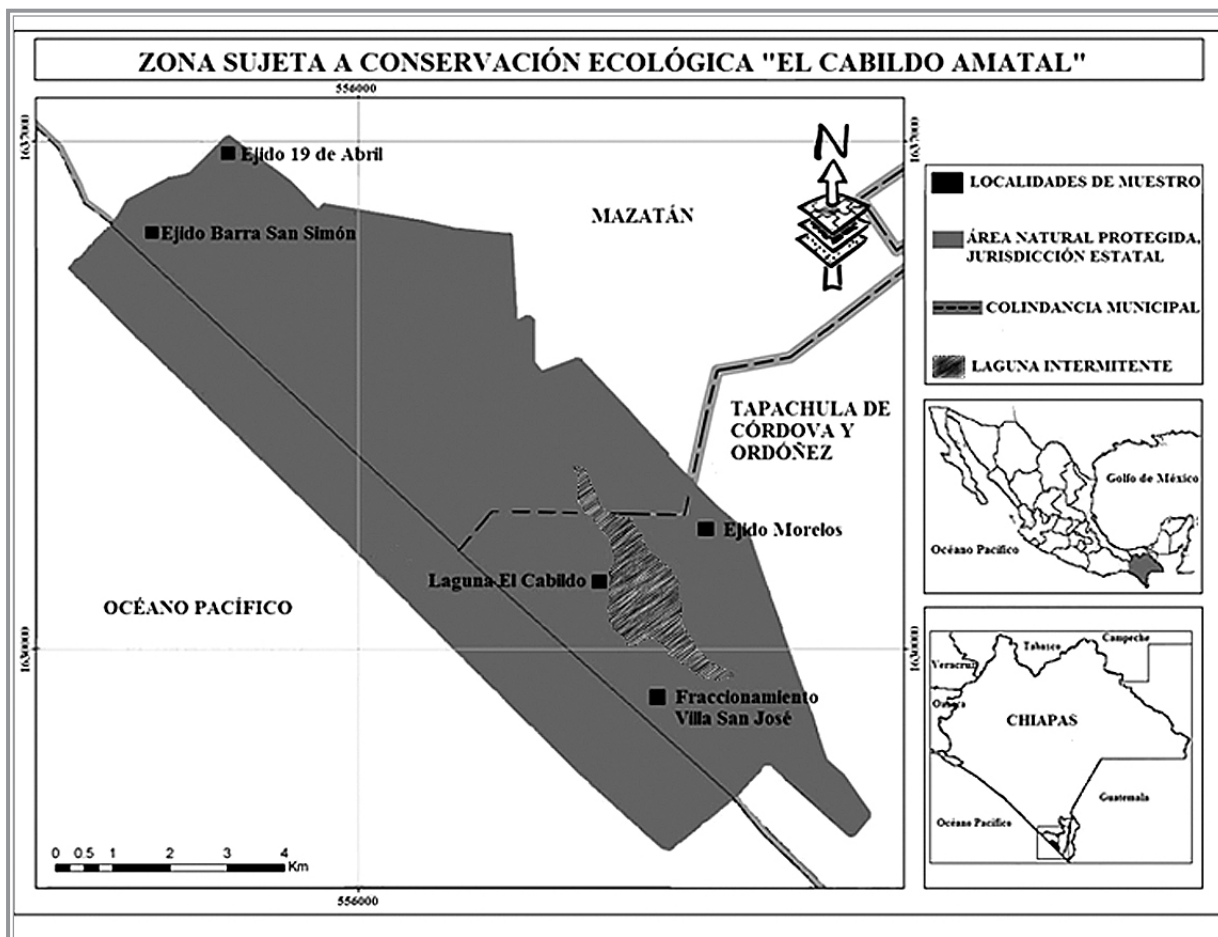


Figura 1 ■ | Localización de la zona de estudio (Fuente: SEMAVIHN, 2010).

troncos podridos, hojarasca, charcas, arbustos y árboles). En cada muestreo se contó con el esfuerzo de por lo menos tres personas. Los muestreos se realizaron de acuerdo a la actividad de los grupos taxonómicos, para los reptiles que generalmente son diurnos, el registro de animales se realizó desde 9:00 hasta 13:00 y desde 14:00 hasta 17:00 horas, para los anfibios y algunos reptiles nocturnos, los registros se tomaron entre las 19:00 y las 21:00 horas.

Los ejemplares que no pudieron ser determinados directamente en los sitios de muestreo fueron

transportados en bolsas de manta hacia el campamento para su revisión y determinación taxonómica a nivel de especie, las cuales se basaron en literatura especializada (Peters y Donoso-Barros, 1970; Peters y Orejas-Miranda, 1970; Flores-Villela *et al.*, 1995; Lee, 1996; Stafford y Meyer, 2000; Duellman, 2001; Savage, 2002; Köhler, 2003; Campbell y Lamar, 2004). Una vez determinados, los organismos capturados de forma temporal, fueron liberados *in situ*, con la finalidad de no afectar sus poblaciones. A dichos especímenes se les tomaron algunos datos básicos como fecha y hora

de observación, nombre del observador, nombre de la localidad, coordenadas geográficas del sitio de colecta, altitud, tipo de vegetación y microhábitat.

El ordenamiento sistemático de las especies se realizó de acuerdo con Flores-Villela (1993), Honda *et al.* (2003), Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004), Faivovich *et al.* (2005), Utiger *et al.* (2005), Frost *et al.* (2006), Liner (2007), Mulcahy (2007), Hedges *et al.* (2008), Adalsteinsson *et al.* (2009), Uetz *et al.* (2009) y Frost (2010).

La composición taxonómica y riqueza específica del área de estudio se basó en la totalidad de registros de anfibios y reptiles obtenidos en campo, complementándose con registros de museo confiables de la Colección Herpetológica (IHNHERP) de la SEMAVIHN. La riqueza de anfibios y reptiles por tipo de vegetación, se basó únicamente en los registros obtenidos en campo. Para tipificar la vegetación se utilizó la clasificación de Miranda y Hernández (1963).

RESULTADOS

Composición taxonómica

La herpetofauna de la ZSCE EL Cabildo, Amatal está constituida por 43 especies, 12 de anfibios y 31 de reptiles. Dichas especies representan a cuatro órdenes, 22 familias y 40 géneros. La clase Amphibia está constituida por un orden, ocho familias, 11 géneros

y 12 especies, estas últimas representan el 28% de la herpetofauna total. Por su parte, la clase Reptilia está representada por tres órdenes, 14 familias, 29 géneros y 31 especies, que representan el 72% de la herpetofauna registrada en el presente estudio (cuadro 1).

De los anfibios la familia Hylidae fue la mejor representada con tres especies, seguida de Bufonidae y Leptodactylidae con dos especies cada una, luego las familias Craugastoridae, Eleutherodactylidae, Leiuperidae, Microhylidae y Ranidae con una especie. En los reptiles, la familia Colubridae presentó 13 especies, seguida por las familias Iguanidae, Polychrotidae, Scincidae, Teiidae y Kinosternidae con dos especies y por último las familias Corytophanidae, Gekkonidae, Phrynosomatidae, Boidae, Leptotyphlopidae, Viperidae, Emydidae y Alligatoridae con una especie (anexo 1).

Categoría de riesgo de las especies

De las 43 especies de anfibios y reptiles registradas en la ZSCE El Cabildo, Amatal, 13 (31%) se encuentran incluidas dentro de alguna categoría de riesgo en la *Norma Oficial Mexicana* NOM-059-SEMARNAT-2001 (DOF, 2002). Dos anuros, una lagartija, dos serpientes, tres tortugas y un cocodrilo están en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr); mientras que una lagartija y tres serpientes se encuentran en la categoría de Amenazada (A) (anexo 1).

Taxón	Familia	Género	Especie	%
Anura	8	11	12	28
Sauria	7	10	11	26
Serpentes	4	15	16	37
Testudines	2	3	3	7
Crocodylia	1	1	1	2
Total	22	40	43	100

Cuadro 1 ■ Composición de la herpetofauna de la ZSCE El Cabildo, Amatal.

Riqueza de especies por tipo de vegetación

El tipo de vegetación que presentó el mayor número de especies fue el palmar con 28, seguido del manglar con 24, después la selva baja caducifolia con 21, la vegetación secundaria con 20 y por último la vegetación de dunas costeras con 6 especies (anexo 1).

Palmar (P). En este tipo de vegetación se registraron 28 especies, de las cuales 11 son anuros, 11 lagartijas, cinco serpientes y una tortuga. *Eleutherodactylus pipilans* y cuatro serpientes fueron exclusivos a este tipo de vegetación.

Manglar (M). Aquí se encontraron 24 especies, cuatro anuros, diez lagartijas, siete serpientes, dos tortugas y un cocodrilo. Siete especies de serpientes, una de tortuga y *Caiman crocodilus* son exclusivas a este tipo de vegetación.

Selva Baja Caducifolia (SBC). Se registraron 21 especies, siendo seis anuros, 11 lagartijas, tres serpientes y una tortuga. Dos especies de serpientes y *Trachemys venusta* están restringidas a este tipo de vegetación.

Vegetación Secundaria (VS). Se encontraron 20 especies, en donde nueve son anuros, ocho lagartijas y tres serpientes. *Dendropsophus robertmertensi* y dos serpientes fueron exclusivos de este tipo de vegetación.

Vegetación de Dunas Costeras (VDC). En este tipo de vegetación se encontraron seis especies, un anfibio y cinco lagartijas.

DISCUSIÓN

La herpetofauna registrada en la ZSCE El Cabildo, Amatal está integrada por 43 especies, que representan al 13.1% respecto de las 329 especies de anfibios y reptiles registradas en el estado (Luna-Reyes *et al.*, 2010; Luna-Reyes *et al.*, en prensa) y el 3.5 % de las referidas para México (Liner, 2007). Si comparamos la riqueza obtenida en el área de estudio con la reportada para la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, tenemos que la herpetofauna de la ZSCE El Cabildo, Amatal constituye el 71.7 % de las especies registradas para la Reserva de la Biosfera La Encrucijada (60 especies)

(SEMARNAP, 1999) y el 41.3 % de las especies registradas en la Planicie Costera del Pacífico (104 especies) (Luna-Reyes *et al.*, 2010; Luna-Reyes *et al.*, en prensa).

Estos porcentajes son relativamente bajos, sin embargo hay que tomar en cuenta que en el área de estudio no se encuentran otros tipos de vegetación presentes tanto en la Reserva de la Biosfera de la Encrucijada como en la Planicie Costera del Pacífico, por ejemplo la selva mediana subperennifolia, cuya alta riqueza en especies en anfibios y reptiles ha sido registrada en algunos estudios (Macip-Ríos y Muñoz-Alonso, 2008).

La composición de especies del área de estudio es característica de la Planicie Costera del Pacífico de Chiapas, al respecto Flores-Villela y Goyenechea (2003) mencionan que esta región fisiográfica presenta muy pocas especies endémicas concordando con los resultados del presente estudio ya que no se encontró ninguna de ellas. A pesar de ello, la zona de estudio es relevante ya que del total de especies registradas, 13 de ellas (31% respecto del total) se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo dentro de la *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001*.

Para los anfibios, sólo dos ranas están sujetas a Protección Especial (*Gastrophryne usta* y *Lithobates brownorum*); para los reptiles, el grupo de las serpientes fue el que presentó el mayor número de especies en alguna categoría de riesgo. Las serpientes *Boa constrictor*, *Lampropeltis triangulum* y *Thamnophis proximus* se encuentran como Amenazadas; y *Leptodeira cussiliris* y *Agkistrodon bilineatus* están Sujetas a Protección Especial (DOF, 2002). Debido al temor y a la antipatía que se le tiene a las serpientes por parte de los pobladores locales, algunas de ellas fueron encontradas muertas (*Lampropeltis triangulum*, *Thamnophis proximus* y *Agkistrodon bilineatus*).

El caimán (*Caiman crocodilus*) y las tortugas (*Trachemys venusta*, *Kinosternon scorpioides* y *Staurotypus salvinii*) están Sujetas a Protección Especial. A pesar de no existir estudios poblacionales particulares, es probable

que algunas especies estén siendo sobreexplotadas en el área de estudio, lo que representa un problema grave, ya que son utilizadas como alimento o para su venta como mascotas en localidades cercanas a los municipios de Mazatán y Tapachula (*obs. pers.*). También las dos especies de iguanas (*Ctenosaura similis* e *Iguana iguana*), sujetas a Protección Especial, son cazadas y usadas como alimento o mascotas.

La riqueza y distribución de los anfibios y reptiles de la zona de estudio dependen principalmente del tipo de vegetación y de la presencia de cuerpos de agua, los cuales proporcionan diversos hábitats y microhábitats que pueden ser usados de diferentes maneras por las especies que habitan un área (Duellman, 1966; Johnson, 1989). El palmar registró el mayor número de especies de anfibios con 11, esto probablemente se deba a que en este tipo de vegetación existe mayor humedad ambiental, condición que es indispensable para la presencia de anuros (Heatwole, 1982; Duellman, 2001). Hílicos como *Scinax staufferi* y *Smilisca baudinii* solamente fueron encontrados durante la época de lluvias vocalizando sobre las hojas de palma real (*Sabal mexicana*), así como también la rana *Dendropsophus robertmertensi* que fue registrada vocalizando entre arbustos en la vegetación secundaria. Al respecto, Aguilar-López y Canseco-Márquez (2006) mencionan que las especies de la familia Hylidae dependen mucho de la disponibilidad de cuerpos de agua, ya que su presencia ocurre mayormente durante los meses de mayor precipitación.

Otros anuros como *Eleutherodactylus pipilans*, *Craugastor loki* y *Gastrophryne usta* fueron localizadas debajo de hojas de palma húmedas. A las ranas *Leptodactylus melanonotus* y *Engystomops pustulosus* se les encontró en la época de lluvias en grandes congregaciones vocalizando o reproduciéndose sobre charcas pequeñas cercanas a los palmares.

Aunque el manglar está asociado a cuerpos de agua permanentes en la zona de estudio, es frecuentado por pocas especies de anfibios, ya que toleran muy

poco el agua salobre, por ejemplo, la rana *Leptodactylus melanonotus* fue muy común encontrarla en grandes cantidades vocalizando dentro de los esteros. En la vegetación secundaria habitan especies de anfibios tolerantes a la perturbación humana, tales como *Smilisca baudinii*, *Engystomops pustulosus* y *Rhinella marina*. Esta última especie es la única que tolera las condiciones de la vegetación de dunas costeras, zona sometida a la alta salinidad proveniente de la brisa del mar, limitando a las especies de anfibios para habitar este tipo de vegetación (Luna-Reyes *et al.*, 2008).

La mayoría de las especies de lagartijas y serpientes registradas estuvieron presentes en el manglar, el palmar y la selva baja caducifolia, lo que pudo deberse a dos factores, la complejidad de estos hábitats, ya que presentan estratos herbáceos, arbustivos y arbóreos, y el factor de la radicación solar en estas comunidades vegetales. Al respecto Pianka (1994) menciona que el número de especies varía de un lugar a otro debido a la heterogeneidad del hábitat, siendo mayor la riqueza específica en aquellos hábitats más heterogéneos. En el manglar y la selva baja caducifolia fueron encontrados las tres especies de tortugas (*Kinosternon scorpioides*, *Staurotypus salvinii* y *Trachemys venusta*).

El caimán (*Caiman crocodilus*) fue encontrado en la laguna El Cabildo en el manglar, 23 individuos fueron localizados en una noche bajo un nidal de aves de garza chapulinera (*Bubulcus ibis*), garceta pie dorado (*Egretta thula*), garza tricolor (*Egretta tricolor*) y pato aguja (*Anhinga anhinga*).

A pesar de que la vegetación secundaria (acahuales, pastizales, cultivos de marañón, plátano y maíz) se presenta en zonas abiertas con muy poca cobertura vegetal, presentó un alto número de especies (20), debido probablemente a que la zona de estudio se encuentra muy fragmentada por lo que existen áreas de manglar, palmar o selva baja caducifolia separadas por vegetación secundaria, de manera que un gran número de las especies registradas pasan por estos lugares al moverse de un parche de vegetación a otro.

Algunas serpientes como *Masticophis mentovarius* y *Trimorphodon biscutatus* fueron registradas en vegetación secundaria asociadas a construcciones humanas, la primera fue hallada en el patio trasero de una casa y la segunda se encontró en el interior de una caja de cartón en una casa hecha con base en palmas. La presencia de estas serpientes en lugares donde viven los pobladores, tiene relación con lo registrado por Urbina-Cardona *et al.* (2008) en el Pacífico colombiano, respecto a que algunas especies de serpientes de tamaño mediano pueden tolerar eficientemente las perturbaciones antropogénicas debido a que no necesitan de hábitats muy particulares.

La vegetación de dunas costeras presenta pocas especies de reptiles, lo que es probable que se deba a que la radiación solar en estos hábitats es muy intensa, lo cual hace que el microhábitat se vuelva más seco. Este tipo de hábitat fue tolerado por algunas especies generalistas como *Aspidocelis deppii*, *Anolis sericeus*, *Basiliscus vittatus* y *Hemidactylus frenatus*.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio, representan una contribución al conocimiento de la riqueza y distribución geográfica de la herpetofauna de Chiapas, y en particular, de los anfibios y reptiles de la Planicie Costera del Pacífico. Sin embargo, deben hacerse esfuerzos para realizar estudios particulares enfocados a conocer la estructura y dinámica poblacional principalmente de aquellas especies que tienen importancia socioeconómica en la región, también sobre ecología de comunidades, para poder entender claramente la importancia que tienen estos grupos biológicos, logrando un manejo sustentable, coadyuvando con ello a la conservación de la biodiversidad en esta región.

Al igual que los remanentes de otros tipos de vegetación, la conservación del manglar es de suma importancia ya que aloja nueve especies exclusivas, además la pérdida de este tipo de vegetación está provocando la fragmentación de las poblaciones de

anfibios y reptiles en la ZSCE El Cabildo, Amatal. Por ello, es necesario el monitoreo de aquellas especies incluidas en alguna categoría de riesgo o que tienen importancia socioeconómica, para contar con información básica sobre la situación de sus poblaciones en el área y regular su aprovechamiento.

AGRADECIMIENTOS

Al Gobierno del Estado de Chiapas y a la Secretaría de Medio Ambiente Vivienda e Historia Natural por aportar los fondos para la realización del proyecto Monitoreo Biológico y Social en Áreas Naturales Protegidas Estatales. A las autoridades de los ejidos barra San Simón, 19 de abril y Puerto Madero (San Benito) y a todas las personas de las diferentes comunidades quienes nos brindaron todas las facilidades para realizar este estudio. También a nuestros compañeros que nos apoyaron durante el trabajo de campo, Liliana Martínez, Noé Jiménez, Dilex Sánchez, Marco Tulio Argueta, James Rodríguez y Manuel Aranda.

LITERATURA CITADA

ADALSTEINSSON, A. S., R.W. BRANCH, S. TRAPE, J.L. VITT y B.S. HEDGES, 2009. Molecular phylogeny, classification, and biogeography of snakes of the Family Leptotyphlopidae (Reptilia, Squamata), en *Zootaxa* 2244:1-50.

AGUILAR-LÓPEZ, J. y L. CANSECO-MÁRQUEZ, 2006. Herpetofauna del municipio de Las Choapas, Veracruz, México, en *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 14 (2): 20-37.

CAMPBELL, J.A. y W.W. LAMAR, 2004. *The venomous reptiles of the Western Hemisphere*, vols. I y II, Cornell University Press, Ithaca, New York, 898 pp.

CASAS-ANDREU, G. G. VALENZUELA-LÓPEZ y A. RAMÍREZ-BAUTISTA, 1991. *Cómo hacer una colección de anfibios y reptiles*, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Cuadernos, no. 10: 68 pp.

CASTAÑEDA L. y E.F. CONTRERAS, 2003. El centro de documentación “ecosistemas litorales mexicanos” como una herramienta de diagnóstico, en *Contactos* 48: 5-17.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (DOF), 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies de flora y fauna silvestre de México-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, en *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo 2002.

DUELLMAN, W.E., 1966. The Central American Herpetofauna: an ecological perspective, en *Copeia* (4): 701-709.

_____, **2001.** *The hylid frogs of Middle America*, Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Natural History of University of Kansas 1: 1-694.

FAIVOVICH, J., C.F.B. HADDAD, P.C.A. GARCIA, D.R. FROST, J.A. CAMPBELL y W.C. WHEELER, 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: Phylogenetic analysis and taxonomic revision, en *Bulletin of the American Museum of Natural History* 294:1-240.

FLORES-VILLELA, O., 1993. *Herpetofauna mexicana*, Special Publication, Carnegie Museum of Natural History (17): 1-73.

FLORES-VILLELA, O., F. MENDOZA-QUIJANO y G. GONZÁLEZ-PORTER (COMPS.), 1995. *Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México*, Publicación Especial del Museo

de Zoología (10), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 285 pp.

FLORES VILLELA, O. e I. GOYENECHEA, 2003. Patrones de distribución de anfibios y reptiles en México, en J. J. Morrone y J. Llorente Bousquets (eds.), *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. CONABIO/UNAM, México, pp. 289-296.

FLORES-VILLELA, O. y L. CANSECO-MÁRQUEZ, 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México, en *Acta Zoológica Mexicana* 20: 115- 144.

FROST, D.R., T. GRANT, J. FAIVOVICH, R.H. BAIN, A. HAAS, C.F.B. HADDAD, R.O. DE SA, A. CHANNING, M. WILKINSON, S.C. DONNELLAN, C. RAXWORTHY, J.A. CAMPBELL, B.L. BLOTTO, P. MOLER, R.C. DREWES, R.A. NUSSBAUM, J.D. LYNCH, D.M. GREEN y W.C. WHEELER, 2006. The amphibian tree of life, en *Bulletin of the American Museum of Natural History* 297:1-370.

FROST, D. R., 2010. *Amphibian species of the world: an online reference*, Version 5.4 American Museum of Natural History, New York, USA, Agosto, 2010. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>

GAVIÑO DE LA TORRE, G.J., C. JUÁREZ y H.H. FIGUEROA, 1985. *Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo*, Limusa, México, D. F., 251 pp.

HEATWOLE, H., 1982. A review of structuring in herpetofaunal assemblages, en *Herpetological communities*, Wildlife Research Report 13, United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, pp. 1-21.

HEDGES, S.B., W.E. DUELLMAN y M.P. HEINICKE, 2008. A new world direct-developing frogs

(Anura: Terrarana): molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation, en *Zootaxa* 1737: 1-182.

HONDA, M., H. OTA, G. KÖHLER, I. INEICH, L. CHIRIO, S. CHEN y T. HIKIDA, 2003. Phylogeny of the subfamily Lygosominae (Reptilia: Scincidae), with special reference to the origin of the New World taxa, en *Genes Genetic Systems* 78: 71-78.

JOHNSON, J. D., 1989. A biogeographic analysis of the herpetofauna of the Northwestern Nuclear Central America, en *Milwaukee Public Museum Contributions in Biology and Geology* 76: 1-66.

KÖHLER, G., 2003. *Reptiles de Centroamérica*, Herpeton, Offenbach, Alemania, 367 pp.

LEE, J., 1996. *Field guide to the amphibians and reptiles of the maya world: the lowlands of Mexico, northern Guatemala, and Belize*, Cornell University Press, 402 pp.

LINER, E.A., 2007. A checklist of the amphibians of reptiles of Mexico, en *Louisiana State University Occasional Papers of the Museum of Natural Science* 80: 1-60.

LUNA-REYES, R., R. VIDAL-LÓPEZ, E. HERNÁNDEZ-GARCÍA y H. MONTESINOS-CASTILLEJOS, 2008. *Herpetofauna de la región marina prioritaria Corredor Puerto Madero, Chiapas, México*, Informe Final, Instituto de Historia Natural (IHN)-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Informe Final Proyecto EJ011, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 72 pp.

LUNA-REYES, R., A. RAMÍREZ-VELÁZQUEZ, O. JIMÉNEZ-LANG, M. A. GARCÍA-JIMÉNEZ, Y.Y. MORALES-BARRALES, E.F. ZUÑIGA-JUÁREZ, J.P. SÁNCHEZ-ESTRADA y J.M. ARANDA-COELLO, 2010. *Estrategia para la conservación de anfibios críticamente amenazados en Chiapas,*

México, Secretaría de Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural-Conservación Internacional-Fondo de Alianzas para los Ecosistemas Críticos, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 66 pp.

LUNA-REYES, R., L. CANSECO-MÁRQUEZ y E. HERNÁNDEZ-GARCÍA (EN PRENSA). Reptiles de Chiapas, en *Estudio de estado de la diversidad biológica en Chiapas*, Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica, A. C. y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 690-701.

LLORENTE, J., M.A. GARCÉS, T. PULIDO y V.I. LUNA, 1990. *Manual de recolecta y preparación de animales*, 2ª ed., Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., 270 pp.

MACIP-RÍOS, R. y A. MUÑOZ-ALONSO, 2008. Diversidad de lagartijas en cafetales y bosque primario en el Soconusco chiapaneco, en *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 185- 195.

MIRANDA, F. y E. HERNÁNDEZ X., 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación, en *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.

MULCAHY, D.G., 2007. Molecular systematics of neotropical cat-eyed snakes: a test of the monophyly of Leptodeirini (Colubridae: Dipsadinae) with implications for character evolution and biogeography., en *Biological Journal of the Linnean Society* 92 (3): 483-500.

PIANKA, E.R., 1994. *Evolutionary ecology*, Fifth edition, Harper Collins College Publishers, New York, 486 pp.

PETERS, J.A. y R. DONOSO-BARROS, 1970. Catalogue of the neotropical squamata, Part II, Lizards and Amphisbaenids, en *United States National Museum Bulletin* 297: 1-293.

- PETERS, J.A. y B.R. OREJAS-MIRANDA, 1970.** Catalogue of the neotropical squamata, Part I, Snakes, en *United States National Museum Bulletin*, 297: 1-347.
- POE (PERIÓDICO OFICIAL DEL ESTADO), 1999.** Decreto por el que se declara como área natural protegida, con carácter de Zona Sujeta a Conservación la región denominada El Cabildo, Amatal, con una superficie de 3, 610-87-50 Ha (tres mil seiscientos diez hectáreas, ochenta y siete áreas, cincuenta centiáreas), ubicadas en los municipios de Tapachula y Mazatán, Chiapas, en *Periódico Oficial del Estado (POE)*, 16 de junio de 1999, s.p.
- POUGH, F.H., R.M. ANDREWS, J.E. CADIE, M.L. CRUMP, A.H. SAVITZKY y K.D. WELLS, 2001.** *Herpetology*, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- PRONATURA (ASOCIACIÓN MEXICANA PRO-CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA), 2007.** *Tierra y agua*, enero de 2008, <http://www.pronatura-chiapas.org/contenidos/textohumedales.html>
- RAMSAR (CONVENCIÓN SOBRE LOS HUMEDALES), 2007.** Qué son los humedales, en *Documento Informativo, RAMSAR*, 1:1-2.
- SAVAGE, J.M., 2002.** *The amphibians and reptiles of Costa Rica: a herpetofauna between two continents, between two seas*, The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- SEMARNAP (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA), 1999.** *Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada*, SEMARNAP-Instituto Nacional de Ecología. 183 pp.
- SERNYP (SECRETARÍA DE RECURSOS NATURALES Y PESCA), 1998.** *Estudio técnico justificativo de los humedales El Cabildo, Amatal para proponerlos como una Área Natural Protegida*, Secretaría de Ecología, Recursos Naturales y Pesca-Gobierno del Estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 70 pp.
- STAFFORD, P.J. y P. MEYER, 2000.** *A guide to the reptiles of Belize*, Academic Press, San Diego / San Francisco / New York / Boston / London / Sydney / Tokyo, 356 pp.
- TOVILLA H.C., 2006.** *Propuesta para la conservación, manejo y restauración en los bosques de manglar de la costa de Chiapas*, El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas, 148 pp.
- TOVILLA, H.C., S. ROMÁN, M. SIMUTA M. y R.M. LINARES, 2004.** Recuperación del manglar en la barra del río Cahoacán, en la costa de Chiapas, en *Madera y Bosques*, número especial 2:77-91.
- URBINA-CARDONA, N.J., M. LONDOÑO-MURCIA y D. GARCÍA-ÁVILA, 2008.** Dinámica espacio-temporal en la diversidad de serpientes en cuatro hábitats con diferentes grados de alteración antropogénica en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona, Pacífico Colombiano, en *Caldasia* 30 (2): 479-493.
- UETZ, P., H. HOŠEK y J. HALLERMAN, 2009.** *The TIGR Reptile Database* (CD-ROM version), Consulta en línea: www.reptile-database.org.
- UTIGER, U., B. SCHÄTTI y N. HELFENBERGER, 2005.** The oriental Colubrine genus *Coelognathus* Fitzinger, 1843 and classification of old and new world racers and ratsnakes (Reptilia, Squamata, Colubridae, Colubrinae), en *Russian Journal of Herpetology* 12:39-60.



Anexo 1. Lista taxonómica de especies de anfibios y reptiles registradas en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica El Cabildo, Amatal. NOM= *Norma Oficial Mexicana* (NOM-059-SEMARNAT-2001): A= Amenazada, Pr= Sujeta a Protección Especial. Tipos de vegetación: P= Palmar, M= Manglar, SBC= Selva Baja Caducifolia, VS= Vegetación Secundaria y VDC= Vegetación de Dunas Costeras.

Taxón	Categoría de riesgo	Tipo de vegetación					
		NOM	P	M	SBC	VS	VDC
Clase Amphibia							
Orden Anura							
Familia Bufonidae							
<i>Rhinella marina</i> (Linnaeus, 1758)			X	X	X	X	X
<i>Incilius valliceps</i> (Wiegmann, 1833)			X	X	X		
Familia Hylidae							
<i>Dendropsophus robertmertensi</i> (Taylor, 1937)						X	
<i>Scinax staufferi</i> (Cope, 1865)			X		X	X	
<i>Smilisca baudinii</i> (Duméril & Bibron, 1841)			X			X	
Familia Eleutherodactylidae							
<i>Eleutherodactylus pipilans</i> (Taylor, 1940)			X				
Familia Craugastoridae							
<i>Craugastor loki</i> (Shannon & Werler, 1955)			X	X	X		
Familia Leptodactylidae							
<i>Leptodactylus fragilis</i> (Brocchi, 1877)			X		X	X	
<i>Leptodactylus melanonotus</i> (Hallowell, 1861)			X	X	X	X	
Familia Leiuperidae							
<i>Engystomops pustulosus</i> (Cope, 1864)			X			X	
Familia Microhylidae							
<i>Gastrophryne usta</i> (Cope, 1866)	Pr		X			X	
Familia Ranidae							
<i>Lithobates brownorum</i> (Sanders, 1973)	Pr		X			X	
Clase Reptilia							
Orden Squamata							
Suborden Sauria							
Familia Corytophanidae							

Taxón	Categoría de riesgo	Tipo de vegetación					
		NOM	P	M	SBC	VS	VDC
<i>Basiliscus vittatus</i> Wiegmann, 1828			X	X	X	X	
Familia Gekkonidae							
<i>Hemidactylus frenatus</i> Schlegel, 1836			X		X	X	X
Familia Iguanidae							
<i>Ctenosaura similis</i> (Gray, 1831)	A		X	X	X	X	X
<i>Iguana iguana</i> (Linnaeus, 1758)	Pr		X	X	X		
Familia Phrynosomatidae							
<i>Sceloporus siniferus</i> Cope, 1869			X	X	X		X
Familia Polycrotidae							
<i>Anolis sericeus</i> Hallowell, 1856			X	X	X	X	X
<i>Anolis serranoi</i> (Köhler, 1999)			X	X	X	X	
Familia Scincidae							
<i>Mabuya unimarginata</i> Cope, 1862			X	X	X	X	
<i>Sphenomorphus assatus</i> (Cope, 1864)			X	X	X	X	
Familia Teiidae							
<i>Ameiva undulata</i> (Wiegmann, 1834)			X	X	X		
<i>Aspidocelis deppii</i> (Wiegmann, 1834)			X	X	X	X	X
Suborden Serpentes							
Familia Boidae							
<i>Boa constrictor</i> (Linnaeus, 1758)	A			X			
Familia Colubridae							
<i>Coniophanes fissidens</i> (Günther, 1858)			X				
<i>Drymarchon melanurus</i> (Duméril, Bribon & Duméril, 1854)				X			
<i>Enalius flavitorques</i> (Cope, 1869)			X				
<i>Imantodes gemmistratus</i> Cope, 1860					X		
<i>Lampropeltis triangulum</i> (Lacépède, 1788)	A				X		
<i>Leptodeira cussiliris</i> Mulcahy, 2007	Pr		X		X		
<i>Masticophis mentovarius</i> (Duméril, Bribon & Duméril, 1854)				X		X	
<i>Oxybelis aeneus</i> (Wagler, 1824)				X			
<i>Oxybelis fulgidus</i> (Daudin, 1803)				X			
<i>Spilotes pullatus</i> (Linnaeus, 1758)				X			

Taxón	Categoría de riesgo	Tipo de vegetación					
		NOM	P	M	SBC	VS	VDC
<i>Stenorrhina freminvillei</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854			X				
<i>Thamnophis proximus</i> (Say, 1823)	A		X				
<i>Trimorphodon biscutatus</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)						X	
Familia Leptotyphlopidae							
<i>Epictia goudotii</i> (Duméril & Bibron, 1844)						X	
Familia Viperidae							
<i>Agkistrodon bilineatus</i> Günther, 1863	Pr		X				
Orden Testudines							
Familia Emydidae							
<i>Trachemys venusta</i> Gray, 1855	Pr				X		
Familia Kinosternidae							
<i>Kinosternon scorpioides</i> (Linnaeus, 1766)	Pr		X				
<i>Staurotypus salvinii</i> Gray, 1864	Pr	X	X				
Orden Crocodylia							
Familia Alligatoridae							
<i>Caiman crocodilus</i> (Linnaeus, 1758)	Pr		X				
Total	13	28	24	21	20	6	



Los Crocodyliformes mesozoicos de México

*Gerardo Carbot-Chanona

RESUMEN

En México, Crocodyliformes es de los grupos de vertebrados menos estudiados, debido a los pocos descubrimientos y a que mucho de los ejemplares están reducidos a restos óseos aislados o muy fragmentados. El registro de Crocodyliformes mesozoicos en México abarca los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas, Puebla, Oaxaca y Chiapas, y comprende edades que van desde el Tithoniano hasta el Maastrichtiano. El grupo con el mayor número de registros es Thalattosuchia, aunque también hay presencia de Goniopholididae en el Albiano-Aptiano de Puebla y en el Campaniano de Coahuila y Chihuahua, Alligatoroidea en el Campaniano del norte de México y Gavialoidea en el Maastrichtiano de Chiapas.

Palabras clave: Crocodyliformes, paleobiogeografía, Mesozoico, México

ABSTRACT

In Mexico, the Crocodyliformes is the least studied vertebrates group, due to the few discoveries and a lot specimen are reduced to isolated skeletal remains or highly fragmented. The record of Mesozoic Crocodyliformes in Mexico covering the states of Baja California, Coahuila, Chihuahua, Nuevo Leon, Tamaulipas, Puebla,

*Museo de Paleontología Eliseo Palacios Aguilera, Dirección de Paleontología, Secretaría de Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural. Calzada de Los Hombres Ilustres s/n, Parque Madero. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29000
carbosaurs@yahoo.com

Oaxaca and Chiapas, and includes ages ranging from Tithonian to Maastrichtian. The group with the highest number of records is Thalattosuchia, although Goniopholididae is also present in the Albian-Aptian of Puebla and in the Campanian of Coahuila and Chihuahua, Alligatoroidea in the Campanian of northern Mexico and Gavialoidea in the Maastrichtian of Chiapas.

Keywords: Crocodyliformes, paleobiogeography, Mesozoic, México

INTRODUCCIÓN

A pesar de la larga historia filogenética del grupo (desde el Triásico Medio a la actualidad) y su amplia distribución geográfica, los hallazgos de cocodrilos fósiles en el mundo no son abundantes; aunque no se tiene un recuento de las especies descritas hasta el momento, se estima que apenas sobrepasan las 150.

La escasez de material fósil de Crocodyliformes también se presenta en México, pues es uno de los grupos de vertebrados menos estudiado. Aunado a los pocos descubrimientos se suma que mucho de los ejemplares están reducidos a restos óseos aislados o muy fragmentados, por lo que en la mayoría de los casos solamente son mencionados como fauna acompañante de otros taxones fósiles. La falta de estudios con este grupo en México también ha limitado la posibilidad de arrojar datos precisos sobre su biología o taxonomía,

y por ende no se sabe con exactitud qué papel jugó México en la evolución y dispersión de este grupo.

Debido a lo anterior, el propósito de este trabajo es hacer un recuento general de los registros de Crocodyliformes mesozoicos en México, haciendo principal énfasis en la importancia biogeográfica de los hallazgos.

METODOLOGÍA

Se revisaron artículos científicos, de divulgación, monografías, libros, tesis y resúmenes de congresos, con el fin de abarcar todos los registros de cocodrilos fósiles hechos hasta el momento. De igual manera se revisaron las hipótesis biogeográficas y filogenéticas de diferentes taxones dentro de Crocodyliformes, con el fin de poder explicar el papel que jugó México en la dispersión y evolución de este grupo durante el Mesozoico. La revisión bibliográfica se llevó a cabo desde mayo del 2009 hasta marzo del 2011.

Definición de Crocodyliformes

Antiguamente se definía como Crocodylia al grupo que incluía a todas las formas de cocodrilos, tanto extintas como actuales. Crocodylia estaba formado por Sphenosuchia, Protosuchia, Mesosuchia, y Eusuchia (Buffetaut, 1982). Sin embargo, debido a que este grupo es claramente parafilético, Benton y Clark (1988) erigieron el nombre Crocodylomorpha para sustituir a Crocodylia, nombre que ahora está restringido para el grupo que incluye a Crocodylidae, Alligatoridae y Gavialidae.

Crocodylomorpha está conformado por Sphenosuchia (el grupo más primitivo) más Crocodyliformes (grupo que incluye a Protosuchia, Thalattosuchia, Ziphosuchia, Goniopholididae, Pholidosauridae, Atoposauridae y Eusuchia). Crocodyliformes está definido por varias sinapomorfias, como son: rostro del basiesfenoides dorsoventralmente expandido, pterigoides dorsalmente extendido para formar el borde ventrolateral del foramen trigeminal, fenestra anterorbital mucho

más pequeña que las órbitas, parietal cubriendo una amplia porción del occipital, dos palpebrales grandes presentes, cabeza dorsal del cuadrado contactando al lateroesfenoides, escápula dorsalmente ancha, entre otras más (Benton y Clark, 1988).

En este trabajo se sigue la nomenclatura taxonómica propuesta por Benton y Clark (1988), y por ende se utiliza el término Crocodyliformes cuando nos referimos a los cocodrilos fósiles encontrados hasta el momento en el Mesozoico de México.

REGISTRO DE CROCODYLIFORMES MESOZOICOS EN MÉXICO

El registro de cocodrilos fósiles de edad Mesozoica en México abarca únicamente los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas (zona norte oriente-occidente), Puebla (zona centro), Oaxaca y Chiapas (zona sureste), y comprende edades que van desde el Jurásico Medio hasta el Cretácico Tardío (cuadro 1).

Baja California

Recientemente Romo de Vivar-Martínez y Montellano-Ballesteros (2011), mencionaron restos de microvertebrados provenientes de la Formación El Gallo, de edad Campaniano, en el área de El Rosario. Entre los taxones reportados incluyen Atoposauridae? y Crocodylia.

Coahuila

Es uno de los estados que cuenta con una de las faunas de vertebrados cretácicos más importante en México, principalmente por los hallazgos de dinosaurios ahí realizados (*e.g.* Hernández, 1997; Rodríguez *et al.*, 2003). No obstante, los restos de cocodrilos son escasos y se han citado pocos taxones. Rodríguez y Cevallos (1998) reportaron dientes y osteodermos asignados a Goniopholididae y una vértebra de un Eusuchia indeterminado, ambos materiales provenientes de la

Formación Cerro del Pueblo, de edad Cretácico Tardío (Campaniano).

Buchy *et al.* (2006b) describieron una nueva especie de Thalattosuchia, *Geosaurus saltillense* (= *Cricosaurus saltillense*), recolectado en Sierra Buñuelos, cerca de Gómez Farías, en rocas del Jurásico Superior (Tithoniano).

Rivera-Sylva *et al.* (2008) registraron osteodermos, dientes y una vértebra dorsal de *Deinosuchus* sp., provenientes de rocas de edad Campaniano-Maastrichtiano que afloran en la sección inferior de la Formación Aguja, cerca de la localidad La Salada. Monroy (2009) menciona la presencia de *Goniopholis* y de los aligatóridos *Brachychampsa* y *Deinosuchus riograndensis* para la misma Formación, con base en dientes aislados.

Chihuahua

Hasta el momento, únicamente se ha registrado el cocodrilo gigante *Deinosuchus* cf. *D. riograndensis*, con base en osteodermos y dientes aislados provenientes de la Formación San Carlos, al sur de Ojinaga y la Formación Aguja, al este de Manuel Benavides (Brown, *et al.*, 2004).

Nuevo León

Buchy *et al.* (2006a) mencionan restos de talatosuquios teleosauridos y metriorínquidos asociados a plesiosaurios e ictiosaurios, provenientes de Aramberri, Galeana e Iturbide; las localidades tienen una edad jurásica tardía (Kimmeridgiano). Otros restos provienen de la Formación La Casita, cerca de Zaragoza, de donde se recuperó parte de la región interorbital de un Thalattosuchia referido a cf. *Dakosaurus* (Buchy, 2008).

Tamaulipas

Clark *et al.* (1994) registraron dos nuevos crocodyliformes protosúquidos como parte de la fauna de vertebrados de la Formación La Boca, en el Cañón El Huizachal, Tamaulipas, basados en cráneos parcial-

mente conservados y restos postcraneales. Al cráneo más completo le falta el paladar y la caja craneal, pero presenta características que revelan se trata de un Crocodyliforme primitivo (Clark *et al.*, 1994). Los estudios geológicos y paleontológicos en la localidad indican que la Formación La Boca es de edad jurásica temprana (Fastovsky *et al.*, 1998) y que la fauna ahí encontrada tiene gran similitud con la de la Formación Kayenta, en Arizona (Clark *et al.*, 1998).

Puebla

Reynoso *et al.* (2000) mencionan el hallazgo de dos cocodrilos de la misma especie, provenientes de Cantera Tlayúa (Albiano, Cretácico Inferior), Puebla. El estudio preliminar de los ejemplares arrojó similitudes con el género *Crocodyleimus* del Jurásico Superior de Canjuers, Francia (Reynoso *et al.*, 2000); sin embargo, su identidad y posición filogenética no ha sido confirmada, pues la descripción de los ejemplares aún está en proceso (Reynoso, com. pers.).

De la Formación La Pimienta (Tithoniano Medio), en Puebla, Frey *et al.* (2002) describieron una nueva especie, *Geosaurus vignaudi* (= *Cricosaurus vignaudi*); el material estudiado comprende cráneo, mandíbula, atlas, axis y tres vértebras cervicales.

Oaxaca

Uno de los primeros registros formales de Crocodyliformes en México fue hecho por Ferrusquía y Comas (1988), quienes describieron un Thalattosuchia proveniente del municipio de Huajuapán de León, en la Mixteca Oaxaqueña, con una edad atribuible al Cretácico Inferior. Desafortunadamente el material que estudiaron estaba pobremente conservado y no pudieron determinarlo a nivel genérico.

Chiapas

En Chiapas hasta el momento se tiene la evidencia de al menos cuatro ejemplares de cocodrilos, provenientes de la Formación Ocozocoautla, de edad Maastrichtia-

no (Cretácico Superior). Dos ejemplares están representados por una vértebra cada uno; curiosamente, en ambos casos, las vértebras son biconvexas, lo que indica se trata de la primera vértebra caudal. Este tipo de vértebras están presentes únicamente en los Eusuchia, por lo que ambos ejemplares son asignados a este grupo.

Otro de los ejemplares está representado por un cráneo parcialmente completo, restos de la mandíbula, dientes aislados, vértebras, restos apendiculares y osteodermos. Aunque la descripción está en proceso, los resultados preliminares muestran que se trata de un Gavialoidea primitivo que representa un género y especie nueva para la ciencia (Carbot-Chanona, 2009).

El cuarto ejemplar únicamente está representado por un húmero, un fémur, dos vértebras, un fragmento muy mal conservado de la mandíbula y algunos dientes aislados. Los estudios preliminares indican que se trata de un “Mesosuchio” de gran tamaño, de cerca de ocho metros de longitud, lo que lo ubicaría como uno de los Crocodyliformes mesozoicos más grandes hasta ahora encontrados.

BIOGEOGRAFÍA DE LOS CROCODYLIFORMES MESOZOICOS DE MÉXICO

Desde mediados del Jurásico hasta finales del Cretácico, gran parte de América del Norte estuvo sumergido

TAXÓN	ESTATUS ACTUAL	LOCALIDAD	EDAD	FUENTE
Protosuchia				
Protosuchia indeterminado	<i>idem</i>	Cañón El Huizachal, Tamaulipas	Jurásico temprano	Clark <i>et al.</i> , 1994
Thalattosuchia				
Thalattosuchia indeterminado	<i>idem</i>	Formación La Caja, Aramberri, Nuevo León	Kimmeridgiano, Jurásico superior	Buchy <i>et al.</i> , 2006a
Teleosauridae indeterminado	<i>idem</i>	Formación La Casita, Iturbide, Nuevo León	Kimmeridgiano, Jurásico superior	Buchy <i>et al.</i> , 2006a
Metriorhynchinae indeterminado	<i>idem</i>	Formación La Casita, Iturbide, Nuevo León	Kimmeridgiano, Jurásico superior	Buchy <i>et al.</i> , 2006a
Thalattosuchia indeterminado	<i>idem</i>	Formación La Casita, Iturbide, Nuevo León	Kimmeridgiano, Jurásico superior	Buchy <i>et al.</i> , 2006a
Metriorhynchinae indeterminado	<i>idem</i>	Formación La Casita, Galeana, Nuevo León	Kimmeridgiano, Jurásico superior	Buchy <i>et al.</i> , 2006a
Metriorhynchinae indeterminado	<i>idem</i>	Formación La Casita, Galeana, Nuevo León	Kimmeridgiano, Jurásico superior	Buchy <i>et al.</i> , 2006a
Thalattosuchia indeterminado	<i>idem</i>	Huajuapán de León, Oaxaca	Jurásico superior	Ferrusquía y Comas, 1988
<i>Geosaurus vignaudi</i>	<i>Cricosaurus vignaudi</i>	Formación La Pimienta, Mazatepec, Puebla	Tithoniano, Jurásico superior	Frey <i>et al.</i> , 2002
<i>Geosaurus saltillense</i>	<i>Cricosaurus saltillense</i>	Sierra Buñuelos, Coahuila	Tithoniano, Jurásico superior	Buchy <i>et al.</i> , 2006b
cf. <i>Dakosaurus</i>	<i>idem</i>	Formación La Casita, Zaragosa, Nuevo León	Kimmeridgiano, Jurásico superior	Buchy, 2008
Atoposauridae?				

TAXÓN	ESTATUS ACTUAL	LOCALIDAD	EDAD	FUENTE
Atoposauridae indeterminado	<i>idem</i>	Formación El Gallo, Baja California	Campaniano, Cretácico tardío	Romo de Vivar-Martínez y Montellano-Ballesteros, 2011
Goniopholididae				
<i>aff. Crocodilemus</i>	<i>idem</i> (posible <i>Eutretraunosuchus</i>)	Cantera Tlayua, Puebla	Albiano, Cretácico inferior	Reynoso <i>et al.</i> , 2000
Goniopholididae indeterminado	<i>idem</i>	Formación Cerro del Pueblo, Coahuila	Campaniano, Cretácico tardío	Rodríguez y Cevallos, 1998
<i>Goniopholis</i> sp.	<i>idem</i>	Formación Aguja, Coahuila	Campaniano-Maastrichtiano, Cretácico superior	Monroy, 2009
“Mesosuchia”				
Mesosuchia indeterminado	Mesoeucrocodylia indeterminado	Formación Ocozocoautla, Ocozocouatla, Chiapas	Maastrichtiano, Cretácico superior	Carbot-Chanona y Coutiño-José, 2000
Eusuchia				
Eusuchia indeterminado	<i>idem</i>	Formación Ocozocoautla, Ocozocouatla, Chiapas	Maastrichtiano, Cretácico superior	Este trabajo
Eusuchia indeterminado	<i>idem</i>	Formación Ocozocoautla, Ocozocouatla, Chiapas	Maastrichtiano, Cretácico superior	Este trabajo
Alligatoroidea				
<i>Deinosuchus</i> cf. <i>D. riograndensis</i>	<i>idem</i>	Formación San Carlos, Ojinaga y Formación Aguja, Manuel Benavides, Chihuahua	Campaniano, Cretácico superior	Brown <i>et al.</i> , 2004
<i>Deinosuchus</i> sp.	<i>idem</i>	Formación Aguja, La Salada, Coahuila.	Campaniano-Maastrichtiano, Cretácico superior	Rivera-Sylva <i>et al.</i> , 2008
<i>Deinosuchus riograndensis</i>	<i>idem</i>	Formación Aguja, Coahuila	Campaniano-Maastrichtiano, Cretácico superior	Monroy, 2009
<i>Brachychampsia</i> sp.	<i>idem</i>	Formación Aguja, Coahuila.	Campaniano-Maastrichtiano, Cretácico superior	Monroy, 2009
Gavialoidea				
Thoracosaurinae indeterminado	<i>idem</i>	Formación Ocozocoautla, Ocozocouatla, Chiapas	Maastrichtiano, Cretácico superior	Carbot-Chanona, 2009

Cuadro 1 ■ Crocodyliformes mesozoicos reportados para México.

en un mar de agua somera. Como resultado de esto, el clima era mucho más húmedo y cálido que el de la actualidad. Estas condiciones climáticas sin duda favorecieron la aparición y dispersión de nuevas especies de cocodrilos. En consecuencia, México, por su posición geográfica, debió jugar durante el Mesozoico un papel importante en la distribución de varios grupos de Crocodyliformes.

Jurásico Superior

A finales del Jurásico, hace aproximadamente 160-145 millones de años, el este y centro de América del Norte estaba sumergido en un mar poco profundo que a su vez interconectaba con el mar que cubría Europa, centro de Asia y norte de África, y las especies de vida acuática tenían un corredor por el cual desplazarse libremente por los mares del mundo. Uno de esos



Figura 1 ■ | Paleomapa del Jurásico Tardío, mostrando la distribución de las especies de *Cricosaurus* y *Dakosaurus* durante el Oxfordiano (punto azul), Kimmeridgiano (puntos amarillos) y Tithoniano (puntos rojos). La flecha indica la posible ruta de dispersión de los *Thalattosuchia* desde Europa hasta América de Sur, durante el final del Jurásico.

grupos fue *Thalattosuchia*, el cual hasta el momento es el único grupo de Crocodyliformes en el Jurásico Superior de México. Dos familias se incluyen dentro de *Thalattosuchia*: Teleosauridae y Metriorhynchidae, ambas familias tuvieron su origen en Europa durante el Jurásico. Teleosauridae es la familia más basal y es común en rocas del Jurásico Inferior y Medio de Europa (Jouve, 2009). Metriorhynchidae es una familia adaptada completamente a la vida en el mar; tales adaptaciones incluyen la modificación de las extremidades en aletas y glándulas excretoras de sal (Fernández y Gasparini, 2008), que sin duda favorecieron su dispersión durante el Jurásico.

Los metriorínquidos encontrados en México, *Cricosaurus saltillense* y *C. vignaudi*, al igual que *C. elegans* y *C. gracilis* de Europa, y *C. araucanensis* de Argentina, provienen de sedimentos del Tithoniano Inferior. *Dakosaurus* en México proviene de sedimentos de edad Kimmeridgiana, mientras que en Europa y Argentina es común en el Tithoniano (figura 1). Por el contrario, *Metriorhynchus*, un género más basal que *Cricosaurus* y *Dakosaurus*, no ha sido reportado todavía para México. *Metriorhynchus* proviene principalmente de sedimentos del Calloviano inferior al Kimmeridgiano superior de Europa (Young *et al.*, 2010); lo anterior podría explicar la ausencia de este taxón en México, ya que los sedimentos portadores de reptiles marinos en nuestro país son del Tithoniano.

Dos hipótesis han sido planteadas para explicar la llegada de *Cricosaurus* y *Dakosaurus* al Nuevo Mundo. La primera sugiere que existió un pasaje caribeño entre el Tethys europeo y el Pacífico oriental, que favoreció el intercambio de la biota marina durante el Oxfordiano (Gasparini y Dellapé, 1976; Gasparini, 1985). La presencia de *Geosaurus* en el Oxfordiano de Cuba apoya esta idea (Gasparini e Iturralde-Vinent, 2001; 2006). La segunda hipótesis plantea que un pasaje intermitente existió cuando Gondwana aún no se había fragmentado, favoreciendo la dispersión de los cocodrilos marinos durante el Jurásico medio y superior (Gasparini, 1985) (ver figura 1).

Pol y Gasparini (2009) sugieren que los *Thalattosuchia* sudamericanos tienen una estrecha afinidad con las especies europeas. Sin embargo, en su análisis filogenético no fueron incluidas las especies mexicanas. Por el contrario, Young y Andrade (2009) y Young *et al.* (2010), si incluyen a *Cricosaurus saltillense* y *C. vignaudi* en sus análisis filogenéticos. Los resultados de estos estudios sugieren que *C. saltillense* tiene una estrecha relación con las especies europeas *C. elegans* y *C. suevicus*, mientras que *C. vignaudi* está más estrechamente emparentado con la especie europea *C. gracilis*, y estos dos a su vez con *C. araucanensis* de Sudamérica, indicando

que tanto las especies mexicanas como las sudamericanas tienen un antecesor europeo. Lo anterior sugiere que los *Thalattosuchia* mexicanos evolucionaron de forma independientemente de los sudamericanos. Esta hipótesis es congruente si se discute desde el punto de vista geográfico, ya que durante el Tithoniano y Barre-siano Temprano la región que ahora forma parte del Golfo de México estuvo parcialmente aislada, debido a que tuvo una conexión limitada con el Pacífico y el Tethys Mediterraneo, como consecuencia de la barrera paleobiogeográfica formada por el movimiento de la península de Yucatán y el levantamiento del bloque Florida Straits (Buchy *et al.*, 2006a y referencias ahí citadas). Este semi-aislamiento al cual estuvo sometido el Golfo de México, debió ser un factor importante para la especiación vicariante que dio origen a los *Thalattosuchia* encontrados en el Tithoniano de México.



Figura 2 ■ | Distribución de Goniopholididae en el Barremiano y el Aptiano-Albiano (Cretácico Inferior). Nótese que el único género presente en ese tiempo es *Goniopholis*, no obstante el registro de Cantera Tlayua, Puebla, debe pertenecer a *Eutretrauranosuchus*.

Cretácico Inferior

En el Cretácico Inferior (Aptiano) de México, únicamente se han encontrado dos cocodrilos provenientes de Cantera Tlayua, Puebla. Estos ejemplares pertenecen a la familia Goniopholididae, y según Reynoso *et al.* (2000) son similares a *Crocodyleimus*, del Jurásico de Francia. No obstante, los ejemplares de Tlayúa son más similares a *Eutretrauranosuchus*, un goniopholídido descrito para el Jurásico Superior y Cretácico Inferior de América del Norte.

Goniopholididae es una familia presente en América del Norte, Europa, Asia y América del Sur, y su rango cronológico se extiende desde el Jurásico Inferior hasta el Cretácico Superior (Steel, 1973). El representante más antiguo de esta familia es *Calsoyasuchus valliceps*, de la Formación Kayenta (Jurásico Inferior: Sinemuriano-Pliensbachiano), Arizona (Tykoski *et*

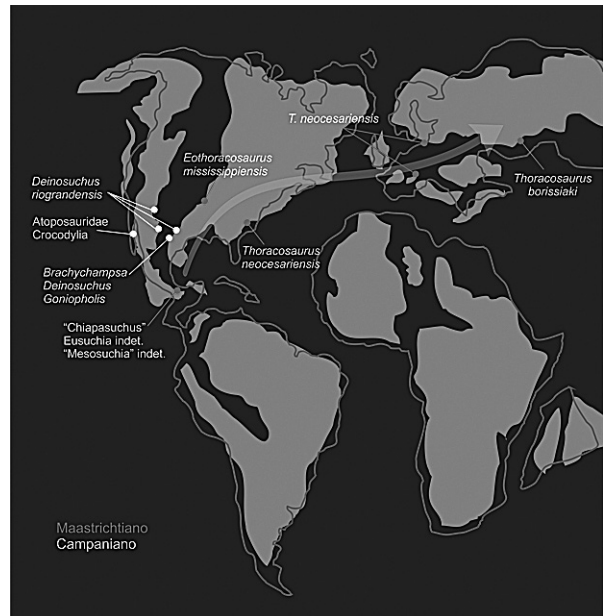


Figura 3 ■ | Crocodyliformes presentes en México durante el Campaniano y Maastrichtiano. Se muestran las especies cercanas al Gavialoidea de Chiapas para fines paleobiogeográficos. La flecha indica la posible ruta de dispersión de los Gavialoidea desde América del Norte hasta el centro de Asia, durante el Maastrichtiano.

al., 2003). *C. valliceps* está estrechamente relacionado con *Eutretauranosuchus*, del Jurásico de la Formación Morrison, Colorado (Tykoski *et al.*, 2003). Otro goniofolídido es *Sunosuchus*, presente únicamente en el Jurásico Superior-Cretácico Inferior de Asia (Averianov, 2000). *Goniopholis* es el último representante de los Goniopholididae y se tienen registros del Cretácico Inferior de España, Portugal, Alemania y Estados Unidos (Steel, 1973; Schwarz, 2002) (figura 2).

El registro fósil indica que la familia Goniopholididae tuvo su aparición en América del Norte a principio del Jurásico, para después alcanzar Europa y Asia a finales del Jurásico y principios del Cretácico, donde derivaron en nuevos géneros. Schellhorn *et al.* (2009), mencionan que los géneros incluidos en Goniopholididae tuvieron una evidente restricción geográfica ocasionada por la aparición de barreras geográficas, como la apertura del Atlántico Norte entre América del Norte y Europa, y el mar Tethys entre el archipiélago europeo y la masa continental asiática existentes durante el Jurásico y Cretácico, y por tanto los goniofolídidos asiáticos pertenecen a *Sunosuchus*, los europeos a *Goniopholis* y los norteamericanos a *Eutretauranosuchus*. De ser así, *Goniopholis* reportado por Monroy (2009) para la Formación Aguja en Coahuila con base en dientes, tendría que ser considerado como una determinación dudosa en espera de encontrar material más completo. Por otro lado, el goniofolídido encontrado en Cantera Tlayúa, sin duda representa una especie nueva que podría esclarecer el papel que jugó México en la especiación y dispersión de este grupo. No obstante, esto sucederá hasta tener una descripción completa del ejemplar y de esta manera dilucidar sus relaciones filogenéticas con los otros miembros de Goniopholididae.

Cretácico Superior

Al final del Cretácico, el Mar Interior de América del Norte se extendía desde Canadá hasta el sur de México, partiendo al subcontinente norteamericano por

la mitad. De esta forma existieron dos líneas de costa, una al oeste y otra al este del Mar Interior, las cuales además albergaban complejos sistemas fluviales, los que sin duda sirvieron de habitat para los cocodrilos de esa época, principalmente los Alligatarioidea *Deinosuchus* y *Brachychampsa*, taxones encontrados comúnmente en los sedimentos formados durante el Campaniano y Maastrichtiano de América del Norte.

Es importante mencionar que los Alligatarioidea aparecieron en América del Norte al final del Cretácico, siendo los miembros más antiguos de este grupo *Brachychampsa*, *Albertochampsa*, *Stangerochampsa* y *Deinosuchus* (Schwimmer, 2002; Brochu, 2010). Los registros mexicanos de *Brachychampsa* y *Deinosuchus* amplían el rango geográfico de estos géneros hacia el sur.

El otro grupo de cocodrilos encontrado en el Cretácico Superior de México es el de los Gavialoidea. Se tienen evidencias de que el miembro más primitivo de este grupo es *Eothoracosaurus mississippiensis*, del Maastrichtiano de la Formación Ripley (Brochu, 2004). Otros Gavialoidea maastrichtienses son el encontrado en la Formación Ocozocoautla, Chiapas y *Thoracosaurus neocesariensis*, un género más derivado que *E. mississippiensis*. *Thoracosaurus* alcanzó la parte oeste de Europa durante el Maastrichtiano-Daniano, para luego alcanzar la región central del viejo continente. En ese tiempo Europa estaba conformada por islas distribuidas una cerca de la otra que pudieron favorecer su distribución. Por otra parte, el Gavialoidea del Maastrichtiano de Chiapas aún se encuentra en proceso de descripción y por ende sus afinidades filogenéticas no son conocidas con claridad.

CONCLUSIONES

Es claro el sesgo existente en el registro fósil en México de Crocodyliformes. No obstante, los pocos registros que se tienen poseen gran significado, pues varios ejemplares han resultado ser nuevas especies. Además, con el registro fósil de este grupo en México, se ha extendido el rango geográfico de algunos taxones.

El mayor número de registros de taxones de Crocodyliformes corresponde a Thalattosuchia, grupo encontrado únicamente en sedimentos del Jurásico Tardío (Tithoniano y Kimmeridgiano) de Coahuila, Nuevo León, Puebla y Oaxaca. Por otro lado, Alligatoidea sólo ha sido reportado para el Cretácico Tardío (Campaniano-Maastrichtiano) de Coahuila y Chiuhuahua. Goniopholididae está presente en el Albiano de Puebla, y de confirmarse los reportes de Coahuila su rango geocronológico y geográfico se extendería. Gavialoidea sólo ha sido citado para el Maastrichtiano de Chiapas. Los registros de Atoposauridae? de Baja California, deben confirmarse a raíz del hallazgo de material más completo.

Por último, a raíz del análisis aquí presentado, se deduce que México jugó un papel importante en la paleobiogeografía de varios taxones de Crocodyliformes, sobre todo en el Jurásico Tardío, donde sirvió como conexión entre Europa y Sudamérica para la dispersión de los Thalattosuchia.

LITERATURA CITADA

AVERIANOV, A.O., 2000. *Sunosuchus* sp. (Crocodylomorpha, Goniopholididae) from the Middle Jurassic of Kirghisia, en *Journal of Vertebrate Paleontology* 20 (4): 776-779.

BENTON, M.J. y J.M. CLARK, 1988. Archosaur phylogeny and the Crocodylia, en M.J. Benton (ed.). *The phylogeny and classification of the tetrapods, vol I.* Clarendon Press, Oxford, pp. 295-338.

BROCHU, C.A., 2004. A new Late Cretaceous gavialoid crocodylian from eastern North America and the phylogenetic relationships of Thoracosaurus, en *Journal of Vertebrate Paleontology*, 24 (3): 610-633.

BROCHU, C.A., 2010. A new alligatorid from the Lower Eocene Green River Formation of Wyoming and the origin of caimans, en *Journal of Vertebrate Paleontology* 30 (4): 1109-1126.

BROWN, R.B, J.W. WESTGATE y D.A. COPE, 2004. Primer registro del cocodrilo gigante *Deinosuchus* cf. *riograndensis* en México, en *IX Congreso Nacional de Paleontología*, Instituto de Historia Natural y Ecología, pp. 25.

BUCHY, M.-C., 2008. New occurrence of the genus *Dakosaurus* (Reptilia, Thalattosuchia) in the Upper Jurassic of north-eastern Mexico, with comments upon skull architecture of *Dakosaurus* and *Geosaurus*, en *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 249 (1): 1-8.

BUCHY, M.-C., E. FREY, W. STINNESBECK y J.G. LÓPEZ-OLIVA, 2006a. An annotated catalogue of the Upper Jurassic (Kimmeridgian and Tithonian) marine reptiles in the collections of the Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, Linares, México, en *Oryctos* 6: 1-18.

BUCHY, M.-C., P. VIGNAUD, E. FREY, W. STINNESBECK y A.H.G. GONZALEZ, 2006b. A new thalattosuchian crocodyliform from the Tithonian (Upper Jurassic) of northeastern Mexico, en *Comptes Rendus Palevol* 5 (6): 785-794.

BUFFETAUT, E., 1982. Radiation évolutive, paléoécologie et biogeography des crocodiliens méso-suchiens, en *Memories de la Société de France, N.S.* 60 (142): 1-88.

CARBOT-CHANONA, G., 2009. Una nueva especie de gavial primitivo del Maastrichtiano de Chiapas y su significación paleobiogeográfica, en *XI Congreso Nacional de Paleontología*, Juriquilla, Querétaro, pp. 12.

- CLARK, J.M., M. MONTELLANO, J.A. HOPSON, R. HERNÁNDEZ y D.E. FASTOVSKY, 1994.** An Early o Middle Jurassic tetrapod assemblage from La Boca Formation, northeastern Mexico, en Fraser, N., Sues, H-D. (eds.), *In the shadow of the dinosaur: Early Mesozoic tetrapods*, Cambridge University Press, pp. 295-302.
- CLARK, J.M., M. MONTELLANO, J.A. HOPSON, R. HERNÁNDEZ y V.H. REYNOSO, 1998.** *The Jurassic vertebrates of Huizachal Canyon, Tamaulipas, Avances en Investigación, paleontología de vertebrados*, publicación especial 1, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, pp. 1-3.
- FASTOVSKY, D.E., S.A. BOWRING y O.D. HERMES, 1998.** *Radiometric age dates for the La Boca vertebrate assemblage (Late Early Jurassic) Huizachal Canyon, Tamaulipas, Mexico. Avances en investigación, paleontología de vertebrados*, publicación especial 1, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, pp. 15-17.
- FERNÁNDEZ, M. y Z. GASPARINI, 2008.** Salt glands in the Jurassic metriorhynchid *Geosaurus*: implications for the evolution of osmoregulation in Mesozoic marine crocodyliforms, en *Naturwissenschaften* 95: 79-84.
- FERRUSQUÍA VILLAFRANCA, I. y O. COMAS RODRÍGUEZ, 1988.** *Reptiles marinos mesozoicos en el sureste de México y su significación geológico-paleontológica*, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 7 (2): 168-181.
- FREY, E., M.-C. BUCHY, W. STINNESBECK y J.G. LÓPEZ-OLIVA, 2002.** *Geosaurus vignaudi*, sp. nov. (Crocodyliformes: Thalattosuchia), first evidence of metriorhynchid crocodylians in the Late Jurassic (Tithonian) of central-east Mexico (state of Puebla), en *Canadian Journal Earth of Science* 39: 1467-1483.
- GASPARINI, Z., 1985.** Los reptiles marinos jurásicos de América del Sur, en *Ameghiniana* 22 (1-2): 23-34.
- GASPARINI, Z. y D. DELLAPÉ, 1976.** Un nuevo cocodrilo marino (Thalattosuchia, Metriorhynchidae) de la Formación Vaca Muerta (Jurásico, Tithoniano) de la provincia de Neuquén (República Argentina), en *Primer Congreso Geológico Chileno*, pp. 1-21.
- GASPARINI, Z. y M. ITURRALDE-VINENT, 2001.** Metriorhynchid crocodiles (Crocodyliformes) from the Oxfordian of western Cuba, *Neues jahrbuch für geologie und paläontologie, monatshefte* 2001: 534-542.
- , **2006.** The Cuban Oxfordian herpetofauna in the Caribbean Seaway, en *Neues jahrbuch für geologie und paläontologie, abhandlungen* 240: 343-371.
- HERNÁNDEZ, R., 1997.** Mexican dinosaurs, en Currie P.J. y K. Padian (eds.), *Encyclopedia of Dinosaurs*. California, Academic Press, pp. 433-437.
- JOUVE, S., 2009.** The skull of *Teleosaurus cadomensis* (Crocodylomorpha; Thalattosuchia), and phylogenetic analysis of Thalattosuchia, en *Journal of Vertebrate Paleontology* 29 (1): 88-102.
- MONROY MÚJICA, I.H., 2009.** *Microvertebrados fósiles cretácicos tardíos (Campaniano Tardío) de la Formación Aguja en el noroeste de Coahuila, México*, Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 111 pp.
- POL, D. y Z. GASPARINI, 2009.** Skull anatomy of *Dakosaurus andiniensis* (Thalattosuchia: Crocodylomorpha) and the phylogenetic position of Thalattosuchia, en *Journal of Systematic Palaeontology* 7 (2): 163-197.

- REYNOSO, V.H., M.A. CABRAL-PERDOMO y J. CLARK, 2000.** The reptiles of the Tlayúa Formation. Avances en investigación, *Guide book of the field trips*, publicación especial, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 106-113.
- RIVERA-SYLVA, H.E., J.R. GUZMÁN-GUTIÉRREZ, F.R. PALOMINO-SÁNCHEZ, E. FREY, J. LÓPEZ-ESPINOSA, I. DE LA PEÑA-OVIEDO y I.E. SÁNCHEZ-URIBE, 2008.** First evidence of the genus *Deinosuchus* (Eusuchia, Alligatoridae) from Coahuila, Mexico, en *III Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados*, Neuquén, Patagonia, Argentina, p. 218.
- RODRÍGUEZ DE LA ROSA, R.A. y S.R.S. CEVALLOS FERRIZ, 1998.** Vertebrates of the Pelillial locality (Campanean, Cerro del Pueblo Formation), Southeastern Coahuila, Mexico, en *Journal of Vertebrate Paleontology* 18 (4): 751-764.
- RODRÍGUEZ DE LA ROSA, R.A., D.A. EBERTH, D.B. BRINKMAN, S.D. SAMPSON y J. LÓPEZ ESPINOSA, 2003.** Dinosaur tracks from the Late Campanian Las Águilas locality south-eastern Coahuila, Mexico, en *Journal of Vertebrate Paleontology* 23: 90A.
- ROMO DE VIVAR-MARTÍNEZ, P.R., y M. MONTELLANO-BALLESTEROS, 2011.** Microvertebrados cretácicos tardíos del área de El Rosario, Baja California, México, libro de resúmenes del *XII Congreso Nacional de Paleontología*, Puebla, Puebla, p. 124.
- SHELLHORN, R., D. SCHWARZ-WINGS, M.W. MAISCH y O. WINGS, 2009.** Late Jurassic *Sunosuchus* (Crocodylomorpha, Neosuchia) from the Qigu Formation in the Junggar Basin (Xinjiang, China), en *Fossil Record* 12 (1): 59-69.
- SCHWARZ, D., 2002.** A new species of *Goniopholis* from the Upper Jurassic of Portugal, en *Palaeontology* 45 (1): 185-208.
- SCHWIMMER, D.R. 2002.** King of the Crocodylians: the paleobiology of *Deinosuchus*, en Indiana University Press, 220 pp.
- STEEL, R., 1973.** Crocodylia, en O. KUHN (ed.), *Encyclopedia of Paleoherpitology, Part. 16*, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 116 p.
- TYKOSKI, R.S., T.B. ROWE, R.A. KETCHAM y M.W. COLBERT, 2003.** *Calsoyasuchus vallicepe*, a new crocodyliform from the Early Jurassic Kayenta Formation of Arizona, en *Journal of Vertebrate Paleontology* 22 (3): 593-611.
- YOUNG, M.T y M.B. ANDRADE, 2009.** What is *Geosaurus*? Redescription of *Geosaurus giganteus* (Thalattosuchia: Metriorhynchidae) from the Upper Jurassic of Bayern, Germany, en *Zoological Journal of the Linnean Society* 157: 551-585.
- YOUNG, M.T., S.L. BRUSATTE, M. RUTA y M.B. ANDRADE, 2010.** The evolution of Metriorhynchoidea (Mesoeucrocodylia, Thalattosuchia): an integrated approach using geometric morphometrics, analysis of disparity, and biomechanics, en *Zoological Journal of the Linnean Society* 158: 801-859.

Diseño de un secador solar con circulación forzada

Roilan Iglesias Díaz¹
Joel Pantoja Enriquez²
Joel Moreira Acosta³
Neín Farrera⁴
Guillermo Ibáñez Duharte⁵

RESUMEN

Se diseñó un secador solar de tiro forzado, para el secado de productos agrícolas. Se realizaron pruebas en condiciones climáticas donde la temperatura ambiente promediaba los 28 grados centígrados y la humedad relativa era del 52 %. El colector solar consta de dos placas una absorbadora (que está expuesta directamente al sol a

través de los cristales), y otra que constituye el techo de la cámara de secado, ambas forman un túnel en el cual se coloca un ventilador para forzar el aire a través de éstas, además de una cámara de secado. Se hicieron las corridas experimentales para medir la temperatura utilizando termopares Tipo K, dispuestos en la cámara de secado, placa absorbadora y en el aire; se midió la humedad relativa en la cámara de secado con un equipo Hanna HI-9828, demostrándose finalmente que la eficiencia de este secador es del 45 %, lográndose una humedad relativa del aire en la cámara de secado baja, de un 1.5 % como promedio, con una radiación solar promedio de 700 w/m² y alcanzándose temperaturas altas en la cámara de secado de hasta 80 grados centígrados. Concluyéndose que el secador diseñado cuenta con todas las características necesarias para secar productos agrícolas con eficiencia y calidad.

Palabras claves: Secador Solar.

ABSTRACT

A solar dryer of forced shot has been designed and made for the dried one of agricultural products, to be able to design it efficiently a previous evaluation is needed, the tests are realized by climatic conditions where the temperature sets it was dividing equally them 28°C and the relative dampness was 52 %. The solar collector is clear of two plates an absorbadora (that it is directly to the Sun across the crystals), and other one that constitutes the ceiling of the

¹Universidad del Valle de México, Campus Tuxtla. Boulevard, Los Castillos no. 375, frac. Montes Azules, C.P. 29050 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 9612157170 roilan2008@gmail.com,

²Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente, s/n, col. Lajas Maciel Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, CP 29039 jpe2005@gmail.com

³Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente, s/n, col. Lajas Maciel Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, CP 29039 jmoreira23@yahoo.com.mx,

⁴Universidad del Valle de México, Campus Tuxtla. Boulevard Los Castillos no. 375, frac. Montes Azules, C.P. 29050 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México nfarrera@uvmnet.edu

⁵Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente, s/n, col. Lajas Maciel Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, CP 29039 guibdu@gmail.com.

drying stove, both form a tunnel in which a ventilator is placed to force the air across these; besides a drying stove. The experimental bullfights were done using to measure temperature thermocouples fixed Type K, arranged in the drying stove, plate absorbadora and in the air; I happen the relative dampness in the drying stove with an equipment Hanna HI-9828, being demonstrated finally that the efficiency of this dryer is 45 %, a relative dampness of the air being achieved in the low drying stove, of a 1.5 % as average, with a solar average radiation of 700 w/m² and high temperatures being reached in the drying stove of up to 80 °C. Concluyendose that the designed dryer all with all the necessary characteristics to dry agricultural products with efficiency and quality.

Key Word: Solar Dryer

NOMENCLATURA EN ORDEN A APARICIÓN

W_a Cantidad de agua retirada en el intervalo de tiempo (Kg_{agua} / hora)
 W_o Peso inicial del material a secar (Kg)
 M_{wb1} Humedad base húmeda (Kg_{agua} / kg_{producto húmedo}) en el estado inicial
 M_{wb2} Humedad base húmeda (Kg_{agua} / Kg_{producto húmedo}) en el estado final
 W_d Peso de materia seca (Kg)
 W_{db1} Humedad base seca (Kg_{agua} / Kg_{producto seco}) en el estado inicial
 W_{db2} Humedad base seca (Kg_{agua} / Kg_{producto seco}) en el estado final
 m_a Consumo de aire (Kg / h)
 W_a Cantidad de agua a eliminar (Kg_{agua} / h)
 w_1 Humedad absolutas del aire a la entrada del colector (%)
 w_2 Humedad absolutas del aire a la salida del colector (%)
 Q_a Energía consumida en la evaporación de la humedad del producto (W)
 h_1 Entalpia del aire a la entrada del colector (Kj / Kg_{aire seco})
 h_2 Entalpia del aire a la salida del colector (Kj / Kg_{aire seco})
 H_T Energía solar incidente (W/m²)

A_c Área efectiva del colector (m²)
 (τa) Producto de la transmitancia del vidrio y la absorptancia de la placa colector
 mC_p Capacidad calorífica del fluido de trabajo (J/°C)
 A Área de captación del colector
 dT/dt Rapidez de cambio de temperatura con respecto al tiempo (°C/s)
 Q_{abs} Calor total incidente absorbido por unidad de tiempo en el colector (W)
 Q_u Calor útil que finalmente se transfiere al fluido de trabajo (W)
 Q_L Pérdidas de calor por radiación, convección y conducción (W)
 du/dt Rapidez de el cambio de energía interna almacenada en el colector (W) cuyo valor es muy pequeño y generalmente se desprecia.
 k_a Conductividad térmica del aislante
 l y l' Espesores del aislante por el fondo y lados respectivamente
 P Perímetro del colector y M la altura de las paredes del mismo
 U_L Coeficiente global de pérdidas de calor (W/m²°C)
 $T_{p,m}$ Temperatura media de la placa de absorción (°C)
 T_a Temperatura del aire ambiente (°C) y ρ_d la reflectancia difusa.
 N Número de cubiertas de vidrio.
 b Ángulo de inclinación del colector (grados).
 ϵ_g Emitancia del vidrio.
 ϵ_p Emitancia de la placa.
 T_a Temperatura ambiente (K).
 T_p Temperatura media de la placa (K).
 n Velocidad del viento (m/s)

INTRODUCCIÓN

El secado de productos para su comercialización ha mejorado con el paso del tiempo, es una actividad de mucha demanda principalmente en frutas y otros productos agrícolas, la tecnología para el secado ha tenido numerosas variantes, con muchas ventajas y desventajas para su utilización, el diseño de cada secador dependerá del tipo de producto a secar y de las condiciones climáticas y geográficas del lugar de emplazamiento, Balladin *et al.* (1996) y Fito *et al.* (2001).

Un secador solar es aquel que utiliza la radiación solar que llega a la tierra para eliminar la humedad de los productos, calentando un fluido, bajándole su humedad relativa y elevando su temperatura para que éste sea el agente secante que extraiga la humedad del producto a secar por el cual este pasará, Fito *et al.* (2001).

El principal objetivo de nuestro trabajo es diseñar y evaluar en vacío un secador solar del tipo indirecto con circulación forzada que se caracteriza porque la radiación solar no incide directamente sobre el producto y además el movimiento del aire dentro del mismo es a través de un ventilador, diseñado bajo las condiciones climáticas de Tuxtla Gutiérrez.

Pretendemos desarrollar un secador que cumpla con los requisitos necesarios para el deshidratado de productos agrícolas: que con él se logren temperaturas altas, humedades relativas bajas y una remoción adecuada del agente secante (aire) dentro de la cámara, para así dar respuesta a la gran demanda de productos secos que hay en el estado de Chiapas como por ejemplo: mango, piña, chile, queso, te limón, semillas varias, frijol, maíz, café, hierbas aromáticas y medicinales, etcétera.

Si logramos bajar la humedad relativa del aire dentro de la cámara de secado a niveles por debajo del 10 % y elevar su temperatura por encima de 45 grados centígrados podremos ofrecer una solución a la gran demanda que existe en el estado de conservar productos agrícolas después de su cosecha por medio de la deshidratación solar.

Este trabajo constituye el comienzo de una serie de experiencias sobre el tema de secado que llevaremos a cabo en el estado de Chiapas donde existen las condiciones idóneas y con un potencial energético solar impresionante para la implementación de estas tecnologías. La implantación de secadores solares en las zonas agrícolas del estado de Chiapas aportará mayor calidad del producto seco final, podrán conservar sus productos por periodos prolongados con mayor valor comercial, se desarrollará económicamente la población y además se resuelven problemas técnicos-productivos sin agresión al medio ambiente, podemos implantarlas en comunidades de difícil acceso y de escasos recursos energético o que no estén conectadas a la red eléctrica nacional.

DESCRIPCIÓN DEL SECADOR

El secador consta de una placa absorbadora, que constituye todo el techo del secador a dos aguas, una cámara de secado, un ventilador, y dos orificios para la renovación del aire de la cámara de secado hacia el ambiente, como se muestra en las figuras 1 y 2, dos láminas galvanizadas pintadas de color negro mate colocadas con un inclinación de 30 grados encargadas de absorber la radiación solar, con dimensiones de 1.2 X 1.9 m, cada lado, sobre ésta una placa de vidrio 1.15 X 1.85 m, que además de provocar un efecto invernadero entre éste y la placa ennegrecida y evita la pérdida de calor por convección, la separación entre la placa negra y el vidrio de 0.1 m. Debajo de la placa absorbadora se ha colocado el ventilador en medio del túnel que forman ésta y el techo de la cámara con forma de pirámide rectangular con dimensiones 2.05 x 0.67 x 1.20 m, que mantendrá la recirculación del aire entre la cámara de secado y el colector solar, es un ventilador axial de mil 985 m³/h de flujo, motor de mil 660 rpm y consumo de 1/20 HP.

La cámara de secado tiene las siguientes dimensiones 2 x 1 x 2 m hecha de paredes de lámina galvanizada aislada del ambiente por una placa de espuma de poliuretano de 10 mm, dentro de ésta se encuentra una estructura de acero, con 8 bandejas

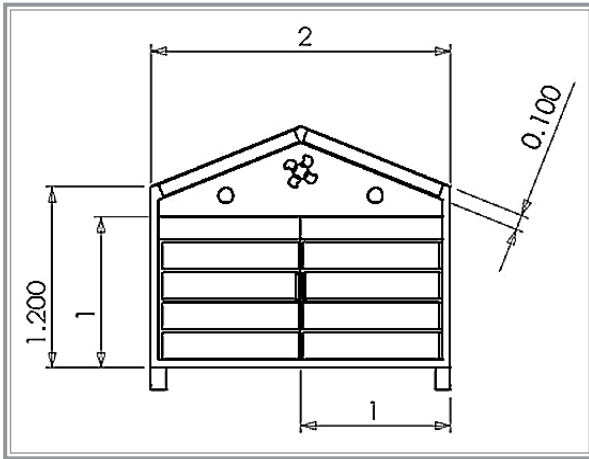


Figura 1 ■ | Vista frontal del secador (medidas en metros).

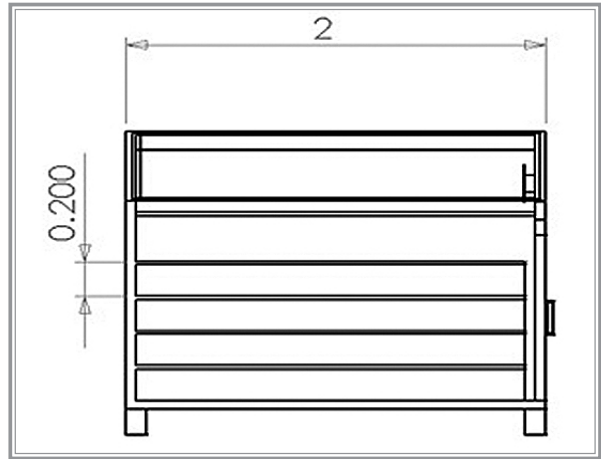


Figura 2 ■ | Vista lateral del secador (medidas en metros).



Foto 1 ■ | Secador ya ensamblado.



Foto 2 ■ | Secador en evaluación.

dispuestas de 2 en 2 para formar un arreglo de pares de bandejas necesarios para poder colocar los productos a secar separadas entre sí con una distancia de 20 cm, las dos puertas son de 1 x 1 m con un cerrojo para lograr la hermeticidad de la cámara de secado.

El secador cuenta con dos salidas de aire de 0.10 m de diámetro en un extremo del colector para poder extraer el aire cuando sus niveles de humedad relativa sean altos y ya no tenga las características como agente desecante idóneas (humedad relativa alta) y así mejorar la eficiencia del secado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla de los principales materiales usados en la construcción del secador que serán utilizadas en los cálculos térmicos.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Para poder diseñar un secador solar hay que hacer una evaluación de las condiciones meteorológicas de la zona de futuro emplazamiento, por medio de una estación actinométrica, donde se registraron entre otras variables: la radiación solar que incidía en el lugar,

Material	Parte del secador	Características importantes	
		Espesor (mm) (mm)	Conductividad (W/m°C)
Lámina galvanizada	Placa absorbadora, forro de paredes y puertas	0.7 mm	112.20
Espuma de poliuretano	Aislante para paredes y puertas	10 mm	0.23
Angular de acero	Estructura del secador, carro de bandejas, patas	75 x75 mm	29.30
Aluminio	Soporte de vidrios	25 x 25 mm	205.00
Vidrio	Colector (techo del secador)	6.0 mm	0.6 – 1.0
Madera	Piso	0.10 mm	0.13

Tabla 1 ■ Tabla de los principales materiales usados en la construcción del secador que serán utilizadas en los cálculos térmicos.

la velocidad del viento, la temperatura y humedad relativa del aire ambiente. Esta estación la programamos para recopilar estos datos cada media hora y ser registrados en una base de datos diariamente.

Teniendo el recurso energético medido por la estación actinométrica, con que se cuenta y sabiendo que la mayoría de los productos agrícolas tienen humedades iniciales entre el 60 y el 80 % y que deben secarse hasta humedades de equilibrio que rondan los 12 y 15 %, pues se calcula el área de captación. Primeramente necesitamos calcular la cantidad de energía que se necesita para evaporar la humedad de los productos

Consumo energético para la eliminación de la humedad del producto

La cantidad de agua a eliminar en un tiempo t (h) durante el secado para hacer pasar el producto desde una humedad M1 (humedad inicial) hasta M2 (humedad de equilibrio o final) ya sea en base húmeda (M_{wb}) o base seca (M_{db}). Navarrete, J.J. y Torres, E. (2009).

$$W_a = W_o [(M_{wb1} - M_{wb2}) / (1 - M_{wb2})] t$$

Esta ecuación también se puede poner en función de la humedad base seca

$$W_a = W_d [(W_{db1} - W_{db2})] t$$

El consumo de aire

El flujo de aire que debe contornear al producto será:

$$m_a = W_a / (w_2 - w_1)$$

La energía consumida

Para evaporar toda esta humedad, haciendo un balance de masa y energía, donde toda la energía y humedad que gane el aire será toda la que pierda el producto, tenemos que: Kkitinoja, Adel Kader (1996).

$$Q_a = m_a (h_2 - h_1)$$

Ya con la cantidad de calor (Q_a) necesaria para la evaporación del agua del producto y la cantidad de energía solar con que contamos podemos diseñar el área del colector solar.

Las leyes de la transferencia de calor nos relacionan estas variantes con el área de captación o área de transferencia de calor como sigue.

$$Q_a = m_a C_p A (dT/dt)$$

dT/dt es la variación de la temperatura del aire desde que entra al secador hasta que sale del colector

La cámara de secado se diseña en dependencia del tipo de producto y del tipo de acción de carga y descarga que sea más factible. Dependerá también de la demanda de producto seco o producción, siempre teniendo en cuenta que la velocidad del aire dentro de ésta debe estar alrededor de 1m/s, este parámetro lo asumimos inicialmente, Balladin *et al.* (1996).

La eficiencia térmica de un colector solar plano se puede describir mediante un balance de energía. Éste se representa mediante la siguiente ecuación: Navarrete, J.J. y Torres, E. (2009) y Duffie, J. A. y Beckman, W.A. (1980).

$$Q_{abs} = Q_u + Q_L + \frac{du}{dt}$$

Donde Q_{abs} es el calor total incidente absorbido por unidad de tiempo en el colector (W), Q_u es el calor útil que finalmente se transfiere al fluido de trabajo (W), Q_L son las pérdidas de calor hacia los alrededores por radiación, convección y conducción (W) y du/dt la rapidez de el cambio de energía interna almacenada en el colector (W) cuyo valor es muy pequeño y generalmente se desprecia.

Haciendo un desglose más detallado de los términos de la ecuación anterior, encontramos que cada uno de ellos puede ser representado por otra ecuación.

$$Q_{abs} = H_T A_c (\tau \alpha)$$

$$Q_u = m C_p \frac{dT}{dt}$$

$$Q_L = U_L A_c (T_{mp} - T_a)$$

$$(\alpha \tau) = \frac{\alpha \tau}{1 - (1 - \alpha) \rho d}$$

El valor de ρd representa la fracción de la radiación solar que es absorbida por el colector y toma diferentes valores según el número de cubiertas que se utilicen. Así, para 1, 2, 3 y 4 cubiertas, los valores de ρd son aproximadamente 0.16, 0.24, 0.29 y 0.32, respectivamente, Mujumdar, A. S (2000).

Sustituyendo y reordenando la ecuación de balance de energía tenemos que:

$$Q_u = A_c [S - U_L (T_p - T_a)]$$

Donde:

$$S = H_T (\tau \alpha)$$

Como podemos ver el calor útil queda como función de la $T_{p,m}$ que es difícil de calcular o medir, ya que está en función del diseño del colector y de variables que cambian continuamente con el tiempo como la radiación solar incidente y la temperatura del fluido de trabajo al entrar al colector.

Aunque aparentemente la ecuación que representa las pérdidas de calor, es sencilla; la evaluación numérica del coeficiente total de pérdidas de calor (U_L) requiere de un análisis detallado. A continuación se presenta un modelo matemático de cómo obtenerlo. Podemos decir entonces, que U_L es la suma de varios coeficientes de pérdidas de calor, que se pueden expresar también como el inverso de sus resistencias, así: Navarrete J.J y Torres E, (2009).

$$U_L = U_t + U_b + U_e$$

Donde U_t es el coeficiente total de transferencia de calor para la parte superior del colector.

$$U_t = \left\{ \frac{N}{\frac{C}{T_p} \left[\frac{T_p - T_a}{N + f} \right]^e + \frac{1}{h_w}} \right\}^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{\frac{1}{\varepsilon_p + 0.00591N h_w} + \frac{2N + f - 1 - 0.133 \varepsilon_p - N}{\varepsilon_g}}$$

De donde:

$$f = (1 + 0.089h_w - 0.1166h_w \varepsilon_p)(1 + 0.07899N)$$

$$e = 0.43 \left(1 - \frac{100}{T_p} \right)$$

$C = 520(1 - 0.000051\beta^2)$, Para $0^\circ < b < 70^\circ$; Para $70^\circ < b < 90^\circ$ se usa $b = 70^\circ$

$h_w = 5.7 + 3.8v$, es el coeficiente de transferencia de calor del viento (W/m^2C).

U_b y U_e , son los coeficientes de pérdida de calor por conducción por el fondo y lados respectivamente y que tienen relación con las dimensiones del colector y el tipo y grosor del aislante utilizado, de manera que:

$$U_b = \frac{k_a}{l} \quad y$$

Calor útil.

$$Q_u = A_c [H_T(\tau\alpha) - U_L(T_p - T_a)]$$

Eficiencia del colector solar

Es la relación entre el calor útil y la energía solar incidente sobre el colector en un mismo periodo de tiempo.

$$\eta_c = \frac{Q_u}{H_T A_c}$$

Una vez diseñado el secador, y modelar matemáticamente sus principales parámetros podemos construirlo y posteriormente evaluarlo termodinámicamente en vacío.

EVALUACIÓN EN VACÍO DEL SECADOR DISEÑADO

Se evaluó el secador propuesto en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas en el mes de marzo. Para evaluar el secador se colocaron termopares tipo k que registraban la temperatura en diferentes partes del secador tales como: cámara de secado, colector solar y placa ennegrecida del colector, y con ayuda de un multímetro digital de gancho Esteren se tomaron las mediciones en diferentes puntos del secador en intervalos de tiempo fijos de media hora, desde las 7:00 hasta las 18:00 horas.

A su vez se registró en los mismos intervalos la humedad relativa del aire dentro la cámara de secado usando un sensor de humedad digital marca Hanna HI-9828.

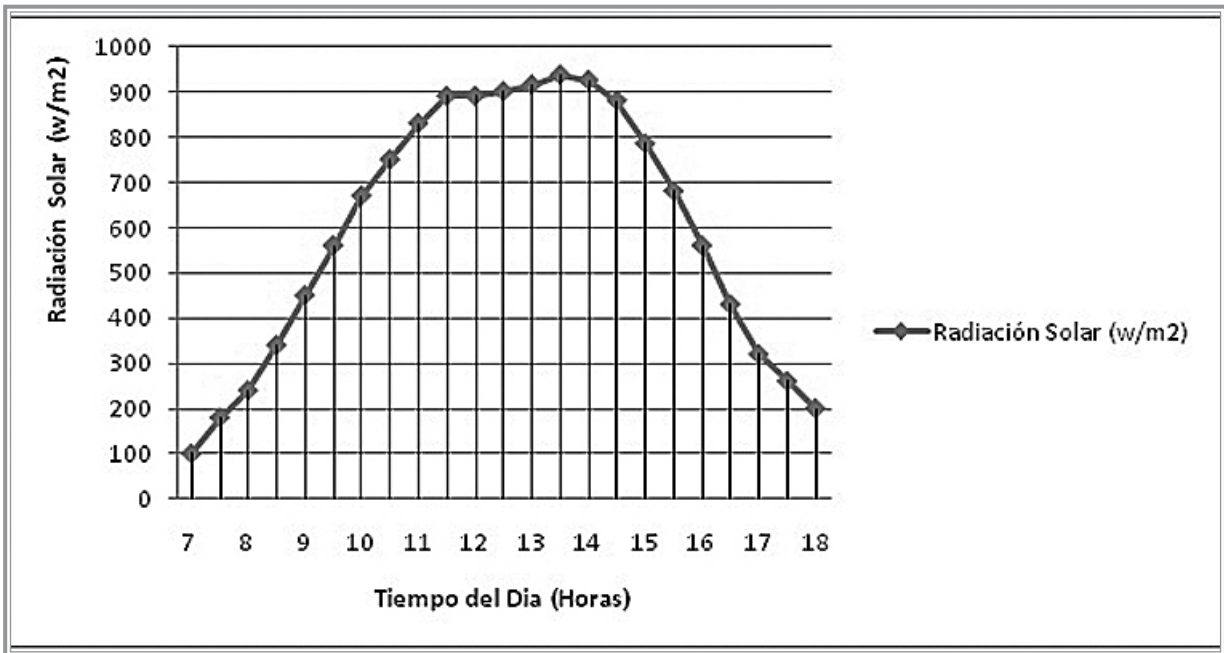
Y así pudimos registrar por un periodo de 15 días del mes de marzo cómo iban variando los parámetros que nos propusimos evaluar dentro del secador solar para poder hacer una comparación con los mismos parámetros del aire ambiente, pudiendo llegar a conclusiones que discutiremos a continuación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

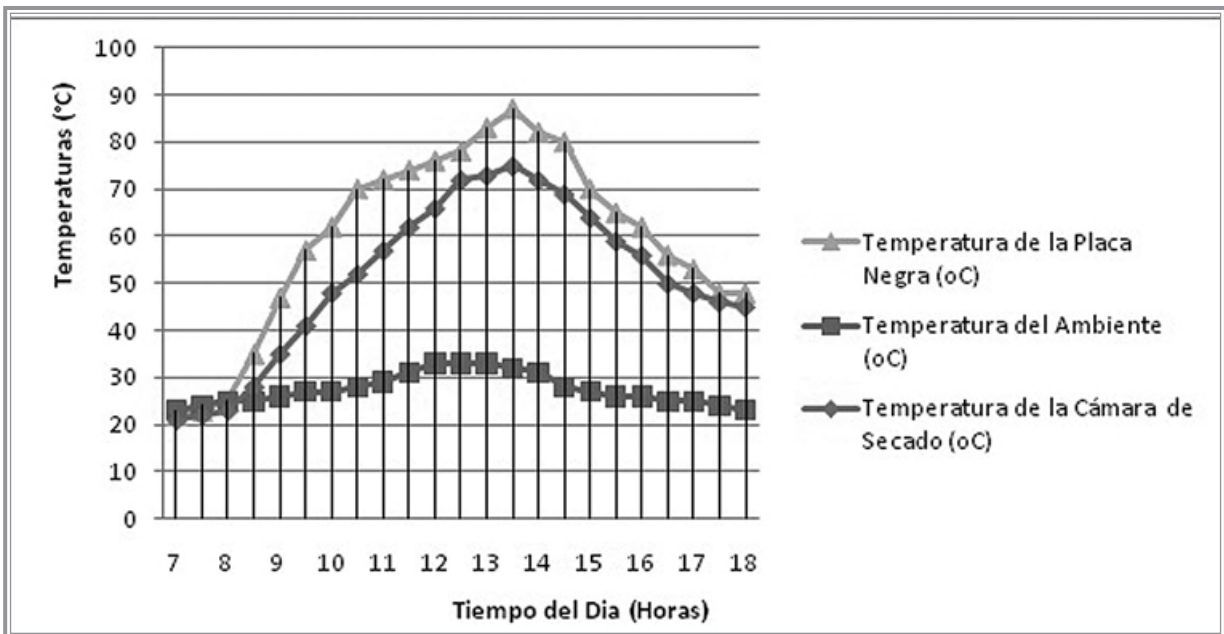
Los resultados de la evaluación en vacío del secador diseñado se pueden apreciar en las gráficas que a continuación comentaremos.

En la gráfica 1, se distingue que la radiación solar registrada para la estación actinométrica obtiene un máximo promedio a partir de las 13:00 horas con $910 W/m^2$. Después de las 13:00 horas la radiación solar comienza a decaer y el aire va perdiendo su capacidad de secar dentro de la cámara. Pero entre las 11:00 y 15:00 horas promedio por encima de los $850 W/m^2$, valor muy aceptable para la época del año en Chiapas (primavera), es una curva típica de radiación solar para la primavera en Chiapas

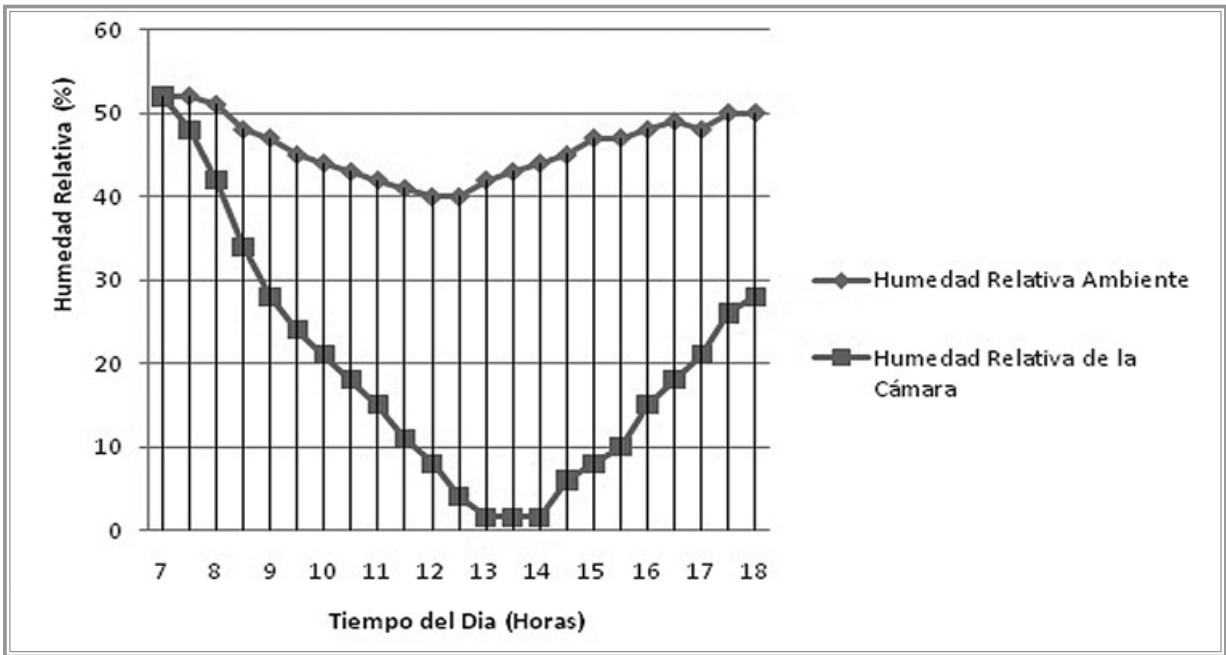
En la gráfica 2 se puede estimar cómo la temperatura del aire (agente secante) dentro del secador va aumentando durante el día gracias a la temperatura que alcanza la placa ennegrecida. En esos días la tempera-



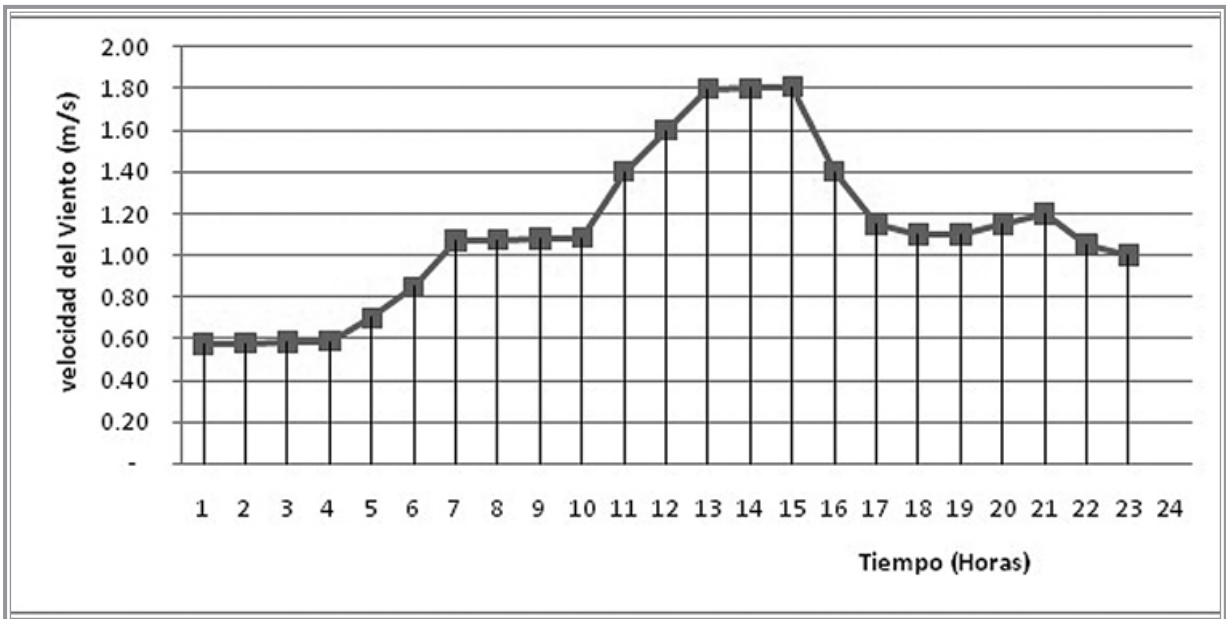
Gráfica 1 ■ Radiación solar promedio cada media hora. Registrada por la estación actinométrica .



Gráfica 2 ■ Variación de la temperatura del aire cuando pasa por el colector solar. Medidas con termopares tipo K.



Gráfica 3 ■ Variación de la humedad relativa del aire al ser calentado en el colector solar.



Gráfica 4 ■ Velocidad del aire en el exterior del secador.

tura ambiente promedio unos 28 grados centígrados y en la cámara de secado se obtuvieron temperaturas promedio de alrededor de 60 grados centígrados, que era uno de nuestros principales objetivos, manteniendo temperaturas superiores a los 30 grados centígrados después el ocaso, eso nos indica que el secador está bien aislado, contribuyendo a mejorar su eficiencia. La placa absorbidora alcanza temperaturas máximas de 90 grados centígrados en las horas de mayor radiación, promediando 75 grados centígrados, eso nos dice que existen pocas pérdidas de calor en el colector solar y que el diseño es bueno y eficiente.

En la gráfica 3 se puede apreciar que la humedad del aire en la cámara de secado va desde un 52 % hasta un 1.5 % en horas del medio día a medida que se va calentando desde un 28 grados centígrados hasta 70 grados centígrados a medida que va variando la radiación incidente durante el día, consideramos que se obtienen valores de ambos parámetros del aire muy buenos para el secado de productos, con estos parámetros el aire seco tiene gran avidez por la humedad que presentan los productos agrícolas. La humedad relativa del aire en el secador promedia 8% entre las 11:00 y las 15:00 horas.

En la gráfica 4, se observa cómo la velocidad del viento aumenta obteniendo sus máximos a partir de las 15:00 horas. Pero debido a las condiciones climáticas del lugar de emplazamiento (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas) en raras ocasiones llega a ser considerablemente alta, promediando 1.6 m/s, podemos concluir que no afecta el desempeño del secador, por lo que se despreciará su influencia en el diseño del secador.

CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un secador solar de tiro forzado e indirecto. Este secador ofrece muchas ventajas para el secado de productos agrícolas ya que en las pruebas en vacío se obtuvieron temperaturas elevadas del aire en la cámara de secado que promediaron alrededor de 60 grados centígrados y humedades relativas bajas del aire dentro de la cámara de secado promediando 8 % entre

las 11:00 y las 15:00 horas, que son las mejores horas de trabajo para este tipo de secador, aunque esto no quiere decir que el secador pierda la capacidad de seguir secando después de las 18:00 horas, por lo que concluimos que este diseño es eficiente y factible para el secado de productos agrícolas.

Este diseño de secador solar ofrecer una solución a la gran demanda que existe en el estado de Chiapas de conservar productos agrícolas después de su cosecha por medio de la deshidratación solar. El agente secante dentro de la cámara alcanzará parámetros ideales para el secado de productos agrícolas de forma eficiente y rápida, en un ambiente controlado y no expuesto a las agresiones ambientales y de plagas. Finalmente la eficiencia térmica obtenida del colector solar fue del 52% siendo este un valor muy bueno para un secador solar.

LITERATURA CITADA

BALLADIN D.A, I. CHANG YEN, D.R. MC-GRAW & O. HEADLEY, 1996. Solar drying of West Indian Ginger rhizome using a wire basket dryer, en *Renewable Energy*, 7 (4): 409-418

DUFFIE J. A & BECKMAN W.A., 1980. *Solar engineering of thermal processes*, John Wiley & Sons, Interscience, Second Edition, pp. 58-115.

FITO P, A. GRAU, J.M. BARAT & A. ALBORS, 2001. *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*, Editorial de la UPV, Valencia, pp. 48- 203.

KITINOJA, ADEL A. KADER, 1996. *Manual de prácticas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala*, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapala, México, pp. 15- 16.

NAVARRETE J.J & E. TORRES, 2009. *Curso de secado solar*, ANES, pp. 5-72.

Estudio exploratorio del impacto ambiental generado por la industria ladrillera del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, México

Cesar Gómez¹

Neín Farrera¹

Pascual López²

Francisco F. Domínguez²

Joel Moreira²

RESUMEN

Para las actividades de producción de ladrillo en el municipio de Chiapa de Corzo, se siguen utilizando prácticas ancestrales que generan daños al ambiente, como es el hecho de utilizar sistemas de combustión; generadores de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂); el cual, de los gases causantes del calentamiento global, es el más abundante y el que más contribuye al *efecto invernadero*. Aquí se presentan los resultados de un estudio exploratorio del impacto ambiental generado por esa industria en esta región en específico. Se realizaron visitas al 25% de las ladrilleras ubicadas en el municipio de Chiapa de Corzo, recabando datos de la cantidad y tipo de combustibles utilizados, número de personas involucradas en esta industria, información de las características de las materias primas usadas en la elaboración del ladrillo, para finalmente identificar el impacto ambiental generado por los sistemas de trabajo utilizados.

Palabras clave: ladrilleras, hornos de ladrillo, calentamiento global, dióxido de carbono, Chiapa de Corzo, Chiapas, México.

ABSTRACT

Currently for brick production in the municipality of Chiapa de Corzo, people are still using traditional practices that generate environmental damage, such as the fact of using combustion systems, generating large amounts of carbon dioxide (CO₂), which of the gases blamed for global warming is the most abundant gas that contributes to this issue. This paper presents the results of an exploratory study of *environmental impact* generated by this industry in this region in particular. Visits were made to 25% of the brick kilns located in the municipality of Chiapa de Corzo, where data was collected regarding the amount and type of fuel used, number of people involved in this industry, information on the characteristics of the raw materials used in brick making, to finally identify the environmental impact caused by the labor systems used.

Key words: brick, brick kilns, global warming, carbon dioxide, Chiapa de Corzo, Chiapas, México.

¹Universidad del Valle de México, Campus Tuxtla
Blvd. Los Castillos no. 375, frac. Montes Azules, C.P. 29050
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Email: cesar.gomezb@uvmnet.edu.

²DES de Ingeniería, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas,
Libramiento Norte Poniente s/n, C.P. 29039
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

INTRODUCCIÓN

La industria ladrillera es una importante actividad productiva generadora de empleos en México. De acuerdo al INEGI (2004) en su

resumen “Características principales de las unidades económicas, por municipio, sector, subsector, rama y subrama de actividad 2003”, existen en el país 8 mil 756 unidades económicas dedicadas a la fabricación de productos de arcilla para la construcción (Villeda, 2010).

Sin embargo, en la actualidad esta industria continúa usando los mismos procesos desarrollados desde la antigüedad, tales como preparación manual de la mezcla, moldeo y cocción en hornos, empleando combustibles y sistemas de combustión con muy baja eficiencia térmica y altamente contaminantes, que generan dioxinas y furanos, distintas especies de hidrocarburos, volúmenes masivos de partículas, óxidos de carbono, óxidos de azufre y de nitrógeno, contaminando la atmósfera, cuerpos de agua y suelo (Moreno, 2003).

Uno de los contaminantes principales es el dióxido de carbono (CO_2), el cual es un gas transparente a la luz solar, pero que absorbe la energía infrarroja (calor) que irradia la superficie terrestre, con lo que retrasa su pérdida en el espacio. Tal proceso calienta la atmósfera inferior y produce el fenómeno conocido como “efecto invernadero”, aún si las variaciones en el porcentaje de la concentración de dióxido de carbono son pequeñas, éstas influyen en la temperatura terrestre. Se estima que estos cambios, han modificado el clima mundial al igual que otras variables relacionadas, como la temperatura, precipitación, humedad del suelo y nivel del mar. Se piensa que el dióxido de carbono (CO_2) es el causante de casi el 60% de la tendencia del calentamiento global (Nebel y Wriqth, 1999).

Para las actividades de producción de ladrillo en el municipio de Chiapa de Corzo, se utilizan diversos combustibles como el diesel, el aserrín de madera, la cáscara de café, leña, olotes, llantas y aceite gastado (SEMARNAT, 2005), combustibles que producen contaminación atmosférica debido a los residuos que se generan por la combustión de estos materiales, entre los que se encuentra el dióxido de carbono (CO_2)

(Casado 2005, 2010). Sin embargo, a pesar de ello, la producción de ladrillo en el municipio de Chiapa de Corzo se ha incrementado, debido a que satisface una gran parte de la demanda de materiales de la industria de la construcción, sector muy importante en México, ya que involucra 37 ramos industriales en el país, y en los últimos años ha tenido un crecimiento inclusive mayor que el producto interno bruto (Secretaría de Hacienda, 2010).

La materia prima principal del ladrillo es la arcilla (barro), la cual es extraída del suelo lo que genera gran deterioro del mismo. Como arcilla se enmarca todo material sedimentado poco constituido, y que está integrado en su mayor parte por los denominados minerales de arcillas; filo silicatos de aluminio, magnesio y hierro, entre los que merecen mencionarse la caolinita, montmorillonita, illita, vermiculita, hallysita, etc; otros componentes mineralógicos de la arcilla son el sílice, generalmente en forma coloidal, carbonato de calcio, compuestos de hierro y materia orgánica. En la industria de la construcción esta materia prima juega un papel importante, ya que con ésa se elaboran distintos tipos de ladrillo y teja (Castellanos, 2005).

En el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, la fabricación de ladrillo, es una actividad productiva que da sustento a más de 400 familias desde hace varias décadas (SEMARNAT, 2005), genera un insumo básico para la industria de la construcción que opera tanto en el municipio como en los municipios cercanos de Tuxtla Gutiérrez, Acala, Venustiano Carranza y San Cristóbal de Las Casas.

Esta investigación, tiene el objetivo de presentar los resultados de un estudio exploratorio del impacto ambiental generado por la industria ladrillera en este municipio del estado de Chiapas. Se recabaron datos relativos a la cantidad y tipo de combustibles utilizados, número de personas involucradas en esta industria, información de las características de las materias primas usadas en la elaboración del ladrillo

Coordenadas geográficas			Coordenadas geográficas		
Horno	N	O	Horno	N	O
1	16°40'.495"	92°52'.469"	17	16°38'.615"	93°00'.630"
2	16°40'.489"	92°59'.815"	18	16°38'.645"	93°00'.660"
3	16°40'.453"	92°59'.809"	19	16°38'.428"	93°00'.530"
4	16°40'.432"	92°59'.778"	20	16°38'.271"	93°00'.472"
5	16°40'.410"	92°59'.772"	21	16°38'.250"	93°00'.401"
6	16°40'.514"	92°59'.978"	22	16°38'.252"	93°00'.409"
7	16°40'.405"	93°00'.960"	23	16°38'.196"	93°00'.420"
8	16°36'.656"	93°00'.321"	24	16°38'.252"	93°00'.409"
9	16°36'.657"	93°00'.274"	25	16°38'.196"	93°00'.405"
10	16°36'.659"	93°00'.325"	26	16°36'.780"	92°59'.710"
11	16°36'.660"	93°00'.260"	27	16°36'.797"	92°59'.724"
12	16°36'.635"	93°00'.180"	28	16°36'.765"	92°59'.783"
13	16°36'.660"	93°00'.355"	29	16°36'.752"	92°59'.743"
14	16°36'.657"	93°00'.274"	30	16°40'.401"	93°00'.095"
15	16°38'.544"	93°00'.629"	31	16°40'.497"	93°00'.055"
16	16°40'.453"	92°59'.757"	32	16°40'.563"	92°59'.310"

Figura 1 ■ | Ubicación de las ladrilleras visitadas.

para finalmente identificar los impactos ambientales generados por los sistemas de trabajo utilizados.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en tres etapas. En la primera se determinaron los sitios que iban a ser visitados. Con base en el “Diagnóstico de las condiciones de

operación de los hornos ladrilleros ubicados en el municipio de Chiapa de Corzo” (SEMARNAT, 2005), existen en el municipio 126 hornos y 428 familias dependen directamente de estas actividades. Con el apoyo de la Sociedad de Producción Rural, Ladrilleros de Riberas Unidas se pudo tener acceso al 25.4 % de la población total (32 ladrilleras) del municipio. El criterio que se

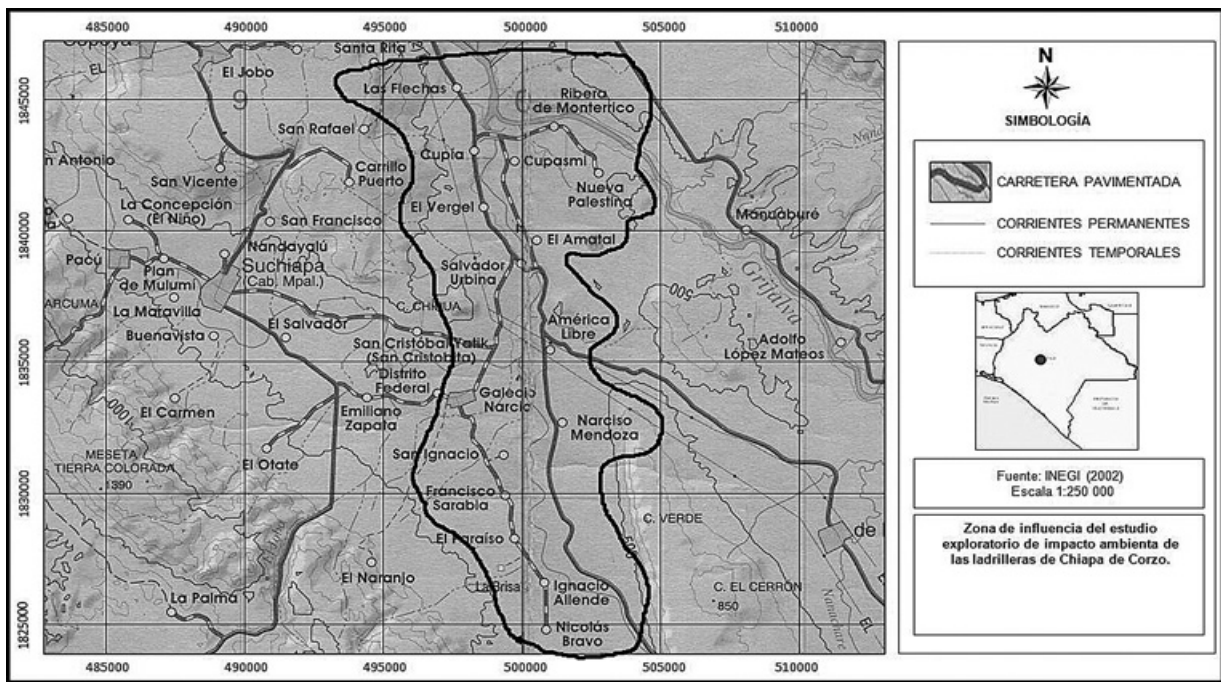


Figura 2 ■ | Zona de influencia del estudio.

utilizó para seleccionar estos centros de producción fue el de acudir a las ladrilleras con mayor capacidad de producción y el de visitar a las ladrilleras que utilizaran los diversos combustibles utilizados en esta región, los cuales son el aceite gastado de los vehículos, la cáscara del café (*Coffea arabica* L.) conocida en la zona como “cascabillo”, y los residuos de la mazorca de maíz (*Zea mays* var. *saccharata*) conocido como “olote”.

La segunda etapa consistió en visitar a las 32 ladrilleras que correspondían (figura 1), a cada una de ellas se le referenció geográficamente utilizando un equipo de posicionamiento global y a los responsables de cada una, se les aplicó una encuesta sobre la cantidad y tipo de combustibles utilizados, el número de trabajadores, así como las cantidades y características de las materias primas usadas en la elaboración del ladrillo.

La zona de influencia de este estudio exploratorio (figura 2) está formada por las poblaciones de ribera Las

Flechas, Cupía, El Vergel, Salvador Urbina, Galecio Narcia, Narciso Mendoza, América Libre, El Amatal, Cupasmí y Monterico, en el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas.

La última etapa consistió en identificar el impacto ambiental generado, haciendo uso de una metodología de evaluación del impacto ambiental basada en matrices de interacciones causa-efecto de Leopold (Carter, 1998), y finalmente, con el apoyo de literatura, se determinaron algunas cantidades de contaminación por combustible y de daños ocasionados al suelo por esta muestra de ladrilleros estudiada.

RESULTADOS

Tipos de combustibles utilizados

En la investigación se determinó un total de 724 sesiones de cocción de ladrillo (quemadas) al año, con un promedio de 22, 000 piezas de ladrillo por cada una.

Matriz de Identificación de Impactos Ambientales (Leopold modificada)				Acciones		
				Fabricación de Ladrillo	Sistema de cocción	Comercialización
Estudio exploratorio del impacto ambiental generado por la industria ladrillera del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas.						
Factores ambientales Impactados				1	2	3
Componente	Medio	Elemento				
INERTE	ATMOSFERA	Calidad del Aire	1			
		Nivel de Ruido y Vibraciones	2			
	TIERRA	Geomorfología	3			
		Recursos Minerales	4			
		Propied. Físicoquímicas	5			
		Erodabilidad	6			
	AGUA	Superficial	7			
		Subterráneo	8			
BIOTICO	FLORA	Estrato Arboreo	9			
		Estrato Arbustivo y Herbáceo	10			
	FAUNA	Acuáticas, Terrestres y Aves	11			
PERCEPTUAL	PAISAJE	Calidad Paisajística	12			
SOCIOCULTURAL	USOS DEL TERRITORIO	Cambio de Uso del Suelo	13			
	INFRAESTRUCTURA	Vías d' Comunicación y Serv.	14			
	HUMANOS Y CULTURAL	Salud y seguridad	15			
ECONÓMICO	ECONOMIA	Empleo y Nivel de ingresos	16			

Figura 3 ■ | Matriz de Identificación de Impacto Ambiental.

Del total de quemas, 46% se efectúan con madera (leña) proveniente principalmente de las siguientes especies arbóreas: mulato (*Bursera simaruba* L. Sarg), matiliguatate (*Tabebuia rosea*), Brasil (*Haematoxylon brasiletto* Karst.), mezquite (*Prosopis juliflora*), capulín (*Muntingia calabura* L.), cuaulote (*Guazuma ulmifolia*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), guash (*Leucaena leucocephala* (Schlecht.) M. Sousa.), maluco (*Genipa americana*) y guayabo (*Psidium guajava*). [CONABIO, 2010].

Las quemas realizadas con cáscara de café (*Coffea arabica* L.) conocida en la zona como “cascabillo” corresponden al 22% de total de las quemas. El 10% de ellas se realizan con los residuos de la mazorca de maíz (*Zea mays* var. *saccharata*) conocido como “olote” y finalmente el 21% se realizan con aceite gastado de mantenimiento automotriz.



Figura 4 ■ | Ladrillera típica. Nótese el nivel del terreno natural.

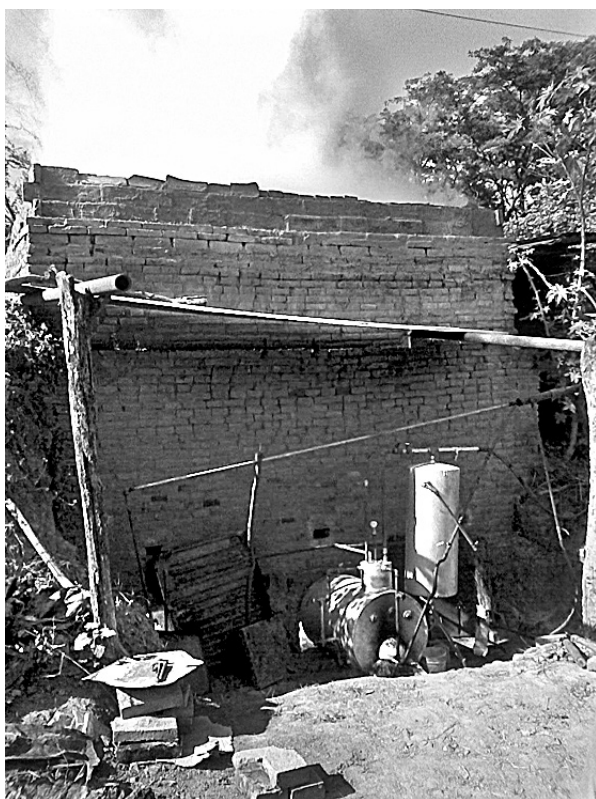


Figura 5 ■ | Equipo de quemado de aceite lubricante gastado.

IMPACTOS AMBIENTALES

Los resultados de este estudio exploratorio (figura 3), indican que los factores ambientales más importantes impactados de manera negativa, son el de la calidad del aire por contaminación a la atmósfera debida al tipo de combustible y al ineficiente sistema de cocción de los ladrillos, y el de la geomorfología y erosión de los suelos, debido a que este sirve para la extracción de la materia prima principal (arcilla) para la elaboración del ladrillo (figura 4). Sin embargo, el factor ambiental impactado de manera positiva es el sociocultural, debido a que de la muestra evaluada 157 familias del municipio dependen económicamente de esta actividad.

La cantidad estimada de madera utilizada por quema es de 5 mil 517 kg, y de acuerdo a Carazo (2006) se generan 1.63 kg de dióxido de carbono (CO_2) por kilogramo de madera incinerada. Por tanto, 336 quemas generan al año mil 853.71 toneladas de CO_2 derivadas del uso de madera (leña) en la muestra de ladrilleras evaluadas.

Se utilizan 277 mil 200 kg de aceite gastado de mantenimiento automotriz en 154 quemas al año, y con base en los resultados obtenidos por el Laboratorio Estatal de Monitoreo Ambiental en la Calidad del Aire (SEMAVIHN, 2005), cada quema con aceite gastado (figura 5) genera en promedio $41.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas suspendidas totales, 12.49 ppm/v de dióxido de nitrógeno (NO_2), 16.5 ppm/v de dióxido de azufre (SO_2), 0.4 ppm/v de monóxido de carbono (CO). Todos estos parámetros, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en las normas oficiales mexicanas, 024, 023, 022 y 021 de la Secretaría de Salud correspondientes.

Las ladrilleras muestreadas, producen en promedio 22 mil piezas de ladrillo al mes, lo que requiere de 266.73 m^3 de arcilla, por lo que para producir 15 millones 928 mil piezas de ladrillo al año, se realiza una extracción de 445 mil 984 m^3 de arcilla.

CONCLUSIONES

La diversidad de los materiales utilizados para la combustión en las ladrilleras está relacionada con la disponibilidad de los mismos. De acuerdo a los comentarios de los productores, el sistema más eficiente y eficaz es el usar aceite gastado. Sin embargo, por el momento no está al alcance económico de todos los productores, debido a situaciones comerciales con las empresas autorizadas para disponer del residuo. El uso de biomasa como el usar “cascabillo” y “olote”, es una buena opción, pero de igual forma su disponibilidad es limitada, debido a que depende de la temporada de producción de terceras personas tanto de café como de maíz. La disponibilidad de la leña es casi constante para todo el año, pero independientemente de sus implicaciones ambientales, para los productores resulta muy desgastante físicamente el usarla porque requiere de mucho esfuerzo y tiempo de cocción, ya que puede ir desde 18 hasta 30 horas de constante alimentación de madera al horno.

El uso inmoderado de la madera (leña) ocasiona un impacto ambiental fuera de la zona de influencia de las ladrilleras, por lo que se calculó que para dar abasto a las 336 quemas al año con uso de madera se requiere deforestar cuatro hectáreas de zonas arboladas, con todas las implicaciones que resultan de esto. Además, otro impacto ambiental negativo generado por las ladrilleras es el de la salud humana, debido a que la quema de la madera en los hornos de ladrillo, según los comentarios de los propios productores, ha generado reacciones alérgicas, conjuntivitis, irritación e inflamación del tracto respiratorio e infecciones respiratorias, además de fiebre y dolor prolongado debido a la excesiva exposición a las altas temperaturas.

Otro elemento severamente impactado por las actividades de producción, es el suelo. Como se mencionó anteriormente, para operar las 32 ladrilleras, se requieren de 445 mil 984 m³ de arcilla, lo que equivale a 63 mil 712 cargas de camiones de volteo. Al retirar todo este material se daña la vegetación, la fauna y

las escorrentías naturales. Por lo que es importante considerar, planes de recuperación de suelos para que vuelvan a ser fértiles para cultivos.

Finalmente, el componente ambiental que resulta impactado positivamente, es el socioeconómico debido a que la producción de ladrillo del municipio de Chiapa de Corzo, contribuye en gran medida a la comercialización de materiales de construcción de la región, ya que la producción de las ladrilleras evaluadas se determinó en 15 millones 928 mil ladrillos; cantidad necesaria para construir 3 mil 185 viviendas al año de interés social, de acuerdo a las dimensiones mínimas establecidas por el INFONAVIT (2010).

LITERATURA CITADA

CARAZO A., 2006. Cifras básicas de la relación madera-fijación de carbono-CO₂ atmosférico, en *Montes: Revista de Ámbito Forestal*, ISSN 0027-0105, no. 84: pp. 48-52.

CARTER LARRY W., 1998. *Manual de evaluación de impacto ambiental. técnicas para la elaboración de los estudios de impacto*, Editorial McGraw-Hill, México, pp. 525.

CASADO PIÑEIRO, M., 2005. Procesos de producción más limpia en ladrilleras de Arequipa y Cusco, en *Programa Regional de Aire Limpio, programa de COSUDE, ejecutado por Swiscontact, CONAM y Calandria, s.l.*

_____, **2010.** *Elaboración de límites máximos permisibles de emisiones para la industria ladrillera*, Perú, http://www.redladrilleras.net/documentos_galeria/LMPs%20Ladrilleras.pdf [Consulta: octubre 2010].

CASTELLANOS ALARCÓN, O., 2005. Caracterización geológica de arcillas del valle de Laboyos, municipio de Pitalito, Huila, Bucaramanga, Colombia, en *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, julio, año/vol 3, número 002, Universidad de Pamplona. pp. 43-53.

CONABIO, 2010. *Especies nativas valiosas para la reforestación*, [En línea]. www.conabio.gob.mx. [Consulta: 2 septiembre 2010].

INEGI, 2004. *Características principales de las unidades económicas, por municipio, sector, subsector, rama y subrama de actividad 2003. México*, [En línea] <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2004/ResumenBCS.asp?c=6378&e=03> [Consulta: septiembre 2010].

INFONAVIT, 2010. [En línea]. www.infonavit.gob.mx.

MORENO MURGUÍA P., 2003. Estimación de riesgos ambientales causados por la industria ladrillera, Facultad de Ingeniería, UNAM, www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/moreno.pdf [Consulta: 01 Nov 2010].

NEBEL BERNARD J., R. WRIGHT T., 1998. *Ciencias ambientales. Ecología y desarrollo sostenible*, 6ª edición, Editorial Pearson-Prentice Hall, México, 1999, pp 408.

SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO, 2010. [En línea]. www.shcp.gob.mx. [Consulta: 2 septiembre 2010].

SEMARNAT, 2005. *Diagnóstico de las condiciones de operación de los hornos ladrilleros ubicados en el municipio de Chiapa de Corzo. México*, Documento consultado en septiembre de 2010, en las oficinas de la delegación Chiapas de la SEMARNAT, en el departamento de manejo integral de contaminantes, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, s.p.

SEMAVIHN, 2005. *Diagnóstico de la calidad del aire de los hornos de ladrillo del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, febrero 2005*, Laboratorio de la Calidad del Aire, SEMAVIHN, México, Documento consultado en enero de 2010, en la Dirección de Protección Ambiental de la SEMAVIHN, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, s.p.

VILLEDA MUÑOZ G., 2010. *Horno solar de alta temperatura para el cocimiento de tabiques de arcilla*, Tesis de doctorado, CICATA IPN, Querétaro, XXVII pp.



Subsistemas hidrológicos de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México

¹Margarito Tapia-García

¹M. C. García-Abad

²Fredi Eugenio Penagos García

³José Luís Moreno Ruiz

³Luís Gibran Juárez Hernández

³José Martín Ramírez Gutiérrez

³David Herrera Olayo

RESUMEN

La laguna Mar Muerto tiene amplias variaciones de temperatura (desde 21.5 hasta 38.5 grados centígrados) y salinidad (desde 13 hasta 90 ups), determinadas el clima prevaleciente. Durante la época de sequía-vientos “Tehuantepecanos” y en el principio de la época de lluvia, la laguna se comporta como un antiestuario; durante la época de lluvia, el patrón observado es inverso al de la época de sequía. La laguna Mar Muerto se divide en tres subsistemas hidrológicos. El subsistema eurihalino es la parte más interna de la laguna con alta turbidez, y grandes variaciones de salinidad. El subsistema marino está en contacto directo con el mar a través de la Boca de Tonalá, tiene la mayor profundidad con menor variación de salinidad y

temperatura, y baja turbidez. El subsistema de transición constituye la parte media de la laguna y representa una unidad de transición entre el subsistema eurihalino y el subsistema marino.

Palabras clave: subsistema hidrológico, factores abióticos, Mar Muerto, Arriaga, Chiapas, México.

ABSTRACT

The Mar Muerto Lagoon has broad variation of temperature (21.5 to 38.5 °C) and salinity (13 to 90 ups), determined by the climatic seasons. During the dry-season “Tehuantepecanos” winds and the beginning of the wet season the lagoon has a negative estuarine pattern; during the wet season is a typical estuarine system. The lagoon has three hydrological subsystems. The eurihaline subsystem is the inner part of the lagoon, with high turbidity and broad variations of salinity. The marine subsystem has a direct connection with the sea, through the Tonalá inlet, and it has the highest depth and lower turbidity. The transitional subsystem is the mid part of the lagoon, and it has transitional characteristics between the eurihaline subsystem and the marine subsystem.

Keyword: hydrological subsystem, factors abióticos, Mar Muerto, Arriaga, Chiapas, México.

¹Depto. De Hidrobiología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Av. Rafael Atlixco #186, col. Vicentina, México, D.F., C.P. 09390 A.P. 55-535. Tels: 5804-4737, 5804-6492 Fax: 5804-4738 e-mail: mtg@xanum.uam.mx

²Laboratorio de Hidrobiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) Libramiento Norte Poniente 1150, col. Lajas Maciel Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29039 e-mail: fredy_penagosgarcia@hotmail.com

³Laboratorio de Ictiología y Ecología Costera, Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa. Dir. Av. San Rafael Atlixco #186, col. Vicentina México, D.F., C.P. 09390 e-mail: gibbjuarez@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En México, el Golfo de Tehuantepec es una de las principales áreas de pesca, ya que tiene el cuarto lugar en cuanto a la producción de camarón a nivel nacional, con una intensa actividad industrial en la ciudad de Salina Cruz, Oaxaca, dirigida en primer término a la refinación del petróleo, y con una fuerte proyección hacia el turismo en la costa oeste del golfo (Tapia-García *et al.* 1998). En la región, también se localizan un gran número de sistemas lagunares, donde la actividad pesquera artesanal es intensa y está dirigida principalmente al camarón. Entre estos sistemas se encuentra la laguna de Mar Muerto, que tiene una gran influencia sobre la plataforma continental adyacente (Tapia-García, 1997).

Para el conocimiento ecológico de un sistema y su adecuado manejo y explotación se requiere del análisis previo de sus características hidrológicas. Así, a partir de una caracterización de los factores abióticos se tendrá un marco de referencia físico ambiental que será base para la caracterización de la comunidad biótica en investigaciones futuras.

En el Pacífico sur mexicano correspondiente a las costas del Golfo de Tehuantepec, los antecedentes existentes sobre la hidrología de las lagunas costeras son escasos por lo que el objetivo del presente estudio es caracterizar la laguna con relación a la salinidad, temperatura y transparencia del agua en las diferentes épocas climáticas.

ÁREA DE ESTUDIO

La laguna Mar Muerto, se localiza en la parte norte del Golfo de Tehuantepec entre los 15° 58' y 16° 17' de Latitud norte, y entre los 93° 50' y 94° 25' de Longitud oeste, y forma parte de los estados de Oaxaca y Chiapas. Tiene una longitud de 12 km en su parte más ancha y 60 km de largo, con un área aproximada de 700 km² (fig. 1). La forma general de la laguna es alargada con la parte de mayor longitud situada del sureste al noroeste, paralela a la línea de costa, y se conecta al Océano Pacífico a

través de la Boca de Tonalá, que es una estrecha entrada de aproximadamente mil 600 m de ancho y 3.6 m de profundidad (Cervantes Castro, 1969).

Álvarez del Villar y Díaz Pardo (1973), hicieron una descripción general de la laguna Mar Muerto sobre la que mencionan las siguientes características. Presenta tres áreas amplias y dos estrechas. Estas áreas estrechas son someras por lo que constituyen barreras físicas entre las tres áreas amplias. Las áreas amplias, central y sureste, tienen una extensión aproximada de 28 mil 50 hectáreas. En el área sureste prevalecen condiciones marinas que no tiene variación por el aporte constante de agua de mar a través de la Boca de Tonalá, y en el área central el intercambio es limitado lo que provoca una variación estacional. El área noroeste es muy somera y presenta grandes variaciones estacionales. En general la laguna es muy somera, ya que el 49.5% tiene profundidades menores a 1m y sólo el 2.3% alcanza más de 5 m. Desembocan un gran número de ríos de escasa dimensión los que se mantienen secos durante la época de sequía, entre éstos, el de mayor importancia es el río Tapanatepec que desemboca en la región denominada El Escopetazo. La causa principal de las corrientes son las mareas, que ocasionan la entrada y salida de agua de la laguna; la influencia de las mareas no es de gran amplitud, debido a que la Boca de Tonalá es relativamente pequeña. Durante octubre, noviembre y diciembre se presentan con frecuencia vientos denominados "Nortes" o Tehuantepecanos, a pesar de que tienen una dirección oeste-este, y disminuyen de enero a marzo. Estos vientos ocasionan una corriente superficial hacia la Boca de Tonalá, lo cual determina que el nivel de la laguna disminuya notablemente; el nivel se restablece cuando cesan los vientos nortes. Durante la época de lluvia, la precipitación pluvial también provoca corrientes que se dirigen hacia la Boca de Tonalá.

METODOLOGÍA

Actividades de campo. En la laguna Mar Muerto se realizaron 13 muestreos correspondientes a los meses

de julio y septiembre de 1991, marzo, abril, junio, agosto, octubre y diciembre de 1992, y marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre de 1993. Se realizaron un máximo de 34 estaciones, lo que permitió caracterizar áreas de contraste en la laguna Mar Muerto -ambiente de baja salinidad, hipersalinidad y marinos (fig. 1).

Se hicieron mediciones de temperatura ambiente y del agua con un termómetro convencional, salinidad con un refractómetro, profundidad con una sonda y transparencia con un disco de Secchi.

Actividades de gabinete. Se realizó un análisis de los factores físicos de la laguna temperatura ambiente, temperatura superficial del agua, transparencia, profundidad y salinidad para determinar las áreas contrastantes y su variación estacional, para lo cual se aplicó un análisis de factores a través del método de componentes principales.

Para la descripción en mapas de los grupos de estaciones clasificadas se utilizó la distancia media entre las estaciones que bordean a los grupos clasificados.

RESULTADOS

Caracterización de los factores abióticos. La temperatura ambiente presentó una variación de 20 grados centígrados en noviembre a 37 grados centígrados en mayo. Los valores promedio más bajos correspondieron a marzo, julio, noviembre y diciembre, y los más altos a abril y mayo. La tendencia general a partir de abril-mayo, fue una disminución de la temperatura hasta alcanzar los valores más bajos de noviembre a marzo (fig. 2).

El comportamiento de la temperatura del agua fue similar al comportamiento de la temperatura ambiente. La temperatura más baja del agua se registró en el mes de diciembre (21.5 grados centígrados) y la más alta en mayo (38.5 grados centígrados). Los valores promedio más bajos se presentaron de noviembre a marzo; a partir de marzo se observó un incremento hasta alcanzar los máximos valores de mayo a agosto, para disminuir posteriormente (fig. 2).

La salinidad presentó una variación de 13 ups en noviembre hasta 90 ups en mayo. Los valores promedio más bajos se presentaron de junio a noviembre, correspondientes a la época de lluvia. Los valores más altos se presentaron de diciembre a mayo (fig. 2).

La transparencia del agua (Secchi) varió desde 10 cm en octubre hasta 200 cm en marzo. La transparencia promedio de la laguna fue mayor durante la época de sequía y menor durante la época de lluvia (fig. 2).

En los meses correspondientes al final de la época de sequía (marzo-mayo), los registros de temperatura presentaron un gradiente, con los valores más altos en la parte más interna de la laguna, y disminuyeron hacia la boca. El área contigua a la boca, presentó los registros de temperatura más bajos. Desde junio hasta octubre (época de lluvia), los registros de temperatura fueron más homogéneos en toda la laguna, con una tendencia a ser ligeramente mayor en aguas somera y hacia la parte más interna de la laguna (fig. 3).

La distribución de la salinidad presentó un fuerte gradiente durante la época de sequía y al principio de la época de lluvias (diciembre a junio), con hipersalinidad en la mayoría de la laguna. Los valores más altos correspondieron a la parte más interna de la laguna, los cuales disminuyeron hasta alcanzar los valores del agua de mar hacia la boca. De julio a noviembre, que comprende la época de lluvias, el patrón observado durante la época de sequía se invierte, con los valores de salinidad más bajos hacia la parte más interna de la laguna, y los más altos hacia la boca (Fig. 4).

Los valores de transparencia presentaron un patrón de distribución general durante todo el año, con un gradiente de mayor transparencia del agua en el área de influencia marina, que disminuyó hacia el interior de la laguna. Este patrón fue más evidente durante la época de lluvia (fig. 5).

Como resultado del análisis de factores por componentes principales (salinidad, temperatura y transparencia), se observaron tres grupos de estaciones, que reflejaron en general las tres áreas mencionadas, y los

límites entre ellas fueron variables y por lo general coinciden con las partes estrechas que las separan (fig. 6). En la época de sequía se detectaron solo dos agrupaciones (fig. 7).

CONCLUSIONES

Caracterización de los factores abióticos. De acuerdo al comportamiento de los parámetros abióticos de la laguna, éstos reflejan un comportamiento estacional que también está asociado a la dinámica climática de la región. Esto se manifiesta claramente en los valores de temperatura ambiente, ya que los valores bajos corresponden principalmente con el periodo de sequía, y esporádicamente en algunos meses de la época de lluvias. Los valores bajos en el periodo de sequía se atribuyen a los vientos Tehuantepecanos, denominados en esta laguna como vientos Chicapa, los cuales son fríos y secos (Monreal Gómez y Salas de León, 1998), y aun cuando tienen menor intensidad respecto al Istmo de Tehuantepec, presentan un efecto directo en las condiciones locales, la temperatura ambiente y la del agua, ya que siguen un comportamiento similar. Al respecto, los valores bajos de temperatura durante la época de lluvia, Ocampo y Emilsson (1974) atribuyen este comportamiento en la laguna de La Joya-Buenavista, contigua a la laguna Mar Muerto, a la alta nubosidad que reduce la radiación solar, así como por los escurrimientos fluviales intensos que provienen de la sierra contigua de mayor altitud y menor temperatura.

Generalmente la salinidad promedio de la laguna, excede la salinidad marina (hipersalina) durante la época de sequía, resultado de la alta evaporación y la escasez de escurrimiento fluvial, contrario a lo que sucede durante la época de lluvia. Sobre la salinidad, Ocampo y Emilsson (1974) mencionan para la laguna La Joya-Buenavista, que en la época de sequía las isolíneas de salinidad (principalmente por efecto de las mareas) avanzan hacia el interior del sistema a una velocidad de 30 k/m/mes, lo cual también está asociado a la intensa

evaporación de la época de sequía, la ausencia de lluvia y los escasos aportes fluviales. Esta situación es similar en la laguna Mar Muerto, donde la parte más interna de la laguna alcanza valores de hipersalinidad, que disminuye hasta la Boca de Tonalá donde se encuentran características marinas. De la misma forma, Ocampo y Emilsson (1974) mencionan que en la época de lluvia, las isolíneas de salinidad mayores a 10 ups retroceden bruscamente, observándose valores menores a 10 ups lo que atribuyen a lluvias torrenciales. El comportamiento de la salinidad indica una expulsión y dilución del agua salada en el inicio de la época de lluvia y la incursión de agua marina en la época de sequía con tendencia a la hipersalinidad por la alta evaporación.

La transparencia también refleja la importancia de los aportes fluviales a la laguna, los que determinan una baja transparencia en la parte más interna y mayor transparencia hacia la Boca de Tonalá.

Es importante mencionar que la parte más interna es somera y de menor circulación, lo cual probablemente también influye para tener una mayor temperatura, y por tanto mayor evaporación y salinidad.

Los patrones observados pueden presentar modificaciones debido a periodos de sequía y por tanto al retraso o adelanto de la época de lluvia, como sucedió en el mes de agosto cuando se presentó un gradiente claramente antiestuarino.

De acuerdo al resultado del análisis de factores por componentes principales, se observa que en general hay tres áreas de características diferentes en la laguna, y que los límites entre ellas son variables y por lo general coinciden con las partes estrechas de la laguna. Puesto que estas tres áreas coinciden con las tres áreas geomorfológicas de la laguna, para motivos descriptivos, la parte más interna de la laguna se le denominará posteriormente como *subsistema eurihalino*, la parte media *subsistema de transición*, y la parte hacia la Boca de Tonalá *subsistema marino* (de influencia marina).

Los meses en que se detectaron estos tres subsistemas, coinciden con los meses en los que el gradiente de

salinidad fue débil, correspondiente a la época de lluvia, ya que es muy evidente el subsistema de transición entre el subsistema eurihalino y el subsistema marino. En la época de sequía se detectaron sólo dos subsistemas hidrológicos, época en la cual el gradiente de salinidad fue muy fuerte. Como resultado de la hipersalinidad hacia la parte más interna de la laguna, los subsistemas eurihalino y de transición observados en la época de lluvia conforman un solo subsistema en la época de sequía. Asimismo, es importante mencionar que en algunos meses los subsistemas mencionados anteriormente no son claros, lo que puede ser resultado de radicales cambios hidrológicos observados en los subsistemas de la laguna, resultado de una fuerte hidrodinámica determinada por diversos factores como son el efecto de los vientos (“nortes” en la época de sequía, y “surestes” en la época de lluvias), la variación de las mareas, los aportes pluviales y las sequías, en adición a que la laguna es muy somera, razón por la cual los factores mencionados tienen mayor impacto en la hidrodinámica de la laguna. Esta hidrodinámica se refleja en la distribución de sedimentos, ya que de acuerdo a Guilbert López (1996), la composición textural de los sedimentos de la laguna cambian evidentemente en las diferentes épocas climáticas, con una tendencia general de arena muy fina, fina y media en la parte más interna de la laguna, limos gruesos y arena muy fina en la parte central, y arena fina y media en el subsistema marino. La tendencia a presentarse arena gruesa y muy gruesa en el subsistema eurihalino, puede ser resultado del efecto de los vientos Tehuantepecanos que provienen del noreste (en la región se le denominan vientos “Chicapa”), cuya actividad erosiva puede transportar arena que se acumulan en esta parte de la laguna. La presencia de limos gruesos y arena muy fina en el subsistema de transición frente al río Tapanatepec, probablemente manifiesta la influencia de éste hacia la laguna. El predominio de arena fina en el subsistema marino es posible que indiquen el efecto del transporte litoral y

las mareas hacia el interior de la laguna a través de la Boca de Tonalá.

En general, los cambios estacionales en la laguna Mar Muerto se manifiestan en cambios de sus parámetros abióticos, que corresponden con las dos épocas climáticas de la región. En la época de sequía-vientos la laguna Mar Muerto tiene amplias variaciones de temperatura (desde 21.5 hasta 38.5 grados centígrados); los valores bajos de temperatura corresponden al principio de la época de sequía-vientos Tehuantepecanos, y los más altos al final de esta misma época. En la época de sequía-vientos Tehuantepecanos (marzo-mayo), la temperatura es mayor en el subsistema eurihalino, y disminuye hacia el subsistema marino; en la época de lluvias, y durante la época de vientos Tehuantepecanos (noviembre-diciembre) la temperatura tiende a ser homogénea en toda la laguna. El comportamiento de la temperatura se puede atribuir a que en la época de lluvias la temperatura disminuye por la alta nubosidad que reduce la radiación solar; asimismo, en noviembre y diciembre hay un mínimo en la temperatura que responde al descenso térmico de la región y el efecto de los vientos Tehuantepecanos.

Las variaciones de salinidad son muy grandes (desde 13 hasta 90 ups), con los valores más bajos en la época de lluvia y los más altos en la época de sequía-vientos Tehuantepecanos. La salinidad promedio de la laguna generalmente excede la salinidad marina, lo que caracteriza a la laguna como hipersalina. Durante la época de sequía-vientos Tehuantepecanos y en el principio de la época de lluvias, la laguna se comporta como un anti-estuario; durante la época de lluvia, el patrón observado es inverso al de la época de sequía, y esto se atribuye a los escurrimientos fluviales intensos, que se reflejan en la disminución de la salinidad. La transparencia promedio de la laguna es mayor durante la época de sequía y menor durante la época de lluvia, lo que también refleja la importancia de los aportes fluviales.

De acuerdo a la salinidad, temperatura y transparencia, la laguna Mar Muerto se puede dividir en tres

subsistemas hidrológicos. Uno comprende la parte más interna de la laguna con grandes variaciones de salinidad y temperatura durante el año, alta turbidez, somero (profundidad promedio 1 m), con escasa vegetación costera, y grandes extensiones de algas verdiazules en la parte oeste. Otro está en contacto directo con el mar a través de la Boca de Tonalá, de mayor profundidad, con menor variación de salinidad y temperatura, y alta transparencia del agua; presenta abundante vegetación litoral, así como amplias praderas de pastos marinos y praderas de algas; tiene un delta interno resultado del flujo de marea que deposita sedimentos arenosos hacia el interior de la laguna, y las condiciones marinas prevalecen la mayor parte del año. La parte central de la laguna representa una unidad de transición entre el subsistema eurihalino y el subsistema marino; cuando el gradiente salino es débil, este subsistema es muy evidente; cuando el gradiente salino es fuerte, conforma una unidad con la parte más interna de la laguna. Estas tres áreas de la laguna reciben el nombre de *subsistema eurihalino*, *subsistema marino* y *subsistema de transición*, respectivamente.

A partir de lo anterior, se puede concluir que la Laguna Mar Muerto se divide en tres subsistemas hidrodinámicos con las siguientes características:

1. *Subsistema eurihalino*. Es la parte más interna de la laguna Mar Muerto (fig. 8), con grandes variaciones de salinidad durante el año. La vegetación costera litoral es escasa, la profundidad es muy somera con un promedio de 1 m y presenta arena media, fina y muy fina, en la porción oeste hay grandes extensiones de algas verdiazules.

2. *Subsistema de transición*. Este subsistema constituye la parte media de la laguna y representa una unidad de transición entre el subsistema eurihalino y el subsistema marino. Cuando el gradiente salino en la laguna es débil se forma este subsistema. Conforman un subsistema con el subsistema eurihalino cuando el gradiente salino es más fuerte. Se caracteriza por una vegetación litoral de manglar de bajas dimensiones,

una zona de forma triangular con profundidad de hasta 4 m (El Escopetazo) y sedimentos predominantes de limos gruesos. Las estrechas zonas que la conectan con el subsistema eurihalino y el subsistema marino se ubican las Islas Palizada y Punta Chal, respectivamente, que contribuyen a limitar la circulación del agua entre las tres áreas. En la parte suroeste se forman áreas de inundación donde se distribuyen algas verdiazules, y contigua a estas áreas el fondo está caracterizado por gran abundancia de conchas de mejillones (fig. 8).

3. *Subsistema marino*. Esta subsistema tiene una fuerte influencia marina a través de la Boca de Tonalá (fig. 8). Esta es la región más profunda, caracterizada por abundante vegetación litoral donde predomina el mangle. El margen costero sur hacia la Boca de Tonalá se caracteriza por ser muy somero, que difícilmente excede 1 m de profundidad, en el que se localizan amplias praderas de pastos marinos. El margen costero opuesto también es somero donde hay amplias praderas de algas verdes. En la cuenca central hay un canal de hasta 5 m de profundidad en dirección noroeste-sureste. Hacia la barra de Tonalá se presenta un delta interno resultado del flujo de marea que deposita sedimentos arenosos (arenas fina y media) hacia el interior de la laguna. Las condiciones marinas prevalecen la mayor parte del año.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa por el apoyo institucional y económico para la realización del presente estudio. El trabajo deriva del proyecto de investigación *Diagnóstico de la biodiversidad del sistema Zanjón-Estero La Ventosa y el río Tehuantepec, Oaxaca, México* (UAM-I/CBS, 1999-2003) y actualmente forma parte del proyecto *Diagnóstico ecológico de sistemas acuáticos de México, como base para su gestión ambiental* (UAM-I/CBS, 2011-2014).

Las actividades de campo fueron apoyadas por la cooperativa pesquera Progresistas del Mar, La Gloria, Chiapas. Al respecto, un agradecimiento especial a los

señores Apolinar López Lorenzana, Armando Torres, José Luis Ramírez y Alberto Marroquí.

LITERATURA CITADA

ÁLVAREZ DEL VILLAR Y J. DÍAZ PARDO, 1973. *Estudio bioecológico Mar Muerto, Chiapas*, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, 85 pp.

CERVANTES-CASTRO, D., 1969. Estabilidad del acceso a la laguna Mar Muerto, Chiapas, México, en Ayala-Castañares, A. y F.B. Phleger (eds.), *Lagunas costeras un simposio*, Memorias del Simposio Internacional de Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, nov. 28-30, 1967, México, D.F.: 367-376.

GUILBERT LÓPEZ, E.A., 1996. *Análisis sedimentológico y su correlación faunística de la laguna de Mar Muerto, Oaxaca, México*, Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, 75 pp.

MONREAL GÓMEZ M.A. Y D.A. SALAS DE LEÓN, 1998. Dinámica y estructura termohalina, cap. 2, en M. Tapia-García (ed.) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, pp. 13-26.

OCAMPO R. E. Y I. EMILSSON, 1974. Investigaciones sobre el tipo hidrológico de las lagunas litorales la Joya-Buenavista, en *Anales del Instituto de Geofísica, UNAM*, 20: 21-36.

STATSOFT, 1998. *Statistica for windows* (Volume III), StatSoft, USA, s.p.

TAPIA-GARCÍA, M., 1997. *Estructura e interacciones ecológicas de las comunidades de peces de la plataforma continental y la laguna Mar Muerto, en el Golfo de Tehuantepec, al sur del Pacífico Mexicano*, Tesis de doctorado en Ciencias del Mar, UACPyP del CCH, ICML-UNAM, México, 135 pp.

TAPIA-GARCÍA, M., E. RAMOS-SANTIAGO Y A. AYALA-CORTÉS, 1998. La actividad humana y su impacto en la zona costera, con énfasis en el Istmo de Tehuantepec, cap. 15, en M. Tapia-García (ed.) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, pp. 209-228.



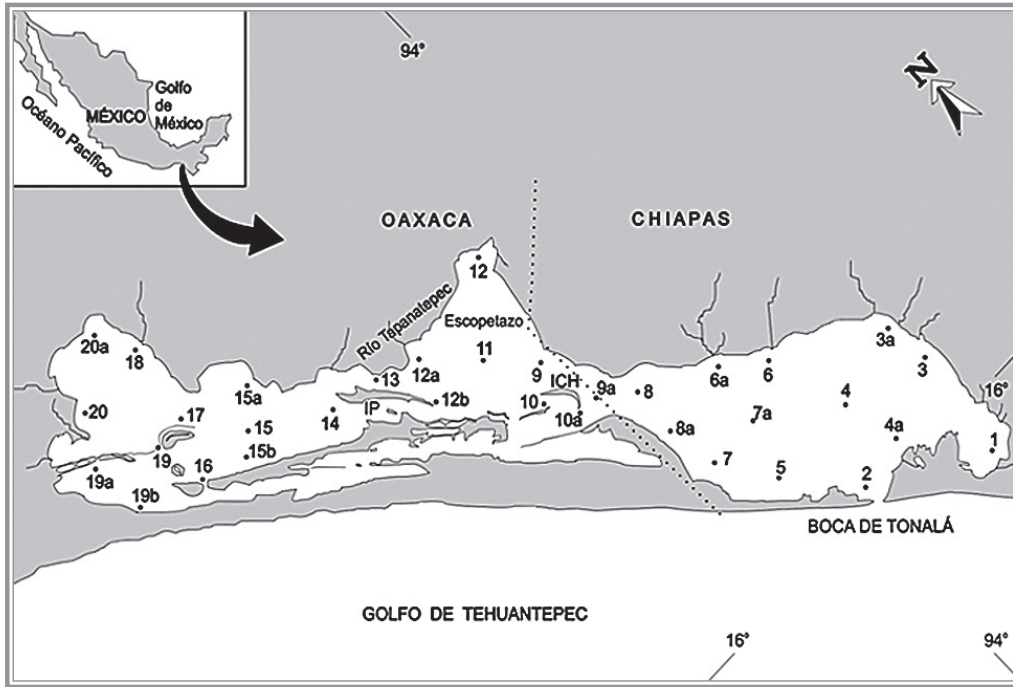


Figura 1 ■ Laguna del Mar Muerto. Se indica la red de estaciones de muestreo. IP= Isla Palizada, ICH= Isla Punta Chal.

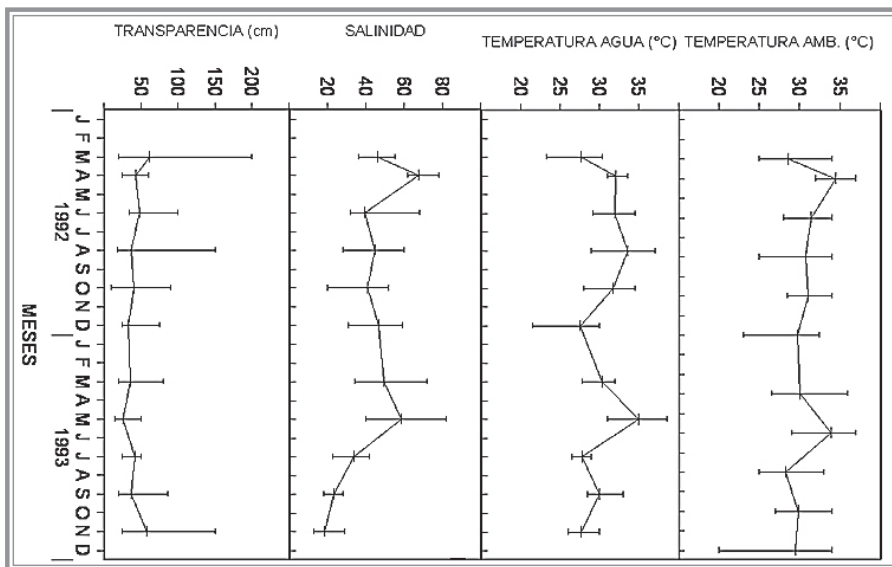


Figura 2 ■ Variación anual de la temperatura ambiente y la temperatura, salinidad y transparencia del agua en la laguna del Mar Muerto. Se indican los valores máximos y mínimos.

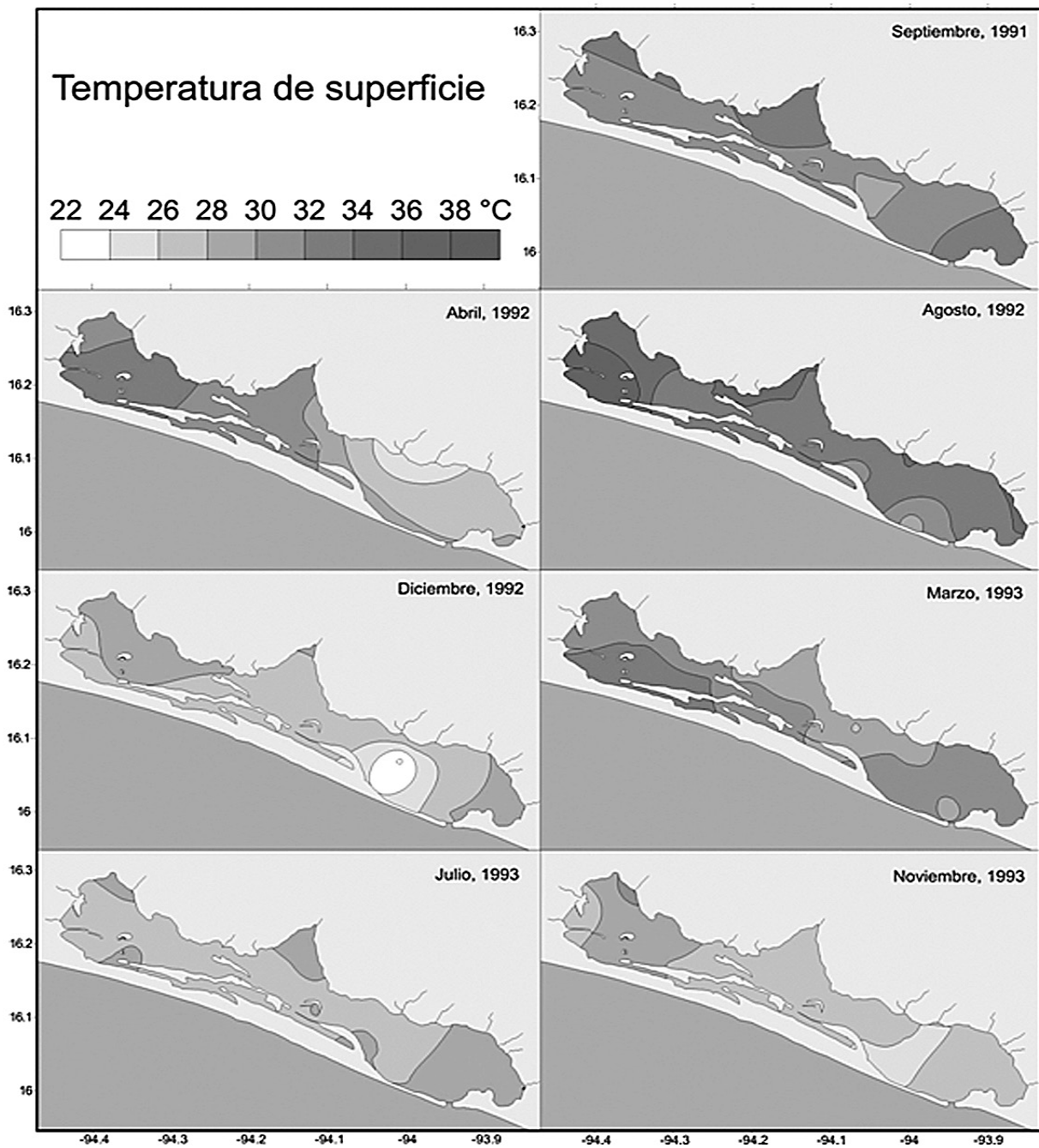


Figura 3 ■ | Distribución de la temperatura superficial en la laguna del Mar Muerto, en meses correspondientes a las épocas de sequía y lluvia.

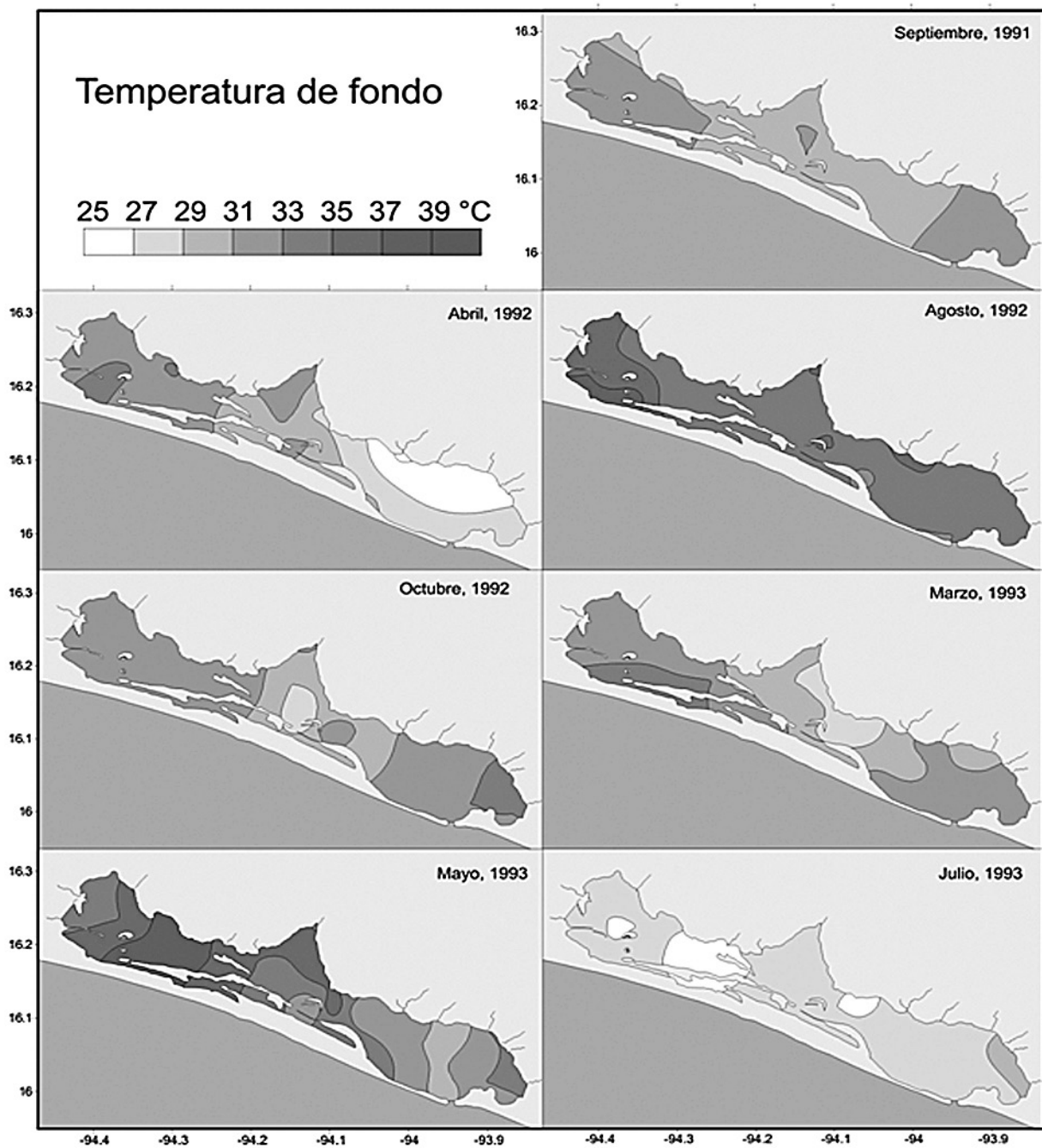


Figura 4 ■ | Distribución de la temperatura de fondo en la laguna del Mar Muerto, en meses correspondientes a las épocas de sequía y lluvia.

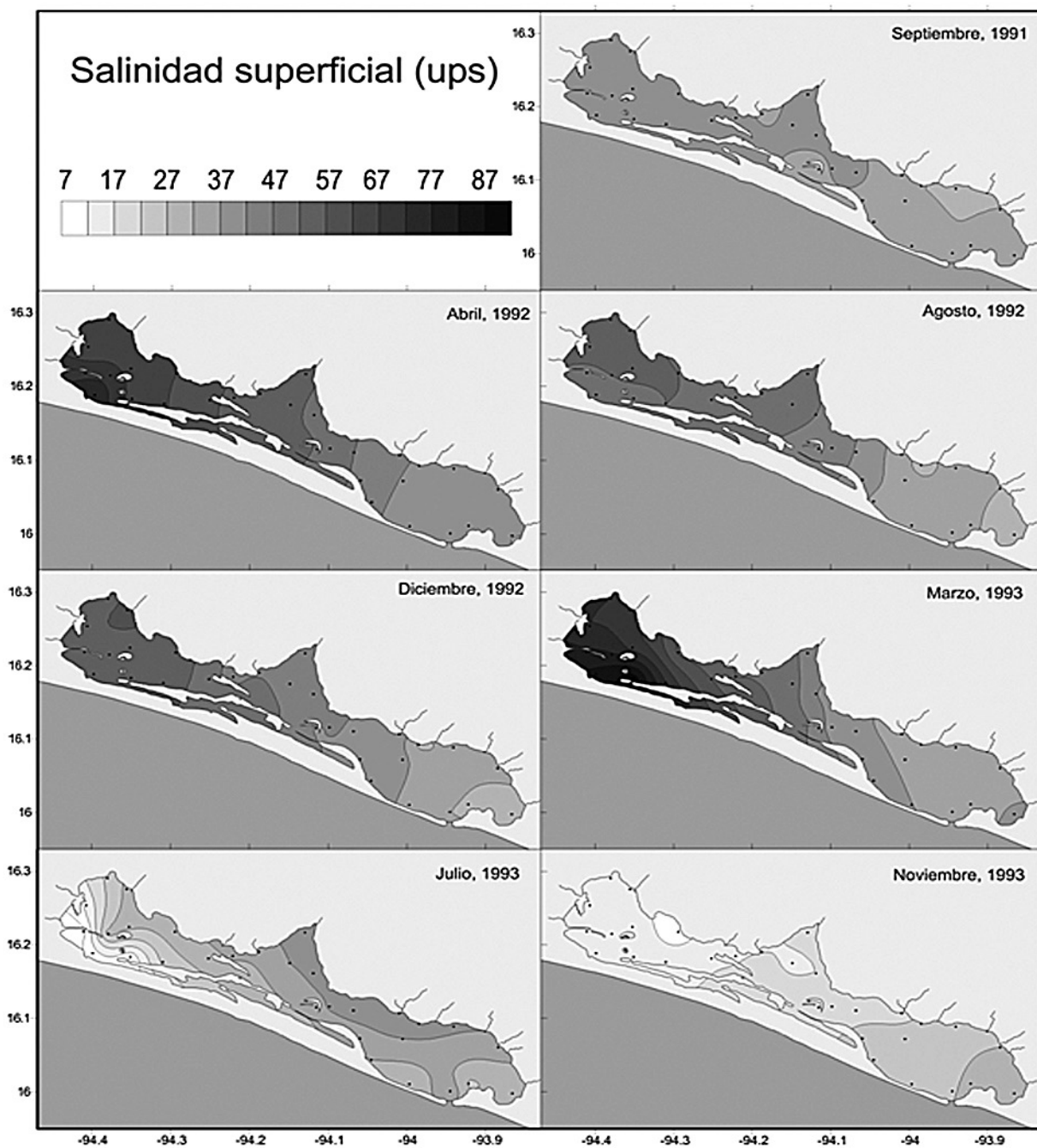


Figura 5 ■ | Distribución de la salinidad superficial en la laguna del Mar Muerto, en meses correspondientes a las épocas de sequía (mayo) y lluvia (septiembre).

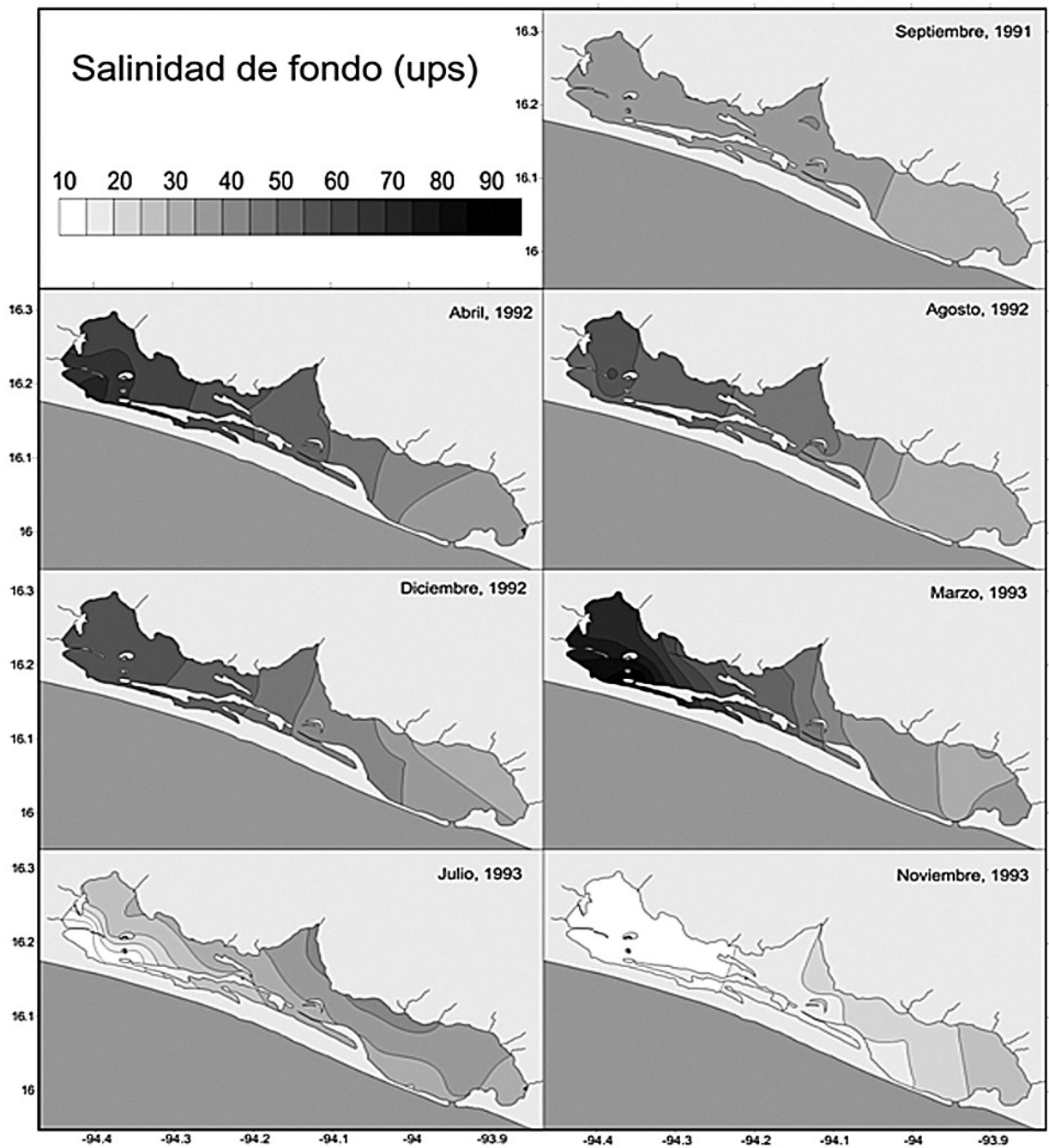


Figura 6 ■ | Distribución de la salinidad de fondo en la laguna del Mar Muerto, en meses correspondientes a las épocas de sequía y lluvia.

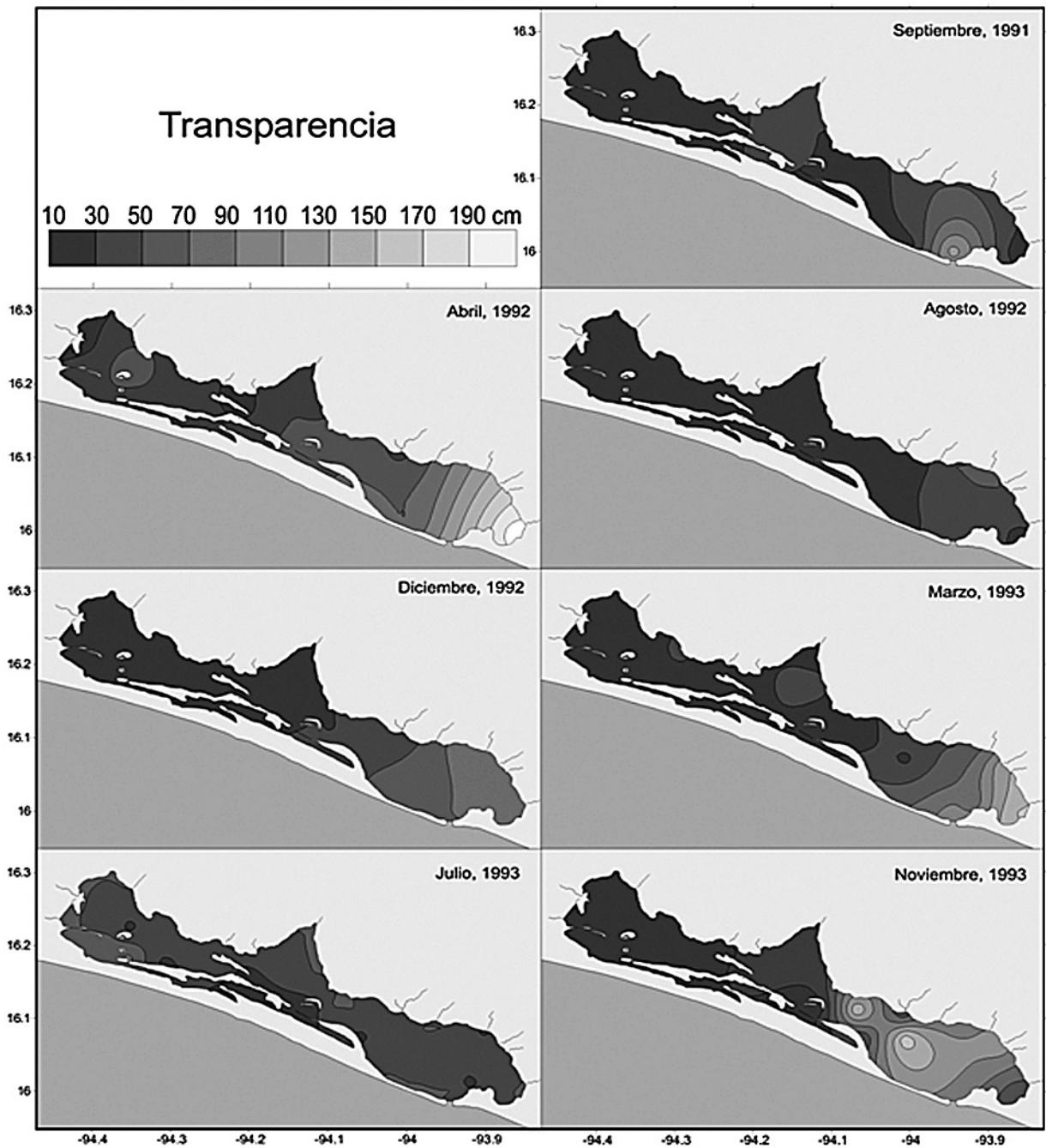


Figura 7 ■ | Distribución de la transparencia del agua en la laguna del Mar Muerto, en meses correspondientes a las épocas de sequía y lluvia.

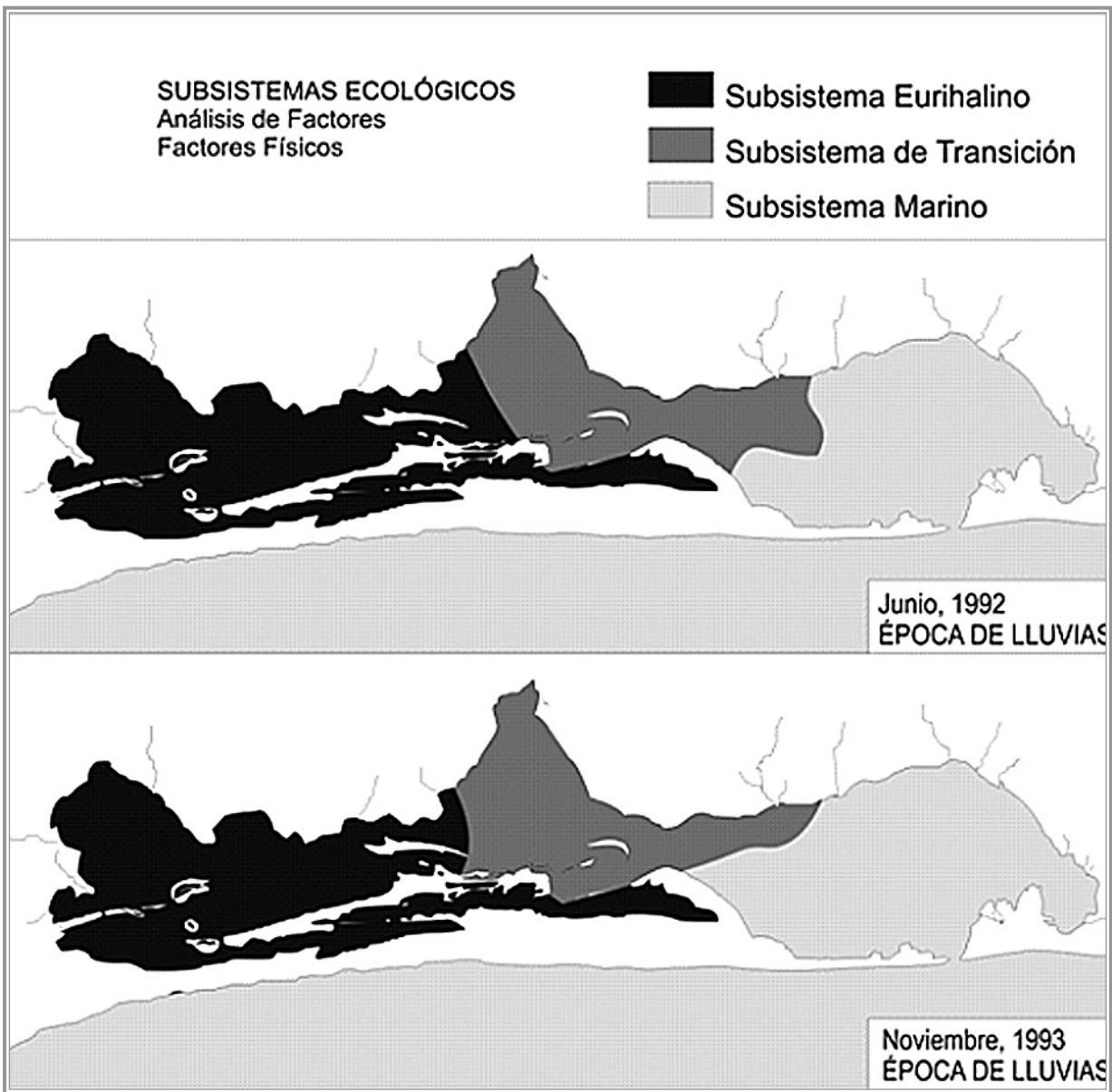


Figura 8 ■ | Subsistemas ecológicos de la laguna del Mar Muerto derivado del análisis de factores por componentes principales de la salinidad, temperatura y transparencia del agua, correspondiente a la época de lluvia.

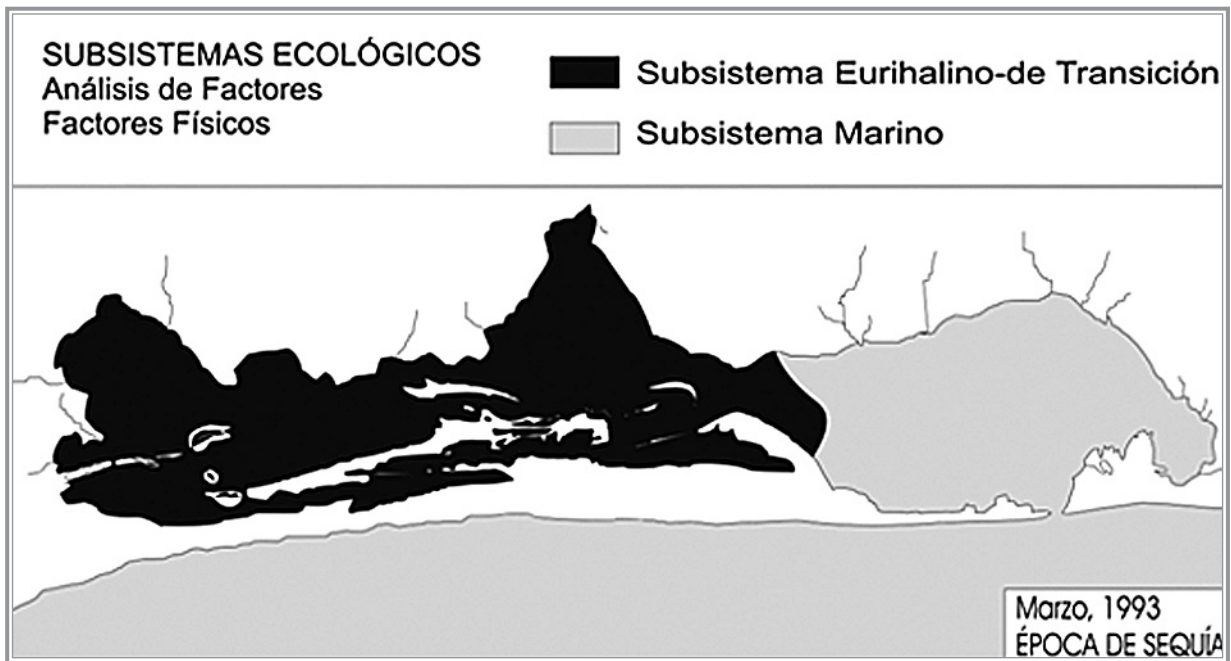


Figura 9 ■ Subsistemas ecológicos de la laguna del Mar Muerto derivado del análisis de factores por componentes principales de la salinidad, temperatura y transparencia del agua (parte inferior) correspondiente a la época de sequía (marzo).

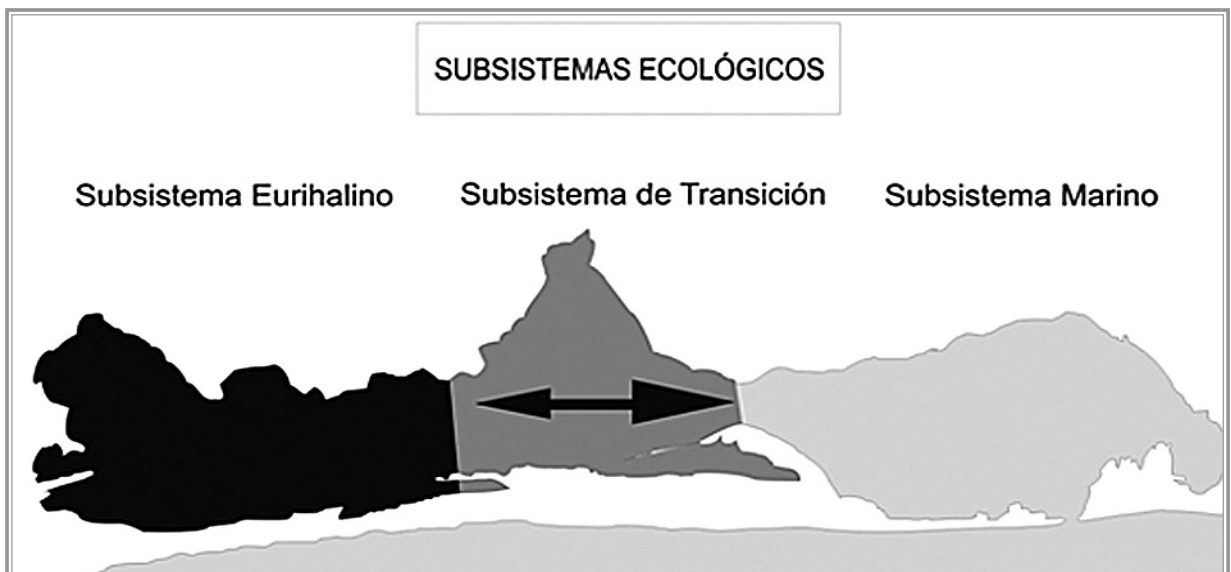


Figura 10 ■ Subsistemas ecológicos de la laguna del Mar Muerto. El subsistema de transición es variable y su presencia o dimensión cambia durante el año.

Los procesos de remoción en masa en Chiapas: una revisión de los últimos cinco años (2006-2011)

Jorge Antonio Paz Tenorio¹
Raúl González Herrera¹
Francisco Félix Domínguez Salazar¹
Mario Gómez Ramírez²

RESUMEN

Los procesos de remoción en masa son fenómenos naturales que por sí mismos generan otras formas del relieve; sin embargo, la carencia de políticas de ordenamiento y la falta de estudios locales han permitido el establecimiento de obra civil y centros de población en espacios con fuertes pendientes, en donde se han acumulado materiales inestables que son perturbados directamente por la actividad humana. La eliminación de la cubierta vegetal, alteración de los flujos de agua subterránea, la construcción sin las técnicas apropiadas, son algunos elementos que sumados a lluvias intensas, propician estos procesos, manifestándose en un daño al patrimonio, vías de comunicación y terrenos de cultivo, con un impacto económico considerable. En este trabajo se describen siete eventos ocurridos en el estado de Chiapas entre 2006 y 2011. La información se recopiló a través de comunicados oficiales del Gobierno del Estado, notas periodísticas y recorridos en campo, de lo cual se integró un mapa.

Palabras clave: ladera, desastre, talud, remoción en masa.

ABSTRACT

The processes of landslide are natural phenomena that by themselves generate other forms of the relief; nevertheless, the deficiency of ordering policies and the lack of local studies have allowed to the construction's establishment in spaces with pending forts, where accumulated unstable materials are had that are disturbed directly by the human activity. The elimination of the vegetal cover, alteration of the underground water flows, the construction without the appropriate techniques, is some elements that added to intense rains, cause these processes, pronouncing themselves in damage to the patrimony, communication channels and lands of culture, with considerable economic impact. In this paper seven events happened in the state of Chiapas between 2006 and 2011 are described. The information was compiled through official notices of the Government of the State, journalistic notes and field work, of which a map was integrated.

Key words: slope, disaster, relief, landslide.

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
1ª Av. Sur Poniente no. 1460, col. Centro, C.P. 29000
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, Teléfono y fax: (961) 125-6033
jorgepazt@yahoo.com.mx.

²Universidad Veracruzana. Facultad de Economía, Av. Xalapa
Esq. Ávila Camacho s/n, Xalapa,
Veracruz, México

INTRODUCCIÓN

El comportamiento complejo de la inestabilidad de laderas, la escasa difusión de los estudios realizados (Lozano, Rainer *et al.*, 2006) y la falta de precisión en las restricciones de uso del suelo para el

crecimiento de las ciudades, al menos en la República Mexicana y específicamente en Chiapas, han propiciado el establecimiento de asentamientos humanos y obra pública en zonas de riesgo con mínima o ninguna regulación, convirtiéndose en una amenaza para los habitantes. Dentro de las perspectivas ambientales para Norte América (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2010), se considera que en los próximos 20 años, las ciudades vulnerables a estas amenazas en Latinoamérica, serán afectadas de manera más intensa.

En países subdesarrollados como México, en donde es evidente la falta de planeación urbana, la concentración, producto del crecimiento de población y de la migración urbana que se establece en la periferia, da como resultado el origen de nuevas colonias, generalmente con deficientes servicios elementales y terrenos correspondientes a taludes, lo que implica un mayor número de personas expuestas (Noji, 2000) a determinado riesgo. Se denomina talud a la pendiente formada por la acumulación de fragmentos de roca al pie de los acantilados o de montañas (CENAPRED, 2001). Su génesis y evolución determinan suelos por lo regular inestables con comportamientos característicos de las laderas, conocidos también como *procesos gravitacionales o remoción en masa* (Lugo, 2003).

Los procesos gravitacionales son parte del ciclo natural de evolución del relieve terrestre, dan origen a otras geoformas del relieve (abanicos aluviales, derrubios, cárcavas, entre otros), sobre todo los circos de erosión y los escarpes, que crecen gradualmente en sentido horizontal y vertical a causa de estos procesos (Lugo, Vázquez *et al.*, 2001). La incidencia de diferentes agentes perturbadores tanto naturales como humanos en este tipo de terreno, se resume en una degradación ambiental, y en la ocupación continua de espacios inestables.

RIESGO Y DESASTRE

La situación de riesgo por desastre, generalmente se enfoca a sismos, inundaciones, sequías y erupción volcánica (SEGOB, 2010), siendo el aspecto de remo-

ción en masas un fenómeno poco identificado, debido a que se manifiesta en la mayoría de los casos como consecuencia secundaria (Blaikie, Cannon *et al.*, 1996) de eventos sísmicos, hidrometeorológicos o de ambos. Al respecto, la ONU estima que aproximadamente el 75% de la población mundial vive en zonas que han sido azotadas, al menos una vez entre 1980 y 2000, por un terremoto, un ciclón tropical, una inundación o una sequía (PNUD, 2004).

Dada la espontaneidad con que se presentan estos procesos (Lugo, 2002) en la comunidad no se percibe una clara consciencia colectiva sobre el riesgo (Calvo, 1984). Por lo que es frecuente el desconocimiento que prevalece entre los habitantes de cualquier lugar acerca de los riesgos locales, y al momento en que se presenta un desastre, se le llama indistintamente “desastre o fenómeno natural”, cuando son términos totalmente distintos (Maskrey, 1993). Una *constante* es el sentimiento de indefensión ante esto, lo que algunos atribuyen al destino, o a fuerzas que sobrepasan la razón humana.

Los *desastres* no son los fenómenos naturales en sí, sino todos los procesos subsecuentes que provocan devastación, inducidos por las condiciones de vulnerabilidad en la sociedad, y en el caso de México, se han incrementado en los últimos 30 años (Rodríguez Velázquez, 2010).

La historia registra eventos devastadores relacionados con procesos gravitacionales, siendo el ocurrido en 1920 en Gansu, China, el que ha cobrado más víctimas: 200 mil (Blaikie, Cannon *et al.*, 1996). En México, como en varios países, se considera a las lluvias intensas dentro de la temporada húmeda, como detonadoras de los movimientos por reblandecimiento y saturación de suelos con fuerte pendiente, lo que representa un riesgo latente y permanente.

La posibilidad de hacer frente a estos eventos, está relacionada con la capacidad organizativa y económica de los habitantes, por lo que se hace necesario conocer herramientas surgidas a partir de experiencias

en otros países que ayuden a mitigar las afectaciones (CRIDALC, 2009).

En México, esta situación mantiene una estrecha relación con las políticas de reordenamiento territorial, donde la lógica que ha predominado a nivel institucional es responsabilizar a los residentes de asentamientos irregulares; es decir, los califican como víctimas que propiciaron la situación por la que atraviesan (Rodríguez Velázquez, 2010).

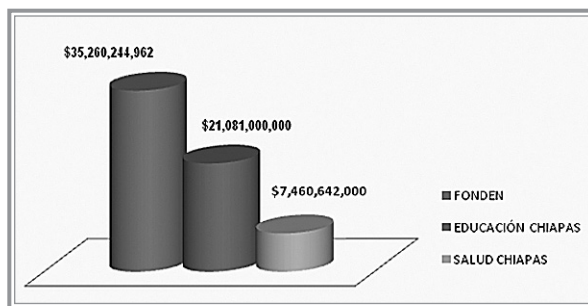
EL COSTO DE LOS DESASTRES

Los recursos monetarios, así como el tiempo destinado a reparar el daño, frecuentemente rebasa en mucho la inversión original de la obra civil afectada (Bitrán, 2001; Bitrán, Acosta *et al.*, 2002; Bitrán, Domínguez *et al.*, 2003). En México, en 2010 se erogaron más de 35 mil millones de pesos (SINAPROC, 2010) a través del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), superando en mucho la cifra programada de 9 mil millones, aun considerando que el recurso se amplió en 3 mil millones más que el promedio de los últimos años (Martínez, 2010).

Un comparativo interesante (gráfica 1) resulta al confrontar estos recursos con el presupuesto autorizado para educación en Chiapas (2010) que ascendió a 21 mil 81 millones de pesos; es decir, tan sólo el 65 % de lo demandado por las contingencias. Si se le adiciona lo correspondiente a salud, apenas rebasa los 28 mil 500 millones.

En comparación, el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) destinó a nivel nacional para 2010 casi 200 millones de pesos para proyectos en diferentes estados, lo que equivale al 13.3% de aquella cifra histórica exclusiva para Chiapas de finales del 2007, en donde se destinaron mil 500 millones de pesos por lluvias atípicas. Los gobiernos locales aportan poco más de 85.5 millones a través de convenios de financiamiento, lo que suma más de 285.5 millones de pesos (SINAPROC, 2010).

Las pérdidas por desastre pueden aplazar las inversiones sociales para paliar la pobreza y el hambre,



Gráfica 1 ■ Comparativo entre recursos del FONDEN y presupuesto para educación en Chiapas 2010. Presupuesto de Egresos del Estado de Chiapas para el Ejercicio Fiscal 2010.

ofrecer acceso a la educación, servicios de salud, vivienda digna, agua potable y saneamiento, o proteger el medio ambiente, así como las inversiones que generan empleo y fuentes de ingresos (PNUD, 2004), dificultando el desarrollo sustentable. En este sentido, la FAO considera las catástrofes naturales como un elemento causante de las crisis prolongadas de los 22 países con bajos ingresos y con déficit de alimentos (FAO, 2010).

En México, el Programa de Apoyo a Contingencias Climatológicas (PACC, 2010), procura contribuir a mantener el patrimonio de la población del medio rural ante la ocurrencia de contingencias climatológicas extremas mediante la reincorporación de los productores de bajos ingresos a sus actividades productivas. No obstante, los apoyos resultan insuficientes (cuadro 1) (Rodríguez Velázquez, 2010).

En cuanto a daños parciales de viviendas, como agrietamientos en muros y pisos, el FONDEN otorga un subsidio insuficiente para reparaciones. Por otra parte, los apoyos para reconstrucción ascienden a 95 mil 904 pesos para un área mínima de 50 metros cuadrados,

Producto	Apoyo \$/ha	Costo de prod. \$/ha
Café	5 000.00	30 000.00
Maíz	900.00	2 000.00

Cuadro 1 ■ Apoyo por producto y hectárea PACC 2010.

Producto	Apoyo \$/vivienda
Daño parcial	27 687.00
Reconstrucción	95 904.00

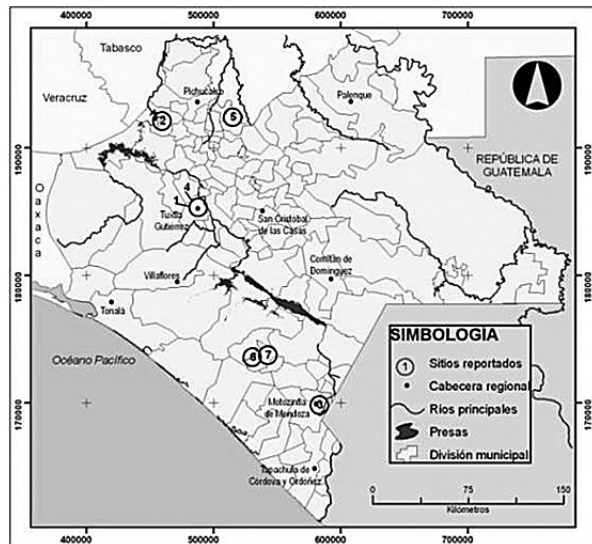
Cuadro 2 ■ Apoyo por daño a vivienda PACC 2010.

pero si se revisan los costos de las casas habitación ya estructuradas, se puede constatar que los ingresos otorgados no son suficientes (cuadro 2).

METODOLOGÍA

El estudio de los siete casos expuestos (ver mapa 1) se documentó considerando como primera fuente de información los comunicados emitidos por el Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres. Como segunda fuente, se consideró a las notas de los diarios, para aquellos eventos que no se reportaban a través de Gobierno del Estado.

El caso de los deslizamientos en el sur de Tuxtla Gutiérrez, además de los medios arriba mencionados,



Mapa 1 ■

Sitios reportados. Integrado a partir de la información recabada. Fuente cartográfica: *Carta geográfica de Chiapas*. Gobierno del Estado, 2009. Elaboró Jorge A Paz Tenorio, 2011.

se llevó a cabo un recorrido en campo para obtener material fotográfico, realizar algunas mediciones como longitud y profundidad de grietas de tensión. Para el seguimiento del problema en la carretera a Villaflores, se dispone información levantada en el deslizamiento presentado en septiembre de 2006; la reactivación en agosto de 2010 da idea del periodo de retorno. En Lomas del Oriente se conversó con personas cuya vivienda presenta daños evidentes, los cuales, atribuyen a una deficiente construcción. Esto manifiesta una percepción social del riesgo distante a la realidad.

Una vez identificados los sitios, se realizó una consulta a la base de localidades de INEGI correspondientes al II Censo de Población (disponible de manera gratuita en el sitio web) para identificar las localidades de interés.

La base se manipuló en el software cartográfico Arc GIS versión 9.3, en donde ubican las localidades afectadas. Se incorporan información de referencia como cabeceras regionales, principales ríos, división municipal y presas.

Para el caso de los cuadros y gráficas, se consultó información vía internet del Sistema Nacional de Protección Civil y la Secretaría de Hacienda del Gobierno de Chiapas, respectivamente.

Eventos recientes de remoción en masa en Chiapas entre 2006-2010

Tres de los eventos documentados se presentaron en cabeceras regionales Motozintla de Mendoza y Tuxtla Gutiérrez (dos), el resto en comunidades rurales de difícil acceso.

1. En septiembre de 2006, se presentó un deslizamiento rotacional en la carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores km 0.500 (Foto 1), producto de una falla lítrica (Membrillo and Paz, 2006), afectando también a la planta de bombeo del Sistema de Agua Potable, los trabajos de reparación tardaron casi un año. El movimiento se reactivó en agosto de 2010 (Foto 2), debido a lluvias extraordinarias



Foto 1 ■ | Deslave en carretera Tuxtla-Copoya km 0.500. Tomada en septiembre 2006. Foto JP.



Foto 2 ■ | Deslave en carretera Tuxtla-Copoya km 0.500. Tomado en noviembre 2010. Foto JP.

y persistiendo hasta marzo de 2011, lo que puede dar idea de la recurrencia de este fenómeno (Lugo, Vázquez *et al.*, 2001).

2. En noviembre de 2007, la población de Juan del Grijalva del municipio de Ostucán, al norte de Chiapas, fue afectada por un gran deslizamiento traslacional (foto 3) que bloqueó el río Grijalva, generando una ola destructiva que arrasó la mitad del poblado (Paz, 2007). Este deslizamiento de traslación (Lugo, Vázquez *et al.*, 2001), obstruyó

dos meses el cauce del río. Sus dimensiones aproximadas fueron (Paz, 2007) mil 200 m de largo, 800 m de ancho y 70 m en la parte más profunda, provocando un montículo de escombros de 800 m de largo, 300 de ancho y 80 de alto. Se estima que el volumen de material desplazado fue de 48 millones de metros cúbicos (Hinojosa Alejandro, Rodríguez Víctor M *et al.*, 2010) (ver modelo 1).

3. El 5 de septiembre, en la ciudad de Motozintla de Mendoza, las oficinas del DIF regional, una estación de gasolina y varios negocios quedaron enterrados entre lodo, piedra y arena, que arrastró la corriente que descendió del cerro, en el camino que conduce al ejido de Niquivil (10 km al sureste). También se reportaron desgajamientos en cerros y daños a viviendas, producto de las lluvias asociadas a la depresión tropical 11E de la temporada de ciclones tropicales en el Océano Pacífico. Los ríos crecieron demasiado poniendo en alerta a la población, quien ya tiene la experiencia del huracán *Stan* que afectó severamente esta población en 2005 (Roblero Hernández, 2010).
4. Lomas del Oriente, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 24 de septiembre. Se reportan viviendas dañadas, además de las líneas de agua potable y drenaje (Ortiz, 2010). Durante un recorrido el 3 de octubre se confirmó que las casas fueron demolidas (foto 4) para evitar que las personas regresen a ellas e incrementen su riesgo. Se reubicaron en la colonia 6 de junio. Las fugas en los sistemas de drenaje y agua mantienen el suelo saturado.
5. Reforma y Planada, Amatán, Chiapas, 29 de septiembre. Deslave afectando varias casas y reportando 16 muertos y 12 lesionados (Gobierno de Chiapas, 2010). En una respuesta inmediata el Gobernador declara: *Los deslizamientos son impredecibles, no se sabe que se pueda prever, dónde va a ocurrir un deslizamiento de tierra, pues no se puede saber, lamentablemente ocurrió en esta comunidad. [...] ...lo que nos afecta es la dispersión, la dispersión no solamente afecta*



Foto 3 ■ Deslave sobre el río Grijalva, zona de Juan del Grijalva. Fotografía aérea INEGI, noviembre 2007.

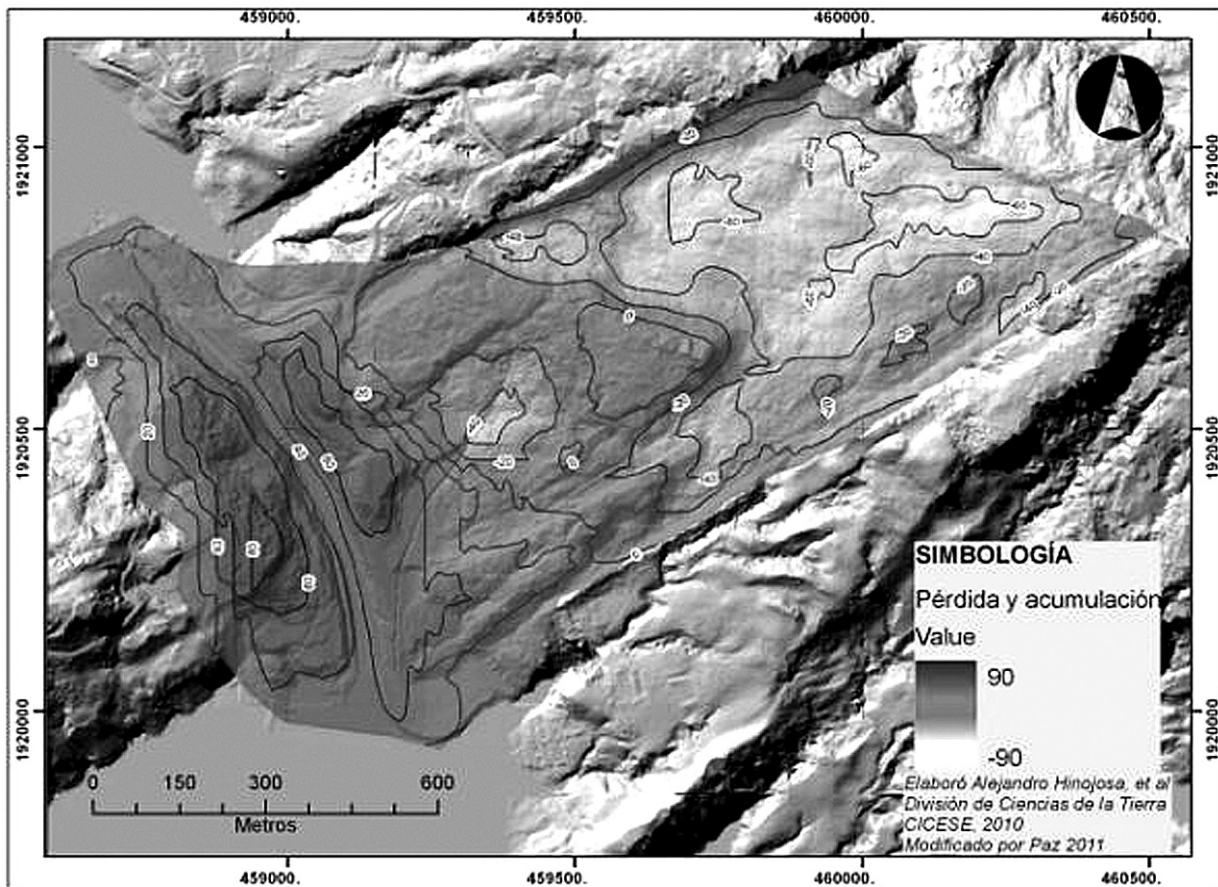
la pobreza, nosotros hemos hecho una campaña contra la dispersión poblacional para evitar que la gente viva en riesgo (Gobierno de Chiapas, 2010).

6. Nueva Colombia, Ángel Albino Corzo, Chiapas. Deslave. 181 evacuados (121 por aire y 60 por tierra) a la cabecera municipal. San Nicolás, Montecristo de Guerrero, Chiapas. Deslave. 80 personas evacuadas a la casa ejidal (Gobierno de Chiapas, 2010). Estos dos últimos sucesos ocurrieron entre el 28 y 30 de septiembre. El gobierno propone la reubicación de los habitantes en las ciudades rurales. Para la segunda mitad de octubre, las expectativas cambian; uno de los principales productores de café orgánico de exportación en el ejido San Nicolás, y socio del movimiento Comercio Justo, argumentó que de

trasladarse a la ciudad temática del café, en Jaltenango de la Paz, sus zonas de cultivo estarán a 5 horas de distancia. En una parte de la nota, se cita textualmente (Angeles Mariscal, 2010) *Pobladores y autoridades ejidales de la localidad consideran que la reubicación alterará su proyecto de vida y su dinámica de producción, que en 2009 les permitió cosechar 30 mil quintales de café orgánico y cultivado a la sombra (shade grown), valuados en más de 63 millones de pesos y gran parte destinados a los mercados de Europa y Estados Unidos por conducto de varias cooperativas.*

Elementos comunes encontrados en los procesos de remoción en masa en Chiapas

Los desastres son el producto de la combinación, interrelación y conjunción de una serie de piezas que



Modelo 1 ■ | Pérdida de masa. Elaboró: Alejandro Hinojosa, CICESE, 2010. Modificado por Paz, 2011.

se construyen a partir de procesos sociales (Mansilla, 1996). Este enunciado categórico tiene cabida en los casos estudiados, ejemplo claro es la percepción social del riesgo que manifiestan los habitantes de la colonia Lomas del Oriente y las soluciones urgentes pero insuficientes y momentáneas que se ofrecen en casos como Reforma y Planada al norte del estado.

La cantidad de recursos que demanda la atención, como se muestra en las cifras, supera en mucho los fondos destinados a la prevención, situación que deriva en canalización de recursos que podrían impulsar otros sectores que así lo requieran.

La falta de estudios sobre el tema, es algo en lo que se ha abundado e ilustrado con ejemplos locales, ya que una vez acontecido un proceso de remoción, parece que es el momento de investigarlo. Asimismo, es necesaria la generación de cartografía enfocada al tema en escalas detalladas 50 mil o 100 mil (García and Lugo, 2003).

Son evidentes las deficiencias y omisiones en cuanto a ordenamiento territorial, planeación urbana y edificación de viviendas (Observatorio de Política Social y Derechos Humanos, 2010)

Por su carácter de efecto secundario ante eventos como sismos y lluvias torrenciales, los procesos de re-



Foto 4 ■ Casas demolidas en Lomas del Oriente (sur de Tuxtla Gutiérrez) octubre 2010. Foto JP.

moción en masa no han recibido la atención necesaria. Las soluciones propuestas son parciales y carecen de una visión integral.

Es necesaria la difusión de propuestas para edificación en suelos de este tipo e inducir a la población a conocer otros riesgos locales a los que está expuesta, además de los que ya identifican como inundaciones y sismos.

La necesidad de vincular los resultados de este estudio en forma de recomendaciones a los responsables del ordenamiento territorial estatal y municipal, será una labor persistente.

CONCLUSIONES

El fenómeno de remoción en masa en Chiapas se hará más frecuente en la medida en la que no se hagan estudios desde una perspectiva multidisciplinaria y estos trasciendan a un ordenamiento territorial con énfasis en estudios de riesgos por fenómenos naturales.

Las políticas de desarrollo extractivas de los recursos naturales sólo llevan a que los fenómenos naturales sean cada vez más intensos y generen desastres en el estado.

No hay recursos económicos que sean suficientes para atender el desastre, por lo cual, las acciones de instituciones como Protección Civil y los investigadores

de diversas universidades y centros de investigación de estos temas deben direccionarse a la previsión, detección de zonas de riesgo, aumento en las capacidades y resiliencia de las comunidades expuestas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a antropóloga Mirna Isabel Lara, por el apoyo en los recorridos y enlace con la comunidad; Julia Rafaela Martínez por las encuestas compartidas; bióloga María Eréndira Murillo por el apoyo y sugerencias a la cartografía; maestro Adolfo León, por las sugerencias metodológicas y licenciado Jorge Cancino, por la información financiera.

LITERATURA CITADA

ÁNGELES MARISCAL, 2010. *Cafetaleros piden alternativas para quedarse en Jaltenango*, en *La Jornada*, México, D.F., s.p.

BITRÁN, B. D., 2001. *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-99*, CENAPRED, México, D.F., s.p.

BITRÁN, B. D., C. L. ACOSTA, ET AL., 2002. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2001*, CENAPRED, México, D.F., s.p.

BITRÁN, B. D., M. DOMÍNGUEZ, ET AL., 2003. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2002*, CENAPRED, México, D.F., s.p.

BLAIKIE, P., T. CANNON, ET AL., 1996. *Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres*. [En línea] en www.desenredando.org., s.p.

- CALVO, G., 1984.** Geografía de los riesgos, en *Geocrítica*, Cuadernos críticos de Geografía Humana (54), s.p.
- CENAPRED, 2001.** *Inestabilidad de laderas*, México, D.F., s.p.
- COMISIÓN PARA LA COOPERACIÓN AMBIENTAL, 2010.** *Perspectivas ambientales en América del Norte para el año 2030*, Montreal, Canadá, s.p.
- CRIDALC, 2009.** *Catálogo de herramientas y recursos de información para el fortalecimiento de capacidades locales de respuesta*, Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y el Caribe, San José, Costa Rica: 108.
- FAO, 2010.** *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. La inseguridad alimentaria en crisis prolongadas*, Roma, Italia, ONU, s.p.
- GARCÍA, A. M. T. AND H. J. LUGO, 2003.** *El relieve mexicano en mapas topográficos*, México, DF, UNAM, s.p.
- GOBIERNO DE CHIAPAS, 2010.** *Encabeza JSG trabajos de rescate en la comunidad Reforma y Planada en Amatlán*, C. d. C. Social, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, s.p.
- GOBIERNO DE CHIAPAS, 2010.** *Evacúan a habitantes de Nueva Colombia, Montecristo de Guerrero y Motozintla*, C. d. C. Social, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, s.p.
- HINOJOSA ALEJANDRO, RODRÍGUEZ VÍCTOR M, ET AL., 2010.** Tapón de Grijalva, *Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana*, Puerto Vallarta, Jalisco, s.p.
- LOZANO, P., W. B. RAINER, ET AL., 2006.** Landslides as ecosystem disturbance-their implications and importance in Southern Ecuador, en *Lyonia, a Journal of Ecology and Application* 9(1): 7.
- LUGO, H. J., 2002.** *La superficie de la Tierra II: procesos catastróficos, mapas, el relieve mexicano*, México, SEP/FCE/CONACYT, s.p.
- , **2003.** *La superficie de la Tierra I; un vistazo a un mundo cambiante*. México, SEP/FCE/CONACYT.
- LUGO, H. J., C. M. T. VÁZQUEZ, ET AL., 2001.** Procesos gravitacionales en las montañas de Puebla, en *Ciencia y Desarrollo*, vol. XXVII (157): 9.
- MANSILLA, E., 1996.** *Desastres modelo para armar, colección de piezas de un rompecabezas social*. [En línea] en www.desenredando.org, s.p.
- MARTÍNEZ, F., 2010.** *Por contingencias y desastres se han erogado casi \$20 mil millones*, en *La Jornada*, México, D.F., s.p.
- MASKREY, A., 1993.** *Los desastres no son naturales*, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. [En línea] en www.desenredando.org.
- MEMBRILLO, O. H. AND T. J. A. PAZ, 2006.** *Deslave en la carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflora*, Temática, Tuxtla Gutiérrez, INEGI. s.p.
- NOJI, E. K., 2000.** *Impacto de los desastres en la salud pública*, Bogotá, D.C., Colombia, Organización Panamericana de la Salud, s.p.
- OBSERVATORIO DE POLÍTICA SOCIAL Y DERECHOS HUMANOS, 2010.** *Viviendas sustentables y planeación urbana*, INCIDE Social.
- ORTIZ, H., 2010.** *Ocurre un nuevo deslizamiento*, en *Cuarto Poder*, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, s.p.

PAZ, T. J. A., 2007. *Algunas consideraciones sobre el deslizamiento en Juan del Grijalva, Ostuacán, Chiapas*, (2da. ver.), Tuxtla Gutiérrez: 13.

PNUD, 2004. *La reducción de riesgos de desastres: un desafío para el desarrollo*, Un Informe Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, s.p.

ROBLERO HERNÁNDEZ, V. H., 2010. *Enterradas instalaciones del DIF y gasolinera por deslaves*, ASICH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, s.p.

RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ, D., 2010. *Ante desastres naturales, atraviesa México por una crisis de políticas públicas*, México, D.F., UNAM: 1.

SEGOB, 2010. *En el Día Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, se realizó el simposio Sistemas de alerta temprana con enfoque de género*, C. G. d. P. C. y. e. C. N. d. P. d. D. (CENAPRED), México, D.F., sala de prensa: 1.

SINAPROC, 2010. *Ejercicio fiscal 2010*, México, D.F., s.p.

SINAPROC, 2010. *FONDEN, Recursos Autorizados, 2010*, México DF: 3.



Microzonificación sísmica de las laderas de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

José Piña Flores¹

Juan Carlos Mora Chaparro²

Raúl González Herrera³

José Edgar Castellanos Roque³

Eduardo Vázquez Náfate⁴

Isaac Jordanli Balbuena de la Cruz⁴

RESUMEN

En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se realizó un estudio de microzonificación sísmica con el objetivo de identificar los niveles de peligro sísmico en la ciudad y estar en posibilidad de desarrollar propuestas para una reglamentación con respecto a las aceleraciones sísmicas que experimentarían las construcciones. En este artículo se presenta la parte del estudio que corresponde a las laderas de la ciudad, donde se empleó la técnica de Nakamura (1989). Esta técnica utiliza ruido ambiental (microtremores), la cual, permite estimar el periodo natural de vibración del suelo, a partir de estos resultados se obtiene un mapa de isoperiodos para observar las características dinámicas del suelo de la ciudad y así determinar espectros de diseño sísmico para cada zona.

Palabras clave: microtremor, ruido sísmico, periodo natural de vibración, técnica Nakamura, zonificación sísmica.

ABSTRACT

In the city of Tuxtla Gutierrez a study of seismic microzonation with the aim of identifying the levels of seismic hazard in the city is realized and being in possibility of developing proposals for a regulation with respect to the seismic accelerations that underwent the constructions. In this paper shows the study that corresponds to slopes of the city, where the technique of Nakamura (1989) was used. This technique uses environmental noise (microtremores), which, allows to consider the natural period of vibration of the ground, from these results a map of isoperiods is obtained to observe the dynamic characteristics of the ground of the city and thus to determine seismic spectrums design for each zone.

Key words: microtremor, seismic noise, natural period of vibration, Nakamura technique, seismic zoning.

Facultad de Ingeniería de la UNAM, Ciudad Universitaria
Delegación Coyoacán, México, D.F.
ead2009@hotmail.com

Instituto de Geofísica de la UNAM, Ciudad Universitaria
Delegación Coyoacán, México, D.F.

Facultad de Ingeniería. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, 1^a Av. Sur Poniente no. 1460, col. Centro, C.P. 29000
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Teléfono y fax: (961) 125-6033.

Facultad de Ingeniería Civil de la UNACH.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez se localiza en una región cercana a la zona sísmica de subducción que presenta la placa de Cocos bajo la placa de Norteamérica en el sureste mexicano, esta interacción genera una importante cantidad de sismos en la zona, otra importante fuente de la energía sísmica liberada se encuentra en el límite tectónico de las

placas Norteamericana y el Caribe, que presentan un fallamiento lateral izquierdo que ingresa al estado a través de la falla Motahua-Polochic y finalmente una intensa actividad sísmica a través de un sistema de fallamiento cortical.

El peligro sísmico del estado de Chiapas no está bien definido del todo, aunque se sabe que es importante para gran parte del estado, puesto que existen pocos trabajos de investigadores nacionales y regionales, en el año de 1995 tras el sismo de Villaflores, investigadores de la UAM-A y la UNACH propusieron un mapa de isoperiodos basado en adquisición de vibración ambiental (Alonso *et al.*, 1995), determinando que los periodos predominantes de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez varían desde 0.11 hasta 0.33 segundos, estos periodos se obtuvieron con base a la experiencia de los autores durante el análisis de espectros de Fourier.

Posteriormente se presentó una propuesta de microzonificación sísmica en relación con el periodo natural de vibración del suelo mediante la técnica de

Nakamura, la que arrojó un resultado que variaba desde 0.10 hasta 0.53 segundos (Narcía, C. *et al.*, 2006) obteniendo un mapa de isoperiodos (ver figura 1).

Los estudios de microzonificación sísmica consisten en la identificación y caracterización de unidades litológicas, generalmente suelos cuyas respuesta dinámica frente a terremotos son semejantes. Además de estas unidades se incluyen los efectos inducidos (fallas, licuefacción, etc.) y se valora su peligrosidad. Es muy útil considerar los daños previos en una región. Los mapas resultantes, o mapas de microzonificación, se presentan en una base cartográfica útil para fines de edificación y planificación urbana (Tupak Obando, 2009).

Los aspectos más significativos a estudiar en los estudios de microzonificación son los siguientes:

Propiedades geotécnicas de los suelos, espesor, densidad, velocidad de ondas transversales, módulo de rigidez, resistencia, profundidad del nivel freático, etc. Susceptibilidad frente a la licuefacción, deslizamiento y roturas superficiales por fallas.

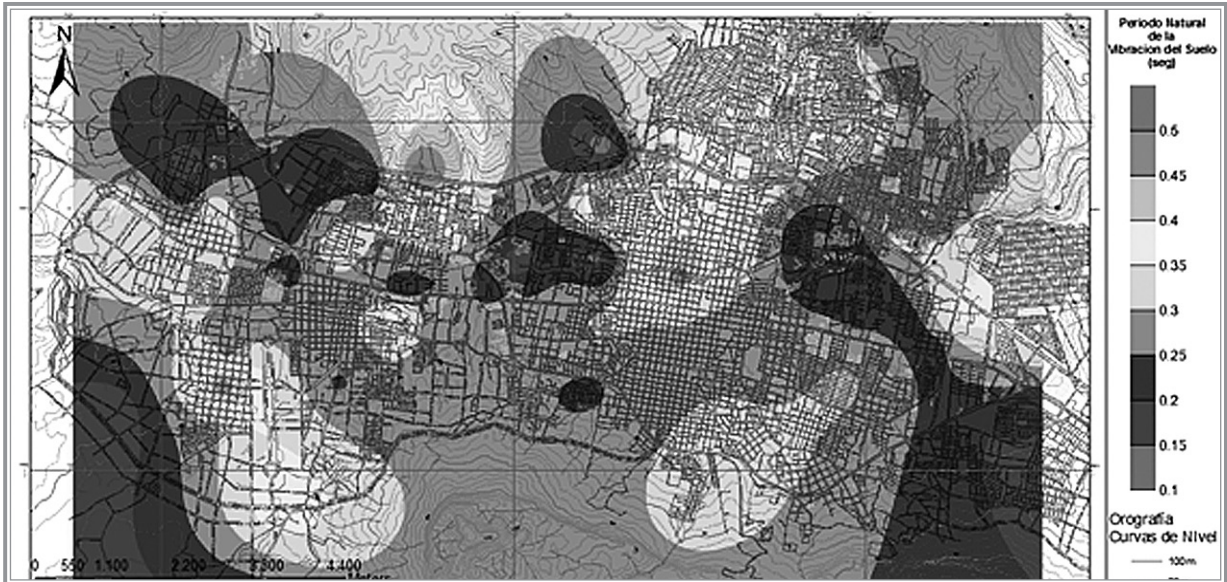


Figura 1 ■ Mapa de isoperiodos de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en función del periodo natural del suelo (modificado de Narcía, C. *et al.*, 2006).

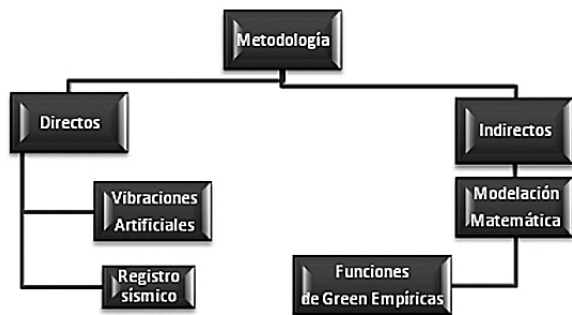


Diagrama 1 ■ Casas demolidas en Lomas del Oriente (sur de Tuxtla Gutiérrez) octubre 2010. Foto JP.

Susceptibilidad de laderas de sufrir procesos de remoción.

Condiciones topográficas que puedan amplificar la respuesta sísmica.

Peligrosidad frente a tsunamis en zonas costeras.

METODOLOGÍA

Existen dos maneras de obtener el periodo fundamental de vibración del suelo, la *indirecta* y la *directa* (ver diagrama 1), la primera consiste en crear acelerogramas sintéticos a partir de registros sísmicos, en ésta se utiliza las funciones probabilísticas de Green (Aguilar, Z. *et al.*, 2002), con el cual al ingresar los parámetros del suelo se obtiene una estimación. El método directo consiste en la medición de microtremores a partir de instrumentación.

Los microtremores son vibraciones generadas por eventos artificiales producto de la actividad humana tales como tráfico, maquinaria industrial y explosiones de dinamita, cuya principal ventaja respecto a los microsismos es su estabilidad. Están compuestos principalmente por ondas Rayleigh y contrario a los microsismos, son de periodo corto (Aki, 1957; Akamatsu y Nogoshi, 1961; Igarashi, 1971), el ruido ambiental (microtremores) permite obtener el periodo fundamental, no obstante el ruido al que esté expuesto. (ver figura 2). Esta segunda técnica es la que se aplica



Figura 2 ■ Fuentes de los microtremores o ruido ambiental.

en este trabajo por su bajo costo y posibilidad de acceso a los equipos requeridos.

Para el estudio de microzonificación se realizaron registros de vibraciones en las laderas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez con el objetivo de determinar el periodo fundamental de vibración del suelo, para la adquisición de estos registros se utilizaron dos grabadoras Altus modelo Makalu con sus sensores modelo Episensor con una sensibilidad de $\frac{1}{4}$ de la gravedad, los registros se tomaron con una duración de 12 minutos con 200 muestras cada segundo.

La distribución de estos registros se tomó con base en la densidad de población, además la necesidad de realizar una triangulación entre registros para poder cubrir una mayor superficie del terreno interpolando dichos registros, con lo cual, delimitamos con una mayor aproximación las zonas con un comportamiento dinámico similar para identificarlas en el mapa.

En lo que respecta al centro de la ciudad debido a que es la zona donde se han presentado más daños por eventos sísmicos, se empleará otro tipo análisis, para obtener los efectos de sitio ya que en este lugar se concentra la mayor parte de la actividad humana y por ende la concentración de ruido sísmico. La técnica seleccionada es la de Autocorrelación Espacial (SPAC), (Aki, 1957). Estos métodos permiten obtener modelos estratigráficos de velocidades a partir de la curva de dispersión de ondas



Figura 3 ■ Mapa de distribución de registros en las laderas de Tuxtla Gutiérrez.

Rayleigh; la frecuencia fundamental del sitio se puede encontrar de manera indirecta utilizando algún método de propagación de ondas en medios estratificados (Flores, H. 2003), de la figura 3 se observa dicha distribución de los registros en las laderas de la ciudad, los que equivalen a más de 300 puntos de muestreo, los que contrasta con los 75 que se emplearon en el estudio del año de 1995.

MÉTODO DE NAKAMURA

El método de Nakamura (Nakamura, 1989), conocido como el *método del cociente espectral*, permite obtener la función de transferencia aproximada del suelo y las amplificaciones asociadas, lo que representa identificar las funciones de transferencia entre las distintas zonas, es decir, si se amplifica la señal sísmica entre un punto y otro por las condiciones locales del suelo (véase figura 4).

El método asume que:

Las microtrepidaciones consisten en ondas Rayleigh, propagándose en una capa que está encima de un espacio infinito.

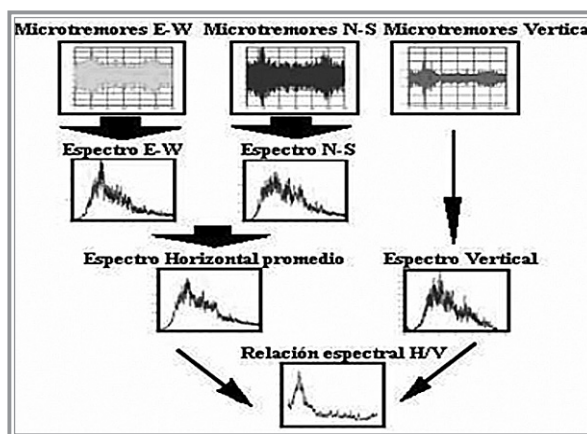


Figura 4 ■ Diagrama del método de Nakamura.

El movimiento es totalmente debido a fuentes locales y todas las fuentes profundas son despreciadas. Las fuentes locales no afectan el movimiento de las microtrepidaciones en la base del estrato de suelo.

PROCESAMIENTO DE DATOS

El procesamiento de los datos obtenidos en campo se realizó con el software libre Geopsy (www.geopsy.org),

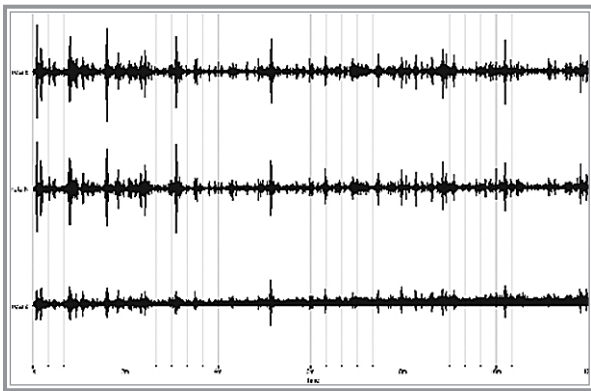


Figura 5 ■ | Datos en crudo de la zona poniente.

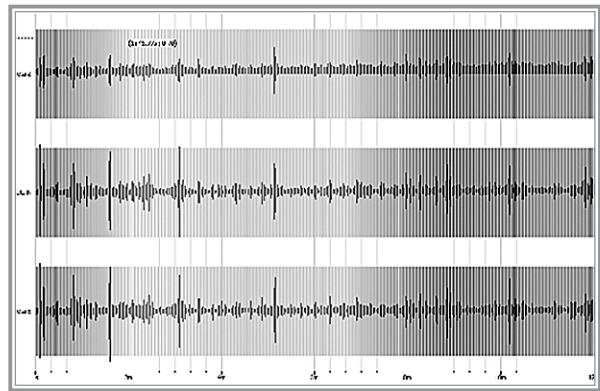


Figura 6 ■ | Señal ventaneada a cada 20 segundos.

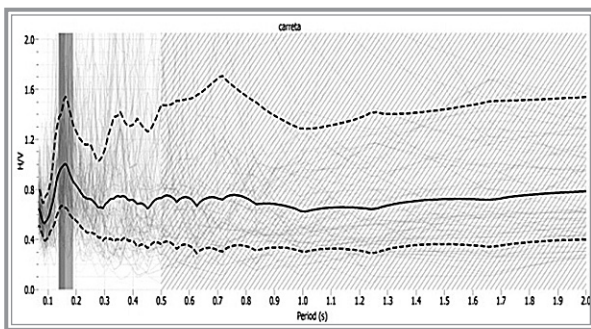


Figura 7 ■ | Periodo predominante 0.17segundos, donde se muestra en línea punteada la desviación estándar y la línea continua el promedio.

donde permite un ventaneo a la señal, posteriormente obtiene de cada ventana los espectros de Fourier y realiza el cociente espectral (H/V), obteniendo un promedio aritmético de los mismos.

En las siguientes figuras (desde 5 hasta la 7) se muestra la señal obtenida en la zona poniente de la ciudad (punto denominado La Carreta), lo cual se observa en la figura 5, donde la señal se ventaneó con una longitud de 20 segundos, como se observa la figura 6, finalmente se aplicó un suavizamiento de la señal del 1% para hacer el filtrado de la señal, obteniendo así el periodo predominante de las vibraciones del suelo (figura 7) el cual se encuentra alrededor de los 0.17 segundos, esta operación se realizó para todos los registros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se muestra en el mapa 1, los datos obtenidos con la metodología descrita anteriormente, varían desde 0.11 y hasta 0.58 segundos, siendo los periodos de 0.2 hasta 0.35 los que predominan, lo cual implica que las construcciones de dos y tres niveles podrían sufrir mayores amplificaciones de la señal.

Estos resultados son preliminares ya que se están llevando a cabo la revisión minuciosa de algunos datos mayores de 0.4 segundos, así como el trabajo de campo en el centro de la ciudad. El mapa 1 se realizó con la ayuda del software Surfer 9, mediante la herramienta de interpolación Kriging. Finalmente tras interpolar se utilizó el software de Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS), para la realizar la referencia geográfica de los resultados, cabe mencionar que la información que presenta el artículo debe manejarse con las reservas del caso, ya que por procesos matemáticos se interpolan señales cubriendo incluso el centro de la ciudad, donde aun no hay resultados experimentales. No obstante la tendencia que muestran los resultados son adecuadas considerando los estudios anteriores y los datos topográficos, geológicos y geotécnicos con que se cuenta en el estado.

Algunos resultados concuerdan con el estudio realizado anteriormente. En este estudio se incluirán posteriormente los aspectos antes mencionados para

una buena microzonificación sísmica de la ciudad y así entonces obtener información sobre la intensidad máxima que puedan alcanzar eventualmente los sismos en una región determinada (entendiendo que la intensidad está relacionada directamente con los daños que pueden ocasionarse). La necesidad de la zonificación sísmica surge de la búsqueda de condiciones más seguras de una región, pretendiendo que sea implementada en las normas de construcción y urbanización, lo que redunde en condiciones más seguras para los habitantes y bienes económicos de una región. Las viviendas y las obras industriales, comerciales, educativas y de servicio, se deben edificar de modo que los sismos no alteren su funcionamiento normal y la microzonificación cumple un papel importante.

Los mapas 2 y 3 son representaciones del mapa 1 considerando la mancha urbana de la ciudad capital y la topografía de la ciudad, lo cual se representa como un mapa tridimensional.

CONCLUSIONES

Las señales procesadas de las laderas permiten observar que la ladera sur presenta mayores periodos (0.45 segundos promedio) que en la norte (0.35 segundos promedio), lo cual, se debe posiblemente a mayor espesor de sedimentos deformables, material constitutivo menos denso, entre otros factores.

Con relación a los mapas que se realizaron en los años 1994 y 2006, el mapa obtenido en este trabajo nos da una idea más clara de las zonas en particular con una respuesta de amplificación de las ondas sísmicas, aunque falta incluir los aspectos de topografía, efectos inducidos, daños, etc., donde este nos permitirá de aquí en adelante tener en consideración relevantes con respecto a edificaciones y estructuras en construcción y así tomar la mejor decisión para reducir el riesgo sísmico de los habitantes y darle mayor seguridad a la inversión.

AGRADECIMIENTOS

Al Sistema Integral de Protección Civil del Estado de Chiapas por el financiamiento del proyecto, Instituto de Geofísica de la UNAM, al biólogo Rodolfo José Palacios Silva, Coordinador de Ingeniería Ambiental de la UNICACH y a mis compañeros Silvia, Ana, Alondra, Itzel, Adrián y Rodrigo por su apoyo en este trabajo.

LITERATURA CITADA

AKAMATSU, K., 1961. *On microseisms in frequency range from 1 c/s to 200 c/s*, Bull Earthquake Res., Inst. Tokyo, Univ., 39, pp. 23-75.

AKI, K., 1957. *Space and time spectra of stationary stochastic waves with special reference to microtremors*, Bull Earthquake Res., Inst. Tokyo Univ., 35, pp. 415-457.

ALONSO G.; CRUZ R.; SANTOS F.; RAMÍREZ, M.; RUIZ, M.; E. IGLESIAS, J., 1995. *Zonación sísmica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez*, 1a. edición, Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, México, s.p.

FLORES, H., 2003. *Método SPAC: otra alternativa para estimarla respuesta de sitio en la ciudad de México*, Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, s.p.

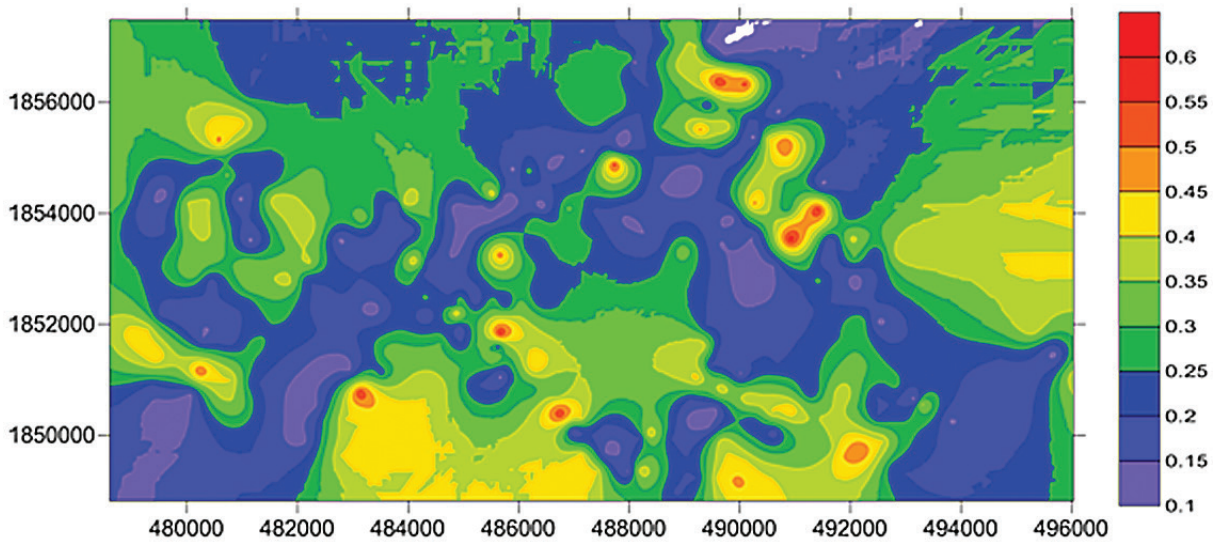
NAKAMURA, Y., 1989. *A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface*, QR of RTRI 30, no. 1, February, pp. 25-33.

NARCÍA, C.; AGUILAR J.; RAMÍREZ, M.; GONZÁLEZ, R.; CRUZ R., 2006. El periodo natural de vibración del suelo en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en *Qué hacer científico en Chiapas*, UNACH vol. 1, Núm. 1, segunda época, enero-junio, s.p.

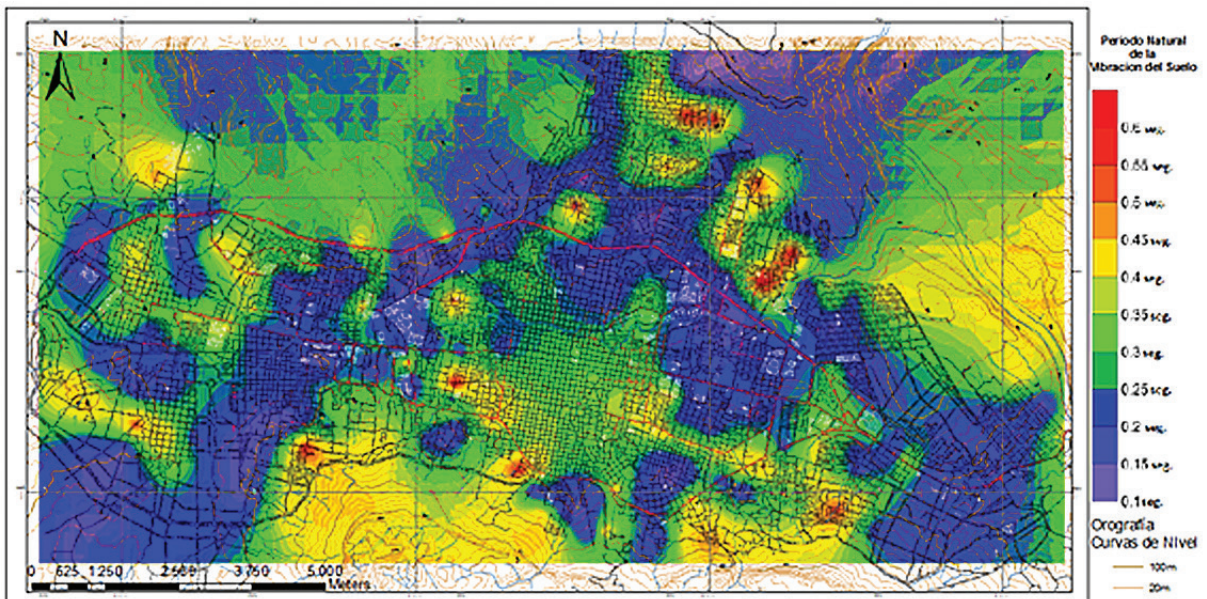
NOGOSHI, M.; LGARASHI, T., 1971. *On the amplitude characteristics of microtremor (Part 2)*, Jour. Seism. Soc., Japan, 24, 26-40. (In Japanese with English abstract).

TUPAK, O., 2009. *Microzonificación sísmica*, Universidad Internacional de Andalucía, UNIA Huelva, España.

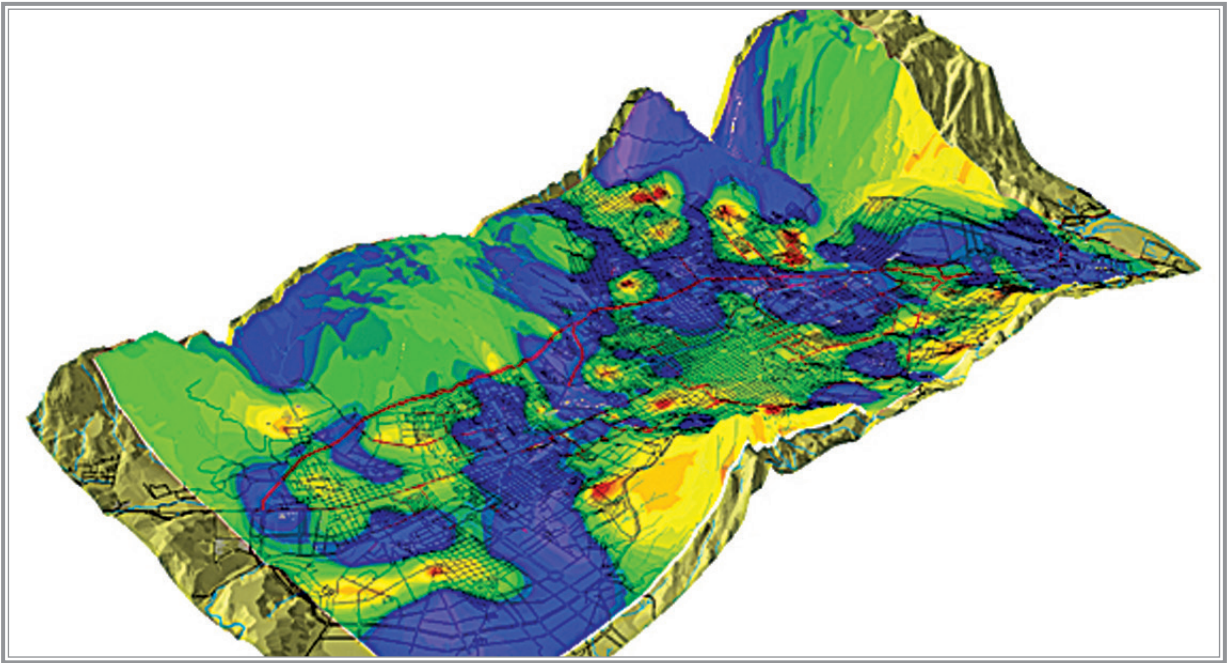




Mapa 1 ■ Imagen de isoperiodos georeferenciado, en la barra de color representa el periodo fundamental de vibración del suelo con unidades de segundos (s).



Mapa 2 ■ Imagen de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez sobrepuesto el mapa de isoperiodos obtenido anteriormente.



Mapa 3 ■ | Imagen en 3d de la topografía de Tuxtla Gutiérrez sobrepuesto el mapa de isoperiodos obtenido anteriormente.

Medición remota de ozono atmosférico en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, utilizando la técnica Doas

Albert Orantes Jonapá¹
Carlos García Lara¹
Rubén Vázquez Sánchez¹
Raúl González Herrera¹
Jorge Camas Anzueto²

RESUMEN

Se presenta una breve descripción de un sistema de monitoreo remoto de contaminantes basado en espectroscopía por absorción óptica diferencial, el cual permite detectar trazas de contaminantes presentes en la atmósfera, este sistema fue colocado en las instalaciones de ciudad universitaria de la UNICACH, monitoreando una extensión lineal de aproximadamente 2.9 km, los resultados obtenidos fueron para determinar concentraciones de ozono, evaluando además la influencia de las condiciones climáticas en los resultados, al final se realiza una comparación con un sistema de detección comercial, observando una buena correlación entre ellos.

Palabras clave: UV DOAS, medición óptica remota, espectroscopia

ABSTRACT

We presents a brief description of a remote monitoring pollutants system based on differential optical absorption spectroscopy, which

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Facultad de Ingenierías, Libramiento Norte Poniente 1150
Col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C. P. 29039,
e-mail: carlosmgl10@yahoo.com.mx

²Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Carretera Panamericana km 1080
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C. P. 29000

can detect traces of pollutants in the atmosphere, this system was placed in campus facilities of UNICACH, monitoring a linear extension of about 2.9 km, the results were to determine ozone concentrations, also evaluating the influence of weather conditions on the results, at the end was realized a comparison with a common detection system, having a good correlation between them.

Keywords: UV DOAS, remote optical measurement techniques, spectroscopy

INTRODUCCIÓN

La atmósfera constituida naturalmente por gases como nitrógeno (N_2), 78%, oxígeno (O_2), 21%, argón (Ar), 1% y dióxido de carbono (CO_2), 0.04%, ha sufrido alteraciones que han provocado un desequilibrio en ésta, debido a las emisiones de automóviles, industria, y en áreas rurales por emisiones procedentes de incendios forestales (Baird, 2001), se ha visto alterada en su composición química afectando de forma directa la calidad de vida de los seres vivos. Dentro de la gran variedad de contaminantes presentes en la atmósfera se encuentran el monóxido de carbono,

dióxido de azufre, partículas suspendidas, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (COV), siendo los dos últimos los que constituyen el esmog, debido a la formación de ozono y otras moléculas oxidantes (Spiro, 2004).

Existen una gran variedad de técnicas de medición de estos contaminantes (Creswell, 1979). Sin embargo, debido a que se dispersan rápidamente en la atmósfera bajo condiciones de flujo no estacionario, las concentraciones son extremadamente bajas, en algunas ocasiones por debajo de niveles de una parte por millón (ppm), utilizando métodos químicos de contacto, donde el gas es extraído del medio ambiente para su medición y caracterización, mediante reacciones químicas específicas, se ha logrado su detección y concentración. Sin embargo, presentan diferentes desventajas como son muestreos por largos periodos de tiempo, existencia de muchas fuentes de error relacionadas a la extracción y manipulación del contaminante y la cuantificación resulta complicada (Mercer, 2003).

Por otro lado, existen diferentes técnicas ópticas para la caracterización, detección y control de gases (Helmut, 2007), basada en espectrofotometría, las cuales pueden ser clasificadas en dos bloques: el primero aísla una muestra del medio ambiente y la analiza, mientras que el segundo realiza el análisis

en el lugar, este último puede a su vez ser subdividido en aquellos que requieren de una retroalimentación y los que se realizan en un sistema abierto, conocido como técnica óptica de medición remota (ROMT), utilizada para emisiones de vehículos de combustión (Stedman, 1989), monitoreo de gases tóxicos o explosivos (Chan, *et al.*, 1973), y calidad del aire, por ejemplo en ambientes urbanos (Barrefors, 1997). Esta técnica permite la medición sobre áreas extensas, normalmente de algunos cientos de metros, aunque estas mediciones se ven afectadas por la dispersión y otros mecanismos de interferencia debido al área de monitoreo (Crookell, 2001).

La medición remota de la concentración de contaminantes por técnicas ópticas está basada en la absorción de la radiación electromagnética de longitudes de onda, normalmente en el ultravioleta o infrarrojo y ocasionalmente en el visible, por las moléculas contaminantes. Su funcionamiento se basa en tres modelos básicamente, mediciones dispersivas que utilizan la región UV para compuestos orgánicos volátiles (VOCs) y para óxidos de nitrógeno (NO_x) (Patterson, *et al.*, 1998), entre otros, y para la región IR para compuestos como monóxido de carbono, dióxido de carbono y amonio (Baum, 2000), mediciones no dispersivas de la cual se realiza la técnica espectroscópica de absorción óptica diferencial (DOAS), técnica es ampliamente utilizada en las regiones del

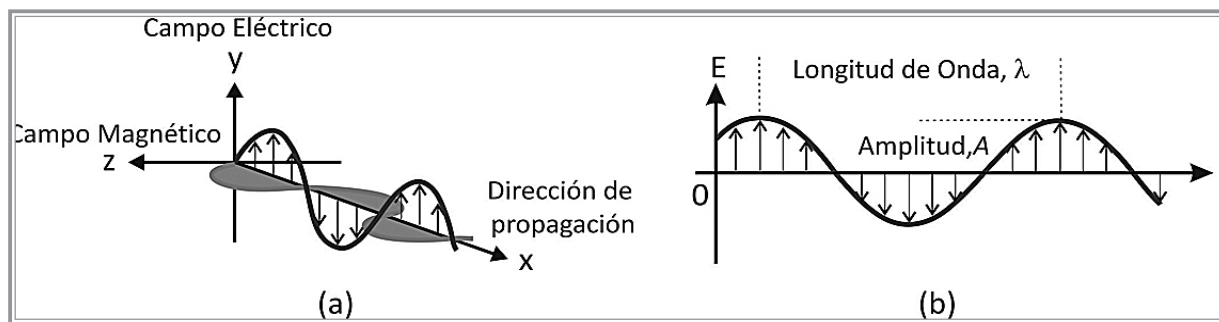


Figura 1 ■ Representación de un haz de radiación monocromática, polarizada en el plano: (a) campo eléctrico y magnético perpendiculares entre sí, respecto a la dirección de propagación, (b) representación bidimensional del vector eléctrico (Skoog, 2000).

infrarrojo (Bishop, 1996) y ultravioleta; además del LIDAR (DIAL), y por último las mediciones con un rango estrecho de longitudes de onda.

TEORÍA DE LAS TÉCNICAS ÓPTICAS

La medición de contaminantes atmosféricos por técnicas ópticas se basa en la interacción de las partículas contaminantes con la radiación electromagnética, esta teoría puede ser representada como un campo eléctrico y magnético que está en fase, con oscilaciones sinusoidales en ángulo recto entre ellos, respecto a la dirección de propagación. La figura 1, presenta la radiación para un haz individual polarizado en el plano yz, moviéndose en la dirección x.

El campo eléctrico es el responsable de la mayoría de los fenómenos que involucran la transmisión, reflexión, refracción y absorción. Muchas de las propiedades de la radiación electromagnética se aplican adecuadamente con un modelo clásico de onda sinusoidal, que utiliza parámetros como la longitud de onda (λ), la frecuencia (ν) y la velocidad de propagación v_p , expresada en metros por segundo

$$v_i = v \cdot \lambda_i \quad (1)$$

Otro parámetro es la amplitud A , definida como la longitud del vector eléctrico en el máximo de la onda. A diferencia de otros fenómenos ondulatorios, como el sonido, la radiación electromagnética no necesita un medio de apoyo para transmitirse y, por tanto, se propaga fácilmente a través del vacío. Es importante tener en cuenta que la frecuencia de un haz de radiación está determinada por la fuente y permanece invariable. Por el contrario, la velocidad de la radiación depende de la composición del medio que atraviesa por tanto se puede ver a partir de la ecuación 1, que la longitud de onda de la radiación depende también del medio. El subíndice i , pone de manifiesto esta dependencia.

En cualquier medio, la propagación de la radiación disminuye a causa de la interacción del campo

electromagnético y la materia. Dado que la frecuencia radiante permanece invariable y viene dada por la fuente, la longitud de onda debe disminuir cuando la radiación pasa del vacío a algún otro medio. Si se toma el tiempo como una variable, la onda en la figura 1b, puede definirse mediante la ecuación

$$y = A \sin(\omega t + \phi) \quad (2)$$

en la que y es el campo eléctrico, A es la amplitud o valor máximo de y , t es el tiempo, ϕ es el ángulo de fase, ω es la velocidad angular del vector y se relaciona con la frecuencia de la radiación ν , por medio de la ecuación

$$\omega = 2\pi\nu \quad (3)$$

Otra característica importante es la transmisión de la radiación, la cual se define como el índice de refracción de un medio, medida de su interacción con la radiación

$$n_i = \frac{c}{v_i} \quad (4)$$

En donde n_i es el índice de refracción para una frecuencia determinada i , v_p es la velocidad de la radiación en el medio y c , es su velocidad en el vacío. La variación del índice de refracción de una sustancia con la longitud de onda o con la frecuencia se denomina *dispersión refractiva*, y se pueden representar en dos tipos de regiones: región de dispersión refractiva normal y dispersión refractiva anómala. En la primera región hay un aumento gradual del índice de refracción al aumentar la frecuencia (o disminuir la longitud de onda), en la segunda región, son aquellos intervalos de frecuencia en las que se observa un cambio brusco del índice de refracción, y siempre ocurre a frecuencias que corresponden a la frecuencia armónica natural asociada con alguna parte de la molécula, átomo o ion de la sustancia.

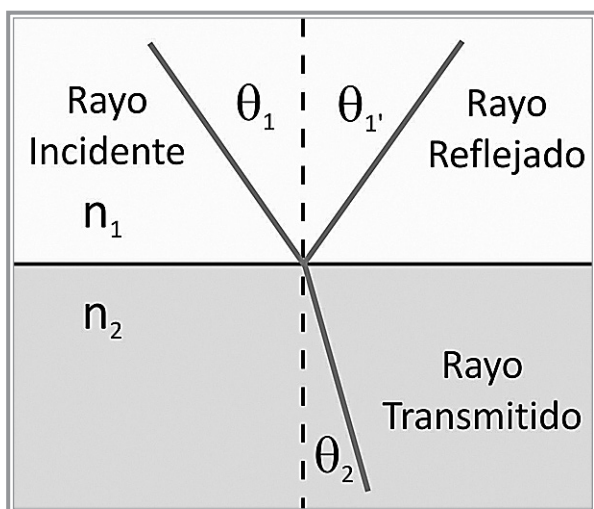


Figura 2 ■ Refracción de la luz al pasar de un medio M1 a otro más denso M2 en el que su velocidad es menor.

Cuando la radiación incide con un ángulo en la interfase entre dos medios transparentes que tienen densidades diferentes, se observa un cambio brusco en la dirección, o refracción, del haz de luz como consecuencia de una diferencia en la velocidad de la radiación en los dos medios. Cuando un haz pasa de un medio menos denso a uno más denso, como se muestra en la figura 2, la desviación se acerca a la normal hasta la interfase. Cuando pasa de un medio más denso a otro menos denso, se observa una desviación separándose de la normal, la magnitud de esta refracción viene dada por la ley de Snell

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad (5)$$

Cuando la radiación atraviesa una capa de un medio sólido, líquido o gaseoso, ciertas frecuencias pueden eliminarse selectivamente por absorción, un proceso en el que la energía electromagnética se transfiere a los átomos, iones o moléculas que componen la muestra. La absorción provoca que estas partículas pasen de su estado

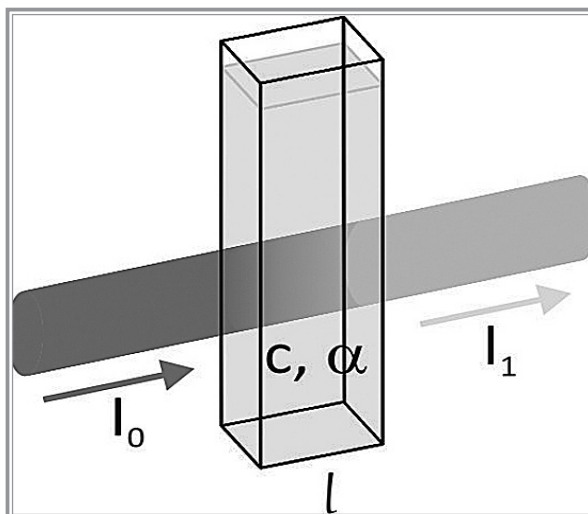


Figura 3 ■ Atenuación de un haz de radiación por una disolución absorbente.

normal a temperatura ambiente, o estado fundamental, a uno o más estados excitados de energía superior. De acuerdo con la teoría cuántica, los átomos, moléculas o iones sólo tienen un número limitado de niveles de energía discretos; de tal modo que para que se produzca la absorción de la radiación, la energía de los fotones excitados debe coincidir exactamente con la diferencia de energía entre el estado fundamental y uno de los estados excitados de las especies absorbentes. Como estas diferencias de energía son características para cada especie, el estudio de las frecuencias de la radiación absorbida proporciona un medio para caracterizar los componentes de una muestra (Skoog, 2000).

La figura 3, muestra un haz de radiación antes y después de atravesar un medio que tiene un espesor b , en cm y una concentración c , de una especie absorbente. Como consecuencia de las interacciones entre los fotones y los átomos o moléculas absorbentes, la potencia del haz disminuye de P_0 , a P .

De lo anterior, la fracción de radiación incidente transmitida por el medio, conocida como *transmitancia* T , está dada por la razón de la potencia de salida y la de

entrada, mientras que la absorbancia A , de un medio es una medida de la disminución de la potencia radiante. Al contrario de la transmitancia, la absorbancia de un medio aumenta cuando la atenuación del haz se hace mayor. El espesor b , por el cual viaja el haz de entrada es otro parámetro importante en la señal de salida, ya que de éste depende la absorción de la luz en relación con la concentración de la solución. La ley de Beer-Lambert (Grutter y Basaldud, 2006), establece que la intensidad de un rayo de luz monocromática disminuye exponencialmente a medida que aumenta la concentración del medio que la absorbe.

Para deducir esta ley, se postula en primer lugar que cada cuanto de luz que penetra una sustancia tiene igual oportunidad de ser absorbido. Esto implica que la luz es monocromática. En segundo lugar, se postula que cada molécula de la sustancia que absorbe tiene igual oportunidad de interceptar y absorber un cuanto de luz, cualquiera que sea su situación dentro de la trayectoria del medio. La intensidad de la radiación $I(\lambda)$, al propagarse por un medio gaseoso como es la atmósfera y sin tomar en cuenta procesos de dispersión, disminuye exponencialmente con la concentración de los gases que la componen (c_i), con los coeficientes de absorción (σ_i) así como con la longitud del medio absorbente (L), con respecto a la intensidad inicial $I_0(\lambda)$.

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)e^{-L\sigma_i(\lambda)c_i} \quad (6)$$

La ecuación 6, aplica para las técnicas ópticas de percepción remota, las cuales miden las interacciones entre la energía radiante y la materia.

ARREGLO EXPERIMENTAL

Para la medición remota de contaminantes atmosféricos se desarrolló un sistema DOAS pasivo, el cual utilizó un telescopio refractor acromático marca Meade modelo ETX-80AT, el cual cuenta con un ocular, encargado de amplificar la imagen formada por el objetivo, además de un espectrofotómetro UV, marca BW TEK, modelo BRC112E, el cual abarca las longitudes de onda específicas para el monitoreo de los contaminantes (150-450 nm), como son: ozono (O_3), monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), ácido nitroso (HONO) y benceno (C_6H_6). Otros parámetros necesarios de medir para el análisis de datos, debido a la relación que presentan con la formación, transporte y precipitación de contaminantes, son las condiciones climatológicas.

El estudio se realizó en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, localizada en la Depresión Central de Chiapas, está compuesta por un valle y está limitada al sur

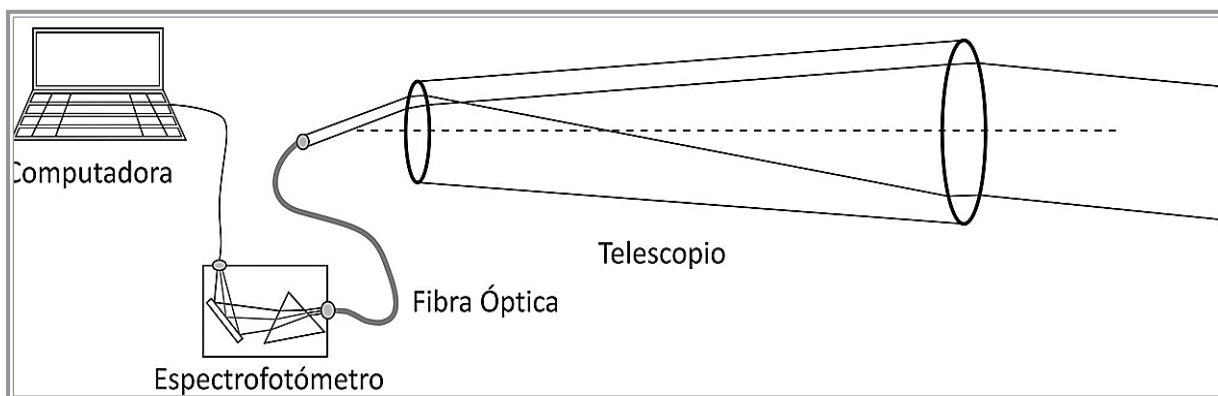


Figura 4 ■ | Arreglo experimental del sistema DOAS.

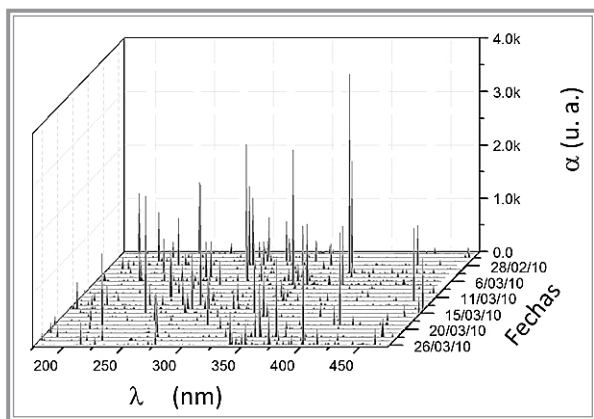


Figura 5 ■ | Espectro obtenido en en la zona centro de la ciudad a las 8 am.

y norte por dos elevaciones orográficas, en una de estas se encuentra la UNICACH y sitio de instalación del sistema DOAS, el sitio de estudio se determinó debido a la afluencia de automóviles, ubicado en la zona centro tomando como referencia un edificio a una distancia de la UNICACH de 2.93 km, con latitud $16^{\circ}45'14.38''N$, longitud: $93^{\circ}7'3.87''O$. Una vez definido el sitio se procedió a tomar la medición con el arreglo experimental mostrado en la figura 4, el cual está diseñado para detectar la señal emitida por la interacción de la energía (radiación solar), con la materia (contaminantes), usando como fuente de luz al sol.

El telescopio fue el instrumento utilizado para aislar la zona de estudio y permitió recolectar la luz que va desde el área de estudio a la estación de monitoreo, posteriormente esta información fue enviada a través de fibra óptica hasta el espectrofotómetro, el cual proporciona información del espectro de absorción y transmisión de los contaminantes. Estas mediciones se realizaron para calcular la razón de concentración según la ley de Beer-Lambert, teniendo la razón de intensidades se procedió a la localización de los diferentes contaminantes tomando como referencia sus secciones transversales, las cuales, como ya se mencionó, son características propias de cada especie a estudiar.

RESULTADOS

La zona de monitoreo propuesta fue elegida debido a la posición privilegiada de la UNICACH que permite un campo de visibilidad amplio de esa zona, la importancia del tránsito vehicular que tiene y a la forma característica de la ciudad en la que puede haber una mayor formación de contaminantes en la zona, si se presentan ciertas condiciones atmosféricas. El estudio se realizó del 15 de febrero al 26 de marzo de 2010 en tres diferentes horarios: 8 am, 12 pm y 3 pm, debido a que son horas en las que la hay un mayor índice de tráfico vehicular. Para el primer caso debido al inicio de actividades escolares y laborales, para el segundo (medio día) principalmente debido a actividad comercial que ahí se tiene y en el tercer horario debido al término de actividades laborales y escolares. El espectro obtenido a partir de las mediciones con el sistema DOAS, se presenta en la figura 5. Cabe señalar la obtención del espectro tomado directamente del cielo de manera perpendicular a la ubicación del sistema, lo anterior como espectro de referencia, haciendo la suposición de que en esta zona no existe una concentración de contaminantes considerable.

En la figura 5, se presenta la información obtenida del espectro de absorción medida en la trayectoria de análisis, representada por α , expresada en unidades arbitrarias (u. a.), en función de los días de muestreo y de la longitud de onda, expresada con λ , en nanómetros (nm), además se pueden observar los picos característicos correspondientes a los agentes contaminantes presentes en la zona de estudio, los cuales deben ser procesados y delimitados según su rango espectral para su estudio.

A partir de estos datos se procedió a la localización de las especies, que está en función de la longitud de onda (Platt, 2008). En la figura 6, se presenta el espectro obtenido el 13 de marzo a las 12 pm, en donde se enfatizan los rangos de longitudes de onda correspondientes a los contaminantes a evaluar, para el caso de O_3 , va desde 312 hasta 330 nm (Molina, 1986).

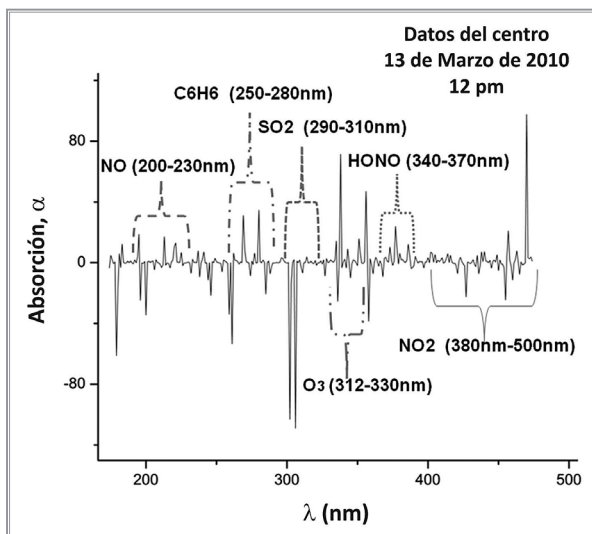


Figura 6 ■ | Delimitación espectral de los diferentes contaminantes, regiones UV-Vis.

Es importante señalar que los cambios evidentes en el espectro de absorción debido a la presencia de esta especie caen principalmente en este rango de longitudes de onda, para el SO_2 , va desde 290-310 nm (Chance, 2001), los picos de absorción correspondiente al benceno van desde 250 hasta 280 nm, para el HONO, abarca desde los 340 hasta los 370 nm (Chance, 2001), el NO va desde 200 hasta 230 nm y, la región espectral de absorción del NO_2 , abarca desde 380 hasta 500 nm (Brohede S., 2002).

Una vez delimitado el O_3 , se promediaron estos datos para determinar de esta manera los días de mayor discrepancia o error, el cual puede ser ocasionado por una mala alineación del sistema, por cuestiones climáticas, entre otros. Por lo anterior se deben buscar cuales son los parámetros que lo generan, por lo que se evaluaron las características climatológicas del sitio en los días de muestreo. Es importante señalar que el monitoreo se realizó en las instalaciones de la escuela de ingeniería ambiental de la UNICACH, por lo que se considera que la información es puntual, y se tendrá cierta incertidumbre en la correlación con los datos

del sistema propuesto, ya que este monitorea un camino óptico de aproximadamente 3 km, provocando que factores como velocidad del viento, humedad, temperatura, entre otros no sean iguales a aquellos presentes en la zona. Como ejemplo se deben observar edificios altos, que provocan pequeñas alteraciones en los patrones climáticos, además de que la información de referencia de los contaminantes presentes en la atmósfera son únicamente de la zona centro, particularmente en el palacio de gobierno, lugar en que la Secretaría de Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural (SEMAVIHN), tiene instalado un sistema de monitoreo.

Para el caso del viento, se observó que la variabilidad de este parámetro, puede presentar cambios en las condiciones de transporte de contaminantes, para el caso de vientos mayores a 2 m / s, generan movilidad de partículas suspendidas, lo que altera de manera considerable el área de análisis. Al evaluar la existencia de una relación directa de las condiciones climáticas con el sistema DOAS, no se observó influencia significativa en los resultados obtenidos, sin embargo es sabido que la combinación de estos generan características climatológicas muy particulares como son la presencia de bruma, nubosidad, entre otros. Como muestra de lo mencionado anteriormente, se ejemplifica la información obtenida el 6 de marzo, en donde se observó una temperatura de 21 grados centígrados, velocidad del viento de 1.8 m / s y una humedad relativa de 77 %, además de la condición de que el día estuvo nublado, lo que provocó una disminución de la visibilidad, provocando variaciones grandes en las mediciones del sistema.

Una vez analizado lo anterior, se realizó el promedio diario de los datos para el ozono y se comparó con la información proporcionada por la SEMAVIHN, para establecer la comparación de la información. Cabe señalar que en contraste con los experimentos de laboratorio, la repetición de mediciones realizadas en la práctica, bajo condiciones ambientales, es com-

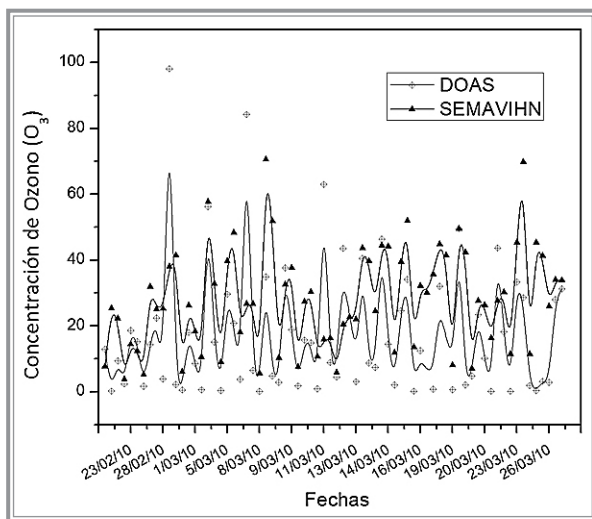


Figura 7 ■ Serie de tiempo de la concentración de O₃, medida con analizadores convencionales (SEMAVIHN) y el sistema DOAS, en horario matutino, zona centro.

plicada, ya que en particular para la técnica propuesta el medio de iluminación no es uniforme, aunado a las características propias del medio ambiente, por lo que los resultados presentados se basan en el comportamiento estadístico de las concentraciones medidas.

En el caso de ozono, el desempeño del equipo DOAS con respecto al analizador que utiliza el método de referencia evaluado en el horario matutino, se observó que existía una buena correlación. Aunque cabe señalar que para el caso de los datos correspondientes al 11 y 22 de marzo, se observaron variaciones respecto de los datos proporcionados por la SEMAVIHN, pero como se mencionó anteriormente, esto puede ser debido a que el sistema propuesto hace un barrido de la información a lo largo de una trayectoria, a diferencia del sistema de referencia que es puntual.

Para el mediodía, se observaron discrepancias principalmente en 4 fechas, el 23 de febrero, 6, 11 y 22 de marzo, donde se observó además la recurrencia en dos días de marzo, que como característica similar se tiene que fueron días en los que el viento fue superior a los

6 m / s, además de que para el caso del 11 de marzo fue el día con menor humedad relativa por la mañana.

Por último, para el horario vespertino, se observaron discrepancias el 28 de febrero, y 8, 19 y 26 de marzo, aquí no existe relación alguna con los datos presentados en los otros horarios, por lo que requiere del análisis de otros parámetros ambientales o del sistema propuesto para tener mayor certeza. Sin embargo la correlación de información es superior al 80%, tomando en cuenta todas las desventajas de un sistema pasivo, por lo que se considera una alternativa a considerar en el análisis de contaminantes.

CONCLUSIONES

Conforme a los resultados obtenidos en las mediciones realizadas se encuentra que existe cierta aproximación entre las mediciones con método convencional (puntual) y el DOAS (trayectoria). Las diferencias son debidas a la naturaleza misma de la medición por trayectoria (DOAS) y el puntual (convencional). Los resultados del análisis de desempeño entre ambas tecnologías indican que la medición de la calidad del aire (para el O₃) a través del sistema DOAS es confiable, el cual a su vez, puede ser utilizado para realizar una medición continua de diferentes contaminantes que incluye además hidrocarburos (benceno, tolueno, o,p,m, xileno, estireno y fenol), aunque lo anterior dependerá de la resolución del espectrofotómetro. El uso del DOAS (medición por trayectoria abierta) para el monitoreo de la calidad del aire tiene grandes ventajas sobre la técnica de medición *in situ*. Esto permite hacer estudios de emisiones bajo el concepto de medición por fuente de área, así como evaluaciones de la calidad del aire de manera más integral por cuenca atmosférica con límites de detección tan bajos como 1 ppb. El uso del sistema DOAS permite realizar mediciones en diferentes bandas del espectro de luz para detectar interferencias en la detección de ozono. Además los costos asociados a la operación y mantenimiento resultan moderados. Cabe señalar que

esta técnica fue posible de implementar debido a las características propias de la ciudad, la cual presenta temporadas largas de cielo despejado, que es cuando se puede observar el fenómeno de foto-disociación de gases emitidos por los automotores, ya que en días nublados, con demasiada presencia de neblina o con probabilidades de lluvia se incrementa el error considerablemente, por lo que es necesario el desarrollo y caracterización de la configuración DOAS activa.

AGRADECIMIENTOS

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

LITERATURA CITADA

- BAIRD, COLIN, 2001.** *Química ambiental*, Editorial Reverte, 2ª edición, pp. 4-607.
- SPIRO THOMAS, STIGLIANI WILLIAN, 2004.** *Química medioambiental*, Pearson Prentice Hall, pp. 219-243.
- CRESWELL, C.J., RUNQUIST, O.A. Y CAMPBELL, M.M., 1979.** *Análisis espectral de compuestos orgánicos*, Ed. Diana, México, s.p.
- MERCER CAROLYN, 2003.** *Optical metrology for fluids, combustion and solids*, s.l., s.e., 460 pp.
- HELMUT TELLE, GONZÁLEZ UREÑA ÁNGEL, DONOVAN ROBERT J., 2007.** *Laser chemistry: spectroscopy, dynamics and applications*, s.l., Ed. Wiley, 502 pp.
- STEDMAN D. H., 1989.** Automobile carbon monoxide emission, en *Environmental Science Technology*, 23(2), pp. 147-149.
- CHAN S. H., ET. AL., 1973.** Analysis of principles of remote sensing and characterization of stack gases by infrared spectroscopy, en *Environmental Science Technology*, 7(5), pp. 424-427.
- BARREFORS G., 1997.** Erratum to monitoring benzene, toluene, and p-xylene in urban air with differential optical absorption spectroscopy technique, en *Science Tot. Environment*, 196, 99-104.
- CROOKELL ANDREW, BROOK RICHARD, 2001.** Remote optical measurement techniques: under-performance or over-expectation?, en *Proceeding of SPIE*, 4199, 149-156.
- PATTERSON B. A., ET. AL., 1998.** Detection of benzene and other gases with an open-path, static Fourier transform UV spectrometer, en *Applied Optics*, 37(15), 3172-3175.
- BAUM M, ET. AL., 2000.** *Multicomponent remote sensing of vehicle exhaust emissions by dispersive IR and UV spectroscopy*, Proceeding of SPIE, 45th annual meeting, august 2000, San Diego, CA., s.p.
- BISHOP G. A. AND STEDMAN D. H., 1996.** Measuring the emissions of passing cars, en *Acc. Chem. Res.* 29, 489-495.

SKOOG D. A., HOLLER J. H., NIEMAN, 2000. *Principios de análisis instrumental*, 5a. edición, Ed. McGraw-Hill, pp. 122-407.

GRUTTER MICHEL Y BASALDUD ROBERTO, 2006. *Técnicas ópticas de percepción remota para la caracterización de gases atmosféricos. Contaminación atmosférica V*, El Colegio Nacional, ISBN 970-640-303-5, pp. 91-117

PLATT, U., 2008. *Modern methods of the measurement of atmospheric trace gases*, Chem Phys 1999, 1:5409–15.

MOLINA L. T., MOLINA M. J., 1986. Absolute absorption cross sections of ozone in the 185- to 350-nm wavelength range, en *J Geophys Res D*, 91:14501–8.

CHANCE K. V., BURROWS J. P., PERNER D., 2001, Schneider W. Satellite measurements of atmospheric ozone profiles, including tropospheric ozone, from UV/visible measurements in the nadir geometry: a potential method to retrieve tropospheric ozone, *JQSRT*, 57:467–76.

BROHEDE S., 2002. *DOAS–Differential Optical Absorption Spectroscopy- Department of Radio and Space Science*, University of Chalmers, Suecia, s.p.



Elaboración de producto con base en maíz (*Zea mays*) y chipilín (*Crotalaria longirostrata*) para fomentar el consumo de hojas verdes en la alimentación de niños

Karina E. Díaz Domínguez**

Patricia I. Meza Gordillo*

Adriana Caballero Roque*

Gilber Vela Gutiérrez*

Juan M. León González*

Vidalma del R. Bezares Sarmiento*

RESUMEN

Se aplicó una encuesta a madres de familia sobre el consumo de alimentos para conocer el tipo de vegetales que se producen en la comunidad. Las hojas de chipilín como fuente de hierro no hem (no biodisponible por ser de origen vegetal) fueron utilizadas para la elaboración de tostadas de maíz. Se propusieron tres combinaciones del producto, las cuales fueron evaluadas por preescolares de dos jardines de niños de la cabecera municipal de San Lucas, Chiapas. Se determinó la combinación de mayor agrado logrando un producto sensorialmente aceptable, para promover el aumento del consumo de vegetales de hojas verdes en niños y niñas en edad preescolar. Se realizó análisis bromatológico para determinar el aporte nutritivo en la tostada de mayor aceptabilidad.

Palabras clave: preescolares, hierro no hem, alimentos vegetales.

ABSTRACT

It was surveyed mothers on food consumption for the type of plants that occur in the community. Chipilín leaves as a source of non-heme iron were used for the manufacture of toasted corn. The proposed three product combinations, which were evaluated by preschoolers in two kindergartens in the town center of San Lucas, Chiapas. We determined the combination of increased sensory pleasure achieving acceptable product, to promote increased consumption of green leafy vegetables in children of preschool age. Compositional analysis was performed to determine the nutritional content and the toast of greater acceptability.

Key words: preschool, non-heme iron, plant foods.

INTRODUCCIÓN

La etapa preescolar, que abarca desde el primer año hasta los seis años de edad, consiste en una fase de intenso crecimiento social, cognitivo y emocional, por lo cual, la formación de hábitos alimentarios y estilos de vida adquiridos repercuten

*PTC. Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos. Edificio 11 y 12. Ciudad Universitaria, UNICACH Libramiento Norte Poniente # 1150, col. Lajas Maciel Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Autor para correspondencia: patricia.meza@unicach.edu.mx

** Egresada de la licenciatura en Nutriología

durante la vida del individuo, por lo que es necesario promover hábitos de alimentación correctos y estilos de vida saludables que favorezcan la prevención de enfermedades como desnutrición, anemias, infecciones diarreicas, *Diabetes mellitus*, obesidad, hipertensión y sobrepeso, entre otras. Es importante señalar que en la edad preescolar hay una importante deficiencia alimentaria, tal es el caso de la deficiencia de hierro. Por este motivo, surgen tendencias en nutrición y salud para satisfacer necesidades de nutrimentos básicos para el organismo y de compuestos bioactivos capaces de proporcionar determinados beneficios a la salud, que mejoran en el bienestar físico y reducen el riesgo de padecer ciertas enfermedades (Pérez, L., 2007).

Para contar con una correcta alimentación, se deben cubrir las leyes de la alimentación, para lo cual, se sabe que un alimento debe ser biodisponible, inocuo, accesible, atractivo a los sentidos y ser aprobado por la cultura. Al no cumplir con estas recomendaciones se presentan problemas de malnutrición, siendo más vulnerables las poblaciones rurales, urbano-marginadas e indígenas, tales como:

Déficit de nutrimentos: principalmente de hierro, zinc y vitaminas A y C; es más frecuente en la población de escasos recursos económicos y grupos geográficamente o socialmente aislados.

Retardo del crecimiento lineal: baja estatura o Desmedro, es uno de los problemas nutricionales con mayor prevalencia en México. Ocurre principalmente en los primeros años de vida y su prevalencia se mantiene elevada después de este periodo (Casanueva, 2006).

En este caso, hablamos del hierro, nutrimento inorgánico más abundante en la naturaleza y en el cuerpo humano. El 60% del hierro se encuentra en forma de hemoglobina mientras que, otro 25% forma parte de las reservas de este mineral en el organismo. El 15% restante se localiza como mioglobina muscular y formando parte de algunas enzimas (Bourges, 2005).

En México, cinco de cada diez mexicanos consumen menos de 100 g diarios de frutas y vegetales; a

pesar que la recomendación de consumo es de cinco raciones de las mismas. Los niños en edad preescolar no acostumbran incluir en su alimentación los vegetales, siendo así, ellos vulnerables a deficiencias alimentarias. Para mejorar este problema, es necesario establecer buenos hábitos alimentarios desde la niñez, motivando a los niños a consumir vegetales y frutas en preparaciones apetitosas y atractivas.

Por otro lado, en el estado de Chiapas, primer lugar nacional de desnutrición, de acuerdo a datos de la *Encuesta nacional de salud y nutrición, 2006*, la prevalencia estatal de anemia en niños de cinco años de edad fue del 20.2%, la cual es menor a la media nacional en este grupo de edad (23.7%). Cabe destacar que, entre las principales causas de anemia se encuentra el consumo deficiente de varios micronutrimentos, principalmente de hierro (Villapando, 2006).

En lo que respecta a la alimentación, es importante destacar que las frutas y vegetales son los componentes más importantes de la dieta humana ya que son ricas en vitaminas, minerales y antioxidantes. Los vegetales de hoja verde contienen sustancias tales como clorofila, vitamina C, E y ácido fólico, *Beta-carotenos*, calcio, hierro (no hem), magnesio y potasio, así como son una fuente importante de fibra vegetal y anticancerígenos, los cuales nos dan múltiples beneficios como mejorar la digestión y evitar el mal aliento, además de apoyar a la función de los tejidos y órganos; y actuar como una poderosa defensa antioxidante de las células (Villapando, 2006).

La falta de costumbre de consumir vegetales se ve reflejada en la salud, principalmente de la etapa preescolar a la vida adulta, por lo que es importante promover el aumento del consumo de hierro (no hem) combinado con vitamina C, para aprovechar al máximo este mineral y evitar la presencia de deficiencias en el organismo y como consecuencia, la aparición de enfermedades como la *anemia*, que cada vez es más frecuente en niños y mujeres, principalmente en la etapa de gestación, quienes son los que menos incluyen este tipo de alimentos en su dieta.



Figura 1 ■ | Planta de Chipilín (*Crotalaria longirostrata*).

Las principales funciones del hierro son el transporte de oxígeno a los tejidos y la transferencia de electrones en el metabolismo energético. También está relacionado con la replicación celular, la acción de algunas hormonas y participa en el sistema inmune (Bourges, 2005). Por otro lado, el hierro es necesario para la mielinización de la médula espinal y el cerebro, y es co-factor de numerosas enzimas participantes en la síntesis de neurotransmisores de ADN. Dentro de los vegetales que nos aportan Hierro (no hem), tenemos a las hierbas, las cuales son consumidas ampliamente por la población desde tiempos inmemoriales. En el estado de Chiapas, dentro las hierbas consumidas ampliamente por la población, se encuentra el *chipilín*.

El *chipilín*, también conocido como *chop*, *chipile*, etc. Cada rama está compuesta por tres hojas pequeñas en forma ovalada y color verde oscuro. Sus flores son de color amarillo intenso y tiene forma de mariposa, forman racimos en la punta de la rama. El uso de las hojas de chipilín es muy popular para hacer tamales

Nutrientos (100 g de alimento)	Chipilín
Energía	28 Kcal
Proteínas	4.0 g
Lípidos	0.3 g
Hidratos de carbono	4.4 g
Fibra	1.3 g
Vitamina A	223 mg
Ácido ascórbico	29 mg
Ácido fólico	0 mg
Hierro no hem	2.7 mg

Tabla 1 ■ Aporte nutritivo de la hoja de chipilín.
Fuente: Garay, 2002

y caldo. Las propiedades nutritivas se muestran en la tabla 1.

En la tabla 1 se observa que el hierro contenido en la hoja de chipilín, a pesar de ser de tipo no hem, es un aporte importante. Para facilitar la absorción y utilización de este tipo de hierro en el organismo, es necesaria la participación de la vitamina C, entre otros, para que sea transformado de hierro férrico (Fe^{+3}) a hierro ferroso (Fe^{+2}) y así poder ser absorbido por el organismo (Herrera, 1986).

Por todo lo anterior, en esta investigación se propuso elaborar un producto con base en vegetales de hojas verdes que se producen en la misma localidad, para que sea accesible y disponible a la población; el cual, aunado al consumo de alimentos ricos en ácido ascórbico mejorara la absorción de hierro en niños menores de cinco años. El objetivo fue elaborar un producto con base en maíz y hoja de chipilín, sensorialmente aceptable, para promover el aumento del consumo de vegetales de hojas verdes en niños y niñas en edad preescolar.

METODOLOGÍA

Encuesta de consumo de alimentos

Se diseñó y aplicó una encuesta al 100% de las madres de familia de los jardines de niños Domingo Faustino Sarmiento y Gabriela Mistral de la cabecera municipal del municipio de San Lucas, Chiapas, para conocer los hábitos alimentarios de la población, qué alimentos se producen en la comunidad, cuáles son los vegetales verdes que se cosechan y la frecuencia con la que se consumen.

Formulación de la tostada

La preparación del producto se realizó en el Laboratorio de Dietética y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos de la UNICACH.

El tipo de producto elaborado fueron tostadas, en las que se utilizó harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada de marca comercial y hojas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) compradas en el mercado local de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Se diseñaron tres muestras de tostadas:

- Muestra 1: harina de maíz nixtamalizado y 10 % de hojas de chipilín.
- Muestra 2: harina de maíz nixtamalizado y 5 % de hojas de chipilín.
- Muestra 3: Harina de maíz nixtamalizado, 3 % de chipilín, 15 % de queso cheddar y 13% de queso fresco.

Procedimiento en la elaboración de tostadas

Las hojas de chipilín se deshojaron, desinfectaron y se seleccionaron las que no presentaron manchas, posteriormente, fueron licuadas con agua purificada. Se incorporó a la harina de maíz, así como el queso correspondiente (muestra 3), y se obtuvo la masa para procesar cada tostada de 10 g y aproximadamente 10 cm de diámetro, con una prensa manual se formó la “tortilla” y se cocieron en comal para posteriormente hornear, en horno convencional, por 10 minutos a 180 grados centígrados.

Evaluación sensorial

Se aplicó a 200 niños y niñas desde tres hasta cinco años de edad, asistentes a los jardines de niños en estudio. Se utilizó una hoja de respuestas con dos variables en forma de “caritas” que indicaron el gusto o disgusto del producto en los niños, marcando con una X después de haber probado la tostada. Estos niños no deberían presentar enfermedad alguna que pudiera afectar el resultado sensorial, como resfrío o gripe; la prueba se realizó una hora posterior a la hora del recreo para que los jueces no tuvieran hambre y arrojaran datos falsos.

Análisis bromatológico de la muestra

Se realizó la determinación de humedad, cenizas, grasas, proteínas y fibra crudas, en el Laboratorio de Análisis y Tecnología de los Alimentos de la Facultad, de acuerdo a los métodos establecidos por el AOAC en 1995. Los resultados son el promedio de tres determinaciones y se presentan en base húmeda.

Capacitación a madres de familia

Se realizaron talleres de capacitación a las madres de familia de los niños preescolares que asistieron a los jardines de niños para elaborar la tostada de chipilín, así como para la utilización y combinaciones agradables para presentárselas a los preescolares e incorporarlos tanto en los refrigerios escolares, como en la alimentación diaria.

Análisis de variables

Para la cuantificación de los resultados de aceptabilidad de las tostadas se utilizó la estadística descriptiva, donde se obtuvieron porcentajes, según el grado de aceptación de las tostadas de chipilín.

RESULTADOS

Encuesta alimentaria

Según la encuesta aplicada a las madres de familia, de los alimentos que se producen en la comunidad, el

frijol ocupa el primer lugar con el 28% de producción y los vegetales de hojas verdes entre los que se encuentra el chipilín ocupan el 20%. Esta producción fue seguida por las frutas de temporada, como el mango, zapote negro y chicozapote que se producen anualmente. Dentro del consumo de frutas y verduras encontramos que, de la población encuestada, el 56% consumía frutas ricas en vitamina C como el mango, guayaba y piña; mientras que el 25% son ricas en vitamina A y el otro 19% aporta K. Así pues se observó que tienen buen aporte de vitamina C, el cual es necesario para absorber el hierro no hem que contienen las hojas verdes.

En lo que respecta a la frecuencia de consumo de vegetales de hojas verdes, encontramos que, el 4% de las familias consumen dos veces por semana algún tipo de vegetales de hojas verdes, mientras que el 27% lo incluye en su dieta una vez por semana; el 20%, tres veces por semana y el otro 12% lo incluye como alimento básico en su consumo diario.

ELABORACIÓN DE TOSTADAS

En la figura 2, se observa el aspecto general de las tostadas de maíz y chipilín.

EVALUACIÓN SENSORIAL

Se presentan los resultados de la evaluación sensorial en niños preescolares de las tres muestras con diferentes combinación de ingredientes.

En la figura 3 se observa que únicamente al 30% de los niños les gustó esta combinación de ingredientes y el 69% de los niños que emitieron voto de desagrado de la muestra 1, refirieron que no les gustó debido a un sabor ligeramente amargo y por el color de la tostada que era verde intenso.

En la figura 4 se encuentran representados los resultados de la segunda combinación de maíz y chipilín al 5%, (muestra 2) en donde la aceptación tuvo mejoría, en relación a la muestra 1. Se observa que al 58% de los niños les gustó esta combinación de ingredientes y al 42% de los niños les desagrado. Dentro de las ca-



Figura 2 ■ | Preparación de las tostadas.

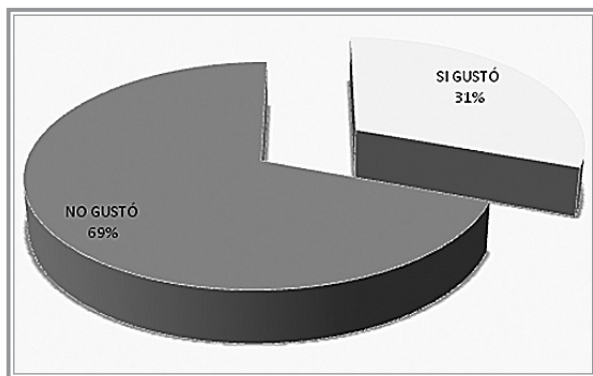


Figura 3 ■ | Nivel de agrado, por evaluación sensorial de la muestra 1.

racterísticas expresadas por los niños mencionaron que el desagrado fue debido al sabor y color aun intenso.

La figura 5 presenta el nivel de agrado de la muestra 3, la cual, además de los ingredientes maíz y chipilín, se adicionaron dos tipos de queso con la finalidad de acentuar el sabor y enmascarar el sabor de chipilín, el cual se redujo al 3%. En relación con la evaluación sensorial, el 91% expresó por medio de la encuesta que “sí les gustó” todos los aspectos de

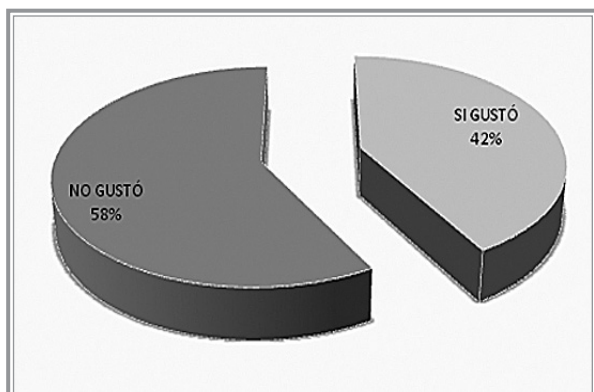


Figura 4 ■ | Nivel de agrado, muestra 2.

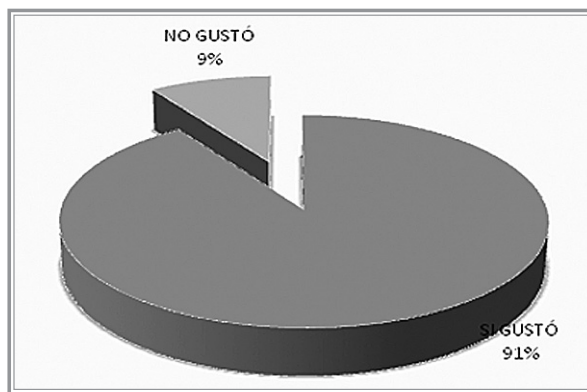


Figura 5 ■ | Nivel de agrado, por evaluación sensorial de la muestra 3.

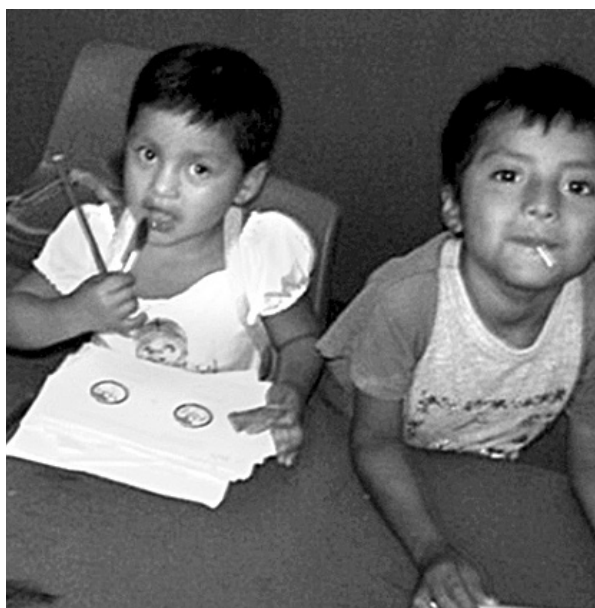


Figura 6 ■ | Niños en prueba sensorial.

la tostada, el otro 9% definitivamente no le gustó el sabor. La figura 6 es ejemplo de la evaluación sensorial aplicada a los preescolares.

En la tabla 2, se presenta el aporte nutritivo de la tostada de mayor aceptabilidad entre los niños (muestra 3), donde destaca el aporte de hierro de 0.52 mg, por unidad.

CONCLUSIONES

La etapa preescolar en los niños es determinante para el fomento en el consumo de alimentos saludables. Las deficiencias de hierro pueden ser prevenidas con la ingesta de vegetales verdes que ayuden a una buena nutrición, en combinación con los cofactores que ayudan a su biodisponibilidad.

La propuesta de incorporar alimentos de hojas verdes en una tostada es una alternativa para dar variedad a la alimentación.

Las diferentes combinaciones de chipilín en las tostadas permitieron conocer cuál era la de mayor

Masa (g)	Hidratos de Carbono	Proteína	Lípidos	Hierro	Kcal
10 g	7.85 g	1.40 g	0.99 g	0.52 mg	50.67

Tabla 2 ■ Valor nutritivo de tostada de chipilín (muestra 3).

aceptabilidad entre los niños y de esta forma, capacitar a las madres de familia para que puedan utilizarlas en la alimentación de sus hijos.

La tostada con las combinaciones de la muestra 3, fue la de mayor aceptabilidad, la cual, además del chipilín, se le adicionaron dos tipos de queso para mejorar el sabor, para que de esta forma se lograra obtener un producto nutritivo y agradable al paladar de los niños, que aporte hierro, proteínas, lípidos e hidratos de carbono, siendo ésta, una buena opción para contribuir en la nutrición de los preescolares.

LITERATURA CITADA

BORGUES R. H., CASANUEVA E., ROSADO J., 2005. *Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana bases fisiológicas*, tomo 1, Editorial Médica Panamericana, pág. 3, 7,9; pp. 247-250.

GARAY TOVAR S., 2002. *Fritura de alto valor nutritivo con ingredientes vegetales*, Tesis de licenciatura en Nutrición, UNICACH.

HERRERA E., 1986. *Bioquímica*, 5a. edición, España, 1020 pp.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA. MÉXICO. *La mala nutrición en niños menores de 5 años.* [En línea] 2 de marzo del 2009. Disponible en <http://bvs.insp.mx/resultados.php?criterio=la+mala+nutricion&seltabla=1>.

MAULÉN ROLDAN, I., 2000. *Estado del hierro y desarrollo psicomotriz y conductual del niño.* Instituto Nacional de Pediatría, México, D.F., 25 de febrero del 2009, disponible en <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EplpukyklZnAnXWXol.php>

PEDRERO F. D. 1995. *Evaluación Sensorial de los alimentos. Métodos analíticos*, Editorial Alhambra Mexicana, 1a. edición, 1a. reimpresión, 1996, 15 pp.

PÉREZ LIZAURO A.B., 2006. *Manual de dietas normales y terapéuticas*, ediciones científicas la Prensa Médica Mexicana, S.A de C.V., 5a. edición, 2da. reimpresión, 2007, pp. 239-245.

VILLALPANDO S., 2006. Anemia, en *Encuesta nacional de salud*, Instituto Nacional de Salud Pública, México, s.p.



Kamasutra para animales: el caso de la competencia espermática y la elección críptica en insectos

Sergio López¹César Tejeda Cruz¹Eduardo Espinoza Medinilla²Miguel Angel Pérez Farrera³

RESUMEN

La *selección sexual* es una fuerza evolutiva que explica el significado adaptativo de ornamentaciones y conductas bizarras en los machos. Investigaciones recientes sobre conducta animal han mostrado que la competencia entre machos y la elección femenina, los dos mecanismos clásicos de selección sexual, no terminan después del apareamiento. Los machos continúan compitiendo por fertilizar las gametas femeninas cuando los eyaculados de dos o más machos se encuentran dentro del tracto reproductivo de la hembra (competencia espermática). Las hembras son capaces de sesgar el éxito reproductivo de sus parejas imponiendo “las reglas del juego” para la fertilización de sus óvulos (elección críptica). En el caso de los insectos, se discuten algunas evidencias de ambos tipos de fuerzas selectivas y sus implicaciones en el contexto de la teoría evolutiva moderna.

Palabras clave: selección sexual, teoría evolutiva, clase insecta.

ABSTRACT

Sexual selection is an evolutionary force that explains the adaptive significance of bizarre male ornamentations and behaviors. Recent research on animal behavior has shown that male-male competition and female choice, two classical sexual selection mechanisms, do not end after mating. Males compete for ovum fertilization when the ejaculates of two or more rivals are found inside the female (sperm competition). Females are able to bias the success of their mates by imposing “the rules of the game” for fertilization (cryptic female choice). Some evidence, of both selective forces, are discussed for insects and their consequences for current evolutionary theory.

Key words: sexual selection, evolutionary theory, class insecta.

¹Facultad de Ingenierías
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Libramiento Norte Poniente #1150, col. Lajas Maciel C.P. 29039
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel. 01 (961) 6170440
E-mail: sergio.lopez@unicach.mx; melanotis@gmail.com

²Dirección de Investigación y Posgrado
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
1ª Sur-Poniente # 1150, col. Centro C.P. 29000
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel. 01 (961) 6170440
E-mail: eduardo.espinoza@unicach.mx

³Facultad 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) 1210894
E-mail: perezfarreram@yahoo.com.mx.

EL CONCEPTO DE SELECCIÓN SEXUAL

El éxito reproductivo de un individuo está medido no sólo por el número de descendientes que deja a las siguientes generaciones, sino también por la calidad y probable éxito de esa prole (Drickamer y Vessey, 2001; Jost, 2003). Debido a lo anterior, la selección natural ha promovido una gran diversificación de sistemas reproductivos en la naturaleza (Davies, 1991; Reynolds, 1996). Para los

animales con fecundación interna, la visión clásica considera que la reproducción comienza con el cortejo pre-copulatorio y termina con el acoplamiento de los genitales masculinos dentro del cuerpo de la hembra (Eberhard, 1996). Quizá esta visión se deba a que Darwin (1871) propuso el concepto de *selección sexual* como un proceso particular de la selección natural, que produce características anatómicas y conductuales relacionadas con la capacidad de un individuo para conseguir pareja y reproducirse, y que las variaciones en estas características se pueden traducir en diferencias en el éxito reproductivo individual.

En términos generales, la selección sexual se ha dividido en dos tipos: *i*) selección intrasexual, que es aquella en la que los miembros de un sexo (generalmente los machos) compiten entre ellos por el acceso a los miembros del sexo opuesto. Esta competencia puede presentarse antes del apareamiento, como en el caso de los ungulados de las familias Cervidae y Bovidae donde los machos de estas especies realizan combates ritualizados con los cuernos o astas y los ganadores se convierten en los machos dominantes, que controlan el acceso a las hembras del grupo (Drickamer y Vessey, 2001). Pero la competencia no termina con el acceso a las hembras y el evento de apareamiento. Las hembras de muchas especies tienen la capacidad de almacenar el esperma transferido durante la cópula, y pueden volverse a aparear antes de utilizar el esperma depositado por el primer macho, esto posibilita que los espermias de ambos machos compitan, dentro del tracto reproductivo de la hembra, por el acceso a los óvulos; lo que se denomina como competencia espermática (Parker, 1970; Birkhead y Hunter, 1990; Eberhard, 1996). *ii*) Selección Intersexual, que ocurre cuando los miembros de un sexo (generalmente las hembras) escogen ciertas parejas del otro sexo. En general, los individuos del sexo menos costoso (en términos energéticos por gameto producido) despliegan sus atributos para llamar la atención del otro sexo, esta es una forma particular

de “advertir” a los miembros del sexo que elige, y se ha especulado que dichas características pueden servir como criterios de para escoger pareja. Sin embargo, muchos naturalistas después de Darwin le restaron importancia evolutiva a la elección de pareja, ya que reducían el proceso de selección sexual a una simple competencia masculina por tener acceso hacia las hembras, y no consideraban lo que sucedía después del apareamiento. Recientemente se ha comenzado a analizar lo que ocurre después de la cópula y el papel que tienen las hembras en la elección de pareja (Eberhard, 1996; Cordero y Eberhard, 2003). De tal forma que la elección críptica es todo aquel proceso reproductivo en el que las hembras de manera activan (selección) favorecen el encuentro entre gametos de un tipo sobre otros en la población.

El presente ensayo pretende hacer una revisión de la literatura reciente sobre el tema de la competencia espermática y la elección críptica en el grupo de los insectos, además de analizar y discutir los trabajos realizados dentro del contexto evolutivo, específicamente en relación con los procesos sobre la diferenciación de atributos sexuales primarios (como la genitalia masculina y femenina) y los sistemas de apareamiento; así como el impacto de las nuevas evidencias en la teoría de selección sexual clásica.

COMPETENCIA ESPERMÁTICA

A diferencia de la visión clásica, no involucra el combate, entendido como tal, para ganar el acceso a los gametos femeninos (Eberhard, 1996; Drickamer y Vessey, 2001; Cordero y Eberhard, 2003). Más bien se refiere a un proceso que involucra presiones selectivas que han originado dos tipos opuestos de adaptaciones en los machos que compiten: a) las que reducen las oportunidades de que el esperma del segundo macho apareado sea utilizado (ventaja del primer macho), contras las adaptaciones que reducen las oportunidades de que el esperma del primer macho sea utilizado (ventaja del segundo macho; Gromko *et al.* 1984).

Evidencia registrada. Las adaptaciones del primer tipo incluyen la conducta de resguardo de pareja, como sucede en algunas especies de libélulas (Odonata, Siva-Jothy y Tsubaki, 1989), chinches (Hemiptera; Carroll, 1992; Rowe, 1992; Jablonski y Kaczanowski, 1994; Jablonski y Vepsäläinen, 1995) y grillos (Orthoptera; Simmons, 1990 y 1991; Sakaluk, 1991), hasta la puesta de tapones en el tracto reproductivo de la hembra, como en algunas especies de mariposas (Lepidoptera) y moscas (Diptera; Cordero, 1995)

Entre los insectos, generalmente, la ventaja la tiene el segundo macho, como en el caso de las moscas estudiadas por Parker (1970). En este caso, el último macho que se aparea es padre de aproximadamente el 80% de la progenie producida (Drickamer y Vessey, 2001); mientras que en la avispa parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata*, Martínez-Martínez *et al.* (1993) encontraron que los primeros huevos producidos se fertilizan con el esperma del segundo macho que se apareó y los últimos huevos se fertilizan con el esperma del primer macho. En la especie de libélula *Calopteryx maculata*, Waage (1979) encontró que los machos presentan una adaptación en el pene (denominada en inglés: *sperm scoop*) que tiene la doble función de remover el esperma depositado anteriormente por otros machos y remplazarlo con su propio esperma. Sin embargo, en otra especie (*Lestes vigilax*) Waage (1982) no encontró tales estructuras en el pene, pero sí encontró que hay remoción y re-emplazamiento de esperma por parte del último macho.

Finalmente, muchas especies de lepidópteros producen dos tipos de esperma. Un tipo “normal” (eupirénico) que fertiliza los huevos. El segundo tipo (apirénico) no contiene material nuclear pero constituye más de la mitad del complemento espermático. ¿Por qué los machos desperdician energía en dos tipos diferentes de esperma? Silberglied *et al.* (1984) sugieren que el esperma apirénico es el resultado de la competencia espermática, posiblemente con la función de desplazar el esperma eupirénico del primer macho o retrasando el re-apareamiento de la hembra.

ELECCIÓN CRÍPTICA

Eberhard y Cordero (1995) entienden a la *elección críptica* femenina, como el conjunto de respuestas conductuales, fisiológicas o morfológicas que sesgan de manera selectiva la paternidad en favor de unos machos conoespecíficos y en contra de otros después de que la cópula ya ha comenzado. Tal discriminación es “críptica” en el sentido de que es una decisión oculta, o interna, tomada por la hembra después de la decisión obvia de copular (Eberhard, 1996). Esta idea extiende la capacidad de la hembra, para elegir pareja, más allá de la cópula y es evidente que no había sido tomada en cuenta por los problemas metodológicos para observarla y estudiarla con mayor detalle.

Evidencia registrada. El control de la paternidad, por parte de las hembras, puede ocurrir en algunos estadios diferentes del ciclo reproductivo: (1) antes de la cópula; (2) durante la cópula; (3) después de la cópula, pero antes de la fertilización; y (4) durante la fertilización (Birkhead y Møller, 1993). Las hembras pueden ser capaces de seleccionar el esperma dentro de sus tractos reproductivos (Birkhead y Møller, 1993; Eberhard y Cordero, 1995; Eberhard, 1996; Olsson *et al.*, 1996; Zeh *et al.*, 1997; Wedell, 1997; Ward, 1998)

Por ejemplo, Wedell (1997) estudió el efecto del tamaño corporal en machos de 20 especies de ortópteros de la familia Tettigonidae, y su relación con el tamaño del eyaculado. Machos grandes son capaces de producir eyaculados grandes, lo que les proporciona cierta ventaja al momento de la competencia espermática. Algo similar sucede en las moscas del estiércol (*Scathophaga stercoraria*), especie en la que las hembras tienen tres espermatecas diferentes para almacenar el eyaculado de diferentes machos. Eberhard (1996) realizó una revisión profunda sobre las evidencias morfológicas, en diversas especies, que sugieren que las hembras han desarrollado estas estructuras en sus tractos reproductivos, que funcionan como filtros y que pueden tener influencia en el resultado final de la competencia espermática. Es decir, que las hembras tienen

mucho más control sobre el esperma que utilizan para fertilizar sus óvulos, de lo que se pensaba antes. Y que de manera activa podrían estar activando o desactivando activamente los filtros para el esperma, según el tipo de macho. En teoría, las hembras deberían de estar eligiendo con mayor frecuencia a los machos de mayor "calidad", en términos de los parámetros de elección de las hembras en una población.

IMPORTANCIA E IMPLICACIONES EVOLUTIVAS

De la literatura revisada para el presente ensayo se puede observar que existe un sesgo marcado hacia los estudios realizados sobre competencia espermática, lo que sugiere que hasta hace poco la elección críptica era un tema de poco interés o con mucha dificultad de estudiar para los investigadores. Sin embargo, esta tendencia ha cambiado recientemente, como lo demuestra el hecho de que mayoría de las citas sobre este tema son actuales.

Diferenciación de la genitalia masculina. Por otra parte, se ha generado una discusión sobre la relevancia que el proceso de elección críptica tiene sobre la diferenciación de la genitalia masculina. Eberhard (1985, 1996) ha sugerido que este proceso tiene como resultado una evolución divergente y rápida en estos caracteres sexuales primarios, que explica las diferentes sustancias que contiene el eyaculado de muchas especies de insectos (Eberhard y Cordero, 1995), así como las estructuras morfológicas para tapar el tracto reproductivo de las hembras o para remover el esperma precedente.

Efecto sobre los sistemas de apareamiento. Bajo este nuevo enfoque, se esperaría que la selección natural favoreciera a las hembras que se establecen en sitios donde la proporción sexual está sesgada hacia los machos, lo que aumenta las opciones de donde escoger progenitores masculinos. Por lo que uno esperaría encontrar sistemas poliándricos en poblaciones donde las hembras tengan una alta capacidad de elección críptica. Inclusive en sistemas monogámicos, las cópulas extra-pareja serían un indicador más de que las

hembras promueven la competencia espermática para poder elegir después al macho que será el progenitor de su descendencia. Por el contrario, los machos tenderían a establecer sistemas poligínicos y mecanismos de resguardo de parejas en sistemas monogámicos para aumentar la probabilidad de que su esperma fertilice algún óvulo, en el primer caso, o para evitar la competencia espermática, en el segundo caso.

Impacto sobre los conceptos generados en la teoría de selección sexual clásica. El concepto de *selección natural*, bajo el contexto de la selección sexual queda dependiente de la densidad (de machos o de hembras) en la población. Más aún, la cuestión de evaluar el desempeño de genotipos se complica al tratar de explicar la relación costo-beneficio entre diferentes atributos de la historia de vida de una población, con diferentes ambientes. Sin embargo, resulta muy interesante tratar de evaluar parámetros de historia de vida, y realizar comparaciones entre poblaciones. Al menos teóricamente, es posible evaluar esos parámetros y realizar simulaciones con los valores obtenidos. A fin de cuentas, lo importante sigue siendo, desde que Darwin y Wallace (1858) lo dijeron, el entender cómo la evolución, de un grupo de seres vivos (llámese población o ecosistema), ha sido delineada por diferentes fuerzas evolutivas (selección, deriva, flujo génico y mutaciones o recombinaciones entre las más comunes).

LITERATURA CITADA

BIRKHEAD, T.R. Y F.M. HUNTER, 1990. Mechanisms of sperm competition, en *Trends in Ecology and Evolution* 5: 48-52.

BIRKHEAD, T.R. Y A.P. MØLLER, 1993. Female control of paternity, en *Trends in Ecology and Evolution* 8: 100-104.

- CARROLL, S.P., 1992.** Divergence in male mating tactics between two populations of the soapberry bug: I. Guarding versus nonguarding, en *Behavioral Ecology* 4: 156-164.
- CORDERO, C., 1995.** Ejaculate substances that affect female insect reproductive physiology and behavior: Honest or arbitrary traits?, en *Journal of Theoretical Biology* 174: 453-461.
- CORDERO, C. Y W.G. EBERHARD, 2003.** Female choice of sexually antagonistic male adaptations: a critical review of some current research, en *Journal of Evolutionary Biology* 16: 1-6.
- DARWIN, C., 1858.** On the tendency of species to form varieties; and the perpetuation of varieties and species by mean of natural selection, *Proceedings of the Linnean Society of London* 3: 45-53.
- , **1871.** *The descent of man, and selection in relation to sex*, D. Appleton, New York.
- DAVIES, N.B., 1991.** Mating systems, en Krebs, J.R. y N.B. Davies (Eds.), *Behavioural ecology*, Blackwell, Oxford, pp. 263-294.
- DRICKAMER, L.E. Y S.H. VESSEY, 2001.** *Animal behavior: mechanisms, ecology and evolution*, McGraw-Hill, New York, 422 pp.
- EBERHARD, W.G., 1996.** *Female control: sexual selection by criptic female choice*, Princeton University Press, New Jersey, 501 pp.
- EBERHARD, W.G. Y C. CORDERO, 1995.** Sexual selection by criptic female choice on male seminal products - a new bridge between sexual selection and reproductive physiology, en *Trends in Ecology and Evolution* 10: 493-495.
- JABLONSKI, P. Y S. KACZANOWSKI, 1994.** Influence of mate-guarding duration on male reproductive success: An experimen with irradiated Water Strider (*Gerris lacustris*) males, en *Ethology* 98: 312-320.
- JABLONSKI, P. Y K. VEPSÄLÄINEN, 1995.** Conflict between sexes in the water strider, *gerris lacustris*: a test of two hypotheses for male guarding behavior, en *Behavioral Ecology* 6: 388-392.
- JOST, J., 2003.** On the notion of fitness, or: the selfish ancestor, en *Theory Biosciences* 121: 331-350.
- MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, L., J.L. LEYVA Y H. BRAVO-MOJICA, 1993.** Utilización del esperma en hembras de *Diachasmimorpha longicaudata*, en *Southwestern Entomologist* 18: 293-299.
- OLSSON, M., R. SHINE Y T. MADSEN, 1996.** Sperm selection by females, en *Nature* 383: 585.
- PARKER, G.A., 1970.** Sperm competition and its evolutionary consequences in the insects, en *Biological Review* 45: 525-568.
- REYNOLDS, J., 1996.** Animal Breeding Systems, en *Trends in Ecology and Evolution* 11: 68-72.
- ROWE, L., 1992.** Convenience of polyandry in a Water Strider: Foraging conflicts and females control of copulation frequency and guarding duration, en *Animal Behaviour* 44: 189-202.
- SAKALUK, S.K., 1991.** Post-copulatory mate guarding in decorated crickets, en *Animal Behaviour* 41: 207-216.
- SILBERGLIED, R.E., J.G. SHEPHERD Y J.L. DICKSON, 1984.** Eunuchs: The role of apyrene sperm in Lepidoptera?, en *American Naturalist* 123: 255-265.

SIMMONS, L. W., 1990. Post-copulatory guarding, female choice and the levels of gregarine infections in the field cricket, *Gryllus bimaculatus*, en *Behavioral Ecology and Sociobiology* 26: 403-407.

_____, **1991.** On the post-copulatory guarding behavior of male field crickets. *Animal Behaviour* 42: 504-505.

SIVA-JOTHY, M.T. Y Y. TSUBAKI, 1989. Variation in copulation duration in *Mnais pruinosa* Selys (Odonata: Calopterygidae) I. Alternative mate-securing tactics and sperm precedence, en *Behavioral Ecology and Sociobiology* 24: 39-45.

WAAGE, J.K., 1979. Dual function of the damselfly penis: Sperm removal and transfer, en *Science* 203: 916-918.

WAAGE, J.K., 1982. Sperm displacement by male *Lestes vigilax* Hagen (Zygoptera: Lestidae), en *Odonatologica* 11: 201-209.

WALLACE, A.R., 1858. On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type, en *Proceedings of the Linnean Society of London* 3: 53-62.

WARD, P.I., 1998. A possible explanation for cryptic female choice in the yellow dung fly, *Scatophaga stercoraria* (L.), en *Ethology* 104: 97-100.

WEDELL, N., 1997. Ejaculate size in bushcrickets: the importance of being large, en *Journal of Evolutionary Biology* 10: 315-325.

ZEH, D.W., J. A. ZEH Y E. BERMINGHAM, 1997. Polyandrous, sperm-storing females: carriers of male genotypes through episodes of adverse selection, en *Proceedings of The Royal Society of London (B)* 264: 119-125.





NORMAS EDITORIALES DE LA 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 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 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 a 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.

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. 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 con negritas; en el caso de libros, el título de los mismos deberán ir en negritas, de acuerdo con los siguientes ejemplos.

Para un artículo:

VERDUGO-VALDEZ, A.G. y A. R. GONZÁLEZ-ESQUINCA, 2008. Taxonomía tradicional y molecular de especies y cepas de levaduras, en *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 pp.

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).

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@hotmail.com



Rectoría

Ing. Roberto Domínguez Castellanos
RECTOR

Mtro. José Francisco Nigenda Pérez
SECRETARIO GENERAL

C.P. Miriam Matilde Solís Domínguez
AUDITORA GENERAL

Lic. Adolfo Guerra Talayero
ABOGADO GENERAL

Mtro. Pascual Ramos García
DIRECTOR DE PLANEACIÓN

Mtro. Florentino Pérez Pérez
DIRECTOR ACADÉMICO

Mtro. Jaime Antonio Guillén Albres
DIRECTOR DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

Dr. Eduardo E. Espinosa Medinilla
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Lic. Ricardo Cruz González
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN

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

Mtra. Brenda María Villarreal Antelo
DIRECTORA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

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

Dependencias de Educación Superior

Mtro. Jesús Manuel Grajales Romero
DIRECTOR DE OFERTA EDUCATIVA REGIONALIZADA

Mtra. Erika Judith López Zúñiga
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

Dr. Ernesto Velázquez Velázquez
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

C.D. Jaime Raúl Zebadúa Picone
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ODONTOLÓGICAS Y SALUD PÚBLICA

Mtro. Martín de Jesús Ovalle Sosa
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS

Ing. Francisco Félix Domínguez Salazar
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Antrop. Julio Alberto Pimentel Tort
DIRECTOR DEL CENTRO DE ESTUDIO SUPERIORES EN ARTES

Mtro. Carlos Gutiérrez Alfonzo
DIRECTOR DEL CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MÉXICO Y CENTROAMÉRICA (CESMECA)

Dra. Silvia Guadalupe Ramos Hernández
DIRECTORA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Lic. Diego Martín Gámez Espinosa
COORDINADOR DEL CENTRO DE LENGUAS

Dr. Alejandro Nettel Hernanz
RESPONSABLE DEL CAMPUS DEL MAR



Producción Editorial
Universitaria 2011

Selección de bacterias inhibidoras del hongo

Diplodia en maíz

Carlos Sandoval Morado

Eduardo R. Garrido Ramírez

Néstor Espinosa Paz

Ricardo Quiroga Madrigal

Germinación y crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) en condiciones de vivero

Fernando Daniel Acosta-López

Carolina Orantes-García

Eduardo Raymundo Garrido-Ramírez

Inventario florístico del “Rancho de Villahermosa” municipio de Ocozocoautla, Chiapas, México

Mario A. López Miceli

Orlando Lam Gordillo

Ana K. Chanona Pérez

José A. Pérez Hernández

Miguel Ángel Pérez Farrera

Rayas (Piscis: Batoidea) de la Plataforma Continental de la Región Soconusco, Chiapas, México

Fredi E. Penagos García

Orlando Lam Gordillo

Gustavo Rivera Velázquez

Margarito Tapia García

Gibran Juárez Hernández

Herpetofauna de la zona sujeta a conservación ecológica “El Cabildo, Amatal”, Chiapas, México

Guillermo Enrique Sánchez-Aguilar

Roberto Luna-Reyes

Efraín Hernández-García

Los Crocodyliformes mesozoicos de México

Gerardo Carboñ-Chanona

Diseño de un secador solar con circulación forzada

Roilan Iglesias Díaz

Joel Pantoja Enriquez

Joel Moreira Acosta

Neín Farrera

Guillermo Ibáñez Duharte

Estudio exploratorio del impacto ambiental generado por la industria ladrillera del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, México

Cesar Gómez

Neín Farrera

Pascual López

Francisco F. Dominguez

Joel Moreira

Subsistemas hidrológicos de la laguna mar muerto,

Oaxaca-Chiapas, México

Margarito Tapia-García

M. C. García-Abad

Fredi Eugenio Penagos García

José Luis Moreno Ruiz

Luis Gibran Juárez Hernández

José Martín Ramírez Gutiérrez

David Herrera Olayo

Los procesos de remoción en masa en Chiapas; una revisión de los últimos cinco años (2006-2011)

Jorge Antonio Paz Tenorio

Raúl González Herrera

Francisco Félix Domínguez Salazar

Mario Gómez Ramírez

Microzonificación sísmica de las laderas de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

José Piña Flores

Juan Carlos Mora Chaparro

Raúl González Herrera

José Edgar Castellanos Roque

Eduardo Vázquez Náfate

Isaac Jordanli Balbuena de la Cruz

Medición remota de ozono atmosférico en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, utilizando la técnica Doas

Albert Orantes Jonapá

Carlos García Lara

Rubén Vázquez Sánchez

Raúl González Herrera

Jorge Camas Anzuetto

Elaboración de producto a base de maíz (*Zea mays*) y chipilín (*Crotalaria longirostrata*) para fomentar el consumo de hojas verdes en la alimentación de niños

Karina E. Díaz Domínguez

Patricia I. Meza Gordillo

Adriana Caballero Roque

Gilber Vela Gutiérrez

Juan M. León González

Vidalma del R. Bezares Sarmiento

Kamasutra para animales: el caso de la competencia espermiática y la elección críptica en insectos

Sergio López

César Tejeda Cruz

Eduardo Espinoza Medinilla

Miguel Ángel Pérez Farrera

