

University of Nebraska - Lincoln

DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln

Zea E-Books

Zea E-Books

6-10-2013

Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas, Volumen II

Griselda Pulido-Flores

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, g.pulido.flores@gmail.com

Scott Monks

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, monks.scott@gmail.com

Follow this and additional works at: <https://digitalcommons.unl.edu/zeabook>



Part of the [Biodiversity Commons](#), [Biology Commons](#), [Botany Commons](#), [Environmental Health Commons](#), [Forest Biology Commons](#), [Marine Biology Commons](#), [Other Food Science Commons](#), [Parasitology Commons](#), [Plant Breeding and Genetics Commons](#), and the [Terrestrial and Aquatic Ecology Commons](#)

Recommended Citation

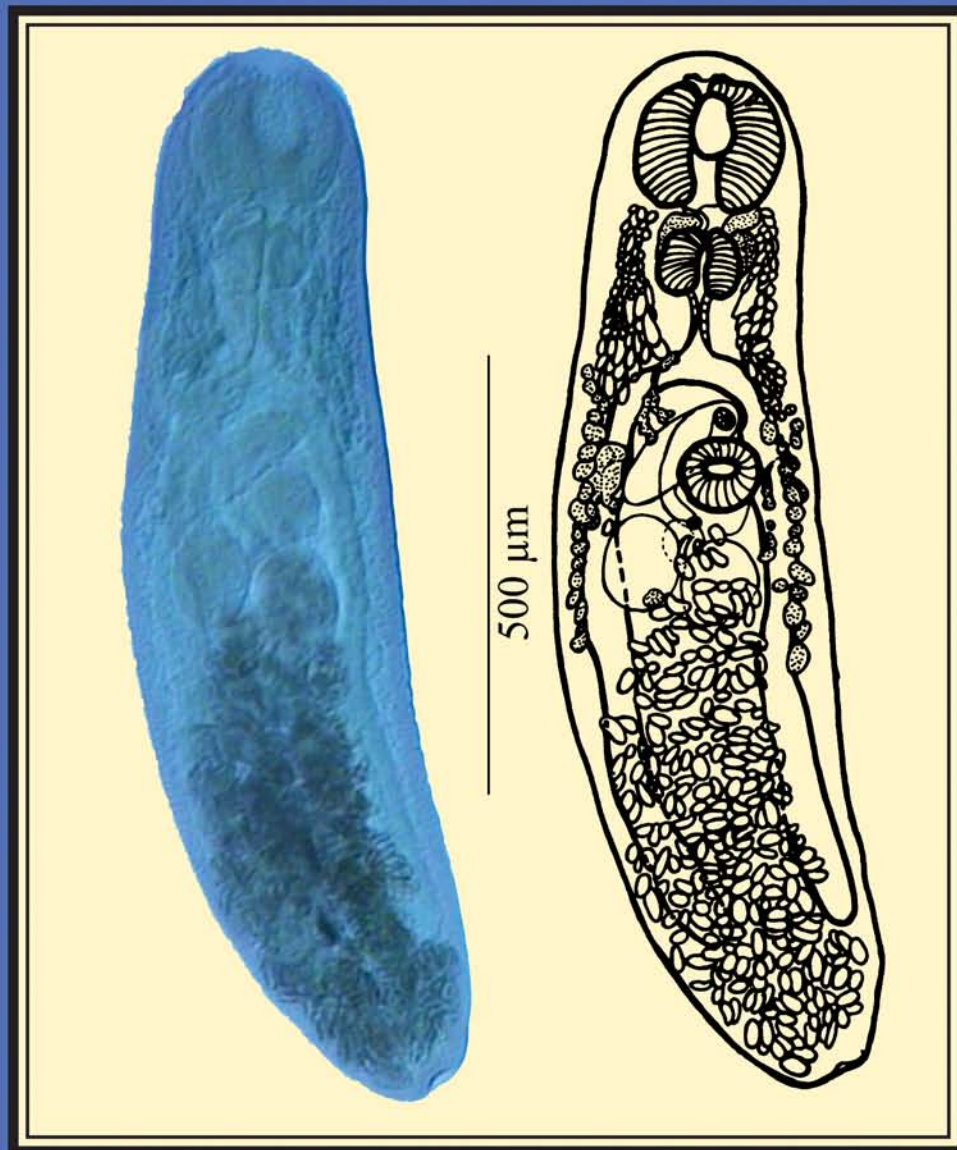
Pulido-Flores, Griselda and Monks, Scott, "Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas, Volumen II" (2013). *Zea E-Books*. 16.

<https://digitalcommons.unl.edu/zeabook/16>

This Book is brought to you for free and open access by the Zea E-Books at DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln. It has been accepted for inclusion in Zea E-Books by an authorized administrator of DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.

Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas

Volumen II



Editores

Griselda Pulido-Flores y Scott Monks

Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas

Volumen II

Editores

Griselda Pulido-Flores

Scott Monks



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Zea Books
Lincoln, Nebraska
2013

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Biología
Cuerpo académico de Uso, Manejo y Conservación de la Biodiversidad
Ciudad del Conocimiento
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5 s/n
C. P. 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México

Text and illustrations copyright © 2013 by the respective authors. All rights reserved.
Texto e ilustraciones de autor © 2013 por los respectivos autores. Todos los derechos reservados.

ISBN 978-1-60962-032-5 paperback/ libro de bolsillo

ISBN 978-1-60962-033-2 ebook

Set in Book Antiqua and Gill Sans types. Design and composition by Paul Royster.
Tipografía en Book Antiqua y Gill Sans. Diseño y composición de Paul Royster.



Zea Books are published by the University of Nebraska–Lincoln Libraries.
Zea Books son publicados por la Biblioteca de Universidad de Nebraska-Lincoln.

Electronic (pdf) edition available online at / Electrónica (pdf) edición disponible en línea en
<http://digitalcommons.unl.edu/zeabook/>

Print edition can be ordered from / Edición Impresa se puede pedir a
<http://www.lulu.com/spotlight/unllib>

Presentación

Este libro es el producto del trabajo colegiado que han desarrollado los profesores/investigadores del Cuerpo Académico de Uso, Manejo y Conservación de la Biodiversidad, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Así mismo, se contó con la contribución científica de los proyectos de tesis de estudiantes de la Licenciatura en Biología, Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, y del Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, programas educativos de la UAEH.

Es importante destacar que algunas de las investigaciones estuvieron financiadas por el Programa para el Mejoramiento del Profesorado, de la Secretaría de Educación Pública (PROMEP-SEP) a través de la Red Temática de Colaboración de Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable, con el macroproyecto de Inventario Ambiental y establecimiento de Indicadores Regionales. El cual contó con financiamiento en tres exhibiciones a partir de abril de 2009. Adicionalmente, algunos de los trabajos de investigación contaron con otras fuentes de financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) entre otros organismos, los cuales aparecen en los apartados de agradecimientos de cada capítulo.

En este libro se tratan temas relacionados con la fauna del estado de Hidalgo, particularmente de algunas especies de helmintos parásitos de fauna silvestre, biodiversidad de reptiles y bioensayos. Desde el punto de vista micoflorístico se estudian el uso de macromycetes, plantas útiles y medicinales, así como el cultivo *in vitro* de algunas especies con fines de conservación. Todo ello en torno al conocimiento de la biodiversidad y conservación de los recursos naturales.

Griselda Pulido-Flores y Scott Monks
Editores científicos

Contribuciones

La biopiratería y los derechos de propiedad intelectual en la biodiversidad Jorge Alejandro Sobrevilla-Solís y Maritza López-Herrera.	1
Distribución de la Herpetofauna en cuatro tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México Uriel Hernández-Salinas y Aurelio Ramírez-Bautista.	5
Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: Un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies Christian E. Bautista-Hernández, Scott Monks, y Griselda Pulido-Flores	13
Germinación <i>in vitro</i> de <i>Laelia speciosa</i> (Kunth) Schltr., una herramienta para su conservación <i>ex situ</i> María Ascensión Aguilar-Morales, y Ana Laura López-Escamilla	18
El uso de helmintos parásitos como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua: Lago de Tecocomulco vs. Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México Scott Monks, Griselda Pulido-Flores, Christian E. Bautista-Hernández, Berenice Alemán-García, Jorge Falcón-Ordaz, y Juan Carlos Gaytán-Oyarzún	25
Helmintos parásitos de algunos roedores (Mammalia: Rodentia) en San Miguel de Allende, Tepeapulco, Hidalgo, México Griselda Pulido-Flores, Scott Monks, y Jorge Falcón-Ordaz	35
Análisis morfométrico de <i>Glypthelmins quieta</i> (Stafford, 1900) Stafford, 1905 (Digenea: Macroderoididae) en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México Francisco Alemán-Muñoz, Griselda Pulido-Flores, Scott Monks, y Jorge Falcón-Ordaz	41
Análisis de metales pesados en un céstodo de la familia Dilepididae Jorge Falcón-Ordaz, Scott Monks, Griselda Pulido-Flores, y Claudia Romo-Gómez	59
Nemátodos parásitos de roedores de Huehuetla, Hidalgo, México Jorge Falcón-Ordaz, Scott Monks, y Griselda Pulido-Flores	64
Los hongos comestibles de la región de Molango de Escamilla, Hidalgo, México Miriam Jiménez-González, Leticia Romero-Bautista, Miguel Ángel Villavicencio-Nieto, y Blanca Estela Pérez-Escandón	69
Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston Jorge Alejandro Sobrevilla-Solís, Maritza López-Herrera, Ana Laura López-Escamilla, y Leticia Romero-Bautista.	83
Micropropagación de <i>Hedeoma drummondii</i> Benth Su Lin Zamora-Hierro y Ana Laura López-Escamilla	96
Determinación del efecto teratogénico en el desarrollo del tejido óseo en <i>Rattus norvegicus</i> , cepa Wistar, inducido por la presencia de Arsénico a concentraciones encontradas en aguas de Zimapán, Hidalgo, México Mireya Quiterio-Pérez, Juan Carlos Gaytán-Oyarzún, Scott Monks, Alberto José Gordillo-Martínez, y Francisco Prieto-García.	104
Primer reporte helmintológico de <i>Ambystoma velasci</i> Dugés, 1888 del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México Roosevelt Rodríguez-Amador, Scott Monks, y Griselda Pulido-Flores	113
Propagación <i>in vitro</i> de <i>Mammillaria schiedeana schiedeana</i> (Cactaceae), subespecie endémica y amenazada de extinción de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo Daniela Soria-Campos, Ana Laura López-Escamilla, y Laura Patricia Olguín-Santos	121
Plantas medicinales de Omitlán, Hidalgo, México I. Fuentes-Cervantes, Miguel Ángel Villavicencio-Nieto, y Blanca Estela Pérez-Escandón	129

Contribuidores

Alemán-García, Berenice

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio de
Morfología Animal, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Alemán-Muñoz, Francisco

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio de
Morfología Animal, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Aguilar-Morales, María Ascensión

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Morfofisiología Vegetal, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km
4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Bautista-Hernández, Christian E.

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio de
Morfología Animal, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Falcón-Ordaz, Jorge

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio de
Morfología Animal, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Fuentes-Cervantes, I.

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Etnobotánica, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Gaytán-Oyarzún, Juan Carlos

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio de
Genética Evolutiva y Ambiental, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo
Km 4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma,
Hidalgo.

Gordillo-Martínez, Alberto José

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Química, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km
4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Hernández-Salinas, Uriel

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Ecología de Poblaciones, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo
Km 4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma,
Hidalgo.

Jiménez-González, Miriam

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Etnobotánica, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

López-Escamilla, Ana Laura

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Morfofisiología Vegetal, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo
Km 4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma,
Hidalgo.

López-Herrera, Maritza

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Morfofisiología Vegetal, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo
Km 4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma,
Hidalgo.

Monks, Scott

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio de
Morfología Animal, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Olguín-Santos, Laura Patricia

Universidad Nacional Autónoma de México,
Facultad de Ciencias, Unidad de Ambientes
Controlados. CP. 04510, México, D.F.

Pérez-Escandón, Blanca Estela

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Etnobotánica, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Prieto-García, Francisco

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Química, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km
4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Pulido-Flores, Griselda

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio de
Morfología Animal, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Quiterio-Pérez, Mireya

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Química, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km
4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Ramírez-Bautista, Aurelio

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Ecología de Poblaciones, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km
4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Rodríguez-Amador, Roosevelt

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio de
Morfología Animal, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Romero-Bautista, Leticia

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Etnobotánica, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Romo-Gómez, Claudia

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Química, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km
4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Sobrevilla-Solís, Jorge Alejandro

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología. Laboratorio
de Morfofisiología Vegetal, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km
4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Soria-Campos, Daniela

Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias
Biológicas y Agropecuarias, zona Orizaba-
Córdoba, CP. 94945, Córdoba, Veracruz.

Villavicencio-Nieto, Miguel Ángel

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Etnobotánica, Ciudad del Conocimiento,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, CP 42184.
Mineral de la Reforma, Hidalgo.

Zamora-Hierro, Su Lin

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Área Académica de Biología, Laboratorio
de Morfofisiología Vegetal, Ciudad del
Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo
Km 4.5, CP 42184. Mineral de la Reforma,
Hidalgo.

La biopiratería y los derechos de propiedad intelectual en la biodiversidad

Jorge Alejandro Sobrevilla-Solís y Maritza López-Herrera

Resumen

La presente contribución es un ensayo de divulgación para el conocimiento de los derechos de propiedad intelectual en la biodiversidad; los cuales tienen como objetivo alentar las actividades de investigación y el desarrollo tecnológico como medio de crecimiento, debido a que la necesidad de generar nuevos conocimientos hace de este sector uno de los de mayor dinamismo científico y económico. Lo anterior está relacionado con la biopiratería, y no debemos olvidar que esta lleva al inevitable empobrecimiento: biológico, intelectual, cultural y económico de los países que se encuentran en desarrollo. En este contexto, la bioprospección (la investigación sobre la diversidad biológica, los conocimientos de la población indígena y los recursos genéticos y bioquímicos con valor comercial), se convierte en una actividad intermedia, muy lucrativa para empresas especializadas en la investigación y explotación de recursos genéticos con aplicaciones biotecnológicas, no obstante, las numerosas ganancias económicas y los problemas sociales entrecruzados en torno a la biodiversidad en México, impiden una temprana formulación de leyes para acceder a los recursos genéticos, y existe la posibilidad de patentar organismos vivos, en tanto cumplan con las características que dictan las leyes en materia de propiedad intelectual.

Palabras clave: Bioprospección, biopiratería, propiedad intelectual, biodiversidad.

Introducción

La biotecnología ha abierto la puerta a infinidad de posibilidades en el uso y aplicación de los seres vivos (Solleiro y Briceño, 2003). Por su complejidad y potencial productivo, pero también por sus implicaciones sociales, económicas y éticas; la biotecnología ha atraído la atención en uno de los instrumentos de política más importantes en la actualidad: la gestión de los derechos de propiedad intelectual sobre organismos vivos (Amador, 2005).

Los derechos de propiedad tienen como objetivo alentar las actividades de investigación y el desarrollo tecnológico como medio de crecimiento, debido a que la necesidad de generar nuevos conocimientos hace de este sector uno de los de mayor dinamismo científico y económico (Rodríguez y García, 2002). De igual forma, estos derechos se emplean para garantizar la recuperación de los cuantiosos gastos de inversión en investigación y desarrollo, y para evi-

tar la imitación de sus productos recurriendo a la protección legal del conocimiento y de los productos obtenidos (Solleiro y Briceño, 2003).

Desde que el gobierno de los Estados Unidos de América asignó el primer título de propiedad intelectual sobre una rosa híbrida en 1940, se abrió el campo para patentar organismos vivos muchas solicitudes de propiedad intelectual fueron concedidas en beneficio de las industrias transnacionales. De tal forma, muchas empresas han obtenido el monopolio de los derechos sobre ramas enteras de la biotecnología y grupos completos de organismos (Barrera, 2001; Solleiro y Briceño, 2003).

Esta situación ha permanecido hasta la actualidad y los más afectados han sido los países megadiversos en vías de desarrollo. Estos países están obligados a enfrentar una gran problemática; el sistema global de patentes y el interés de muchas empresas transnacionales por apropiarse indebidamente de la diversidad y el conocimiento tradicional, con la fi-

nalidad de obtener beneficios económicos, muchas veces sin el consentimiento de las poblaciones involucradas (Tarrío *et al.*, 2004).

A este fenómeno se le denomina biopiratería. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo lo define como la apropiación, por medio de la aplicación de los derechos de propiedad intelectual por parte de los científicos y empresas, sobre el valor intrínseco de las especies diversificadas, de los conocimientos tradicionales de la humanidad y las innovaciones de las poblaciones indígenas (Tarrío *et al.*, 2004).

De este modo, los países y sus diferentes grupos indígenas, así como campesinos, han sido y continúan siendo objeto de la biopiratería, al tiempo que son violados los acuerdos celebrados durante la Convención de Diversidad Biológica de 1992. En este convenio, en materia de acceso a los recursos genéticos, se establece que los Estados tienen el derecho soberano de explotar sus recursos en aplicación de su propia política, considerando los recursos biológicos como públicos y bajo resguardo de los gobiernos de cada país. Al mismo tiempo, el convenio ampara y reconoce a los conocimientos tradicionales como todos aquellos aspectos materiales e inmateriales de la cultura indígena, incluyendo los conocimientos agrícolas, técnicos y ecológicos relacionados con la diversidad biológica (Massieu y Chapela, 2002; Huenchuan, 2004).

En términos de derechos de propiedad, el asunto de seguridad alimentaria plantea también contradicciones y problemas. Algunas organizaciones y movimientos campesinos han reclamado que, si las empresas de semillas o farmacéuticas lucran con los recursos genéticos que han sido desarrollados originalmente por los agricultores tradicionales, deberían reconocerse los derechos de propiedad sobre los materiales genéticos básicos y pagar por el derecho de uso por parte de las empresas (Massieu y Chapela, 2002).

Bajo la premisa que la obtención de patentes es un indicador de la capacidad de generación tecnológica y estabilidad económica, consorcios mundiales, apoyados por sus gobiernos, empezaron a celebrar Tratados de Libre Comercio con países ricos en biodiversidad, teniendo la ventaja de la asignación de derechos de propiedad intelectual de organismos vivos está bajo la administración de la Organización Mundial de Comercio y que son, generalmente, los países ricos los propietarios de la tecnología para el uso y manipulación de la información genética. Todo esto sin la necesidad de respetar las reglas de acceso a los recursos genéticos

(Rodríguez y García, 2002; Tarrío *et al.*, 2004; Gómez, 2007).

Esto ha generado una importante lucha entre los países desarrollados, propietarios de la tecnología, y los países en desarrollo, poseedores de la biodiversidad y los recursos genéticos. Debido a que no existe un intercambio global de los recursos a pesar de los acuerdos logrados en la Convención de Diversidad Biológica y porque los países desarrollados no demuestran la voluntad política para lograr una distribución justa y equitativa de los beneficios, ni un verdadero interés en la conservación de la biodiversidad (Gómez, 2007).

Como se ha mencionado, el gran impulsor de la biopiratería es la adquisición económica. Se estima que sólo el mercado para especímenes de productos naturales dentro de la industria farmacéutica es de 30 a 60 millones de dólares anuales (Barreda, 2001); al tiempo que los países en desarrollo pierden 5.4 billones de dólares en regalías por dichas patentes. Un estudio (Massieu y Chapela, 2002) calculó que una variedad turca de trigo proporcionó genes resistentes al hongo rayado de las variedades estadounidenses, estimando esta contribución en 50 millones de dólares.

En este contexto, la bioprospección (la investigación sobre la diversidad biológica, los conocimientos de la población indígena, los recursos genéticos y bioquímicos con valor comercial) se convierte en una actividad intermedia que se ha vuelto muy lucrativa para empresas especializadas en la investigación y explotación de recursos genéticos con aplicaciones biotecnológicas (Tarrío *et al.*, 2004). La bioprospección con fines de lucro en México pretende encontrar secuencias químicas de sustancias activas (proteínas, hormonas, enzimas, metabolitos secundarios, etc.) de plantas, insectos, hongos medicinales, palmas, aves o mamíferos exóticos, cactáceas, xerófitas, corales, peces, esponjas y estrellas de mar, bacterias extremófilas y células del cuerpo humano principalmente (Amador, 2005). Otro punto de atención son las múltiples variedades criollas de maíz, chile, frijol y calabaza, incluyendo las variedades silvestres de estos cultivos que, a lo largo de miles de años, fueron abandonadas durante su proceso de domesticación (Barreda, 2001).

No obstante, las numerosas ganancias económicas y los problemas sociales entrecruzados en torno a la biodiversidad en México, impiden una temprana formulación de leyes de acceso a los recursos genéticos (Amador, 2005). En nuestro país existe la posibilidad de patentar organismos vivos, en tanto cumplan con las características que dictan las le-

yes en materia de propiedad intelectual. Esto significa que los organismos a patentar no se encuentren de manera natural en ningún ecosistema mexicano, ni que provengan de un proceso que la misma naturaleza pueda desarrollar. Las patentes se pueden otorgar para los procesos de modificación genética donde el producto resultante sea, en todo caso, un organismo con características particulares, distintas a los organismos originales presentes en el medio natural (Rodríguez y García, 2002).

Sin embargo, existen grupos dedicados a la bioprospección movidos por los intereses lucrativos más que por el apoyo a mejorar las condiciones de vida en el mundo. Se asocian a centros de investigación y universidades ávidas de investigación, bajo convenios poco claros y muchas veces ventajosos con la promesa de apoyo para futuros proyectos de investigación. Ejemplo de ello fue el convenio donde investigadores de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) fueron invitados a participar con la Universidad de Georgia y el laboratorio de investigación "Molecular Nature Ltd", en una iniciativa para la conservación del conocimiento tradicional sobre plantas medicinales de los Altos de Chiapas en 1999 (Tarrío *et al.*, 2004). El convenio fue rechazado por sus integrantes y distintas organizaciones sociales, como el Consejo de Médicos y Parteras Indígenas Tradicionales de Chiapas, bajo los argumentos de la ausencia de una legislación sobre los recursos genéticos y la diversidad biológica de los pueblos indígenas, y que las comunidades no habían otorgado su consentimiento previo para la recolección de especímenes y conocimientos tradicionales (Tarrío *et al.*, 2004).

Por el contrario, han existido intentos por realizar bioprospección en México de una manera transparente y apegada a los principios de acceso a los recursos genéticos y de biodiversidad llamados Grupos Cooperativos Internacionales para la Biodiversidad (ICBGs por sus siglas en inglés) (Massieu y Chapela, 2002). El objetivo de estos grupos es mejorar la salud humana a través del descubrimiento de nuevos medicamentos e incentivos para la conservación de la biodiversidad, así como un nuevo modelo de crecimiento sustentable; estos proyectos han incluido la adquisición y análisis de productos naturales como agentes terapéuticos para enfermedades que afligen tanto a los países en desarrollo como a los desarrollados (Barreda, 2001).

Otro ejemplo, aunque muy controversial, fue el suscitado en el 2001, cuando la compañía estadounidense Pod-Ners, L. L. C., entabló una demanda en contra de empresas exportadoras, alegando que los

frijoles amarillos mexicanos de la variedad "Mayacoba" que habían sido cultivados en México por siglos y que actualmente se estaban vendiendo en Estados Unidos de América, infringían la patente de dicha empresa sobre el frijol amarillo de la variedad "Enola". Dicha demanda pretendía reclamar regalías de seis centavos por libra de frijol amarillo que fuera comercializado a los Estados Unidos de América. Posteriormente se dio a conocer que en 1994, Larry Proctor, dueño de esta compañía había comprado una bolsa comercial de semillas de frijol en Sonora, México y tras dos años de llevar a cabo el cultivo del frijol amarillo obtuvo la patente y un certificado de protección vegetal estadounidense. Preocupado por la apropiación de germoplasma y los intentos legales de bloquear las exportaciones de frijol, el gobierno de México anunció que impugnaría la patente lo cual tendría un costo de 200 mil dólares. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) recientemente realizó una prueba de ADN del frijol patentado por Pod-Ners, y demostró que es genéticamente idéntico a la variedad mexicana (Massieu y Chapela, 2002). Sin embargo, el tiempo que transcurrió en los procesos legales afectó las exportaciones de frijol mexicano y los fondos públicos que pudieron invertirse en la agricultura mexicana se desviaron para dicho proceso legal.

Discusión y conclusiones

Bajo este panorama, es importante reconocer que la biodiversidad con la que cuenta un país, y que particularmente en México ha sido la base de nuestro bienestar, se encuentra en un estado permanente de amenaza por el saqueo y la falta de una legislación para hacer un uso racional y sustentable de nuestros recursos, al tiempo que sean reconocidos los derechos de propiedad intelectual de los países y de sus comunidades que los han resguardado durante cientos de años. También, es importante resaltar que la investigación es una parte vital para impedir la continuación de esta gran problemática y, a su vez, evitar nuestra dependencia de los organismos y cultivos producidos por un grupo de corporaciones agro-biotecnológicas, empeñadas en obtener patentes a costa de los recursos genéticos de otros países.

No debemos olvidar que la biopiratería lleva inevitablemente al empobrecimiento biológico, intelectual, cultural y económico de los países que se encuentran en desarrollo. México no es la excepción, además, aún falta mucho camino por recorrer en la protección y el acceso de nuestros recursos natura-

les. En esta tarea se involucra y requiere el compromiso del gobierno, las instituciones de investigación y las organizaciones sociales para que en conjunto enfoquen sus acciones en resolver preguntas como: ¿Quién tiene la facultad de poseer y controlar los diversos componentes de la biodiversidad, tales como plantas y sustancias activas con valor comercial? y ¿Bajo que circunstancias?, ¿Cuál es la mejor manera de usar y conservar los recursos genéticos del país?, ¿Cómo regular el acceso a estos recursos y cómo se compartirán los beneficios derivados de su utilización en forma equitativa y sustentable?. Sin duda son preguntas importantes que deben ser incluidas en las agendas políticas (nacional e internacional) con el fin de brindar respuesta en beneficio de la sociedad y la biodiversidad.

La solución a muchas de estas dificultades requiere también de la colaboración activa entre gobierno, sociedad e investigadores, ya que gran parte de los problemas relacionados con la biopiratería se derivan del desconocimiento y la falta de cooperación. El resguardo de la biodiversidad requiere, hoy más que nunca, de la intervención de los biólogos en los escenarios sociales y gubernamentales, pero también estamos obligados a hacer que los conocimientos que se generan en el campo de la biología lleguen a un mayor número de personas. Por ello, es indispensable que, como investigadores, hagamos del conocimiento científico un medio para hacer que las personas aprecien y resguarden del saqueo a la biodiversidad y el conocimiento tradicional.

Agradecimientos

Este trabajo forme parte de los productos del proyecto colaborativo "Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales", con fondos del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Literatura citada

- Amador-Berrocal, S. M. 2005. Articulación entre el comercio internacional y biotecnología. *Diálogos: Revista Electrónica de Historia* 6:260-281.
- Barreda, A. 2001. Biopiratería y resistencia en México. *El Cotidiano* 18:21-39.
- Gómez, L. M. 2007. La política internacional de acceso a los recursos genéticos. *Oasis* 12:2-26.
- Huenchuan, S. 2004. Propiedad cultural e intelectual de los pueblos indígenas: objetos y enfoques de protección. *Revista Austral de Ciencias Sociales* 8:81-96.
- Massieu, Y. y F. Chapela. 2002. Acceso a recursos biológicos y biopiratería en México. *El Cotidiano* 19:72-82.
- Rodríguez, T. L. y H. García. 2002. Economía el sistema de patentes en plantas cultivables transgénicas en México. *Análisis Económico* 36:241-280.
- Solleiro, J. L. y A. Briseño. 2003. Propiedad intelectual I: impacto en la difusión de la biotecnología. *Interciencia* 28:118-123.
- Tarrío, G. M., L. Concheiro y S. Comboni. 2004. La biopiratería en Chiapas: un análisis sobre los nuevos caminos de la conquista biológica. *Estudios Sociales* 12:56-89.

Distribución de la Herpetofauna en cuatro tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México

Uriel Hernández-Salinas y Aurelio Ramírez-Bautista

Resumen

Este estudio se realizó en un periodo de un año (2007-2008), con el propósito de elaborar una lista de especies de anfibios y reptiles que habitan en cuatro tipos de vegetación: bosque mesófilo de montaña (BMM), bosque de pino-encino (BPE), matorral xerófilo (MX) y bosque tropical perennifolio (BTP) del estado de Hidalgo, y comparar la riqueza de especies entre éstos. Se encontró que el MX fue el tipo de vegetación con la menor riqueza de especies ($H = 2.942$), mientras que el BMM presentó la mayor de riqueza ($H = 3.267$). El BTP y el BPE fue la combinación vegetal que presentó el mayor porcentaje de complementariedad $C = 0.92\%$, seguido por el BPE y BMM con un porcentaje de $C = 0.85\%$, representando una baja similitud. A pesar que se tiene un número considerable de especies registradas para los tipos de vegetación analizados, aún hace falta un intenso esfuerzo de muestreo en los tipos de vegetación analizados y en otras áreas geográficas de Hidalgo.

Palabras clave: Riqueza, diversidad, anfibios, reptiles, Hidalgo

Introducción

México es considerado como uno de los países con mayor diversidad biológica del Mundo (Wilson y Johnson, 2010), en él se encuentra una variedad de ambientes y tipos de vegetación únicos con afinidades neárticas y neotropicales (Challenger, 1998), además de ser uno de los países con una mayor riqueza de anfibios y reptiles Mundo (Wilson y Johnson, 2010). A la fecha se estima que en México existe un total de 1,204 especies de anfibios y reptiles (Wilson y Johnson, 2010), sin embargo, esta cifra podría ser mayor debido a que en los últimos años se han descubriendo nuevas especies para la ciencia. Además, de este importante número de especies, casi el 60% son endémicas a México, porcentaje importante desde el punto de vista biogeográfico, pues es el resultado del conjunto de diez provincias y dos regiones biogeográficas con características climáticas, altitudinales y de vegetación propias (Flores-Villela y Pérez-Mendoza, 2006; Ramírez-Bautista *et al.*, 2010; Hernández-Salinas y Ramírez-Bautista, 2012).

A pesar que el conocimiento sobre la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles de México ha avan-

zado significativamente, aún no se ha cuantificado en su totalidad la riqueza de especies para la mayoría de los estados de nuestro país, caso que ocurre en el estado de Hidalgo, sin embargo, se cuenta con un importante número de especies hasta hoy registradas (Ramírez-Bautista *et al.*, 2010), no obstante, se carece de un estudio estadístico que represente la riqueza y diversidad en los diferentes tipos de vegetación en el estado (Ramírez-Bautista *et al.*, 2010; Hernández-Salinas y Ramírez-Bautista, 2012). A la fecha es bien conocido que aún falta un intenso esfuerzo de muestreo en grandes áreas de vegetación original en el estado, tales como: el bosque mesófilo de montaña y bosque de pino y encino (Challenger, 1998), ya que el estado de Hidalgo es uno de los estados que presenta el mayor número de tipos de vegetación reconocidos actualmente para México (Rzedowski, 1981). Además, como se mencionó anteriormente, Hidalgo se ubica geográficamente dentro de dos importantes regiones (Neártica y Neotropical; Delgado y Márquez, 2006; Wilson *et al.*, 2010) que presentan climas, floras y faunas característicos a sus afinidades (Rzedowski 1981; Morrone, 2000).

La distribución de las especies en las diferentes regiones biogeográficas ha llevado a reconocer la

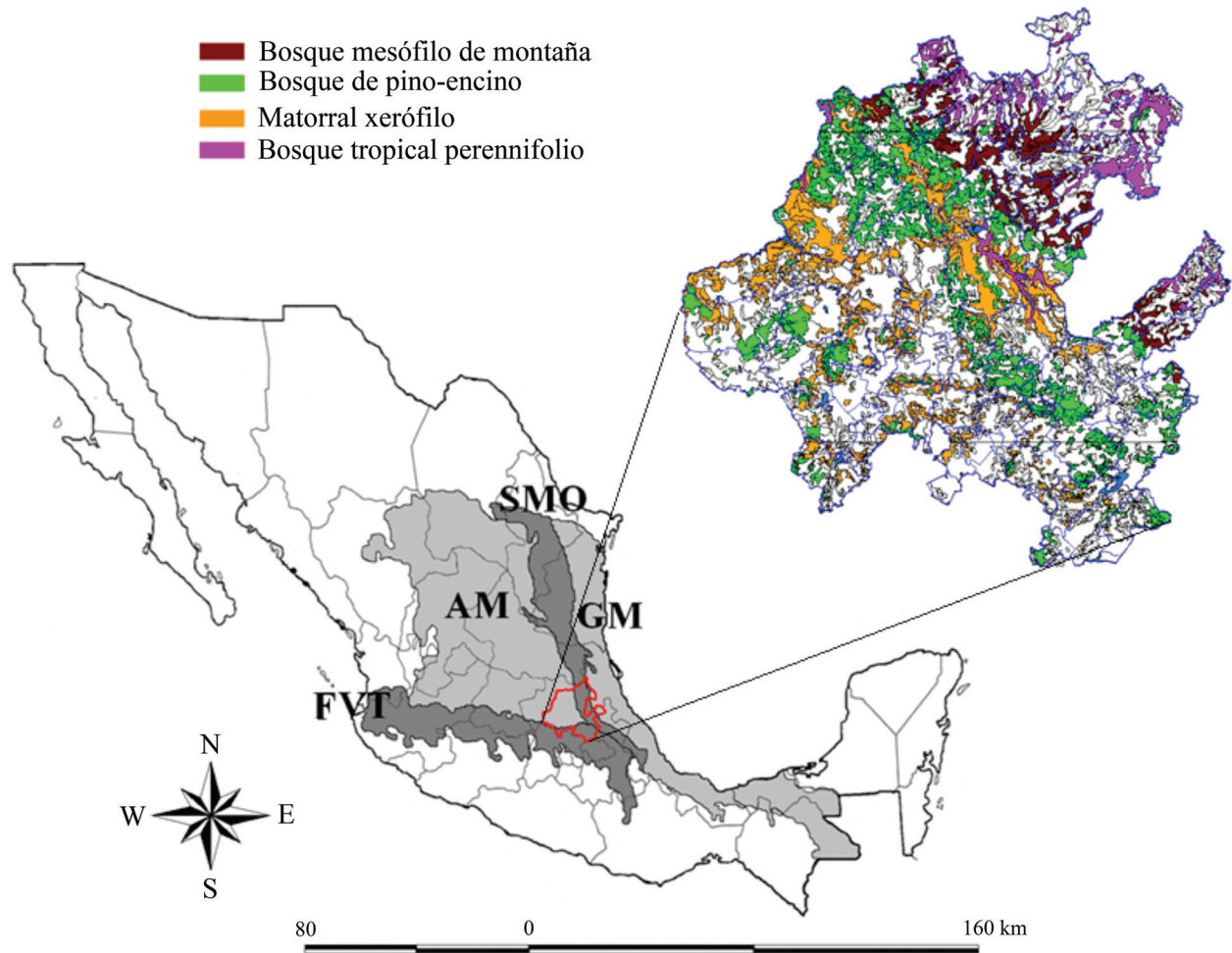


Figura 1. Ubicación del estado de Hidalgo, se señalan los tipos de vegetación muestreados, así como las diferentes provincias biogeográficas ubicadas dentro del estado. Sierra Madre Oriental = SMO; Golfo de México = GM; Altiplano Mexicano = AM; Faja Volcánica Transversal = FVT.

importancia de los tipos de vegetación que tiene el estado de Hidalgo, por lo que, en este trabajo se reconoce la riqueza y distribución por tipos de vegetación de la herpetofauna en el estado de Hidalgo.

Descripción del área de estudio

El estado de Hidalgo se ubica en la zona centro de México ($19^{\circ}35'52''$ y $21^{\circ}25'00''$ N, y $97^{\circ}57'27''$ y $99^{\circ}51'51''$ O) (Fig. 1). Limita al norte con el estado de San Luis Potosí, al noreste y este con Veracruz, al este y sureste con Puebla, al sur con Tlaxcala y México, y al oeste con Querétaro (INEGI, 2005) (Fig. 1). La altitud media es de 1,660 msnm, con una máxima de 3,490, y una mínima de 18 msnm (INEGI, 2005). En este trabajo se eligieron cuatro de los ocho tipos de vegetación que se presentan en el estado, como bosque mesófilo de montaña

(BMM), bosque de pino-encino (BPE), matorral xerófilo (MX) y bosque tropical perennifolio (BTP) por ser las comunidades vegetales que mejor representadas están en extensión territorial en el estado. Además, en estos tipos de vegetación se tiene el mayor número de registros de especies de anfibios y reptiles que los habitan.

Materiales y Métodos

El presente estudio abarca un periodo de recolecta de un año, a partir del periodo de secas (marzo-mayo) y de lluvias (junio-septiembre) de 2007 y secas (marzo-mayo) de 2008. Los organismos se recolectaron mediante búsquedas directas en todos los tipos de vegetación antes mencionados, así como en los diversos tipos de microhábitats (entre y bajo rocas, grietas, maleza, cuerpos de agua, troncos, árboles

les, etc. (Ramírez-Bautista *et al.*, 2010). Durante cada mes de muestreo, el esfuerzo de colecta fue de dos salidas, con una duración de tres días cada una, en los cuatro tipos de vegetación antes mencionados. El esfuerzo de muestreo utilizado para este trabajo se consideró como horas/persona (por ejemplo: una búsqueda = dos horas por dos personas = cuatro horas persona), este método fue utilizado para estandarizar el esfuerzo de muestreo en cada tipo de vegetación (Moreno, 2001; Vellend, 2001).

Todos los ejemplares recolectados fueron sacrificados de la forma más humanamente posible (Casas-Andreu *et al.*, 1991) y determinados a nivel de especie bajo las claves dicotómicas de Smith y Taylor (1966), Campbel y Lamar (2004) y Ramírez-Bautista *et al.* (2009). Por otro lado, la clasificación taxonómica para cada grupo se basó en la información más reciente de los cambios taxonómicos, por ejemplo Wilson y Johnson (2010) y Ramírez-Bautista *et al.* (2010).

Análisis de datos

Para comparar la riqueza de especies entre los tipos de vegetación analizados, se empleó la técnica de dominancia rarefacción, además, se empleó el índice de Shannon (H) para conocer numéricamente la riqueza de especies (Shannon, 1948). Para esto, se usó el número de especies por tipos de vegetación y se realizó un remuestreo de los valores de riqueza para verificar si son o no estadísticamente diferentes, con ayuda del programa Species Diversity and Richness III (Henderson y Seaby, 2002).

Para reconocer la diversidad beta se calculó el valor de complementariedad (Colwell y Codington, 1994), evaluando el grado de similitud en la composición de anfibios y reptiles por pares de vegetación (Colwell y Codington, 1994). El valor de complementariedad entre tipos de vegetación se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

1. Se debe obtener la riqueza total para ambos sitios:

$$S_{AB} = a + b - c$$

2. Donde a es el número de especies del sitio A, b es el número de especies del sitio B, y c es el número de especies en común entre los sitios A y B.

3. El número de especies únicas en cualquiera de los dos sitios:

$$U_{AB} = a + b - 2c$$

El valor de este índice varía desde cero cuando ambos sitios son idénticos en su composición de especies, hasta uno cuando son totalmente diferentes, es decir, el valor obtenido tiene un significado

inverso a la similitud indicando la tasa de recambio de especies o diversidad β (Magurran, 1988; Halffter, 1998; Moreno, 2001; Feinsinger, 2003). Este análisis fue elaborado con el programa Estimates Versión 7.5 (Colwell, 2005).

Adicionalmente, se calculó el índice de Bray-Curtis el cual muestra que tan parecidos son los diferentes tipos de vegetación con relación a su composición de especies. Los valores de este índice van de cero a uno cuando son completamente idénticos, considerando que el máximo valor de similitud hace referencia a un bajo número de especies exclusivas para cada tipo de vegetación. Con los valores de este índice, se realizó un dendograma que agrupó a los cuatro tipos de vegetación en función del número de especies que presentó cada uno.

Resultados

La herpetofauna de los cuatro tipos de vegetación está compuesta por 81 especies, las cuales se representan en 18 familias, de éstas, seis corresponden a los anfibios y doce a reptiles. Considerando el número total de especies (81), de éstas, 39 se registraron en BMM, 35 para BPE, 23 en MX y 31 en BTP (Tabla 1). Del número de especies de anfibios y reptiles registradas en estos tipos de vegetación, 19 son exclusivas para el BPE (Fig. 2A), por ejemplo, *Pseudoeurycea altamontana* y *Plestiodon lynxe* fueron especies poco abundantes y exclusivas a este tipo de vegetación (Fig. 2 B y C); por otro lado, se registraron 13 especies exclusivas para el BMM (Fig. 3A), figurando *Tlalocohyla picta* y *Xenosaurus tzacualtipantecus* como unas de las especies exclusivas y poco dominantes en este tipo de vegetación (Fig. 3 B y C), mientras que en menor proporción de exclusividad, en el MX (Fig. 4A) sólo *Phrynosoma orbiculare* y *Hyla arenicolor* fueron consideradas exclusivas y medianamente dominantes (Fig. 4B y C), y por último, el BTP (Fig. 5A) presentó 12 especies exclusivas, de las cuales *Epicta goudotii* fue una especie rara y exclusiva, mientras que *Lithobates berlandieri* se registró como la especie más abundante para este tipo de vegetación (Fig. 5B y C).

Por otro lado, las curvas de rarefacción (Fig. 6), así como el índice de Shannon (Fig. 7), indicaron que el BMM fue el más rico en especies con un valor de $H = 3.267$, seguido por el BPE ($H = 3.226$) y BTP ($H = 3.056$), mientras que el tipo de vegetación con la menor riqueza fue el MX ($H = 2.942$; Fig. 6 y 7).

El análisis de complementariedad demostró que el BPE y el BTP presentaron el mayor porcentaje de complementariedad ($C = 92\%$), indicando que en conjunto estos dos tipos de vegetación

Tabla 1. Número de especies por familias de anfibios y reptiles distribuidos en los cuatro diferentes tipos de vegetación del estado de Hidalgo.

ORDEN	Tipo de vegetación			
Familia	MX	BMM	BP-E	BTP
CAUDATA				
Plethodontidae		1	6	2
ANURA				
Bufonidae	1	3		3
Pelobatidae	1		1	
Hylidae	4	12	2	6
Leptodactylidae		4	1	1
Ranidae	1	2	2	1
SQUAMATA				
Anguidae	1	1	2	
Gekkonidae				1
Iguanidae				1
Phrynosomatidae	6	3	8	2
Dactyloidae		1		1
Scincidae	1	1	1	1
Teiidae	1			2
Xantusiidae		2	3	
SERPENTES				
Colubridae	5	8	7	7
Elapidae				1
Viperidae	2		2	1
TESTUNIDAE				
Kinosternidae		1		1

Tabla 2. Comparación de la riqueza de anfibios y reptiles entre pares de tipos de vegetación del estado de Hidalgo

	MX	Similitud BMM	BPE	BTP
MX	*	0.69	0.56	0.51
BMM	0.85	*	0.61	0.66
BPE	0.75	0.85	*	0.45
BTP	0.83	0.74	0.92	*
Complementariedad				

se complementan por presentar el mayor número de especies exclusivas, las cuales son distintas de un tipo de vegetación respecto al otro, reflejando una baja similitud ($S=0.45\%$; Fig. 8), y por lo tanto, una diversidad beta alta (Tabla 2). En el caso de la combinación entre el BTP con el BMM, el valor de complementariedad fue menor ($C=74\%$), indicando que la herpetofauna registrada en cada uno de estos tipos de vegetación son más parecidas que en la combinación anterior, reflejando una mayor similitud (0.69% ; Fig. 8), y una diversidad beta media (Tabla 2).

**Figura 2.** A) Bosque de pino-encino, B) *Pseudoeurycea altamontana* y C) *Plestiodon lynxe*

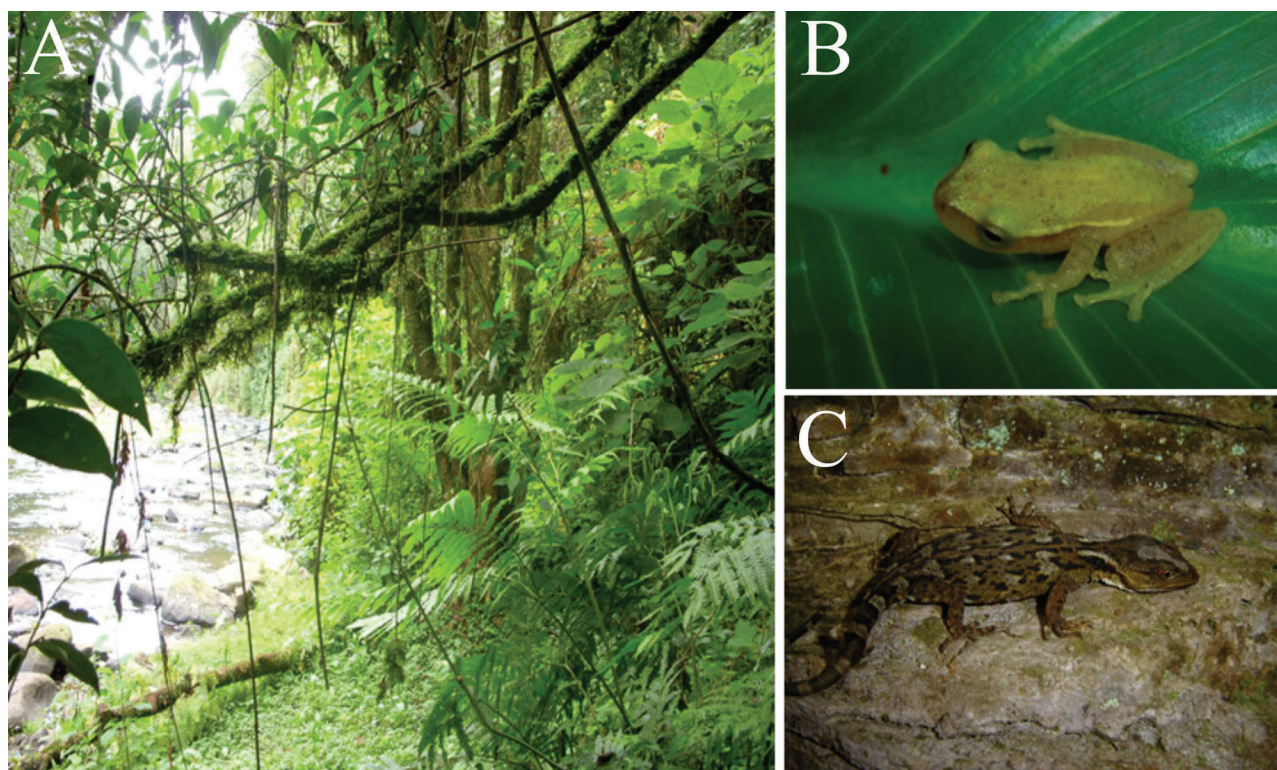


Figura 3. A) Bosque mesófilo de montaña, B) *Tlalocohyla picta* y C) *Xenosaurus tzacualtipantecus*.

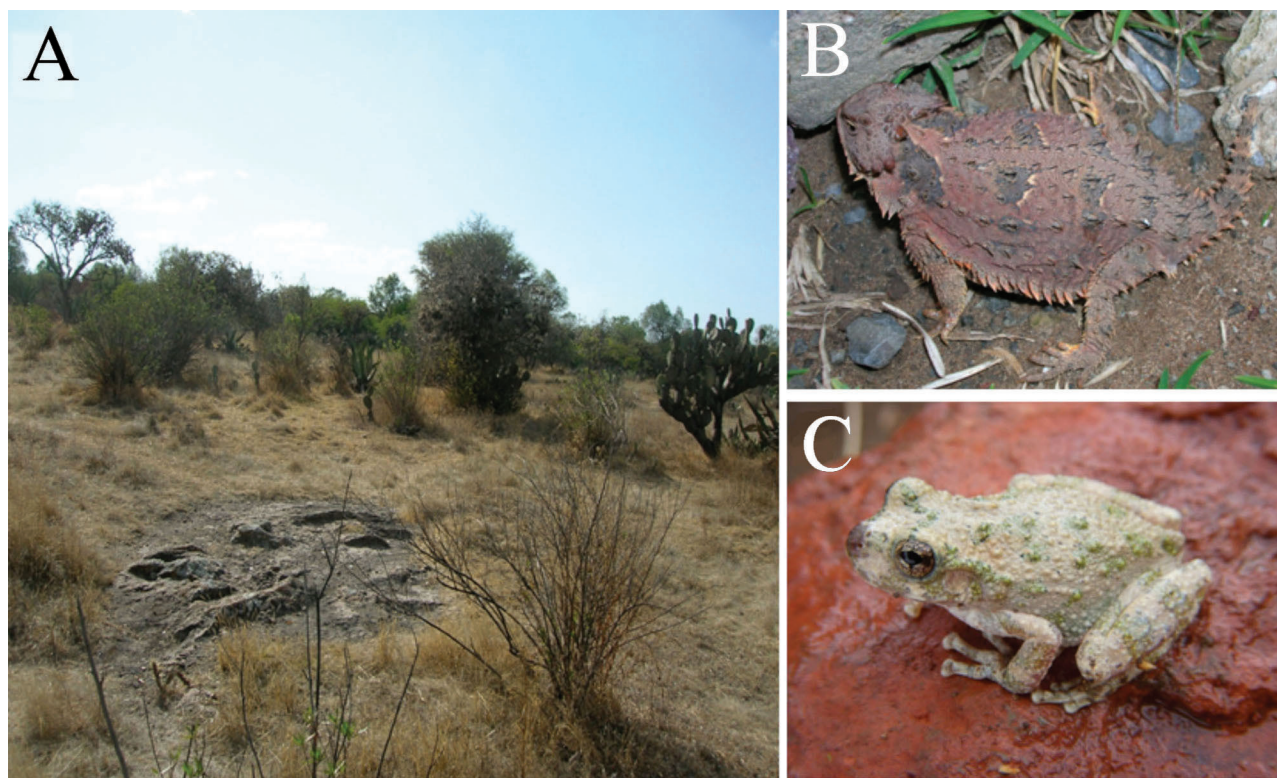


Figura 4. A) Matorral xerófilo, B) *Phrynosoma orbiculare* y C) *Hyla arenicolor*.

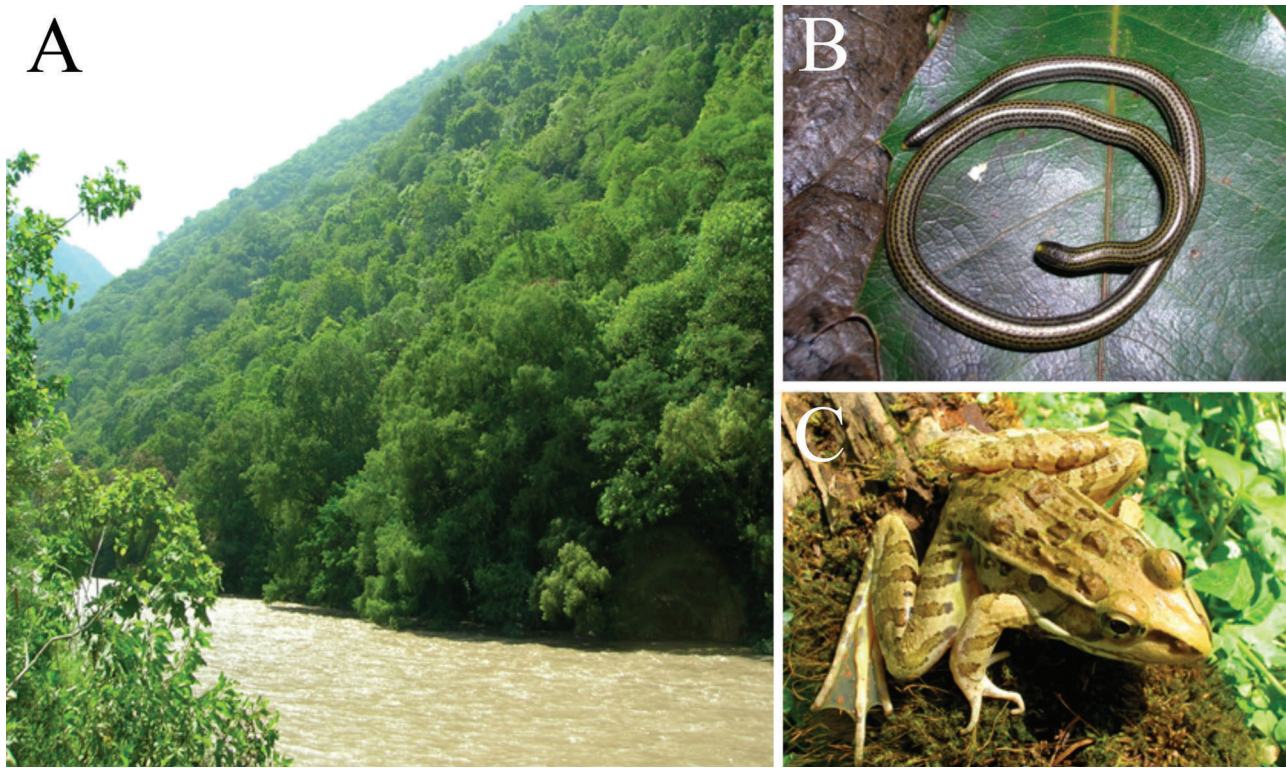


Figura 5. A) Bosque tropical perennifolio, B) *Epicta goudotii* y C) *Lithobates berlandieri*.

Discusión

Con el análisis de la herpetofauna del estado de Hidalgo, se registró el 47% de las especies que se reconocen actualmente para el estado (Ramírez-Bautista *et al.*, 2010), y el 7% de la herpetofauna de México (Wilson y Johnson, 2010). Sin embargo, Ramírez-Bautista *et al.* (2010) registraron una mayor riqueza de especies, pero éste fue realizado en un periodo de muestreo, área y tipos de vegetación mayores que en el presente estudio, por otro lado, el número de especies reportado por Ramírez-Bautista y colaboradores, se completó con ba-

ses a datos y literatura, lo que incrementó significativamente la lista de especies. Sin embargo, nuestros resultados provienen de muestreos sistemáticos, los cuales reflejan que el esfuerzo de muestreo es aceptable, comparativamente con lo reportado.

El tipo de vegetación con mayor extensión dentro del estado es el MX, sin embargo, resulta extraño que en éste se registró la menor riqueza de especies (23 especies). Esto puede deberse a que las zonas áridas del estado, presentan una gran homogeneidad en tipos de microhábitats, relacionado principalmente a una escasa humedad y una alta radiación

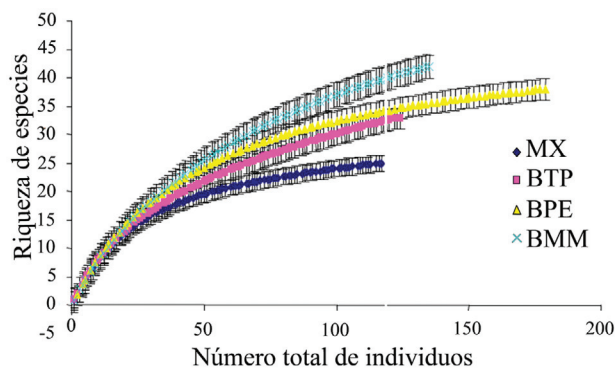


Figura 6. Curvas de rarefacción comparando la riqueza de especies entre los diferentes tipos de vegetación del estado de Hidalgo.

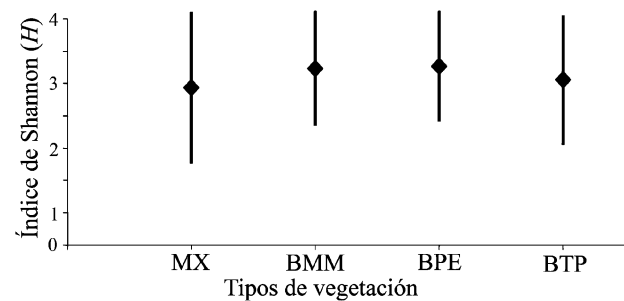


Figura 7. Los rombos indican los valores del índice de Shannon (H') con base en la riqueza de especies para cada uno de los tipos de vegetación analizados. Bosque mesófilo de montaña = BMM; bosque de pino-encino = BPE; matorral xerófilo = MX; bosque tropical perennifolio = BTP.

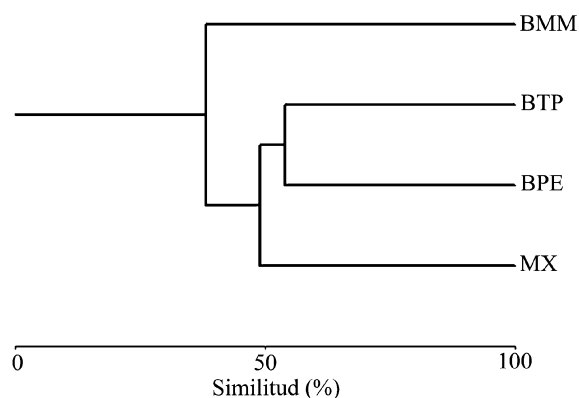


Figura 8. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray-Curtis para la herpetofauna de cuatro tipos de vegetación del estado de Hidalgo. Bosque mesófilo de montaña = BMM; bosque de pino-encino = BPE; matorral xerófilo = MX; bosque tropical perennifolio = BTP.

solar, una amplia expansión de asentamientos humanos y a una considerable eliminación de la vegetación nativa como uso para la ganadería y zonas de cultivo, que en conjunto, reducen la concentración de la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles, y otros grupos biológicos (INEGI, 2005; CONABIO, 2008; Ramírez-Bautista *et al.*, 2010). En contraste, el tipo de vegetación con una mayor riqueza de especies de anfibios y reptiles fue BMM (39 especies). Este patrón es similar a otros estudios realizados en este tipo de vegetación con estos grupos biológicos (Mendoza-Quijano *et al.*, 2006), mostrando el mismo patrón en coleópteros (201 especies; Delgado y Márquez, 2006), aves (220 especies; Martínez-Morales *et al.*, 2007) y plantas vasculares (400; Alcántara-Ayala y Luna-Vega, 2001). Una explicación al incremento de la riqueza específica en este tipo de vegetación respecto al resto, puede deberse a una alta diversidad de hábitats y tipos de microhábitats (mayor heterogeneidad), factor determinante en el incremento del número de especies en una comunidad (MacArthur y Wilson, 1967). El patrón consistente de riqueza de especies de diferentes grupos biológicos en el BMM, reflejar una afinidad biogeográfica dentro del estado de Hidalgo, la cual pudiera coincidir con otras áreas de este tipo de vegetación en México (Ortega y Castillo, 1996; Challenger, 1998). Respecto a las 35 especies registradas en el BPE, éste número fue mayor al reportado por Ramírez-Bautista y Ramírez-Pérez (2008), los cuales reportan también cinco nuevos registros para la herpetofauna de esta región, lo que indica que en el estado, aún es necesario continuar explorando estos tipos de vegetación con un alto grado de exclusividad y endemismos (Ramírez-Bautista *et al.*, 2010).

Desde un punto de vista biogeográfico, el estado de Hidalgo es una entidad interesante que sobresale de otros estados de la parte centro de México, ya que Hidalgo converge dentro de dos importantes regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical; Morrone, 2000), que en cada una se presentan condiciones geológicas y climáticas únicas, las cuales se traducen en una amplia o restringida distribución, y a distintas fuerzas de vagilidad de diversos grupos florísticos y faunísticos que cruzan el estado de Hidalgo, por ejemplo, los anfibios y reptiles (Ramírez-Bautista *et al.*, 2010). A pesar que existen pocos trabajos sobre riqueza, diversidad y biogeografía de anfibios y reptiles en el estado de Hidalgo (Ramírez-Bautista *et al.*, 2010; Cruz Elizalde y Ramírez-Bautista, 2012), este estudio representa de manera estadística la riqueza y diversidad de ambos grupos como reflejo de una accidentada topografía, diversidad de clima y varios tipos de vegetación y la ubicación de las diferentes provincias biogeográficas que ocurren en el estado (Sierra Madre Oriental, Altiplano Mexicano, Faja Volcánica Transmexicana y Golfo de México; Morrone y Márquez, 2003).

Finalmente, los resultados que aquí se presentan sobre riqueza y diversidad de anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, hacen referencia a un esfuerzo de muestreo significativo, sin embargo, es necesario incrementarlo para completar al máximo los inventarios de especies en estos tipos de vegetación del estado, para generar estrategias de conservación en las pocas áreas con vegetación original que aún se encuentran en el estado de Hidalgo.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo durante el trabajo de campo a Víctor Vite Silva, Adrián Leyte-Manrique, Alejandro Pérez-Ramírez y Roberto Hernández. Este estudio fue apoyado por los proyectos CONACYT-S52552-Q y FOMIX-CONACYT-43761.

Literatura citada

- Alcantara-Ayala, O. y I. Luna-Vega. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlan y Tlahuelompa. *Acta Botánica Mexicana* 54:51-87.
- Campbell, J. A. y W. Lamar. 2004. The venomous reptiles of the western hemisphere. Cornell University. Volumen I y II, 870 p.
- Casas-Andreu, G., G. Valenzuela-López y A. Ramírez-Bautista. 1991. Cómo hacer una colección de anfibios y Reptiles. Cuadernos 10, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 68 p.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y fu-

- turo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Agrupación Sierra Madre, S.C. 847 p.
- Colwell, R. K. 2005. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 7.5, User's Guide. Publicado en: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell, R. K. y J. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Hil. Transactions of Royal Society of London. Series Biological Sciences* 345:110-118.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2008. Capital Natural de México, Vol I. Conocimiento actual de la biodiversidad. 620 p.
- Cruz-Elizalde, R. y A. Ramírez-Bautista. 2012. Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:458-467.
- Delgado, L. y J. Márquez, J. 2006. Estado del conocimiento y conservación de los coleópteros Scarabaeidae (Insecta) del estado de Hidalgo. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva serie)* 22:57-108.
- Feinsinger, P. 2003. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia 242 p.
- Flores-Villela, O. y H. A. Pérez-Mendoza. 2006. Herpetofaunas estatales de México. *En: A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (Eds). Inventarios Herpetofaunísticos de México: Avances en el Conocimiento de su Biodiversidad. Publicación Especial de la Sociedad Herpetológica Mexicana pp. 327-346.*
- Halffter, G. 1998. A strategy for measuring landscape biodiversity. *Biology International* 36:3-17.
- Henderson, P. A. y R. M. Seaby. 2002. Species diversity and richness III. Versión 3.02. Pisces Conservation Ltd. Pennington, U. K.
- Hernández-Salinas, U. y A. Ramírez-Bautista. 2012. Diversity of amphibian communities in four vegetation types of Hidalgo state, Mexico. *The Open Conservation Biology Journal* 5:25-35.
- INEGI. 2005. Aspectos geográficos del estado de Hidalgo. Sistemas Nacionales estadísticos y de información geográfica, México. Página en red: <http://www.inegi.gob.mx/geo/default.asp?e=13>; (Consultada 25 agosto, 2007).
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, U.S.A. 150 p.
- MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Martínez-Morales, M. A., R. Ortiz-Pulido, B. de la Barrera, I. L. Zuria-Jordan, J. Bravo-Cadena y J. Valencia-Herverth. 2007. Hidalgo. *En: Ortiz-Pulido, R., A. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva, O. Rojas-Soto y T.A. Peterson (Eds) Avifauna Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México pp. 49-95.*
- Mendoza-Quijano, F., G. Quijano-Manilla y R. F. Mendoza-Paz. 2006. Análisis fonético de la herpetofauna de los bosques mesófilos de montaña del estado de Hidalgo. *En: Ramírez-Bautista, A., L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (Eds). Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad. Publicación especial de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 3:99-109.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M y T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Morrone, J. J. 2000. La importancia de los atlas biogeográficos para la conservación de la biodiversidad. *En: Martín-Prieta, F., J. J. Morrone y A. Melic (Eds). Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PRIBES, Monografías tercer milenio, No. 1, Zaragoza pp. 69-78.*
- Morrone, J. J. y J. Márquez. 2003. Aproximación a un atlas biogeográfico mexicano: componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. *En: Morrone, J. J. y J. Llorente (Eds). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, Las prensas de las ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 1-4.*
- Ortega, F. y G. Castillo. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* 43:32-39.
- Ramírez-Bautista, A. y A. Ramírez-Pérez. 2008. ¿Sabes quién vive en el Parque Nacional el Chico? anfibios y reptiles. UAEH, SEP y Dirección del Parque Nacional el Chico. Pachuca, Hidalgo, México 28 p.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U. O. García-Chávez, A. Leyte-Manrique y L. Canseco-Márquez. 2009. Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y conservación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo 213 p.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, F. Mendoza-Quijano, R. Cruz-Elizalde, B. P. Stephenson, V. D. Vite-Silva y A. Leyte-Manrique. 2010. Lista anotada de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo 104 p.
- Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Limusa, México. D.F. 33 p.
- Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27:379-423.
- Smith, H. y E. H. Taylor. 1966. Annotated Checklist and Keys to the Amphibians and Reptiles. A Reprint of *Bulletins* 187, 194 y 199. Eric Lundberg, Ashton, Maryland.
- Vellend, M. 2001. Do commonly-use indices of beta diversity measure species turnover. *Journal of Vegetation Science* 12:545-552.
- Wilson, L. D y J. Johnson. 2010. Distributional patterns of the herpetofauna of Mesoamerica, a biodiversity hotspot. *En: Wilson, L. D., J. H. Townsend y J. D. Johnson (Eds). Conservation of the Mesoamerican amphibians and reptiles. Eagle Mountain Publication, Eagle Mountain, Utah pp. 31-235.*

Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies

Christian E. Bautista-Hernández, Scott Monks, y Griselda Pulido-Flores

Resumen

Durante años los parásitos fueron considerados únicamente como agentes patógenos que debían ser eliminados, sin considerar que son un componente importante de la biodiversidad, que son capaces de aportar información de sí mismos y de otros organismos. Existen estimadores de riqueza que predicen el número de especies para una comunidad a partir de la riqueza observada y de la abundancia de las especies o datos de incidencia; pueden ser estimadores paramétricos y no paramétricos. La comparación de la riqueza de especies entre componente de comunidades de parásitos frecuentemente pueden ser difícil de evaluar debido a que los datos no se distribuyen en una normal, los esfuerzos de muestreo no son iguales y la posibilidad de existir varias especies raras que no se hayan muestreado en la comunidad. En este trabajo se presenta una discusión de los estimadores usados comúnmente, y se evalúa los tipos de estimadores que podrían funcionar mejor en la estimación de riqueza de especies en estudios de la diversidad de los helmintos. Con base en la aplicación de cinco estimadores a los datos de un estudio de los helmintos de *Xiphophorus malinche* Rauchenberger, Kallman y Morizot, 1990 de Río Conzintla, Hidalgo, los estimadores de Bootstrap y Chao 1 son los más óptimos.

Palabras clave: Helmintos parásitos, biodiversidad, riqueza de especies

Introducción

Los parásitos en general (protistas, helmintos, artrópodos, crustáceos, etc.) son considerados piezas clave en la biodiversidad de distintos ecosistemas debido al papel regulador que muchos helmintos tienen sobre las poblaciones de sus hospederos y en la estructuración de sus comunidades (Luque, 2008). Los helmintos son un grupo polifilético representado por miembros de los phyla Platyhelminthes (Digenea, Aspidogastrea, Monogenea y Cestoda), Acanthocephala, Nematoda y Annelida (Hirudinea) (Roberts y Janovy, 2005). Durante años los parásitos solo fueron considerados como agentes patógenos que debían ser eliminados. Sin embargo, estos tienen un gran valor ecológico y el su estudio aporta información sobre los hábitos alimenticios, biogeografía, comportamiento, evolución y rutas de migración de ellos, sus hospederos y otras especies del mismo ecosistema.

A pesar de estas importancias, son pocos los estudios de biodiversidad que los incluyen. Esto se

debe a varias razones que tienen que ver con la particularidad del concepto mismo del parasitismo, hasta las diferencias entre la ecología de organismos de vida libre y parásitos. Esta última observación es justificada por considerar un aspecto único de los parásitos y es que su hábitat (el hospedero) es un organismo vivo que muestra movimiento, su propia historia evolutiva y una respuesta de defensa. Por otra parte los parásitos tienen ciclos de vida complejos y múltiples grados de interacción con sus hospederos (Aguilar-Aguilar, 2008), pero estos factores no son limitantes para estudiar los parásitos; solo hacen la interpretación de los resultados más complicado. Sin embargo, la calidad única de los aspectos de la vida parasitaria ha dado pauta para proponer conceptos exclusivos a la ecología de parásitos (ej. infrapoblación, infracomunidad, componente de comunidad) (Bush *et al.*, 1997).

El estudio de los parásitos como componente de la biodiversidad es una rama que poco a poco ha tomado mayor auge (Brooks y McLennan, 1991). Recientemente se ha considerado a los helmintos como

un grupo potencialmente útil en estudios de calidad ambiental como bioindicadores (Monks *et al.*, 2003; Pulido-Flores y Monks, 2008).

Al igual como sucede en cualquier estudio de organismos de vida libre, antes de realizar medidas de diversidad con parásitos, es importante determinar si el inventario está completo, es decir, si con los muestreos realizados se obtuvo la mayoría de las especies presentes en un sitio. La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la diversidad; se refiere al número de especies presentes en la comunidad sin tomar en cuenta su abundancia.

A nivel de infracomunidad (todas las especies de parásitos en un individuo de una especie de hospedero) las poblaciones de helmintos resultan completamente censadas y el valor de riqueza específica es absoluto (completo) porque, generalmente, todos los individuos de cada especie son recolectados en la necropsia. Sin embargo, en el nivel jerárquico de componente de comunidad (todas las especies de parásitos en todos los individuos de una especie de hospedero), la riqueza es un valor relativo, porque es el resultado de la acumulación de especies presentes en un conjunto de infracomunidades (Aguilar-Aguilar, 2008). A nivel componente de comunidad el cálculo de la riqueza es similar a los estudios en organismos de vida libre, es decir, con curvas de acumulación de especies y estimadores de riqueza, sin embargo debe ponerse atención en la consideración que la distribución de los helmintos es casi siempre es binomial negativa y no una distribución normal.

Las curvas de acumulación de especies, también llamadas curvas de colecta, son una herramienta útil para estimar la riqueza de especies en función del esfuerzo de muestreo. El esfuerzo puede ser de diferente tipos, como el número de individuos colectados, el número acumulativo de muestras o tiempo de muestreo (Magurran, 2004). En el caso de los parásitos, la unidad de muestreo es un hospedero examinado. Por esto, el número de especies presentes en un individuo frecuentemente es bajo y, como el caso de su distribución, podría complicar estos cálculos.

Las funciones de acumulación de especies son utilizadas para el análisis de la riqueza específica de muestras de diferente tamaño. Soberón y Llorente (1993) describieron tres modelos básicos que predicen la riqueza total de un sitio como el valor del número de especies al cual una curva de acumulación de especies alcanza la asíntota: modelo logarítmico, modelo de dependencia lineal y ecuación de Clench. Por otra parte, existen estimadores de ri-

queza que predicen el número de especies para la comunidad a partir de la riqueza observada y de la abundancia de las especies o datos de incidencia, pueden ser estimadores paramétricos y no paramétricos, éstos últimos estiman la riqueza con datos de presencia – ausencia.

Poulin (1998) sugirió que la comparación de la riqueza de especies entre comunidades componente de parásitos frecuentemente pueden ser difícil de evaluar debido a que los esfuerzos de muestreo no son iguales, además que existe la posibilidad que algunas especies raras no se hayan muestreado en la comunidad. Por ello, el autor recomendó el uso de estimadores de riqueza de especies no paramétricos, ya que éstos manejan y evalúan eficazmente las comunidades cuando existen mayor proporción de especies raras y extrapolan el número de especies faltantes en los datos observados.

Entre los estimadores no paramétricos se encuentra el Chao 2 (variante de Chao 1), que utiliza datos de incidencia, toma en cuenta la distribución de las especies entre las muestras y es recomendable para muestras pequeñas (Moreno, 2001). El estimador de Jackknife de primer orden (Jackknife 1) se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra y Jackknife del segundo orden (Jackknife 2) es similar a su homólogo sólo con la adición de considerar también el número de especies en dos muestras (Magurran, 2004). ACE e ICE son estimadores que utilizan datos de abundancia, basados en el concepto estadístico de cobertura de muestreo, que se refiere a la suma de las probabilidades de encontrar especies observadas dentro del total de especies presentes, pero no observadas (Colwell *et al.*, 2004). El estimador ACE utiliza para las estimaciones para diez o menos individuos por muestra, el ICE utiliza especies encontradas en diez o menos muestras (Lee y Chao, 1994).

Considerando lo anterior, y con el fin de evaluar el tipo de estimador que podría funcionar mejor en la estimación de especies en estudios helmintológicos, Poulin (1998) evaluó el comportamiento de tres estimadores no paramétricos (Chao, Bootstrap y Jackknife) en comunidades de helmintos artificiales. De acuerdo a los resultados, el autor sugirió que el mejor estimador es Bootstrap puesto que trabaja mejor cuando hay especies raras en las comunidades, una situación que es muy común en estudios de parasitología.

Romero-Tejeda *et al.* (2008) evaluaron la riqueza de especies en siete comunidades componente de parásitos de peces de agua dulce en la Reserva la Mitnzita, Michoacán, registraron un to-

tal de nueve especies de helmintos (riqueza de especies observada). Los autores ajustaron los datos a siete estimadores no paramétricos: ACE, ICE, Chao 1, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap. Los resultados mostraron que los estimadores Chao 1 y Bootstrap fueron los mejores estimadores para estas comunidades, ya que tienden a presentar un menor sesgo y son más precisos. Chao 1 fue el mejor estimador cuando las comunidades de helmintos presentaban altas proporciones de especies raras. Mientras que Bootstrap estimaba mejor la riqueza en comunidades de helmintos donde las especies de parásitos infectan una proporción similar de hospederos.

Materiales y Métodos

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los estimadores de la riqueza de especies usando datos de los parásitos de *Xiphophorus malinche* Rauchenberger, Kallman y Morizot, 1990 (Highland swordtail). Para el estudio, se colectaron peces en el río Conzintla y se les practicó un examen helmintológico completo, los parásitos fueron cuantificados y procesados según lo dictan las técnicas de helmintología convencionales (Pritchard y Kruse, 1982), los datos de abundancia e incidencia fueron ordenados en la manera necesaria para el programa con el fin de calcular los estimadores no paramétricos y funciones de acumulación. Los estimadores de riqueza (Chao 1, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap) se calcularon con el programa EstimateS (Versión 8, Colwell, 2006). Las curvas de acumulación de especies por la ecuación de Clench y la función logarítmica se calcularon con el programa Species Accumulation (Versión beta, Díaz-Francés *et al.*, 2003). Se graficaron los estimadores de riqueza y las curvas de acumulación de especies en una Hoja de Cálculo del programa Excel (Microsoft Office). Es importante destacar que la comparación de la riqueza observada fue usada como el valor actual y no un valor estimado.

Resultados y Discusión

Para la comunidad componente de helmintos de *X. malinche* (Fig. 1), se observa que los estimadores Bootstrap y Chao 1 son los métodos más precisos (reflejan la riqueza real) y menos sesgados. El estimador de Bootstrap (Bootstrap = 5.78) estima una especie más por encontrar (por la colecta de aproximadamente 10 más peces), mientras que Chao 1

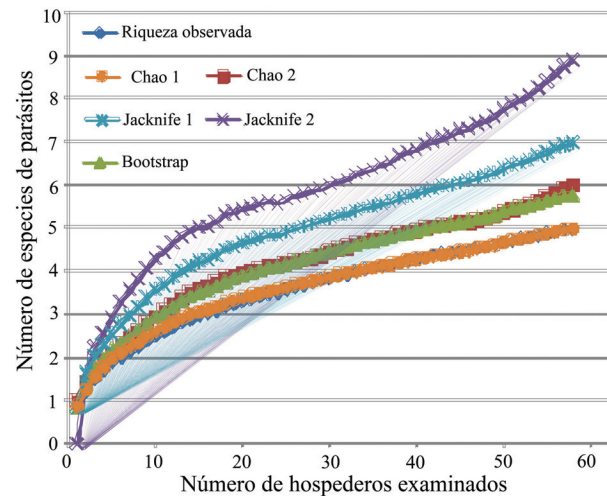


Figura 1. Curvas de acumulación de riqueza de especies observada y estimada en Río Conzintla.

(Chao 1 = 5) predice que el censo de la comunidad de parásitos está completo. Los estimadores de Jackknife sobre estiman la riqueza; Jackknife 2 eleva las especies esperadas para la comunidad hasta nueve especies y Jackknife 1, es más moderado, predijo dos más especies. La abundancia de helmintos en la población de peces influye en la estimación de la riqueza, puesto que en la comparación entre Chao 1 y Chao 2, (el primero se basa en datos de abundancia y el último se basa en datos de incidencia), se observa que Chao 1 se ajusta a los datos de riqueza de especies, mientras que Chao 2 predice una especie más por encontrar. Magurran (2004) mencionó que Chao 1 funciona con base en la proporción de "singletons" y "doubletons" (especies representadas por uno o dos individuos, respectivamente). Entre más aumenta la presencia de "singletons", la estimación de la riqueza aumenta también, por lo que en la población de peces este estimador refleja más al valor de la riqueza observada. El estimador Chao 2, al igual que el resto de los estimadores, considera la incidencia de las especies; en el ejemplo de parásitos *X. malinche* podría considerarse como un buen estimador, pero las investigaciones más detalladas de Romero-Tejeda *et al.* (2008) sugieren que el uso de éste método puede sobreestimar el valor de la riqueza.

De acuerdo con Poulin (1998) y Romero-Tejeda *et al.* (2008), el estimador Bootstrap, debido a que es menos variable y no tiende a sobrestimar la verdadera riqueza independientemente de cuan frecuentes son las especies raras en la comunidad, y Chao 1, por ser sensible a las especies raras, evaluaron de

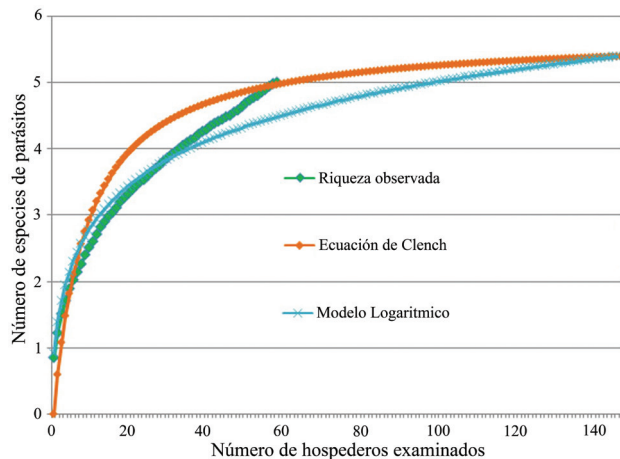


Figura 2. Curva de acumulación de riqueza de especies observada y estimada con la ecuación de Clench y la función Logarítmica en Río Conzintla.

manera más precisa la riqueza de especies de helmintos que parasitan *X. malinche*. El estimador de Jackknife 2 es impreciso y puede excederse en estimar el verdadero valor de la riqueza de especies. El estudio de la comunidad componente de helmintos en *X. malinche* puede considerarse bien representada y completa.

Los modelos de estimación de especies como la ecuación de Clench y el modelo logarítmico muestran que en la colecta actual se ha alcanzado el número máximo (completo) de especies en la comunidad de parásitos de *X. malinche* (Fig. 2). Sin embargo, se debe considerar que estas funciones están sesgadas por el tamaño de la muestra y no por la presencia o ausencia de especies como lo usan los estimadores no-paramétricos.

Los datos que fueron analizados en este trabajo, así como los trabajos de Poulin (1998) y Romero-Tejeda *et al.* (2008) observaron que Bootstrap es el estimador de riqueza más recomendable para las comunidades de parásitos de peces dulceacuícolas. En el caso de las funciones de acumulación, Martínez-Aquino *et al.* (2007) y Aguilar-Aguilar (2008) sugieren que, en estudios de parasitología, las funciones de acumulación como la ecuación de Clench son recomendables para estimar la riqueza máxima esperada y evaluar la tendencia de la asíntota de una curva, con el objetivo de evaluar el esfuerzo de muestreo.

Es imprescindible que la selección de estimadores de riqueza de especies de helmintos sea tomado con seriedad antes de realizar cualquier estudio, tanto como en cualquier otro. En muchas ocasiones se trabajan con poblaciones de hospederos que están en amenaza de extinción, o son endémicas de

un área y no numerosos. Esto es el caso con *X. malinche*, un pez poecílido endémico para la cuenca de Río Pánuco en Hidalgo. Para no incrementar el riesgo de extinción de las poblaciones, es esencial coleccionar/ muestrear únicamente el número de peces mínimo; por lo cual, es importante seleccionar un estimador de riqueza lo más apto para obtener resultados con un muestreo mínimo.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento al proyecto "Helmintos de algunas especies de *Xiphophorus* de la Huasteca Hidalguense", del fondo de Convocatoria de Apoyo Complementario a Investigadores en Proceso de Consolidación (SNI 1) 2008 (Clave 091431) y el proyecto "El efecto de hibridización en la diversidad de helmintos parásitos de peces del género *Xiphophorus*", Ciencia Básica (Clave 0127310), ambos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Asimismo, CEBH agradece al CONACYT por la beca (No. 20129) para estudios dentro de la Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación y la beca (No. 217861) para realizar estudios de doctorado en el Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, UAEH. Finalmente, este trabajo forma parte de los productos del proyecto colaborativo "Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales", con fondos del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Literatura citada

- Aguilar-Aguilar, R. 2008. Gusanos parásitos de fauna silvestre algunas formas de estudio. *Elementos: Ciencia y Cultura* 15:55-61.
- Brooks, D. R. y D. A. Mclennan. 1991. *Phylogeny, ecology and behavior: a research program in comparative biology*. University of Chicago Press. Chicago, Illinois, E.U.A. 434 p.
- Bush, A. O., K. D. Lafferty, J. Lotz y A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *Journal of Parasitology* 83:575-583.
- Colwell, K., C. X. Mao y J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85:2717-2727.
- Colwell, R. K. 2006. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. <http://purl.oclc.org/estimates>; (consultada 29 enero, 2009).
- Díaz-Francis, E., J. Soberón y L. G. Gorostiza. 2003. Species of accumulation functions. versión beta. <http://www.cimat.mx>; (consultada 29 enero, 2009).

- Lee, S. M. y A. Chao. 1994. Estimating population size via sample coverage for close capture-recapture models. *Biometrics* 50:88-97.
- Luque, J. L. 2008. Parásitos: ¿componentes ocultos de la biodiversidad?. *Biologist* 6:5-7.
- Magurran A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, Oxford 235 p.
- Martínez-Aquino, A., G. Salgado-Maldonado, R. Aguilar-Aguilar, G. Cabañas-Carranza y C. Mendoza-Palmero. 2007. Helminth parasite communities of *Characodon audax* and *C. lateralis* (Pisces: Goodeidae), endemic freshwater fishes from Durango, Mexico. *Southwestern Naturalist* 52:125-130.
- Monks, S., V. R. Zárate-Ramírez y S. Moreno-Flores. 2003. Helmintos bioindicadores de la calidad del agua en la Reserva de Barranca de Metztitlán. *Memorias del Foro Sobre la Problemática del Agua: un desafío para las IES en la región Centro-Sur de la República Mexicana, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), A.C.* CL-10: 1-10.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol.1.* Zaragoza, 84 p.
- Pulido-Flores, G. y S. Monks. 2008. Especies de helmintos introducidas como bioindicadores de la calidad ambiental en Laguna de Metztitlán, Hidalgo. *En: Pulido-Flores, G., A. L. López-Escamilla y M. T. Pulido-Silva (Eds.). Estudios biológicos en las Áreas Naturales del estado de Hidalgo. Ciencia al día 7.* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. pp. 97-105.
- Poulin, R. 1998. Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. *Journal of Parasitology* 84:485-490.
- Pritchard, M. H. y G. O. W. Kruse. 1982. *The collection and preservation of animal parasites*. Lincoln, Nebraska, University of Nebraska Press. 141 p.
- Roberts, L. S. y J. J. Janovy. 2005. *Foundations of Parasitology*. McGraw-Hill Higher Education, New York, E.U.A. 702 p.
- Romero-Tejeda, M. L., L. García-Prieto, L. Garrido-Olvera y G. Pérez-Ponce de León. 2008. Estimation of the endohelminth parasite species richness in freshwater fishes from La Mintzita reservoir, Michoacán, Mexico. *Journal of Parasitology* 94:288-292.
- Soberón, J. M. y J. E. Llorente-Bousquets. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7:480-488.

Germinación *in vitro* de *Laelia speciosa* (Kunth) Schltr., una herramienta para su conservación *ex situ*

María Ascensión Aguilar-Morales y Ana Laura López-Escamilla

Resumen

Dentro de la familia Orchideaceae, *Laelia speciosa* (Kunth) Schltr. es probablemente la orquídea más explotada en México, por lo que es importante establecer estrategias de conservación. El objetivo del presente trabajo fue determinar el mejor medio de cultivo para la germinación *in vitro* de semillas. Cápsulas maduras e inmaduras de *L. speciosa*, fueron colectadas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México y las semillas se sembraron en condiciones *in vitro* en cuatro tratamientos: Murashige y Skoog (MS) (1962) al 100%; MS al 50%; Knudson C (KC) (1946) al 50% y KC al 100%. A los cuatro medios se les adicionó 1 gL⁻¹ de carbón activado. De la cápsula madura no se obtuvo germinación y en la inmadura el mejor tratamiento para la germinación fue MS al 50% a los 10 días. Sin embargo, con MS 100% se obtuvo la germinación a los 16 días y favoreció el desarrollo de las plántulas a comparación de MS 50%.

Palabras clave: *Laelia speciosa*, cultivo *in vitro*, germinación, conservación *ex situ*

Introducción

Las orquídeas pertenecen a la familia Orchidaceae, con aproximadamente 35,000 especies agrupadas dentro de 650 a 900 géneros en el mundo (Hágsater *et al.*, 2005; Murguía y Lee, 2007; Menchaca y Moreno, 2011). Este grupo de plantas es altamente específico en sus requerimientos ecológicos, y muy vulnerable a las alteraciones humanas (Dixon *et al.*, 2003; Murguía y Lee, 2007). Por su belleza, las poblaciones silvestres son objeto de la extracción de ejemplares de manera ilegal para satisfacer la demanda de los mercados, lo anterior aunado al aumento gradual de cambios en el uso de suelo, así como la deforestación de su hábitat, son las principales causas de la disminución de poblaciones silvestres de orquídeas (Barrera *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2006; Ávila-Díaz y Oyama, 2007; Flores-Escobar *et al.*, 2008).

México cuenta con alrededor del 4% del total de especies de orquídeas conocidas del mundo; de

ellas, el género *Laelia* es endémico del territorio nacional por lo que se han tomado algunas estrategias para su conservación (Hágsater *et al.*, 2005; Menchaca y Moreno, 2011; Téllez-Velasco, 2011; Campos-Rojas y Muñoz-Pérez, 2012). A pesar de estas estrategias, la especie de orquídea más explotada en México es *Laelia speciosa* (Kunth) Schltr., por lo que está bajo la categoría de protección especial en la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2010; Menchaca y Moreno, 2011; Téllez-Velasco, 2011; Campos-Rojas y Muñoz-Pérez, 2012). Investigadores mexicanos han propuesto un programa nacional para la conservación de esta especie (Menchaca y Moreno, 2011).

El cultivo de tejidos vegetales es una excelente herramienta de conservación *ex situ*, siendo las semillas el material de propagación adecuado cuando se trata de conservar la mayor diversidad genética de una población (Flores-Escobar *et al.*, 2008). Sin embargo, las semillas de orquídeas se caracterizan por ser diminutas y carecer de endospermo, por tal

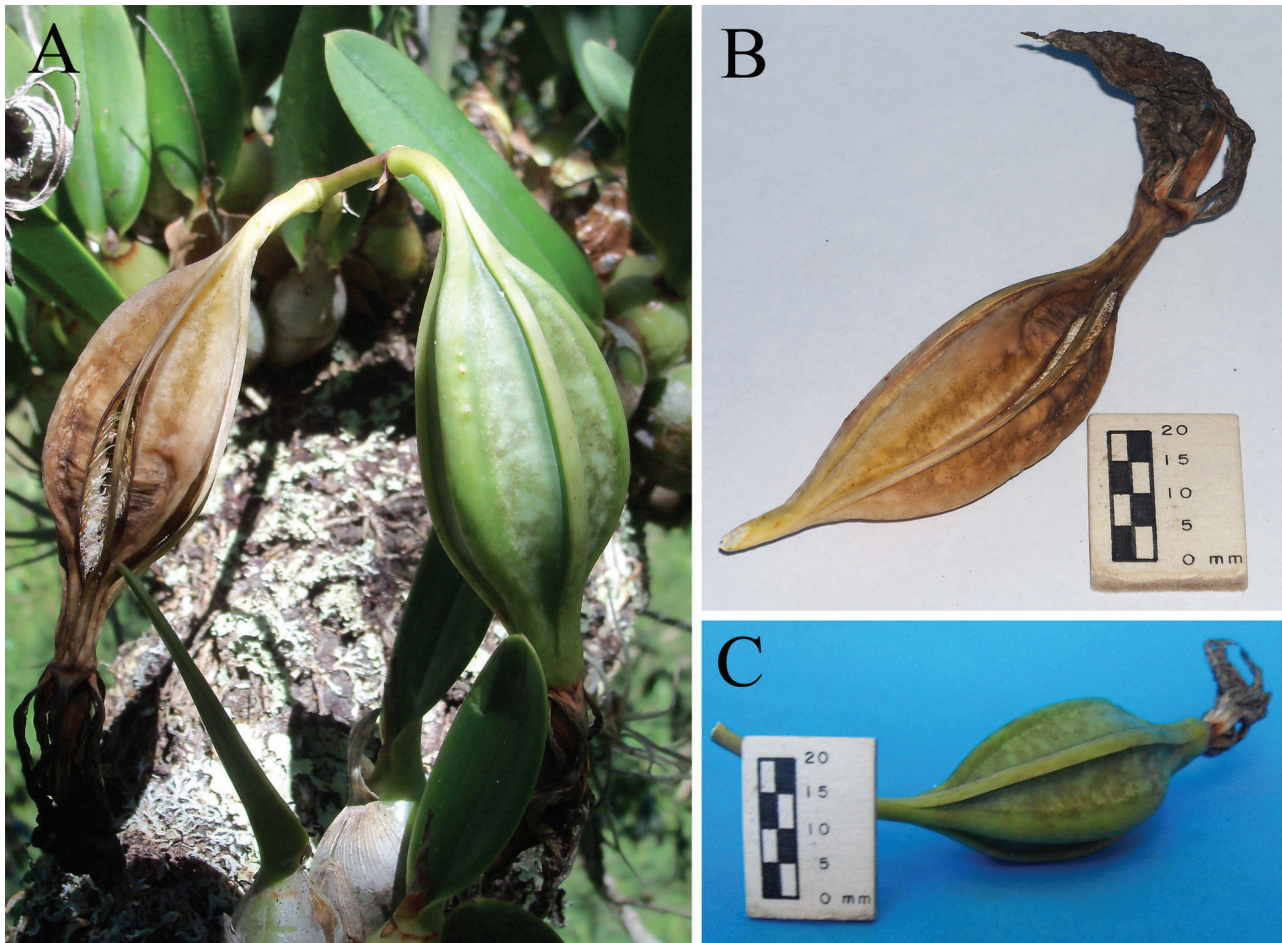


Figura 1. *Laelia speciosa*. A. Cápsula madura e inmadura en la planta. B. Cápsula madura. C. Cápsula inmadura.

razón existen numerosos trabajos sobre la germinación de semillas de orquídeas en cultivo *in vitro* (Barrera *et al.*, 2005; Ávila-Díaz y Salgado, 2006; Suarez-Quijada *et al.*, 2007; Flores-Escobar, 2008; Ruíz *et al.*, 2008; Ávila-Díaz *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo fue determinar el mejor medio de cultivo para la germinación *in vitro* de semillas de *L. speciosa*, que permita regenerar plántulas vigorosas en tiempos de incubación cortos con el fin de lograr su conservación *ex situ*.

Materiales y Métodos

Se realizó la colecta de cápsulas maduras e inmaduras de *L. speciosa* (Fig. 1) en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México; donde se obtuvieron semillas para establecerlas *in vitro*.

Desinfección del material

Cápsula madura: Las semillas extraídas de la cápsula se colocaron en paquetes de papel filtro y se aseguraron con grapas, el paquete se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio comercial (6% cloro activo) al 15% por 15 min. Posteriormente, se realizaron tres enjuagues con agua destilada esterilizada de un minuto cada uno. Al paquete se le quitaron las grapas y se transfirieron por contacto a la superficie del medio, todo dentro de la campana de flujo laminar.

Cápsula inmadura: La cápsula se limpió con un algodón y solución de hipoclorito de sodio comercial (6% cloro activo), posteriormente en condiciones asépticas dentro de la campana de flujo laminar, la cápsula se sumergió en alcohol etílico al 75% e inmediatamente se flameó hasta consumirse el alcohol impregnado en ella, este procedimiento se repitió tres veces y posteriormente la cápsula se dejó enfriar. Se cortaron los extremos de la cápsula, y se le realizó un

corte longitudinal procurando introducir el bisturí en una de las hendiduras de la misma, una vez abierta se esparció una delgada capa de las mismas en la superficie del medio de cultivo (Ruíz *et al.*, 2008).

Establecimiento in vitro: Las semillas se establecieron en cuatro medios diferentes: el medio Murashige y Skoog (MS) al 50 y 100% de sus componentes (Murashige y Skoog, 1962) y el medio Knudson C (KC) al 50 y 100% de sus componentes (Knudson, 1946). A los cuatro medios se les adicionaron 1 gL^{-1} de carbón activado con un total de 10 frascos por tratamiento. Se consideró que la germinación inició cuando se presentó la formación del protocormo tardío (protocormo con primordio foliar diferenciado) aunque no hubieran germinado todas las semillas (Flores-Escobar *et al.*, 2008). Los cultivos se mantuvieron a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ en un fotoperiodo de 16/8 horas luz/oscuridad y una intensidad luminosa de $43 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Los resultados se analizaron con la prueba estadística de ANOVA en el programa SAS Windows 8.0®.

Resultados y Discusión

Las semillas de *L. speciosa* procedentes de la cápsula madura no germinaron y al realizar la observación usando un microscopio, se detectó que estas carecían de embrión (Fig. 2B). Santos *et al.* (2006) reportaron frutos de *L. albida* con semillas sin embrión, atribuyéndole este fenómeno al efecto de diversos factores ecofisiológicos y de la variabilidad genética. Maya (2010) señala que en frutos verdes de *L. speciosa*, en su mayoría, las semillas contenían embriones viables y en frutos amarillentos y dehiscentes carecían de embrión; lo anterior lo atribuye a que esta planta requiere de un agente polinizador externo para su reproducción sexual. Además, es una especie con un sistema de apareamiento mixto, que tiende a la exogamia como lo establece Ávila-Díaz (2007). En el presente trabajo, no se analizaron las posibles causas de la presencia de semillas no viables; sin embargo, se pueden atribuir a este mismo fenómeno pues los índices demográficos de la población son afectados por la disminución de individuos y el cambio de uso de suelo, lo que podría causar problemas de endogamia. También, es importante señalar que en el año de la colecta, durante la fecundación y maduración de los frutos de las orquídeas, estuvieron en ambientes húmedos y cálidos, lo que provoca semillas inviables (Velasco y Beltrán, 2008). Sin embargo, se requiere de estudios más detallados para determinar las causas de la formación de semillas no viables.

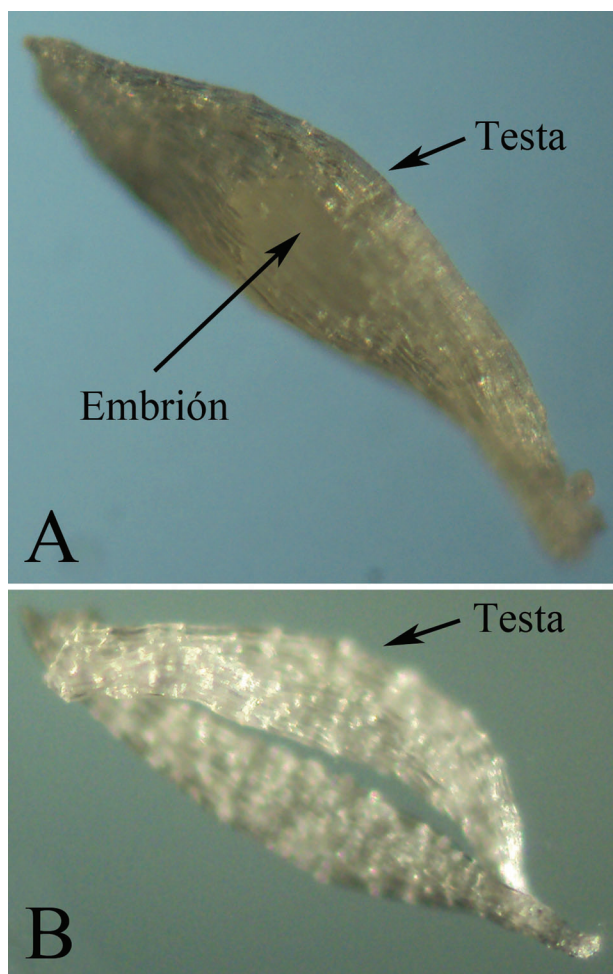


Figura 2. Microfotografía de la semilla de *L. speciosa* tomada con microscopio óptico modelo CX31 en aumento 300×. **A.** Semilla con embrión procedente de cápsula inmadura. **B.** Semilla inviable procedente de cápsula madura.

Se observó que las semillas de la cápsula inmadura presentaron semillas vacías y otras con un embrión. La longitud de las semillas en promedio fue de $0.61 \pm 0.04 \text{ mm}$ de largo por $0.11 \pm 0.01 \text{ mm}$ de ancho (Fig. 2A). La germinación *in vitro* de semillas de *L. speciosa* procedentes de cápsulas inmaduras (Fig. 3) en medio MS y KC al 50% y 100% de todos sus componentes, respectivamente. Se registraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.05 < 0.000$) entre los medios de cultivo establecidos en cuando a los días de inicio de germinación (Fig. 3).

En las semillas sembradas en medio MS 50% inició la germinación a los 10 días de su siembra, en medio MS 100% a los 16 días; en el medio KC 50% a los 114 días, y en KC 100% a los 178 días. En todos los casos se observó que en la totalidad de los frascos

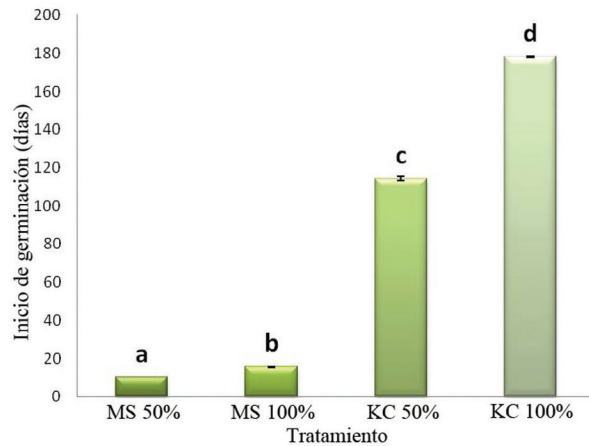


Figura 3. Índice de germinación de semillas en los cuatro medios. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

sembrados de cada tratamiento las semillas germinaron (100%) (Fig. 4).

En un mismo tratamiento, las semillas germina-

ron de manera asincrónica. Es importante mencionar que después de los 202 días de su establecimiento en los diferentes tratamientos se observaron diferentes etapas de germinación *in vitro*. Durante la imbibición, se presentó un hinchamiento y una coloración verde pálido del embrión ocasionado por la absorción de agua (algunos autores consideran a esta etapa como germinación) (Fig. 5A). Otras semillas presentaron una coloración verde muy acentuada y el tamaño del embrión aumentó considerablemente (Fig. 5B). En la germinación el embrión rompió la testa (Fig. 5C y D). En el protocormo inicial, se formó un complejo de células de color verde muy tenue, y apareció el primordio foliar (Fig. 5E). En el protocormo tardío, el protocormo siguió su crecimiento, apareciendo en el ápice un primordio foliar (Fig. 5F). El desarrollo de hojas continuó creciendo durante el primordio foliar y el cuerpo del protocormo comenzó a disminuir y a diferenciarse las hojas (Fig. 5G). En la siguiente etapa, se desarrollaron las raíces; el primordio de la raíz se desarrolló cerca de la base de

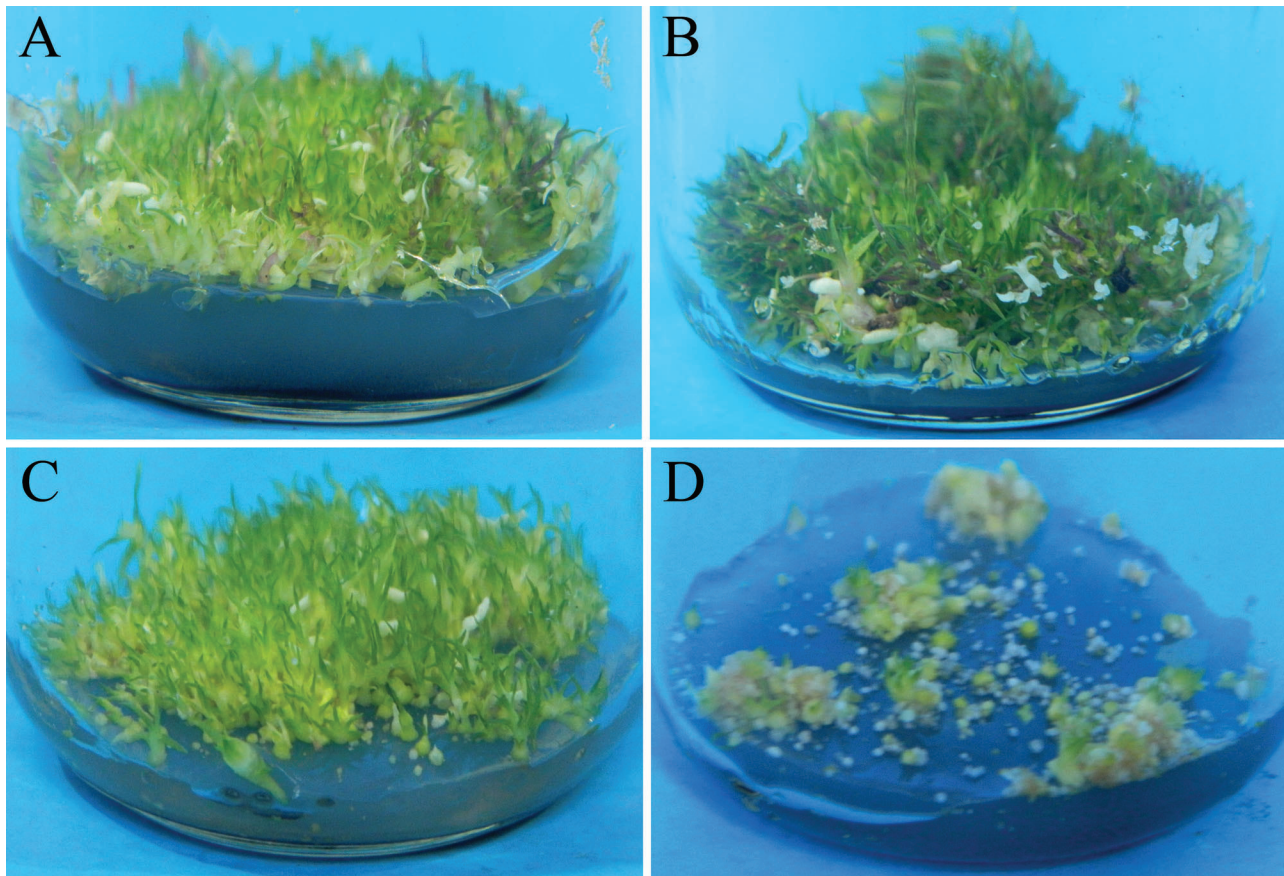


Figura 4. Germinación *in vitro* de *L. speciosa* en los diferentes tratamientos. **A.** Medio MS al 50%. **B.** Medio MS al 100%. **C.** Medio KC al 50%. **D.** Medio KC al 100%; a los cuatro medios se les adicionó 1 gL⁻¹ de carbón activado.

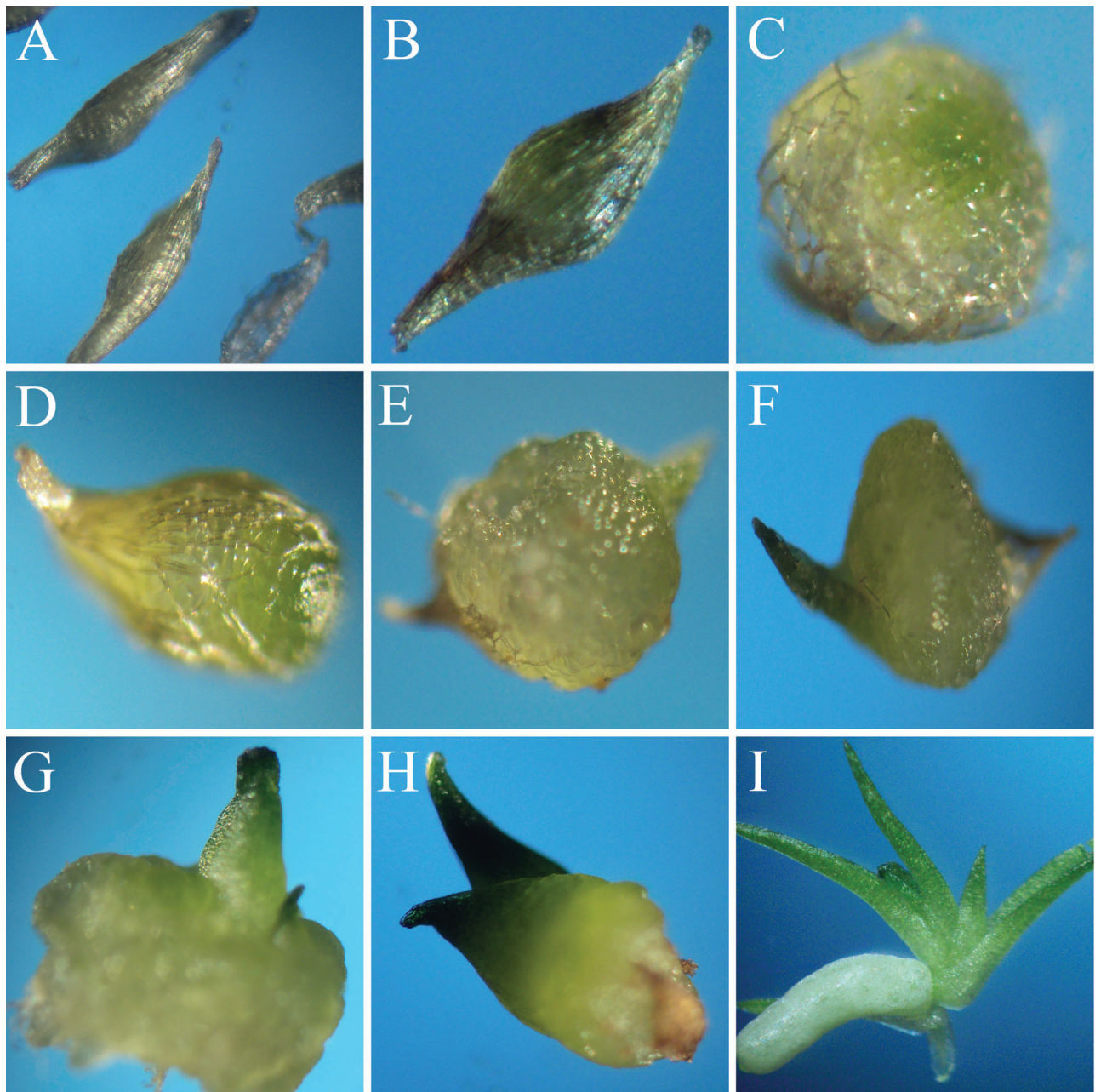


Figura 5. Microfotografías de la germinación y desarrollo de protocormos a plántulas de *L. speciosa* en microscopio óptico modelo CX31 **A.** Imbibición de semillas (200x); **B** Semilla verde (300x); **C** (80x) y **D** (100x). Germinación; **E.** Protocormo inicial (100x); **F.** Protocormo tardío (100x); **G.** Desarrollo de las hojas (100x); **H.** Desarrollo de raíces (72x); **I.** Plántula (Microscopio estereoscópico con zoom Leica Zoom™ 2000. 36x).

las hojas de color blanco (Fig. 5H). Finalmente, la plántula continuó su crecimiento, aumento de hojas y raíces, y el cuerpo del protocormo desapareció (Fig. 5I). Las observaciones sobre este proceso coincidieron con las de Damon *et al.* (2004) y de Flores-Escobar *et al.* (2008).

Estos resultados son alentadores para promover la germinación *in vitro* de cápsulas inmaduras de *L. speciosa*. En comparación con los resultados obtenidos en trabajos con semillas inmaduras, Barrera *et al.* (2005) reportaron la germinación a partir de cinco semanas en medio MS 100% adicionado con auxi-

nas/citocininas. Ávila-Díaz y Salgado (2006) reportaron 100 % de germinación a los 30 y 45 días en medio MS adicionado con 0.05 mgL⁻¹ de N6-benciladenina (BA) en diferentes especies de orquídeas y Ávila-Díaz *et al.* (2009) reportaron la germinación de semillas 90 días posterior a su siembra en medio MS 100% adicionado con citocininas y en condiciones de luz.

Suárez-Quijada *et al.* (2007) estudiaron otra especie, *Euchile mariae*, y reportaron la germinación de semillas procedentes de cápsulas inmaduras a los 15 días después de la siembra en medio MS 100%. Ruíz *et al.* (2008) reportaron la germinación de semillas de *Encyclia adenocaula* a los 27 días en medio MS. Germinación de semillas de *Oncidium stramineum* en medio de cultivo MS suplementado con extractos naturales ocurrió a los 17 días (Flores *et al.*, 2008).

Conclusiones

Con base en los resultados del presente trabajo, para la germinación *in vitro* de semillas de *L. speciosa* fue procedente de cápsulas inmaduras, se recomienda utilizar el medio de cultivo MS al 50% de sus componentes, debido a que los tiempos de germinación en comparación de otras especies es relativamente más corto y resultó ser eficiente. Así mismo, otra alternativa de conservación del germoplasma *in vitro* para *L. speciosa* es mediante la conformación de un banco de germoplasma utilizando medios mínimos. Adicionalmente, si se requiere de realizar propagación masiva de las plantas, su crecimiento y desarrollo será favorecido al subcultivar los protocormos a medio MS al 100% de sus componentes.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca 247530 otorgada a AMMA para realizar estudios de Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Literatura citada

- Ávila-Díaz, I. 2007. Biología de poblaciones *Laelia speciosa* (HBK) Schltr. (Orchidaceae) para su manejo y conservación. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones en ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. 162 p.
- Ávila-Díaz, I. y K. Oyama. 2007. Conservation genetics of an endemic and endangered epiphytic *Laelia speciosa* (Orchidaceae). American Journal of Botany 94:184-193.
- Ávila-Díaz, I. y G. R. Salgado. 2006. Propagación y mantenimiento *in vitro* de orquídeas mexicanas, para colaborar en su conservación. Biológicas 8:138-149.
- Ávila-Díaz, I., K. Oyama, A. C. Gómez y G. R. Salgado. 2009. *In vitro* propagation of the endangered orchid *Laelia speciosa*. Plant Cell Tissue and Organ Culture 99:335-343.
- Barrera, V. D. G., V. M. Chávez-Ávila y E. Sandoval. 2005. Propagación *in vitro* vía organogénesis indirecta de *Laelia speciosa* (orchidaceae) especie en peligro de extinción. En Memoria del XI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería, 18 a 23 de septiembre, Mérida, Yucatán.
- Campos-Rojas, E. y R. Muñoz-Pérez. 2012. Flor de Mayo (*Laelia speciosa* (Kunth) Schltr.) la estrella de Belén. Agroproductividad 5:3-10.
- Damon, A., L. Aguilar-Guerrero y V. Nikolaeva. 2004. Germinación *in vitro* de semillas inmaduras de tres especies de orquídeas de la región del soconusco, Chiapas, México. Revista Chapingo, Serie Horticultura 10:195-203.
- Dixon, K., S. Kell, R. Borret y P. Cribb. 2003. Orchid conservation. Natural History publications (Borneo). Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia 418 p.
- Flores-Escobar, G., S. J. P. Legaria, V. I. Gil y L. M. T. Colinas. 2008. Propagación *in vitro* de *Oncidium stramineum* Lindl. Una orquídea amenazada y endémica de México. Chapingo, Serie Horticultura 14:347-353.
- Hágsater, E., M. A. Soto, G. A. Salazar, R. Jiménez, M. A. López y R. L. Dressler. 2005. Las orquídeas de México. Instituto Chinoin, México 303 p.
- Knudson, L. 1946. A nutrient for germination of orchid seeds. American Orchid Society Bulletin 15:214-217.
- Maya, R. G. 2010. Sistema de apareamiento y tasa de exocruzamiento de *Laelia speciosa* (HBK) Schltr (Orchidaceae) en poblaciones sujetas a diferente grado de perturbación. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán 72 p.
- Menchaca, A. R. G. y D. M. Moreno. 2011. Conservación de orquídeas una tarea de todos. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México 41 p.
- Murashige, T. y F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15:473-497.
- Murguía, G. J. y E. H. E. Lee. 2007. Manual de producción de Orquídea. Dirección General Editorial. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México 75 p.
- Ruíz, B. C., C. A. Laguna, A. L. G. Iglesias, A. Damon, H. T. N. J. Marín, R. H. S. Azpíroz y M. J. L. Moreno. 2008. *In vitro* germination of *Encyclia adenocaula* (La Llave & Lex.) Schltr. (Orchidaceae). Phytion 77:203-215.

- Santos, H. L., L. E. Aguirre, C. J. E. Campos y G. M. Martínez. 2006. Conservación *in situ* de la flora mexicana: la orquídea *Laelia albida*, en una reserva de la biosfera. Revista Ciencia y desarrollo en internet. <http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/Revista/ArticulosCompletos/pdf/Orquidea.pdf>
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-2010, Protección Ambiental-Especies nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de Especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación* 30 diciembre. México.
- Suárez-Quijada, I., M. Hernández-Altamirano, V. M. Chávez-Ávila, E. Sandoval-Zapotitla y A. Martínez-Palacios. 2007. Propagación *in vitro* y aclimatización de *Euchile mariae* (Ames) Withner (Orchidaceae). *Lanksteriana* 7:388-393.
- Téllez-Velasco, M. A. A. 2011. Diagnóstico de la familia Orchidaceae en México. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 179 p.
- Velasco, L. O. y P. B. Beltrán. 2008. Orquídeas del Parque Natural Sierra de Grazalema. Consejería del Medio Ambiente. 2ª. Edición. Sevilla, España pp. 47-86.

El uso de helmintos parásitos como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua: Lago de Tecocomulco vs. Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México

Scott Monks, Griselda Pulido-Flores, Christian E. Bautista-Hernández, Berenice Alemán-García, Jorge Falcón-Ordaz, y Juan Carlos Gaytán-Oyarzún

Resumen

Como parte integral de la evaluación de la calidad ambiental del estado de Hidalgo, este estudio tiene énfasis en los helmintos parásitos de los peces y su uso como bioindicadores de la calidad de agua en Lago de Tecocomulco y Laguna de Metztitlán. Como parte del estudio, se obtuvieron los parámetros ecológicos de la infección para cada especie. En Lago Tecocomulco se registraron dos especies de digéneos (larvas), *Posthodiplostomum* sp. y *Diplostomum* sp. en el cerebro, los ojos y el mesenterio de dos especies de peces nativos de la zona (*Chirostoma jordani* y *Girardinichthys viviparus*); un céstodo (larva), en la vesícula biliar de *Cyprinus carpio* y *G. viviparus* y un (adulto), *Bothriocephalus acheilognathi*, en el intestino de *C. jordani* y *Cy. carpio*; y dos especies de monogéneos (adultos), *Actinocleidus* sp. y *Gyrodactylus* sp. en las branquias de *Cy. carpio* y *G. viviparus*. El registro helmintológico de la Laguna de Metztitlán comprendió de seis especies de helmintos: tres especies de Digenea (larvas) *Clinostomum complanatum*, *Diplostomidae* gen. sp., *Posthodiplostomum minimum*, dos Cestoda, *Bothriocephalus acheilognathi* (adulto) y un metacestodo *Glossocercus* sp. (larva); y una especie de Nematoda *Contracaecum* sp. (larva), en siete especies de peces *Abramis brama* *Cy. carpio*, *Oreochromis niloticus*, *Herichthys labridens*, *Astyanax mexicanus*, *Poecilopsis gracilis* y *C. jordani*. En su mayoría con poca abundancia y prevalencia, a excepción del céstodo *B. acheilognathi* que se encontró infectando abundantemente a *Ch. jordani*. La estructura de las comunidades de los helmintos en los peces indican que, pese a que en Lago de Tecocomulco se realizan actividades de turismo y agricultura, aún no está tan contaminado como otros cuerpos de agua en el estado. Finalmente, se realizó una comparación con registros previos de la helmintofauna de Laguna de Metztitlán, en cuanto a la composición de la comunidad de helmintos parásitos de peces en dos áreas naturales protegidas.

Palabras clave: *Chirostoma jordani*, *Girardinichthys viviparus*, *Cyprinus carpio*, *Abramis brama*, *Oreochromis niloticus*, *Herichthys labridens*, *Astyanax mexicanus*, *Poecilopsis gracilis*, *Clinostomum complanatum*, *Diplostomidae* gen. sp., *Posthodiplostomum minimum*, *Bothriocephalus acheilognathi*, *Glossocercus* sp., *Gyrodactylus*, *Diplostomum*, Tecocomulco, Metztitlán

Introducción

Aunque existen diferentes técnicas para la evaluación de la calidad del agua, muchas de éstas son relativamente costosas, como son los análisis químicos. Recientemente, algunos estudios de los endoparásitos de peces han indicado que los helmintos intestinales sirven como bioindicadores de la

calidad de agua, mediante el análisis de la biodiversidad local, estructura de las comunidades y etapas de desarrollo presentes (Bhuthimethee *et al.*, 2002). En el estado de Hidalgo, Monks *et al.* (2003), Pulido-Flores *et al.* (2005), Monks *et al.* (2005) y Monks y Pulido-Flores (2008) aplicaron esta técnica para evaluar la calidad ambiental de la laguna de Metztitlán. Los resultados de éstos estudios en la estructura de

las comunidades de los helmintos en peces, indicaron que Laguna de Metztitlán, y los ríos asociados, presentan un alto nivel de perturbación, ocasionado por la actividad humana lo que ha resultado en la alteración del flujo del agua y en la presencia de contaminantes acuáticos, los cuales afectan el ambiente en forma negativa.

Los helmintos se han utilizado como pruebas contemporáneas de biodiversidad y como organismos que permiten monitorear el estado de los ecosistemas. Su presencia o ausencia hace posible inferir la riqueza de vertebrados e invertebrados en un hábitat determinado, esto es posible al conocimiento de los ciclos de vida de los parásitos. De igual manera, la ausencia de ciertos helmintos o la presencia de otros pueden ser indicadores del estrés de un hospedero individual, lo que a menudo refleja las alteraciones ambientales (Brooks y McLennan, 1991).

El Lago de Tecocomulco es considerado el último humedal natural relicto del sistema lacustre que predominó en toda la Cuenca del Valle de México, donde actualmente habitan organismos característicos de los lagos de Anáhuac (Bautista-Hernández *et al.*, 2008). La ictiofauna está constituida por dos especies nativas, *Chirostoma jordani* Woolman, 1894, *Girardinichtys viviparus* (Bustamante, 1837), y una especie introducida, *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758; Miranda *et al.*, 2008). Los primeros registros de helmintos parásitos de peces se realizaron por: Bautista-Hernández (2008); Bautista-Hernández *et al.* (2008); Hernández-Hernández (2008); Hernández-Hernández *et al.* (2008); Alemán-García *et al.* (2008) y Alemán-García (2009). Los únicos otros estudios de helmintos de la región son los de Carrasco-Roldán, (2008) para algunas especies de roedores y Rodríguez-Amador (2009) para *Ambystoma velasci* (Dugés, 1888). Los listados más actualizados de flora y fauna del lago y la región local son los de Bautista-Hernández *et al.* (2008); Reyes-Silva *et al.* (2008) y Villagómez-Ibarra *et al.* (2008).

La laguna de Metztitlán es parte de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, es considerada uno de los cinco cuerpos de agua más importantes de México y debido a su estatus de protección se han realizado una amplia diversidad de investigaciones con gran variedad de flora y fauna. Algunos de los estudios se han enfocado en estudiar la helmintofauna de peces y roedores de la zona (Zárate-Ramírez, 2003; Gutiérrez-Cabrera, 2004; Monks *et al.*, 2005; Monks *et al.*, 2006; Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005; Pulido-Flores *et al.*, 2005). Desde el año 2003 se tiene registro que la laguna esta bajo un proceso de eutrofización y presenta altas concentraciones

de agroquímicos a consecuencia de la alta actividad agrícola en la zona (CONAP-SEMARNAT, 2003), lo que ha dado lugar a realizar diferentes investigaciones relacionadas al efecto eco-toxicológico de los contaminantes en la biota de la región.

En este trabajo, se reporta la estructura de la comunidad de los helmintos parásitos de las especies de peces dulceacuícolas de la región del Lago de Tecocomulco, Hidalgo. Se evalúa la calidad del agua desde la perspectiva de la estructura comunitaria y se compara estos datos con los reportados para la Laguna de Metztitlán, Hidalgo.

Material y Método

El lago de Tecocomulco se ubica en el sureste del estado de Hidalgo, a 17 km al noroeste de Ciudad Sahagún, colindando con los municipios de Tepeapulco, Cuauhtepic de Hinojosa y Apan. Se localiza entre los paralelos 19°53'20" y 19°50'08" de latitud norte y los meridianos 98°21'54" y 98°25'44" de longitud oeste, dentro de la provincia del Eje Volcánico Transversal, formando parte de la región hidrológica No. 26 del río Pánuco. Es un humedal que forma parte de la cuenca hidrográfica del valle de México y de la cuenca de Tecocomulco. Se localiza dentro de la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal, a una altura de 2,514 m sobre el nivel del mar. En el periodo que se realizó este estudio la superficie del lago fue de 1,769 ha, y sus usos principales giran en torno a la pesca comercial, el turismo náutico, la cacería y la extracción de agua (para riego agrícola y como bebedero para el ganado ovino y vacuno; Bautista-Hernández *et al.*, 2008).

Se realizaron distintas recolectas de peces mediante dos tipos de captura: electropesca y mediante redes de los pescadores locales. Los peces se colectaron mensualmente en seis localidades (Fig. 1) que se seleccionaron para representar varios tipos de hábitat de peces (Miranda *et al.*, 2008).

Los peces se trasladaron al laboratorio en tres formas distintas: vivos en agua del lago, muertos en una hielera con hielo y fijados en alcohol etílico (EtOH) 96%. En el laboratorio los peces se sacrificaron y revisaron externamente (piel, aletas y ojos) para la búsqueda de ectoparásitos; posteriormente se extrajeron las branquias y las vísceras para su revisión. Cada órgano se colocó en una caja de Petri con solución salina (6 g NaCl:1 litro de H₂O) con el fin de conservar los tejidos y mantener vivos a los helmintos. El intestino y estómago se cortaron longitudinalmente para revisar el hábitat de los helmintos y el resto de las vísceras fueron desgarradas

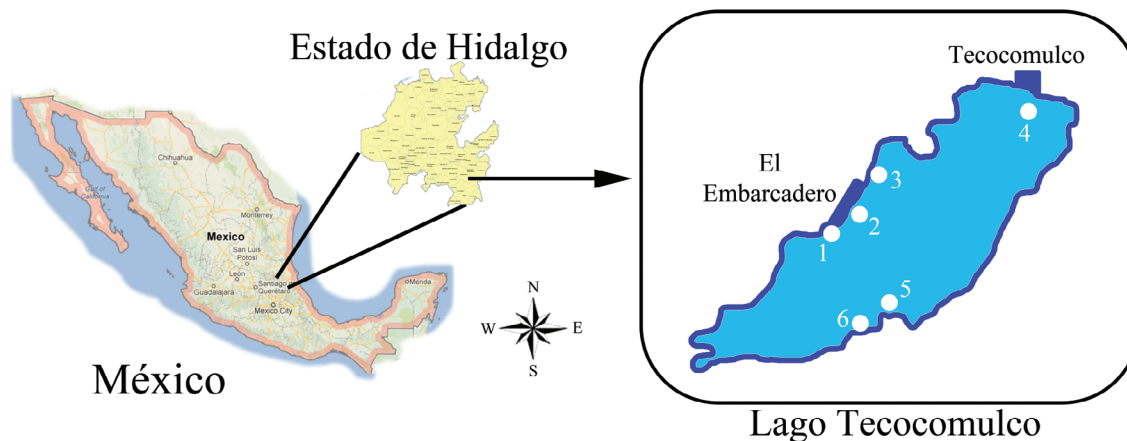


Figura 1. Localización de Lago de Tecocomulco y distribución de los puntos de muestreo.

das cuidadosamente con agujas de disección para la búsqueda de ejemplares con ayuda de un microscopio estereoscópico.

Los helmintos se colocaron en frascos homeopáticos con solución salina previamente calentada con el fin de sacrificarlos, provocando así el completo esterminio de los helmintos. Los ejemplares se fijaron en una solución a base de alcohol etílico, formol y ácido acético (AFA) por un lapso de 24 a 48 horas y se almacenaron en EtOH de 70%. Posteriormente, los helmintos se tiñeron con distintos colorantes siguiendo los métodos de Pritchard y Kruse (1982) y montados en bálsamo de Canadá. La identificación taxonómica de los helmintos se realizó con ayuda de claves taxonómicas y literatura especializada.

La información sobre los helmintos parásitos de Metztlán se obtuvo de publicaciones y tesis de la zona (Monks *et al.*, 2003; Zárate-Ramírez, 2003; Gutiérrez-Cabrera, 2004; Monks *et al.*, 2005; Monks *et al.*, 2006; Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005; Pulido-Flores *et al.*, 2005) que se resumen en el trabajo de Monks y Pulido-Flores (2008).

Las infecciones de los helmintos parásitos de los peces del lago de Tecocomulco, se caracterizaron con base en los parámetros ecológicos de prevalencia, abundancia, intensidad promedio e intensidad de la infección propuestos por Margolis *et al.* (1982) y Bush *et al.* (1997). El cálculo de las medidas de diversidad a nivel de comunidad de los helmintos parásitos se calculó con base en Magurran (2004) para los dos cuerpos de agua.

Resultados

Lago de Tecocomulco: Se recolectaron 367 peces de Lago de Tecocomulco, los cuales pertenecen a las especies

Tabla 1. Especies de peces recolectados en el Lago de Tecocomulco.

Especie de Hospedero	PE	PNI	PI	IP	# Parásitos
<i>Chirostoma jordani</i>	119	45	74	6.57	486
<i>Girardinichthys viviparus</i>	187	95	92	2.16	199
<i>Cyprinus carpio</i>	61	33	28	5.11	143
TOTAL	367	173	194		828

PE. = peces examinados; PNI. = peces no infectados; PI. = peces infectados; I.P. = Intensidad promedio; # P. = número total de parásitos.

G. viviparus, *C. jordani* y *Cy. carpio* (Tabla 1). Se aislaron e identificaron nueve especies de helmintos parásitos cuatro especies de digéneos (*Diplostomum* sp., *Posthodiplostomum* sp., Echinostomatidae gen. sp. y Proterodiplostomatidae gen. sp.), dos monogéneos (*Gyrodactylus* sp. y *Actinocleidus* sp.), dos céstodos (*Glossocercus* sp. y *Bothriocephalus acheilognathi*) y un nemátodo (*Rhabdochona* sp.; Fig. 2). En su mayoría, los helmintos registrados se presentaron en un estado de desarrollo inmaduro, razón por la que solo se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Solo de cuatro especies se colectaron formas adultas. Con referencia a su ciclo de vida, se encontraron cinco especies alogénicas, es decir, que usan a los peces como un hospedero intermediario para completar su ciclo en una ave ictiófaga (Tabla 2).

Se obtuvieron los parámetros ecológicos de la infección para las tres especies de peces revisados (Tabla 3 a Tabla 5). Las metacercarias de *Diplostomum* sp. se consideraron como independientes de acuerdo con el sitio que infectaron, porque es posible que los ejemplares representen más que una especie críptica (Laskowski, 1996; Donald *et al.*, 2007).

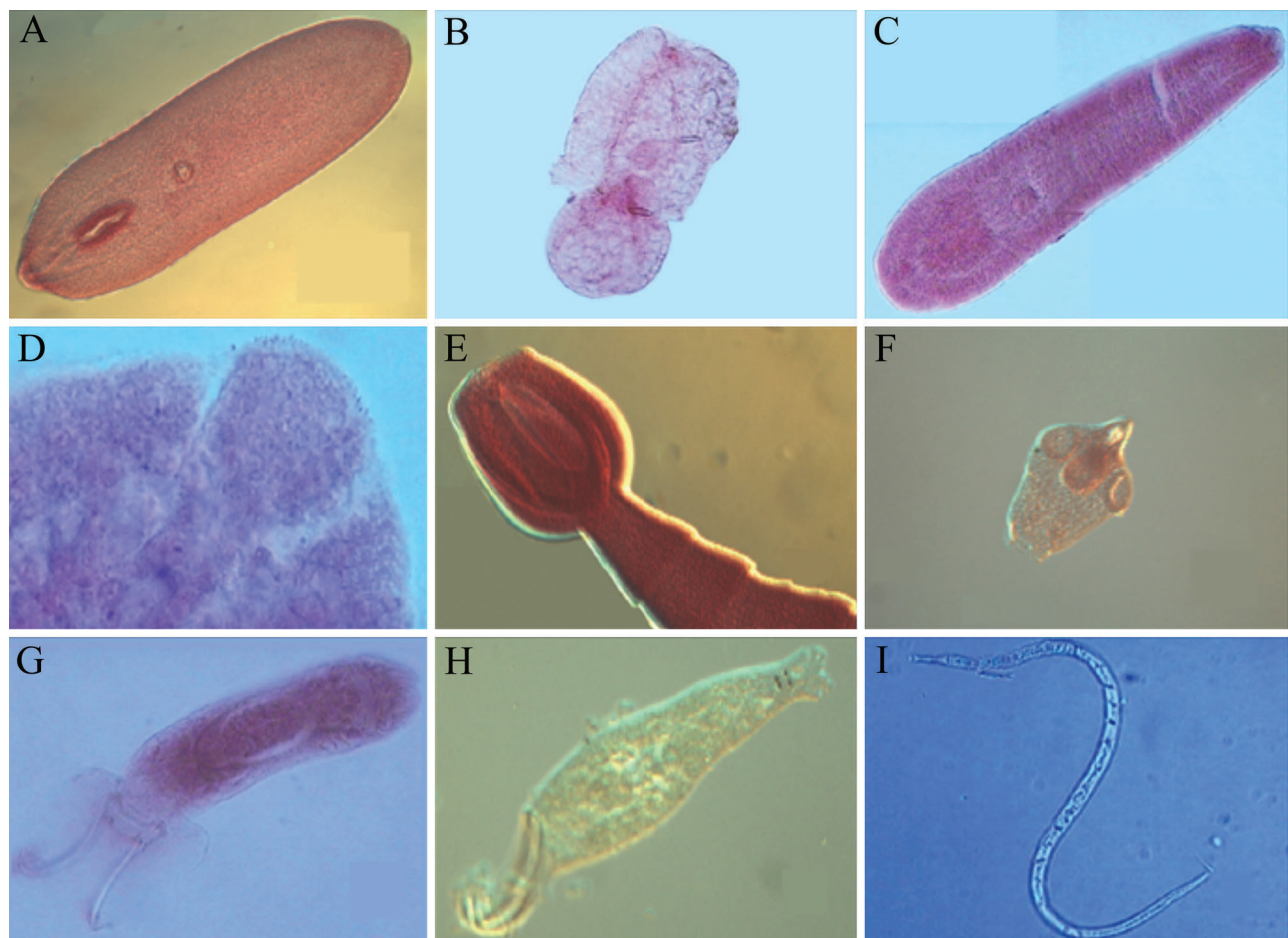


Figura 2. Helminths of the fish from Lago de Tecocomulco: **A.** *Diplostomum* sp. **B.** *Posthodiplostomum minimum* **C.** *Proteromiplostomatidae* gen. sp. **D.** *Echinostomatidae* gen. sp. **E.** *Bothriocephalus acheilognathi*. **F.** *Glossocercus* sp. **G.** *Gyrodactylus* sp. **H.** *Actinocleidus* sp. **I.** *Rhabdochona* sp.

Chirostoma jordani (charal) y *Girardinichthys viviparus* (mexcalpique) registraron la mayor riqueza de parásitos con seis de los 11 helmintos reportados, mientras que los peces de *Cyprinus carpio* (carpa) estuvieron

infectados por solo tres especies. Los ejemplares de *C. jordani* también registraron el mayor número de helmintos en estado larval, albergando todas las especies de metacercarias.

Tabla 2. Diversidad de helmintos de Lago de Tecocomulco.

Especie de helminto	Estadio	Hábitat	Estatus
Digenea			
<i>Diplostomum</i> sp.	Metacercaria	Cerebro, mesenterio y ojo	Alogénico
<i>Posthodiplostomum</i> sp.	Metacercaria	Mesenterio	Alogénico
<i>Echinostomatidae</i> gen. sp.	Metacercaria	Cerebro	Alogénico
<i>Proterodiplostomatidae</i> gen. sp.	Metacercaria	Cerebro	Alogénico
Monogenea			
<i>Gyrodactylus</i> sp.	Adulto	Piel	Autogénico
<i>Actinocleidus</i> sp.	Adulto	Branquias	Autogénico
Cestoda			
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Intestino	Autogénico
<i>Glossocercus</i> sp.	Metacestodo	Vesícula biliar	Alogénico
Nematoda			
<i>Rhabdochona</i> sp.	Adulto	Intestino	Autogénico

Tabla 3. Parámetros de infección en *Chirostoma jordani*.

Especie de helminto	PE	PI	%P	A	IP
<i>Diplostomum</i> sp. (mesenterio)	119	21	18%	0.63	3.6
<i>Diplostomum</i> sp. (cerebro)	119	41	34%	3.2	9.3
<i>Posthodiplostomum</i> sp.	119	3	2.50%	0.05	2
<i>Proterodiplostomatidae</i> gen. sp.	119	1	0.80%	0.008	1
<i>Echinostomatidae</i> gen. sp.	119	1	0.80%	0.008	1
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	119	2	1.70%	0.02	1

PE = peces examinados; PI = peces infectados; %P = prevalencia en porcentaje; A = abundancia; IP = intensidad promedio.

Tabla 4. Parámetros de infección en *Girardinichthys viviparus*.

Especie de helminto	PE	PI	%P	A	IP
<i>Diplostomum</i> sp. (mesenterio)	187	61	33%	1.1	3.3
<i>Diplostomum</i> sp. (cerebro)	187	16	9%	0.28	2.8
<i>Diplostomum</i> sp. (ojos)	187	2	1%	0.048	4.5
<i>Gyrodactylus</i> sp.	187	1	0.50%	0.032	6
<i>Glossocercus</i> sp.	187	3	2%	0.016	1
<i>Rhabdochona</i> sp.	187	9	5%	0.128	2.7

PE = peces examinados; PI = peces infectados; %P = prevalencia en porcentaje; A = abundancia; IP = intensidad promedio.

Tabla 5. Parámetros de infección en *Cyprinus carpio*.

Especie de helminto	PE	PI	%P	A	IP
<i>Actinocleidus</i> sp.	61	23	38	2.2	5.9
<i>Glossocercus</i> sp.	61	1	2	0.016	1
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	61	4	7	0.12	1.8

PE = peces examinados; PI = peces infectados; %P = prevalencia en porcentaje; A = abundancia; IP = intensidad promedio.

De manera paralela con el cálculo de los parámetros ecológicos se realizaron algunos análisis de diversidad y similitud (Tabla 6 y Tabla 7). *Chirostoma jordani* obtuvo el más alto número de gusanos (466). En ambos casos para *C. jordani* y *G. viviparus* las metacercarias fueron dominantes; pero registrándose

Tabla 6. Comparación a nivel componente de comunidad de helmintos registrados en la ictiofauna de Lago de Tecocomulco.

	<i>Cy. carpio</i>	<i>C. jordani</i>	<i>G. viviparus</i>
Riqueza (S)	3	6	6
Número de helmintos	143	466	301
Especie dominante	A	Dc	Dm
Diversidad de Simpson 1-D	0.1	0.3	0.49
Dominancia Berger-Parker	0.94	0.81	0.68

A = *Actinocleidus* sp.; Dc = *Diplostomum* sp. en cerebro; Dm = *Diplostomum* sp. en mesenterio.

Tabla 7. Similitud entre las especies de peces de Lago de Tecocomulco con base en el índice de Jaccard.

	<i>Cy. carpio</i>	<i>C. jordani</i>	<i>G. viviparus</i>
<i>Cy. carpio</i>	--	0.12	0.12
<i>C. jordani</i>		--	0.2
<i>G. viviparus</i>			--

en diferentes sitios de infección para cada hospedero. En *Cy. carpio* los monogéneos fueron el tipo de helminto dominante.

Para evaluar la similitud se comparó cada especie de hospedero con cada una de las demás especies, resultando una comparación entre pares de especies de hospederos. Desde un punto de vista cualitativo, *C. jordani* y *G. viviparus* son más similares entre sí, formando un grupo separado de las *Cy. carpio* (Tabla 7).

Laguna de Metztitlán: Entre el año 2002 y 2003 Zarate-Ramírez (2003) colectaron y disectaron 366 peces pertenecientes a siete especies: *Oreochromis niloticus*, *Abramis brama*, *Cy. carpio*, *Herichthys labridens*, *Astyanax mexicanus*, *Poecilopsis gracilis* y *C. jordani*. De acuerdo a su estatus de origen tres especies se clasifican como introducidas, tres son nativas de la zona y una se consideró translocada (ver Tabla 8).

El registro helmintológico comprendió un total de seis especies: tres especies de digéneos (me-

Tabla 8. Especies de peces colectados y disectados por Zarate-Ramírez (2003).

Hospedero	Estatus	PE	PI	IP.	#parásitos
<i>Abramis brama</i>	introducido	10	3	31	63
<i>Cyprinus carpio</i>	introducido	46	1	5	5
<i>Oreochromis niloticus</i>	introducido	48	1	1	1
<i>Herichthys labridens</i>	nativo	47	20	24.1	483
<i>Astyanax mexicanus</i>	nativo	64	11	1.8	20
<i>Poecilopsis gracilis</i>	nativo	64	38	6.5	248
<i>Chirostoma jordani</i>	translocado	87	75	36.2	2721

PE = Peces examinados; PI = Peces infectados; IP = Intensidad promedio; #parásitos = número total de parásitos.

Tabla 9. Diversidad de helmintos por especie de hospedero en Laguna de Metztitlán.

Hospedero	Helminto	Estadio	Estatus	Sitio de infección
<i>Abramis brama</i>	<i>Contracaecum</i> sp.	Larva	Alogénico	mesenterio y cavidad corporal
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Contracaecum</i> sp.	Larva	Alogénico	mesenterio y cavidad corporal
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino
<i>Oreochromis niloticus</i>	Diplostomatidae gen. sp.	Metacercaria	Alogénico	Músculo, mesenterio y cavidad corporal
<i>Herichthys labridens</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	Metacercaria	Alogénico	Músculo
	<i>Contracaecum</i> sp.	Larva	Alogénico	mesenterio y cavidad corporal
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino
<i>Astyanax mexicanus</i>	Diplostomatidae gen. sp.	Metacercaria	Alogénico	Músculo, mesenterio y cavidad corporal
	<i>Contracaecum</i> sp.	Larva	Alogénico	mesenterio y cavidad corporal
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino
<i>Poecilopsis gracilis</i>	Diplostomatidae gen. sp.	Metacercaria	Alogénico	Músculo, mesenterio y cavidad corporal
	<i>Clinostomum complanatum</i>	Metacercaria	Alogénico	Boca
	<i>Glossocercus</i> sp.	Metacercario	Alogénico	Mesenterio
	<i>Contracaecum</i> sp.	Larva	Alogénico	mesenterio y cavidad corporal
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino
<i>Chirostoma jordani</i>	Diplostomatidae gen. sp.	Metacercaria	Alogénico	Músculo, mesenterio y cavidad corporal
	<i>Glossocercus</i> sp.	Metacercario	Alogénico	Mesenterio
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino

tacercarias) *Clinostomum complanatum*, Diplostomatidae gen. sp., *Posthodiplostomum minimum*, dos cestodos, un adulto *Bothriocephalus acheilognathi* y un metacercario *Glossocercus* sp.; y una especie de nematodo en estado larval *Contracaecum* sp. (Fig. 3). La mayoría de estas especies presentan un ciclo de vida alogénico y solo una especie es autógena (Tabla 9).

Comparación entre Laguna de Metztitlán y Lago de Tecocomulco

Existen diferencias notorias entre la riqueza de peces y helmintos en Laguna de Metztitlán y Lago de Tecocomulco; en el primer embalse se han registrado siete especies de peces y seis especies de parásitos; mientras que en Lago de Tecocomulco habitan tres especies de peces y once de helmintos. A pesar que la localidad de Metztitlán es más rica en ictiofauna, la riqueza de parásitos es baja (Tabla 10) que puede explicarse por la estructura del ecosistema y los ciclos de vida de los helmintos presentes en cada localidad.

En Lago de Tecocomulco puede apreciarse varias especies de plantas acuáticas y tule que recubre

la mayor parte del lago (Bautista-Hernández *et al.*, 2008); en tanto que en Metztitlán la presencia de vegetación es escasa, lo que tal vez no permite la anidación de aves o no ofrece refugio para otros organismos que permitan que los parásitos completen sus ciclos de vida. Ya que los parásitos pueden tener un ciclo de vida directo o indirecto; en el primer caso solo hay un hospedero definitivo, y para el segundo caso existen el hospedero definitivo, y uno o varios hospederos intermediarios en donde se desarrollan diferentes etapas larvales.

Con base en el cálculo del índice de Simpson (1-D), Lago de Tecocomulco tiene un valor más bajo que la laguna (0.65), reflejando que el cuerpo de agua de Metztitlán es más diverso, considerando que el índice de Simpson expresa la dominancia o concentración de abundancia de las especies frecuentes dentro de la comunidad en el componente (Magurran, 2004). Las metacercarias de *Diplostomum* sp. del cerebro dominan la comunidad de helmintos en Tecocomulco a diferencia de Metztitlán, en donde el cestodo *B. acheilognathi* es más dominante y el más abundante (Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005) por lo que el índice de Berger-Parker es mayor en esta localidad (Tabla 8).



Figura 3. Helmintos de los peces dulceacuícolas de la Laguna de Metztitlán: A. *Posthodiplostomum minimum*; B. *Diplostomidae* gen. sp.; C. *Clinostomum complanatum*; D. *Bothriocephalus acheilognathi*; E. *Glossocercus* sp. y F. *Contraecum* sp.

En cuanto a los helmintos presentes en cada localidad, se resalta la presencia de metacercarias de los géneros *Diplostomatidae* y *Posthodiplostomum* sp. en ambos sitios, indicando indirectamente la presencia de caracoles (primer hospedero intermediario para los estadios larvales) y de aves ictiofagas (hospederos definitivos para los adultos); los parásitos aportan información sobre los hospederos que habitan en los ecosistemas y de sus hábitos alimenticios. El cestodo, *B. acheilognathi* en ambos cuerpos de agua se encuentra parasitando a los peces nativos e introducidos. Sin embargo, en el caso de Metztitlán en la ictiofauna nativa se registró la mayor infección por este cestodo. Aunque el registro de esta especie de helminto indica la presencia de copépodos que actúan como hospederos intermediarios para esta especie de parásito, tam-

Tabla 10. Parámetros de diversidad entre Lago de Tecocomulco y Laguna de Metztitlán.

	Lago de Tecocomulco	Laguna de Metztitlán
Riqueza de helmintos (S)	11	6
Número de helmintos	910	3459
Especie dominante	Dp	Ba
Diversidad Simpson (1-D)	0.65	0.14
Dominancia de Berker Parker	0.47	0.92

Dp. = *Diplostomum* sp. (cerebro); Ba. = *Bothriocephalus acheilognathi*.

bién es un ejemplo de los efectos que tiene la introducción de especies exóticas en un lugar, ya que se introdujo junto con su hospedero original: la carpa herbívora *Ctenopharingodon idella* (López-Jiménez, 1981). Actualmente, esta especie de cestodo se le encuentra con mayor frecuencia en peces nativos (Salgado-Maldonado y Pineda-López, 2003; Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005).

En Lago de Tecocomulco se registran dos especies de monogéneos: *Gyrodactylus* sp. y *Actinocleidus* sp., éstas mismas especies se reportaron en Laguna de Metztitlán por Porraz-Álvarez (2006) pero con valores de abundancia muy bajos, las dos especies estuvieron representadas por un individuo en un mismo hospedero de *Poeciliopsis gracilis*, bajo un exhaustivo trabajo de revisión de 366 peces de diferentes especies. Lo anterior es un indicador de que existe algún factor que no permite que los monogéneos se registren en una mayor prevalencia y abundancia en Metztitlán. Es probable que la elevada contaminación química presente en esta laguna (García *et al.*, 2006; Lozada-Zarate *et al.*, 2006; Lozada-Zarate, 2007; Lozada-Zarate *et al.*, 2007) no permita la sobrevivencia de estos organismos. Mientras que los peces de Lago de Tecocomulco, tanto nativos como introducidos, presentan monogéneos; por lo cual se considera que las condiciones en el lago de Tecocomulco es más natural (no perturbado, ni contaminado) en comparación con Laguna de Metztitlán (Alemán-García *et al.*, 2008). Pero no se debe perder de vista que, los ciclos de vida y la ecología de los parásitos depende de la relación de diversos factores, algunos son propios del hospedero como su comportamiento, su biogeografía, su historia de vida, otros son atribuibles al medio en el que éste vive, como el tipo de cuerpo de agua, pH, temperatura y salinidad y otros más están relacionados con la biología del propio parásito (Pérez-Ponce de León *et al.*, 2000).

Conclusión

Finalmente, con base en lo anterior, es importante señalar que la comunidad de helmintos, en Laguna de Metztitlán y Lago de Tecocomulco, están aportando información útil para evaluar la calidad ambiental y condiciones ecológicas locales. Como referencia de monitoreo, el éxito de los helmintos para completar sus ciclos de vida indica la presencia de las especies de los hospederos en estas localidades, así como que los hábitats de cada hospedero dentro de su medio permiten la presencia o la ausencia de determinados parásitos. Por tal motivo, es de suma importancia continuar los estudios de las comunidades de los helmintos en cada localidad, a partir de los cuales puede obtenerse información sobre cambios ambientales, no sólo de ellos, sino de su entorno (Monks *et al.*, 2003; Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005; Monks *et al.*, 2005; Pulido-Flores *et al.*, 2005).

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento al proyecto "Helmintos de algunas especies de *Xiphophorus* de la Huasteca Hidalguense", del fondo de Convocatoria de Apoyo Complementario a Investigadores en Proceso de Consolidación (SNI 1) 2008 (Clave 091431) y el proyecto "El efecto de hibridización en la diversidad de helmintos parásitos de peces del género *Xiphophorus*", Ciencia Básica (Clave 0127310), ambos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Como parte del segundo proyecto, JFO recibió una beca de posdoctorado. Asimismo, CEBH agradece al CONACyT por la beca (No. 20129) para estudios dentro de la Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación y la beca (No. 217861) para realizar estudios de doctorado en el Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, UAEH. Finalmente, este trabajo forma parte de los productos del proyecto colaborativo "Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales", con fondos del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Literatura citada

Alemán-García, B., S. Monks, G. Pulido-Flores y S. López-

Jiménez. 2008. Helmintos parásitos de peces del Lago de Tecocomulco, Hidalgo. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda, y D. Galicia (eds.). Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo y la Universidad de Navarra, Pachuca, Hidalgo, 8:93-98.

- Alemán-García, B. 2009. Helmintos parásitos de peces del lago de Tecocomulco, Hidalgo como indicadores de la calidad ambiental. Tesis de Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, 59 p.
- Bautista-Hernández, C. E. 2008. Helmintofauna de un Goodeidae del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Tesis de licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, 68 p.
- Bautista-Hernández, C. E., D. L. Hernández-Hernández, S. Monks y G. Pulido-Flores. 2008. Lago de Tecocomulco. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda, y D. Galicia (eds.). Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día 8. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y Universidad de Navarra, Pachuca, Hidalgo, pp. 15-22.
- Bhuthimethee, M., N. O. Dronen y W. H. Neill. 2002. SR 2002-013: Metazoan parasite community structure in bluegill (*Lepomis macrochirus*) as an indicator of the impact of urbanization on 2 streams in San Antonio, Texas. College Station, Texas, Texas Water Resources Institute, 170 p.
- Brooks, D. R. y D. A. McLennan. 1991. Phylogeny, ecology, and behavior: A research program in comparative biology. Chicago, University of Chicago Press, 434 p.
- Bush, A. O., Kevin D. Lafferty, E. M. Lotz y A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. Journal of Parasitology 83:575-583.
- Carrasco-Roldán, D. V. 2008. Diversidad de helmintos parásitos de algunos roedores (Mammalia: Rodentia) en San Miguel de Allende, Tepeapulco, Hidalgo, México. Licenciatura en Biología Agropecuaria, Universidad Autónoma del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala, 83 p.
- CONANP-SEMARNAT. 2003. Programa de manejo: Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México. 202 p.
- Donald, K. M., A. Sijnja y H. G. Spencer. 2007. Species assignment amongst morphologically cryptic larval Digenea isolated from New Zealand topshells (Gastropoda: Trochidae). Parasitology Research 101:433-441.
- García, J., A. J. Gordillo-Martínez, G. Pulido-Flores, S. Monks, J. R. Villagómez-Ibarra, O. A. Acevedo-Sandoval. 2006. Evaluación de la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos en las aguas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. XI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales, Morelos, México.
- Gutiérrez-Cabrera, A. E. 2004. Presencia de *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 (Cestoidea: Bothriocephalidae) en la ictiofauna del Río Metztitlán y la Laguna de Metztitlán Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, 88 p.

- Gutiérrez-Cabrera, A. E., G. Pulido-Flores, S. Monks y J. C. Gaytán-Oyarzun. 2005. Presencia de *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 (Cestoidea: Bothriocephalidae) en peces de Metztitlán, Hidalgo, México. *Hidrobiológica* 15:283-288.
- Hernández-Hernández, D. L. 2008. Helmintofauna de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894 del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, 71.
- Hernández-Hernández, D. L., G. Pulido-Flores y S. Monks. 2008. Registro helmintológico de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894, del lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda y D. Galicia. Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y la Universidad de Navarra, Pachuca, Hidalgo, 8:57-76.
- Laskowski, Z. 1996. Species identification of *Diplostomum pseudospathaceum* Niewiadomska, 1984 y *D. paracaudum* (Iles, 1959) metacercariae using DNA polymorphism amplified by arbitrary primers. *Acta Parasitologica* 41:26-29.
- López-Jiménez, S. 1981. Cestodos de peces I. *Bothriocephalus (Cleistobothrium) acheilognathi* (Cestoda: Bothriocephalidae). *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 51:69-84.
- Lozada-Zarate, E. J., S. Monks, G. Pulido-Flores, A. J. Gordillo-Martínez y F. Prieto-García. 2006. Determinación de metales pesados en *Cyprinus carpio* en la Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México. En: V Congreso Internacional y el XI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales, Centro Vacacional IMSS, Oaxtepec, Morelos, México. (eds.). 1-9.
- Lozada-Zarate, E. J., S. Monks, G. Pulido-Flores, A. J. Gordillo-Martínez y F. Prieto-García. 2007. Determinación de metales pesados en *Cyprinus carpio* en Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México. En Pulido-Flores, G. y López-Escamilla, A. L. (editoras) 2007. IV Foro de Investigadores por la Conservación y II Simposio de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Hidalgo. Ciencia al día 5. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, pp. 91-94 p.
- Lozada-Zarate, E. J. 2007. Determinación de la concentración de metales en *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (carpa común) de la Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 64 p.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing Company, Malden, Massachusetts. 256 p.
- Margulis, L., G. W. Esch, J. C. Holmes, A. M. Kuris, y G. A. Schad. 1982. The use of ecological terms in parasitology (Report of an ad hoc committee of The American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68:131-133.
- Miranda, R., D. Galicia, G. Pulido-Flores y S. Monks. 2008. Análisis poblacional de los peces de Lago Tecocomulco. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda, y D. Galicia (Eds.). Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día 8. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo y la Universidad de Navarra. Pachuca, Hidalgo, México. pp. 51-55.
- Monks, S., G. Pulido-Flores, J. Fernández-Fernández y M. C. Corona-Vargas. 2006. Inventario de las helmintiasis en peces y su riesgo potencial zoonótico en comunidades indígenas de la reserva de la biosfera barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. SIZA-CONACYT. México, 133 p.
- Monks, S. y G. Pulido-Flores. 2008. Helmintos bioindicadores de la calidad del agua en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. En Pulido-Flores, G., A. L. López-Escamilla, y M. T. Pulido-Silva (eds.). Estudios biológicos en las áreas naturales del estado de Hidalgo. Ciencia al día 7. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo. pp. 107-115.
- Monks, S., V. R. Zárate-Ramírez y S. Moreno-Flores. 2003. Helmintos bioindicadores de la calidad del agua en la Reserva de Barranca de Metztitlán. Memorias del Foro Sobre la Problemática del Agua: un Desafío para las IES en la Región Centro-Sur de la República Mexicana, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), A.C. CL-10:1-10.
- Monks, S., V. R. Zárate-Ramírez y G. Pulido-Flores. 2005. Helminths of freshwater fishes from the Metztitlán Canyon Reserve of the Biosphere, Hidalgo, Mexico. *Comparative Parasitology* 72:212-219.
- Pérez-Ponce de León, G., L. García-Prieto, V. León-Règagnon y A. Choudhury. 2000. Helminth communities of native and introduced fishes in Lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *Journal of Fish Biology* 57:303-325.
- Porraz-Álvarez, O. L. 2006. Diversidad de helmintos (Platyhelminthes: Monogenea) de algunas especies de peces marinos de Veracruz y de agua dulce de Hidalgo, México. Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 122 p.
- Pritchard, M. H. y G. O. W. Kruse. 1982. The collection y preservation of animal parasites. Technical Bulletin No. 1, The Harold W. Manter Laboratory. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska, 141 p.
- Pulido-Flores, G., S. Monks y A. J. Gordillo-Martínez. 2005. Monitoreo de bajo costo en la evaluación de la calidad ambiental. *Revista Internacional de Ciencias Ambientales* 21:578-583.
- Reyes-Silva, J. A., M. Á. Villavicencio-Nieto y B. E. Pérez-Escandón. 2008. Plantas medicinales usadas para infecciones respiratorias en Los Cides, Tepeapulco, Hidalgo. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda, y D. Galicia (eds.). Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día 8. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo

- y la Universidad de Navarra. Pachuca, Hidalgo. pp. 99-108.
- Rodríguez-Amador, R. 2009. Reporte helmintológico de *Ambystoma velasci* Dugès, 1891 de Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, 65 p.
- Salgado-Maldonado, G. y R. F. Pineda-López. 2003. The Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi*: a potential threat to native freshwater fish species in Mexico. *Biological Invasions* 5:261-268.
- Villagómez-Ibarra, J. R., E. Rivera-Ruíz y A. J. Gordillo-Martínez. 2008. Estudio de compuestos orgánicos y de metales pesados en plantas del Lago de Tecocomulco. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda, y D. Galicia (eds.). Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día 8. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo y la Universidad de Navarra. Pachuca, Hidalgo. pp. 47-50.
- Zárate-Ramírez, V. R. 2003. Evaluación de la biodiversidad de helmintos en peces de la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Tesis de Maestría en Ciencias. El Colegio de la Frontera Sur, 75 p.

Helmintos parásitos de algunos roedores (Mammalia: Rodentia) en San Miguel de Allende, Tepeapulco, Hidalgo, México

Griselda Pulido-Flores, Scott Monks, y Jorge Falcón-Ordaz

Resumen

Los helmintos son un componente de la biodiversidad, que proveen información sobre la historia natural de los hospederos, y de las relaciones tróficas. El conocimiento de la diversidad de roedores y sus parásitos en Hidalgo es escaso y puntual. Por la amplia distribución de los roedores, su adaptabilidad a los ambientes modificados y por el riesgo zoonótico que representan, es importante conocer la parasitofauna de estos hospederos. El objetivo del este trabajo fue registrar la helmintofauna de algunos roedores en San Miguel de Allende, Tepeapulco, Hidalgo, México. Entre agosto de 2005 y junio de 2007 se colectaron 19 roedores (12 *Peromyscus difficilis*, 4 *Peromyscus* sp., 1 *Reithrodontomys* sp. y 2 ejemplares no determinados). Los hospederos se colectaron con trampas Sherman, a cada uno de ellos se les realizó un examen helmintológico. Los helmintos se recolectaron, fijaron y procesaron mediante técnicas convencionales en helmintología. La identificación taxonómica de hospederos y parásitos se realizó con claves taxonómicas y literatura especializada para cada tipo de organismo.

En *P. difficilis* se registró 4 especies de helmintos: 2 Digenea (*Brachylaima* sp. y *Caballerolecythus ibunami*), un Cestoda (*Taenia* sp.) y un Nematoda (*Aspiculuris* sp.); en *Peromyscus* sp. únicamente se registró *Taenia* sp.

Peromyscus difficilis constituye un nuevo hospedero para todas las especies de helmintos registradas en el estado de Hidalgo, los Digenea *Brachylaima* sp. y *Caballerolecythus ibunami* se registran por primera vez en el estado de Hidalgo, únicamente se cuenta con el registro de *Aspiculuris* sp. y *Taenia* sp. en otros roedores (ver Pulido-Flores *et al.*, 2005a).

La caracterización de las infecciones se realizó con base en los parámetros de prevalencia, abundancia e intensidad promedio, definidos por Bush *et al.* (1997). Los valores más altos de prevalencia, se registraron para *Taenia* sp., con el 10.53% de *Peromyscus* sp., con un promedio de 0.11 gusanos por hospedero revisado y un intervalo de intensidad de 1-2 gusanos.

Palabras clave: Roedores, helmintos, Hidalgo

Introducción

Pocas personas comprenden que el número de organismos parásitos, es mayor que el de los organismos de vida libre, aún si se excluyen los virus, bacterias y los hongos; el número de metazoarios parásitos seguirán siendo mayor. En general el estilo de vida parásita tiene gran éxito en la naturaleza, porque evolucionó de forma independiente en casi todos los grupos de organismos, desde los protistas, animales, plantas y hongos (Roberts y Janovy, 2000).

Los parásitos son un componente de la biodiversidad, en cualquier ecosistema juegan un papel im-

portante en la dinámica poblacional y en la estructura de las comunidades (Pérez-Ponce de León y García-Prieto, 2001). Además, brindan información importante del estrés ambiental, estructura y función de la alimentación y biodiversidad que son relevantes para las necesidades sociales (Marcogliese, 2005). Así mismo, los parásitos se han utilizado como indicadores de la estructura trófica dentro de los ecosistemas, especialmente aquellos con ciclos de vida complejos que incluyen más de un hospedero. Lo anterior obedece a que todos los componentes bióticos (hospederos intermediarios y/o definitivos), deben coincidir en el espacio y tiempo para

que el ciclo de vida de los parásitos se complete y se mantenga (Brooks *et al.*, 2001). Así mismo, para cualquier especie de parásito los hospederos potenciales constituyen un porcentaje escaso de la flora y la fauna disponibles (Begon *et al.*, 1999).

Recientemente, estudios de parásitos de peces indican que los helmintos son buenos bioindicadores de la calidad de agua (Sures *et al.*, 1999; Zimmermann *et al.*, 1999 y Pulido-Flores *et al.*, 2005b), esto es posible a través de un análisis de la biodiversidad, estructura de la comunidad y las etapas de desarrollo de los parásitos presentes (Bhuthimethee *et al.*, 2002 y Pulido-Flores *et al.*, 2005b); los cuales son útiles en el monitoreo de los ecosistemas. Su presencia o ausencia hace posible inferir la riqueza de vertebrados e invertebrados en un hábitat, mediante el conocimiento de sus ciclos biológicos. De igual forma, la ausencia o la presencia de los parásitos indican el estrés de un hospedero, lo que refleja las alteraciones ambientales (Brooks y McLennan, 1991 y Pulido-Flores *et al.*, 2005b).

Aunque los animales domésticos y silvestres normalmente pueden estar infectados con varias especies de parásitos, estos hospederos raramente sufren de muertes masivas o epizootias. Sin embargo, en los animales domésticos los daños ocasionados por los parásitos, son más severos provocando con frecuencia la muerte de los hospederos. Esto generalmente es consecuencia del mal manejo y hacinamiento en que se mantienen los hospederos, produciendo pérdidas económicas (Roberts y Janovy, 2000).

Un buen modelo para estudiar la distribución de los parásitos, sus interacciones ecológicas así como los riesgos a la población humana, son los roedores y sus parásitos, éstos son hospederos de helmintos y otros patógenos causantes de enfermedades peligrosas como, rabia, peste bubónica, leptospirosis, entre muchas otras (Muller, 2002). Por otra parte, los roedores tienen una amplia distribución, ocupan una gran variedad de hábitats porque se han adaptado a los ambientes alterados por el hombre. Así mismo, los roedores conviven con los humanos y sus animales domésticos, encontrándose en los hogares, lugares de trabajo, cultivos y almacenes de alimentos, manteniendo contacto y actuando como un eslabón en las cadenas alimenticias de animales domésticos como gatos y perros.

En la actualidad, no existe ningún estudio formal de la biodiversidad en el estado de Hidalgo, particularmente en la zona aledaña al Lago Tecocomulco, considerado como el último humedal relictivo del antiguo sistema lacustre que predominó en la cuenca

del Valle de México, donde se refugian peces, anfibios, aves acuáticas y mamíferos. Por ello, es considerado por la Comisión Nacional de Biodiversidad (CONABIO) y la Comisión Relativa a los Humedales (RAMSAR) como un área prioritaria para su protección y conservación (FIR, 2003). Un objetivo de las áreas protegidas es conservar la flora y fauna, y utilizar de forma sostenible los recursos naturales. Para esto, es necesario conocer la biodiversidad de la región del lago de Tecocomulco, la cual está en proceso de desarrollo. La calidad ambiental del lugar depende de las interacciones entre los organismos, por lo que es importante contar con un inventario completo de la biodiversidad, que incluya a los parásitos, los cuales frecuentemente son excluidos por falta de conocimiento o en su caso por ser considerados poco atractivos, de escasa importancia y fauna nociva. Identificar cuáles son los parásitos que existen en una zona contribuye al conocimiento de la biodiversidad del lugar y puede ayudar a prevenir enfermedades en la población. Los roedores son cosmopolitas y ubicuistas, por ello existe un estrecho contacto con los humanos y animales domésticos, lo que favorece la transmisión de enfermedades de riesgo zoonótico. A la fecha no existe ningún trabajo sobre la biodiversidad de roedores en la región y mucho menos algún trabajo de los helmintos parásitos de estos hospederos. Por lo tanto, con el presente estudio se contribuye al conocimiento de la biodiversidad faunística de la región del lago de Tecocomulco, particularmente la de roedores y sus helmintos parásitos.

Los objetivos de este trabajo fueron identificar taxonómicamente a cada una de las especies de helmintos parásitos de algunos roedores en San Miguel de Allende, Tepeapulco, Hidalgo, México. Caracterizar cada una de las helmintiasis con base en los parámetros ecológicos de prevalencia, abundancia e intensidad promedio propuestos por Bush *et al.*, (1997); y evaluar el posible riesgo zoonótico de las especies de helmintos colectadas.

Material y Método

Durante los meses de agosto del 2005 y junio del 2007 se colectaron algunos ejemplares de roedores con trampas Sherman, utilizando como cebo una mezcla de avena y vainilla. Las 100 trampas se colocaron en un transecto lineal, dejándolas en la localidad durante toda la noche y recogiendo por la mañana. Posteriormente, los hospederos colectados se transportaron vivos al laboratorio de Morfología Animal, del Área Académica de Biología, de la Uni-

Tabla 1. Registro helmintológico en roedores de San Miguel de Allende, Tepeapulco.

Helmineto	Hospedero	Habitat
‡ <i>Caballerolecythus ibunami</i>	<i>Peromyscus difficilis</i>	Hígado
‡ <i>Brachylaima</i> sp.	<i>Peromyscus difficilis</i>	Intestino anterior
* <i>Taenia</i> sp.	<i>Peromyscus difficilis</i> y <i>Peromyscus</i> sp.	Hígado
‡ <i>Aspiculuris</i> n. sp.	<i>Peromyscus difficilis</i>	Recto

‡ = adulto, * = larva.

versidad Autónoma del Estado de Hidalgo, donde se realizó un examen helmintológico.

Los hospederos se sacrificaron con una sobredosis de éter, posteriormente se les realizó un examen helmintológico, los roedores se identificaron con ayuda de claves taxonómicas de Hall y Kelson (1959); Hall (1981) y Ceballos y Galindo (1984); mientras que los helmintos se colectaron, fijaron y procesaron con técnicas convencionales en helmintología, según el grupo taxonómico (Pritchard y Kruse, 1982).

La identificación taxonómica de los helmintos se realizó con la ayuda de claves taxonómicas de Skrjabin *et al.* (1961); Hartwich (1974); Yamaguti (1958; 1959; 1961 y 1971), Gibson *et al.* (2002); Anderson *et al.* (1974); Chabaud, (1975); Anderson (2000) y literatura especializada.

La caracterización de las helmintiasis se realizó con base en los parámetros ecológicos de prevalencia, abundancia, intensidad promedio intervalo de intensidad definidos por Bush *et al.* (1997).

Resultados

Se revisó un total de 19 hospederos de los cuales: 12 fueron *Peromyscus difficilis*; 4 *Peromyscus* sp.; 1 *Reithrodontomys* sp. y 2 ejemplares no determinados, registrándose 4 especies de helmintos: 2 digéneos, 1 nemátodo y 1 céstodo en estado de quiste (Tabla 1). Cabe mencionar que el ejemplar de *Reithrodontomys* sp., así como los dos ejemplares de roedores no determinados resultaron negativos a la infección por helmintos.

Para todas las especies de helmintos recolectadas, el género *Peromyscus* constituye el hospedero definitivo, dada su condición de formas adultas; únicamente *Taenia* sp. se recolectó en estado larval, usando a *Peromyscus* sp. y *P. difficilis* como hospederos intermediarios (Tabla 1).

Con base en los parámetros ecológicos de prevalencia, abundancia, e intensidad promedio se presenta la caracterización de las helmintiasis registradas en *P. difficilis* (Tabla 2). Para las cuatro especies de helmintos registradas, el valor de prevalencia fue de 8.33 % de hospederos parasitados. Sin embargo, *Caballerolecythus ibunami* fue la especie de helminto que se registró con el mayor número de gusanos (0.58) por hospedero revisado.

En el caso particular de los cuatro ejemplares de *Peromyscus* sp. únicamente se recolectó una larva de *Taenia* sp., con una prevalencia de 25% de hospederos parasitados, una abundancia 0.25 gusanos por hospedero revisado y una intensidad promedio de 3. Por su parte, el ejemplar de *Reithrodontomys* sp. y los 2 ejemplares de roedores no determinados resultaron negativos a la infección por helmintos.

Discusión

Con base en el registro helmintológico reportado, se puede señalar que la relación parásito hospedero en los roedores de la familia Cricetidae y sus helmintos parásitos en la localidad de San Miguel de Allende es un sistema terrestre, en el cual *Peromyscus difficilis* actúa como hospedero definitivo para *Caballerole-*

Tabla 2. Caracterización de las infecciones en 12 individuos de *Peromyscus difficilis* de San Miguel de Allende, Tepeapulco.

Helmineto	HP	#	P	A	IP	II
<i>Caballerolecythus ibunami</i>	I	7	8.33	0.58	0.63	I - 7
<i>Brachylaima</i> sp.	I	3	8.33	0.25	0.27	I - 3
<i>Taenia</i> sp.	I	1	8.33	0.083	0.09	I - 1
<i>Aspiculuris</i> sp.	I	3	8.33	0.25	0.027	I - 3

N = 12 hospederos revisados

HP = hospederos parasitados; # = número de helmintos colectados; P = prevalencia; A = abundancia; IP = intensidad promedio; II = intervalo de intensidad.

cythus ibunami, *Brachylaïma* sp. y *Aspiculuris* n. sp. y como hospedero intermediario para *Taenia* sp.

Por otra parte, los helmintos de roedores en otras latitudes son ampliamente conocidos, sin embargo en México y particularmente en Hidalgo es poco conocido. Únicamente se han registrado 25 especies de helmintos para el estado de Hidalgo; de los cuales 16 especies pertenecen al phylum Nematoda y las otras nueve especies son Platyhelminthes, particularmente de la clase Cestoda (Falcón-Ordaz, 1993; Falcón-Ordaz y Sabrina-Espinosa, 1995; 1996; 1999; Pulido-Flores et al., 2005a).

En el estado de Hidalgo se ha registrado *Aspiculuris* con las especies *A. huascaensis* en *Mus musculus* proveniente de Cerro Tezontle y en San Juan Hueyapa, en Huasca de Ocampo (Falcón-Ordaz et al., 2010) y *Aspiculuris* sp. cf. *lahorica* en Metztitlán, Hidalgo (Pulido-Flores et al., 2005a).

En lo que se refiere al género *Peromyscus* en Norteamérica se tiene registrado como hospedero de la especie *A. americana* Erickson, 1938. Aunque los especímenes encontrados en este estudio poseen 10 papilas caudales característica necesaria para identificar a la especie. Sin embargo, el número de papilas descrito para dos de las especies previamente descritas, no corresponde con nuestros ejemplares. *Aspiculuris huascaensis* cuenta con 12 papilas y *A. americana* con 8 papilas (Erickson, 1938; Falcón-Ordaz et al., 2010).

Nuestros ejemplares se asemejan con el registro previo de *Aspiculuris* sp. cf. *lahorica* de Pulido-Flores et al. (2005a), por contar con el mismo número de papilas (10). Sin embargo, hace falta material para llevar a cabo una descripción completa de la especie, por lo que asignamos los ejemplares colectados a *Aspiculuris* sp.

El género *Taenia* se ha registrado en trabajos previos para Hidalgo: *T. taeniaeformis*, *Taenia* sp., *T. multiceps*, *T. pisiformis* como parásitos de *P. difficilis*, *P. maniculatus* y *Rattus rattus* respectivamente. La taeniosis es una de las infecciones más común, que se transmiten al humano, con una distribución cosmopolita. Los porcentajes de infección de esta zoonosis se deben a ciertas condiciones culturales, socioeconómicas y sanitarias (Mott et al., 1995). El ciclo de vida de estos parásitos incluye siempre animales de corral como: ganado (vacuno y porcino), y mamíferos silvestres como los roedores que actúan como reservorios para la transmisión a humanos donde concluye su ciclo de vida la fase adulta. Lo anterior, indica que en la zona de estudio puede existir una zoonosis, la población humana cercana utiliza el suelo como zona agrícola y

de pastoreo, además las condiciones sanitarias no son las adecuadas. Con esto se puede sugerir que la infección en humanos a través del contacto con roedores infectados se puede dar, por contacto directo. La infección en el hombre puede ocurrir cuando los roedores defecan en las tierras de cultivo, mismo sitio en donde el ganado pastorea, estos a su vez tienen acceso a los hogares de la población local.

De las especies de Digenea registradas, *Brachylaïma* sp. son formas adultas para los roedores, a la fecha no se cuenta con ningún registro en Hidalgo de esta especie, únicamente se ha reportado para México la especie *B. chiapense* como parásito de *P. guatemalensis* (Ubelaker y Dailey, 1966). Esta especie se diferencia de nuestro ejemplar por los ciegos que son más sinuosos y se extienden a nivel de la faringe, al igual que en *Brachylaemus bravoae* de *Liomys pictus pictus* en Jalisco (Caballero, 1970), también presenta ciegos sinuosos y la parte posterior es más estrecha que nuestro espécimen. La especie de *B. thompsoni* es la que se parece en cuanto a la forma de los ciegos, pero la parte posterior de ésta es más angosta. Las tres especies (*B. chiapense*, *B. bravoae* y *B. thompsoni*) difieren en las gónadas ya que para éstas son ovoides y en *Brachylaïma* sp. amorfos. Monnet-Mendoza et al. (2005) reportaron para *Didelphis virginiana* en el estado de México las especies de *B. virginiana* y *Brachylaïma* sp., el número de ejemplares colectados en este estudio no es suficiente para determinar la especie, aunque suponemos que estos son una nueva especie.

El digéneo *Caballeroilecithus ibunami*, solo se ha registrado para el estado de Tlaxcala por Lamothe-Argumedo et al. (2005) como parásito de *Liomys irroratus* y *Peromyscus difficilis* con base en las características taxonómicas que describen los autores, son similares con las de los ejemplares colectados en este estudio. La glándula vitelógena se encuentra confinada al margen derecho del cuerpo, diferente de las especies de *Unilaterilecithum* que se localizan en la región posterior del cuerpo, para las especies de *Athesmia* la vitelógena se distribuye desde la mitad del ciego sobrelapandose con estas estructuras, mientras que en *Pseudathesmia* la vitelaria está limitada en extensión y no se sobrelapa con los ciegos.

Con lo anterior podemos asegurar que los roedores de Tecocomulco se alimentan de caracoles terrestres, invertebrados que actúan hospederos intermediarios de estas especies de digéneos. Además, durante el periodo de muestreo se visualizaron estos molusco en la zona de estudio.

En el análisis de la caracterización de las infecciones, la especie de helminto que alcanzó los valores de prevalencia más altos fue *Taenia* sp. con el 10.53% de la población de hospederos parásitados y con una abundancia de 0.11; esta especie de helminto se encontró en dos de las especies de roedores. Por su parte, las especies de digéneos y nemátodo los valores de prevalencia y abundancia, fueron de 5.26% y 0.05 respectivamente. La intensidad promedio con valores más altos fue para *Caballerolecythus ibunami* con 7, seguida de *Brachylaïma* sp. y *Aspiculuris* sp. con 3, mientras que *Taenia* sp. con 1.

Peromyscus difficilis fue el hospedero más común, en él que se registraron la mayoría de los helmintos. De los 19 ejemplares colectados, 12 pertenecen a esta especie de roedor. Casi todas las especies de Cricétidos son oportunistas y su alimentación depende de la disponibilidad de plantas y animales. De ahí que esto refleje su adaptabilidad y amplia distribución.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado a SM, para realizar el proyecto Helmintos parásitos de los vertebrados y calidad ambiental del Lago Tecocomulco, Hidalgo (Fomix-HGO-2005-CO1-1). A Verónica Carrasco-Roldán por el apoyo en la colecta y procesamiento de material. Durante del desarrollo de este manuscrito, JFO recibió una beca de posdoctorado. Finalmente, este trabajo forme parte de los productos del proyecto colaborativo "Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales", con fondos del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Literatura citada

- Anderson, R. C., A. G. Chabaud y S. Willmott. 1974. CIH Keys to the nematode parasites of vertebrates. No. 1 General introduction. Glossary of terms. Keys to Subclasses, Orders and Superfamilies. Common wealth Agricultural Bureaux International. Wallingford, U. K. 17 p.
- Anderson, R. C. 2000. Nematode Parasites of Vertebrates: Their Development and Transmission, 2nd ed., CABI Publishing. Wallingford, U. K. 650 p.
- Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend. 1999. Parasitismo y enfermedad. En Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend (Eds). Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones OMEGA S. A. Barcelona pp. 462-517.
- Bhuthimethee, M., N. O. Dronen, Neill, H. William. 2003. Using fish parasites as biological indicators of water quality in streams. TWRI New Waves 14: 3-5.
- Brooks, D. R. y D. A. McLennan. 1991. Phylogeny, ecology, and behavior: A research program in comparative biology. University of Chicago Press. Chicago 434 p.
- Brooks, R. D., V. León-Régagnon y G. Pérez-Ponce de León. 2001. Los parásitos y la biodiversidad. En Hernández, H. M., A. N. García-Aldrete, F. Álvarez y M. Ulloa. (Comps). Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México pp. 245-289.
- Bush, A. O., K. K. Lafferty, J. M. Lotz y A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. Journal of Parasitology 83:575-583.
- Caballero, D. J. 1970. Descripción de *Brachylaemus* (*Brachylaemus*) *bravoae* sp. nov. (Trematoda: Digenea), de roedores del estado de Jalisco, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología. México 41:39-44.
- Ceballos, G. G. y C. L. Galindo. 1984. Mamíferos silvestres de la cuenca de México. Editorial Limusa. México 233 p.
- Chabaud, A. G. 1975. CIH keys to the nematode parasites of vertebrates. No. 3 Keys to genera of the order Spirurida. Part 2, Spiruroidea, Habronematoidea and Acuarioidea. Common wealth Agricultural Bureaux International. Farnham Royal, U. K. pp 1-27.
- Erickson, A. B. 1938. Parasites of some Minnesota Cricetidae and Zapodidae and an host catalogue of helminth parasites of native American mice. American Midland Naturalist 20:575-589.
- Falcón-Ordaz, J. 1993. Estudio taxonómico de los nemátodos parásitos de roedores de los géneros *Peromyscus* y *Liomys*, de Huehuetla y Atlatilpan, Estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México 100 p.
- Falcón-Ordaz, J., G. Pulido-Flores y S. Monks. 2010. New species of *Aspiculuris* (Nematoda: Heteroxynematidae), parasite of *Mus musculus* (Rodentia: Muridae), from Hidalgo, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 81:669-676.0
- Falcón-Ordaz, J. y M. Á. Sabrina-Espinosa. 1995. Especie nueva del género *Protospirura* (Nemata: Spiruridae) de *Peromyscus difficilis* (Rodentia: Cricetidae) de Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México 66:17-26.
- Falcón-Ordaz, J. y M. Á. Sabrina-Espinosa. 1996. Especie nueva del género *Carolinensis* (Nemata: Heligmosomidae) de *Peromyscus difficilis* de Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología 67:67-75.

- Falcón-Ordaz, J. y M. A. Sanabria-Espinoza. 1999. Dos nuevas especies de *Stilestrongylus* (Nematoda: Heligmonellidae) parásitos de *Peromyscus* (Rodentia: Cricetidae) de México. *Revista de Biología Tropical* 47:929-937.
- FIR: Ficha Informativa de los humedales de RAMSAR. 2003. Laguna de Tecocomulco.
- Gibson, I. D., A. Jones y A. R. Bray. 2002. Keys to the trematoda Volume I. CABI Publishing and The Natural History Museum, London. 521 p.
- Hall, E. R. 1981. The Mammals of North America. John Wiley and Sons, New York 191 p.
- Hall, E. R. y K. R. Kelson. 1959. The Mammals of North America. Ronald Press, Nueva York 125 p.
- Hartwich, G. 1974. CIH Keys to the nematode parasites of vertebrates. No. 2 Keys to the genera of the Ascaridoidea. Common wealth Agricultural Bureaux International. Wallingford, U. K. 222 p.
- Lamothe-Argumedo, R., J. Falcón-Ordaz, L. García-Prieto y J. Fernández-Fernández. 2005. A new Dicrocoeliid (Digenea: Dicrocoeliinae) parasite of rodents from Tlaxcala, México. *Journal of Parasitology* 91:1410-1412.
- Marcogliese, D. J. 2005. Parasites of the superorganism: Are they indicators of ecosystems health?. *International Journal for Parasitology* 35:705-716.
- Miller, G. E. y G. D. Schmidt. 1982. Helminths of bushy-tailed wood rats, *Neotoma cinerea* subsp. from Colorado, Idaho and Wyoming. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 49:109-117.
- Monet-Mendoza, A., D. Osorio-Sarabia y L. García-Prieto. 2005. Helminths of the Virginia Oposumm *Didelphis virginiana* (Mammalia: Didelphidae) en México. *Journal of Parasitology* 91:213-219.
- Mott, K. E., I. Nuttall, P. Desjeux y P. Cattand. 1995. New geographical approaches to control of some parasitic zoonoses. *Bulletin of the World Health Organization* 73:247-257.
- Muller, R. 2002. Worms and human disease. CABI Publishing. Surrey, U. K. 100 p.
- Pérez-Ponce de León, G. y L. García-Prieto. 2001. Los parásitos en el contexto de la biodiversidad y la conservación. *Biodiversitas* 6:11-14.
- Pritchard, M. H. y G. O. W. Kruse. 1982. The collection and preservation of animal parasites. University of Nebraska Press. Lincoln, Nebraska. 110 p.
- Pulido-Flores, G., S. Moreno-Flores y S. Monks. 2005a. Helminths of rodents (Rodentia: Muridae) from Metztitlán, San Cristóbal, and Rancho Santa Elena, Hidalgo, México. *Comparative Parasitology* 72(2):186-192.
- Pulido-Flores, G., S. Monks y A. J. Gordillo-Martínez. 2005b. Monitoreo de bajo costo en la evaluación de la calidad ambiental. Memorias en extenso del X Congreso Nacional y IV Internacional de Ciencias Ambientales. *Revista Internacional de Ciencias Ambientales* 21:578-583.
- Roberts, S. L. y J. Janovy. 2000. Foundations of parasitology. Sixth edition. MacGraw-Hill Higher Education. EUA. 647 p.
- Skrjabin, K. I., N. P. Shikhobalova y E. A. Lagodovskaya. 1961. Essentials of nematology X. Oxyurata of animals and man. Part 2. Keter Publishing House Jerusalem Ltd. Moscow. 125 p.
- Sures, B., R. Siddall y H. Taraschewski. 1999. Parasites as accumulation indicators of heavy metal pollution. *Parasitology Today* 15:16-21.
- Ubelaker, E. J. y M. D. Dailey. 1966. Taxonomy of the genus *Brachylaima* Dujardin (Trematoda: Digenea) with description of *B. chiapensis* sp. n. from *Peromyscus guatemalensis* in México. *The Journal of Parasitology* 52:1062-1065.
- Yamaguti, S. 1958. The digenic trematodes of vertebrates. Wiley Interscience Publications. New York, USA 1575 p.
- Yamaguti, S. 1959. Systema Helminthum: Cestoda. Vol II. Interscience Pub, Co. London, U.K. 860 p.
- Yamaguti, S. 1961. Systema Helminthum: Nematodes of vertebrates. Vol. III. Inter Science Publishers Inc. New York, USA 679 p.
- Yamaguti, S. 1971. Sinopsis of digenetic trematodes of vertebrates. Vol. I. Keigaku Publishing Co. Tokyo, Japan 22 p.
- Zimmermann, S., B. Sures y H. Taraschewski. 1999. Experimental studies on lead accumulation in the eel-specific endoparasites *Anguillicola crassus* (Nematoda) and *Paratenuisentis ambiguus* (Acanthocephala) as compared with their host, *Anguilla anguilla*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 37:190-195.

Análisis morfométrico de *Glypthelmins quieta* (Stafford, 1900) Stafford, 1905 (Digenea: Macroderoididae) en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México

Francisco Alemán-Muñoz, Griselda Pulido-Flores,
Scott Monks, y Jorge Falcón-Ordaz

Resumen

Se evaluó la variación morfológica de 30 ejemplares adultos de la especie *Glypthelmins quieta*, parásitos de *Lithobates spectabilis* en localidad de Metznoxtla, en la Reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo. El objetivo del presente trabajo fue contribuir al conocimiento de la variación morfológica de *G. quieta*, y evaluar si los caracteres de presencia ausencia de glándulas perifaríngeas y forma de las glándulas mediales son válidos para la asignación de ejemplares a una especie. Se generó una base de datos morfológicos realizando tres análisis de componentes principales (ACP). El primer ACP se realizó con la totalidad de los caracteres evaluados (84), el cual explicó el 50.17% de la variación acumulada en los dos primeros componentes; el componente principal 1 (CP1) explicó un 38.88% y el componente principal 2 (CP2) explicó 11.29%. En el segundo ACP únicamente se consideraron los datos merísticos (47), en donde el porcentaje de la variación acumulada por los dos primeros componentes fue de 65.69%, el CP1 explicó el 53.42% y el CP2 el 12.27%. En el tercer ACP solo se consideraron caracteres cualitativos, cuantitativos y binarios (37), explicó el 29.33% de la variación acumulada en los dos primeros componentes; el CP1 explicó el 15.31% y el CP2 el 14.02%. Se concluye que los caracteres merísticos presentan mayor variación morfológica, y que el carácter de presencia o ausencia de las glándulas perifaríngeas en los ejemplares estudiados no es válido para la asignación de estos a la especie de *Glypthelmins quieta*. Sin embargo, la forma de las glándulas mediales sí fue válido.

Palabras clave: Macroderoididae, *Glypthelmins quieta*, morfometría, análisis de componentes principales

Introducción

El género *Glypthelmins* fue propuesto por Stafford en 1905 para incluir a la especie tipo *Glypthelmins quieta* (Stafford 1900) Stafford 1905, colectada y descrita por él mismo en 1900. Los parásitos fueron recolectados de *Pseudacris crucifer* (Wied-Neuwied, 1838) [reportado como *Hyla pickeringii* Holbrook, 1840]; *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) [reportado como *Rana catesbeiana* Shaw, 1802] y *L. areolatus* (Baird and Girard, 1852) [reportado como *R. virescens* Kalm, 1761 (Cheng, 1961)]. Desde entonces, se han descrito alrededor de 36 especies, todas ellas

parásitas de ápodos y anuros, la mayoría se han registrado en el Continente Americano (Razo-Mendivil, 2004).

La primera especie de *Glypthelmins* que se registró en México fue *G. californiensis* (Cort 1919) Miller, 1930 como parásito de *L. montezumae* (Baird, 1854) [reportado como *R. montezumae* Baird, 1854] y *L. pipiens* (Schreber, 1782) [reportado como *R. pipiens* Schreber, 1782] en el Distrito Federal (Caballero y Caballero y Sokoloff, 1934). A partir de entonces, en México se han registrado cinco especies de este género (*G. californiensis*, *G. parva* Travassos, 1924; *G. quieta* (Stafford 1900) Stafford 1905; *G. brown-*

rumae Razo-Mendivil, León-Règagnon y Pérez Ponce de León, 2003 y *G. tuxtlasensis* Razo-Mendivil, León-Règagnon y Pérez Ponce de León, 2003), como parásitos de 14 especies de hospederos en 11 estados de la República Mexicana (Sonora, Sinaloa, Jalisco, Colima, Michoacán, Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo, Veracruz, Tabasco y Oaxaca). Además, se han reconocido dos tipos morfológicos (morfortipos) provenientes de *L. vaillanti* (Brocchi, 1877) [reportado como *R. vaillanti* Brocchi, 1877] de Chiapas y Oaxaca (Razo-Mendivil, 2004). Estas especies parasitan a miembros de los complejos "*L. pipiens*" y "*L. palmipes*" (*sensu* Hillis *et al.*, 1983; Hillis y Frost, 1985; Hillis y de Sa, 1988) en localidades con influencia de las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical.

Actualmente no existe un consenso general sobre el número de especies que constituyen *Glypthelmins*, debido a que varias de éstas se han incluido en los géneros: *Margeana* Cort, 1919; *Haplometrana* Lucker, 1931; *Choledocystus* Pereira y Cuocolo, 1941; *Microderma* Mehra, 1931; *Repandum* Byrd y Maples, 1963; *Rauschiella* Babero, 1951; *Reynoldstrema* Cheng, 1959 e *Hylotrema* Sullivan, 1972. Asimismo, distintos estudios taxonómicos han considerado a algunos de estos géneros como sinónimos de *Glypthelmins* o como géneros válidos (Razo-Mendivil, 2004). Las especies que se han incluido en *Glypthelmins*, se han incorporado por la ausencia o presencia de glándulas perifaríngeas, tamaño del esófago, posición de las glándulas vitelógenas, tamaño de la ventosa oral, acetábulo, faringe, gónadas, huevos, tamaño y ubicación de los testículos y la bolsa del cirro, y configuración del útero, entre otros (Caballero y Caballero, 1938; Olsen, 1937). Sin embargo, algunos autores han observado la existencia de algunos cambios significativos en la morfología de los ejemplares de *G. quieta* con lo cual demostraron un alto grado de variabilidad morfológica intra-específica en algunas de las estructuras antes mencionadas (Miller, 1930; Rankin, 1944). Por otro lado, la forma y posición de las glándulas perifaríngeas es muy variable entre los ejemplares, con base en la técnica de tinción que se utilice. Con ciertos colorantes estas estructuras se observan perfectamente, mientras que con otros no se tiñen y no se observan (Byrd y Maples, 1963). Por ello, algunas de las especies que constituyen el género *Glypthelmins* se han considerado sinónimos.

El objetivo de este trabajo, fue contribuir al conocimiento de la variación morfológica de *G. quieta* (Fig. 1), como parásito de *Lithobates spectabilis* (Hillis y Frost, 1985) (Fig. 2) en la localidad de Metznxtla,

en la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México (Fig. 3). Asimismo, evaluar a través de un análisis de componentes principales los caracteres de presencia o ausencia de glándulas perifaríngeas y forma de las glándulas mediales, como caracteres de diagnóstico de *G. quieta* para la asignación de ejemplares colectados del intestino de *L. spectabilis* en Metznxtla, Hidalgo.

Material y Métodos

Se realizó un análisis morfométrico a 30 ejemplares de *G. quieta* (Fig. 1) provenientes de cuatro ejemplares de *L. spectabilis* de la comunidad de Metznxtla, en la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo. Los nombres científicos de las ranas están con base en Frost (2013).

Cada uno de los ejemplares objeto de este estudio cuenta con un número de preparación y un número de depósito en la Colección de Helmintos, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (CHE-UAHEH). Cada ejemplar se consideró como una unidad taxonómica operativa (OTU), asignándole una letra del alfabeto para referirlo en los análisis multivariados que forman parte de los métodos fenéticos.

La morfometría se realizó mediante el uso de un ocular micrométrico montado a un microscopio óptico calibrado, utilizando diferentes aumentos (4x, 10x, 20x y 40x).

A partir de las observaciones realizadas, se obtuvo información de cada uno de los 30 ejemplares objeto de estudio. Se construyó una matriz de datos con 84 caracteres, de los cuales 76 fueron citados por Razo-Mendivil (1998). Los caracteres son: 44 merísticos (1 al 36 y de 39 al 46), ocho caracteres binarios (presencia ausencia: 50, 53, 58, 59, 62, 67, 71 y 74), nueve caracteres cualitativos de dos estados (48, 57, 66, 69, 70, 72, 75, 76 y 79), 14 caracteres cualitativos multiestado (51, 52, 54, 55, 56, 60, 61, 63, 64, 65, 68, 73, 77 y 78) y un carácter cualitativo continuo (80).

Como parte de este estudio, ocho caracteres son una nueva contribución para la ciencia. De los cuales, tres caracteres son merísticos (37, 38 y 47), un carácter binario de presencia ausencia (49) y cuatro caracteres cualitativos de dos estados (81, 82, 83 y 84). Por último, los datos perdidos se registraron con el número 999.

Se realizaron tres análisis de componentes principales (ACPs) para evaluar que tipo de caracteres explican el mayor porcentaje de la varianza acumulada en los dos primeros componentes principales. El primero de estos análisis se realizó con la totalidad

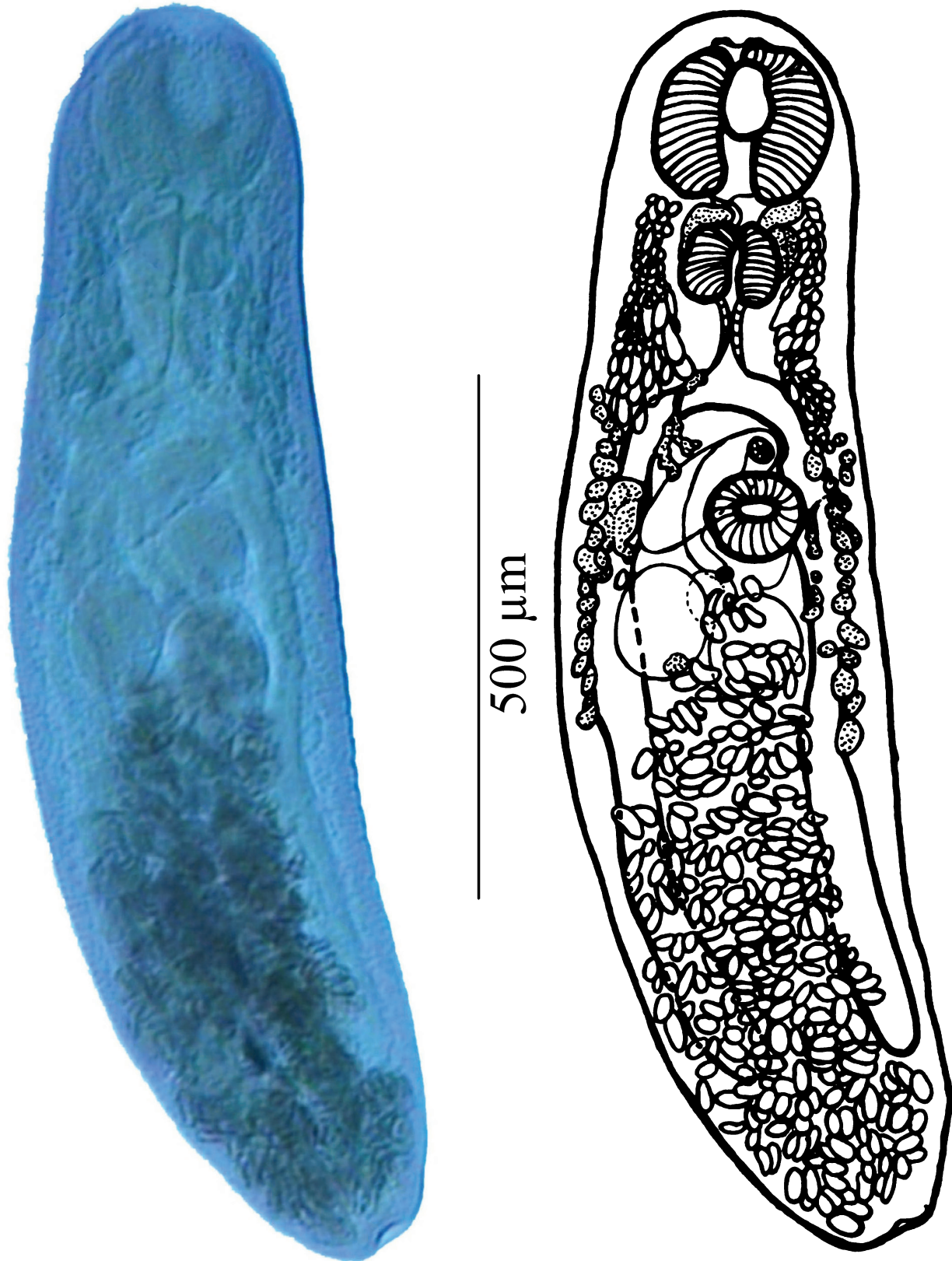


Figura 1. *Glyphelmings quieta* (Stafford 1900) Stafford 1905 de *Lithobates spectabilis* (Hillis y Frost, 1985). A. Fotomicrografía de un ejemplar de *G. quieta*; B. Esquema del mismo individuo para resaltar las estructuras.



Figura 2. Un ejemplar de *Lithobates spectabilis* (Hillis y Frost, 1985) de la localidad del estudio.

de los caracteres evaluados (84), en el segundo análisis únicamente se consideraron los datos merísticos (47) y el tercero se realizó con los caracteres cualitativos, cuantitativos y binarios (37). Los análisis se realizaron con el programa NTSYS-pc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System versión 2.02i, realizando los siguientes pasos:

- 1) Estandarización de la matriz básica de datos, por filas (caracteres) en la opción sustracción por el método YBAR, en donde la medida de cada variable, y es sustraída, mientras que en la opción división el método fue STD, en donde la diferencia es dividida por la desviación estándar.
- 2) Obtención de una matriz de correlación entre caracteres, mediante la opción SimInt, con el

código para coeficiente CORR, que es la correlación del producto-momento.

- 3) Cálculo de eigenvectores y eigenvalores, mediante la opción Eigen. Se extrajeron los primeros tres ejes de la matriz de correlación y se realizó con el método SQRT (LAMBDA), en donde la longitud es igual a la raíz cuadrada de un eigenvalor.
- 4) Proyección de las OTUs en el espacio delimitado por los factores o componentes. La proyección se realizó por columnas y con el método $P = F^t O$. Donde F es una variable por K dimensiones de la matriz factor y O es la matriz de entrada que anteriormente fue estandarizada con n variables y t objetos (por default, los objetos corresponden a las columnas pero otra opción puede ser que las filas correspondan a los objetos).
- 5) Visualización de los resultados en un gráfico bidimensional por medio de la opción 2D Plot, que se encuentra dentro de la sección Graphics. El trazo se hace por filas.
- 6) Visualización de los resultados en un gráfico tridimensional mediante la opción 3D Plot. El trazo se realizó por filas.

Resultados y Discusión

Caracteres merísticos

1. Largo del cuerpo

El largo del cuerpo se midió del extremo anterior al extremo posterior del cuerpo.



Figura 3. La localidad del estudio, un jagüey cerca de Metznoxtla, Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. A. La barranca y la vega de la Reserva, tomado desde el lado de Metznoxtla; B. El jagüey (Nota: la coloración del agua es el color típico del jagüey).

2. Ancho del cuerpo

El ancho del cuerpo se midió a la altura del acetábulo.

3. Largo de la boca

Se midió del extremo anterior al extremo posterior de la boca.

4. Ancho de la boca

Esta medida se tomó de manera lateral a la boca.

5. Largo del esófago

Esta medida se tomó desde donde termina la faringe hasta donde empieza la bifurcación cecal.

6. Ancho del esófago

Esta medida se tomó de extremo lateral a extremo lateral del esófago.

7. Largo del ciego izquierdo

Esta medida se tomó desde la bifurcación cecal, hasta donde termina el ciego izquierdo.

8. Ancho del ciego izquierdo

Esta medida se tomó de extremo lateral a extremo lateral del ciego izquierdo, pero a la altura del acetábulo.

9. Distancia del ciego izquierdo al extremo posterior del cuerpo

Esta medida se tomó desde donde termina el ciego izquierdo hasta el extremo posterior del cuerpo.

10. Largo del ciego derecho

Esta medida se tomó desde la bifurcación cecal, hasta donde termina el ciego derecho.

11. Ancho del ciego derecho

Esta medida se tomó de extremo lateral a extremo lateral del ciego derecho pero a la altura del acetábulo.

12. Distancia del ciego derecho al extremo posterior del cuerpo

Esta medida se tomó desde donde termina el ciego derecho hasta el extremo posterior del cuerpo.

13. Distancia del poro genital al acetábulo

Esta medida se registró desde el borde anterior del poro genital al borde posterior del acetábulo.

14. Largo del extremo anterior de la vesícula seminal

La medida se tomó de extremo anterior a extremo posterior de la parte anterior de la vesícula seminal.

15. Ancho del extremo anterior de la vesícula seminal

La medida se tomó de extremo lateral a extremo lateral de la parte anterior de la vesícula seminal.

16. Largo del extremo posterior de la vesícula seminal

La medida se tomó de extremo anterior a

extremo posterior de la parte posterior de la vesícula seminal.

17. Ancho del extremo posterior de la vesícula seminal

La medida se tomó de extremo lateral a extremo lateral de la parte posterior de la vesícula seminal.

18. Largo de las glándulas vitelógenas del extremo derecho

Esta medida se tomó desde donde se extienden las glándulas vitelógenas anteriormente hasta donde se extienden posteriormente del lado derecho.

19. Ancho de las glándulas vitelógenas del extremo derecho

Esta medida se tomó de extremo lateral a extremo lateral de donde se extienden las glándulas vitelógenas del lado derecho.

20. Largo de las glándulas vitelógenas del extremo izquierdo

Esta medida se tomó desde donde se extienden las glándulas vitelógenas anteriormente hasta donde se extienden posteriormente del lado izquierdo.

21. Ancho de las glándulas vitelógenas del extremo izquierdo

Esta medida se tomó de extremo lateral a extremo lateral de donde se extienden las glándulas vitelógenas del lado izquierdo.

22. Diámetro antero—posterior de la ventosa oral

Esta medición se tomó del extremo anterior al extremo posterior de la ventosa oral.

23. Diámetro lateral de la ventosa oral

Esta medida se tomó de manera lateral a la ventosa oral.

24. Diámetro antero—posterior del acetábulo

Se midió del extremo anterior al extremo posterior.

25. Diámetro lateral del acetábulo

Esta medida se tomó de extremo a extremo lateralmente.

26. Largo de la faringe

El largo de la faringe se midió del extremo anterior de la faringe al extremo posterior de la misma.

27. Ancho de la faringe

Esta medida se tomó de manera lateral de extremo a extremo.

28. Distancia de la bifurcación cecal al extremo anterior del cuerpo

Esta medida se tomó de donde empieza la bifurcación cecal hasta el extremo anterior del cuerpo.

29. Largo del ovario

- Esta medida se tomó del extremo anterior al extremo posterior del ovario, en la parte media.
30. **Ancho del ovario**
El ancho del ovario se midió en la parte media, de extremo lateral a extremo lateral.
 31. **Largo del testículo izquierdo**
Esta medida se tomó del extremo anterior del testículo al extremo posterior del mismo.
 32. **Ancho del testículo izquierdo**
Se midió en la parte media del testículo, de extremo lateral a extremo lateral.
 33. **Largo del testículo derecho**
Se midió del extremo anterior del testículo al extremo posterior del mismo.
 34. **Ancho del testículo derecho**
El ancho del testículo se tomó en la parte media del testículo, de extremo lateral a extremo lateral.
 35. **Largo de la bolsa del cirro**
Se midió del extremo anterior de la bolsa del cirro al el extremo posterior de la misma.
 36. **Ancho de la bolsa del cirro**
Se midió del extremo lateral a extremo lateral de esta estructura, pero de la parte más ancha de la bolsa del cirro.
 37. **Largo del cirro**
Se midió del extremo anterior al extremo posterior del cirro. En los casos en los que el cirro estaba enrollado, esta estructura se midió por partes.
 38. **Ancho del cirro**
Esta medida se tomó de extremo lateral a extremo lateral del cirro en la parte media.
 39. **Largo de la vesícula seminal**
Se midió del extremo anterior al extremo posterior de la vesícula seminal.
 40. **Ancho de la vesícula seminal**
Se midió de extremo lateral a extremo lateral de la vesícula seminal, por la parte más ancha.
 41. **Distancia del poro genital al borde anterior del cuerpo**
Se midió del poro genital al extremo anterior del cuerpo.
 42. **Largo del receptáculo seminal**
Se midió del extremo anterior al extremo posterior del receptáculo seminal.
 43. **Ancho del receptáculo seminal**
Se midió de extremo lateral a extremo lateral del receptáculo seminal.
 44. **Largo del huevo**
Esta medida se realizó escogiendo un huevo al azar y se midió de extremo anterior a extremo posterior del huevo.

45. **Ancho del huevo**
Se midió de extremo lateral a extremo lateral del huevo.
46. **Distancia entre la faringe y el acetábulo**
Se midió del extremo anterior del acetábulo al extremo posterior de la faringe.
47. **Distancia del ciego intestinal derecho al borde lateral del cuerpo.**
Se midió del extremo derecho del ejemplar a la parte externa del ciego, a la altura del acetábulo.

Caracteres cualitativos, cuantitativos y binarios

48. **Posición de la ventosa oral**
Estados: 0 — subterminal; 1 — terminal. La condición 0 se refiere a que la ventosa oral se ubica en el extremo anterior del cuerpo ocupando parte de las regiones ventrales y dorsales. La ventosa oral subterminal solamente ocupa la región ventral de los organismos y no abarca el margen anterior del cuerpo.
49. **Papilas en la ventosa oral**
Estados: 0 — Ausentes; 1 — Presentes. Papilas en la ventosa oral, se refiere a la presencia de pequeñas estructuras que se encuentran en la ventosa oral. La condición 1 se presenta en la mayoría de los ejemplares. Sin embargo, no se encuentra en todos.
50. **Espinas en tegumento**
Estados: 0 — Ausentes; 1 — Presentes. La condición 1 no hace referencia sobre el tipo de espinas corporales.
51. **Distribución de las espinas en tegumento**
Estados: 0 — Ausentes; 1 — Presencia de espinas únicamente en la región de la ventosa oral; 2 — Presencia de espinas desde la región anterior hasta la región media posterior del cuerpo; 3 — Presencia de espinas en todo el cuerpo. La condición 0 se refiere a que las espinas están ausentes.
52. **Tipo de las espinas corporales**
Estados: 0 — Ausentes; 1 — Escamiformes; 2 — Afiladas. La condición 1 se refiere a las espinas corporales que en su porción distal no terminan en punta si no de manera semiredondeada, independientemente que se presenten pectinadas o completamente lisas. La observación de estas estructuras se hizo de manera frontal ya que las escamas que se presentan en los bordes laterales de los ejemplares dan la apariencia de ser estructuras puntiagudas. La condición 2 se refiere a las estructuras que en su porción distal terminan en punta.

53. Glándulas perifaríngeas

Estados: 0 — Ausentes; 1 — Presentes. Estas glándulas tienen forma de racimo, se encuentran alrededor de la faringe y se distribuyen desde la parte anterior de la misma hasta la bifurcación cecal.

54. Forma de las glándulas mediales

Estados: 0 — Ausentes; 1 — Amorfas; 2 — En pequeños racimos. Estas glándulas son de menor tamaño que las perifaríngeas y se disponen en la región anterior, posterior y lateral de la faringe. El estado de carácter 1, se refiere a las estructuras que rodean la faringe pero que no tienen una morfología definida. La condición 2 se refiere a estructuras que rodean completamente a la faringe pero que tienen forma de racimo.

55. Forma de los testículos

Estados: 0 — Alargados transversalmente; 1 — Redondeados u ovalados; 2 — Ramificados. La condición 0 se refiere a los testículos que son más anchos que largos. La condición 1 se refiere a que los testículos son más largos que anchos, o que miden lo mismo de largo que de ancho. El estado de carácter 2 se refiere a las estructuras masculinas ramificadas.

56. Posición de los testículos con respecto al eje antero-posterior

Estados: 0 — Simétricos; 1 — Oblicuos o en diagonal; 2 — En tándem. La condición 0 se refiere a que los testículos se encuentran al mismo nivel o uno al lado del otro. La condición 1 se refiere a que los testículos no se encuentran al mismo nivel y que se encuentra uno más anterior que el otro. El estado de carácter 2 se refiere a los testículos que se encuentran uno seguido del otro.

57. Posición de los testículos con respecto a los ciegos intestinales

Estados: 0 — Entre los ciegos; 1 — Entre el ciego y el borde lateral del cuerpo. La condición 0 se refiere a que los testículos se encuentran ubicados de manera intercecal, es decir entre los ciegos. La condición 1 refiere a los testículos que se extienden hasta la zona extracecal, por lo cual se extienden más allá de los bordes externos de los ciegos intestinales.

58. Sobrelapamiento de testículos con los ciegos intestinales

Estados: 0 — Ausente; 1 — Presente. La condición 0 hace referencia a que los testículos que se encuentran en la región intercecal no presentan ningún contacto con los ciegos intestinales. La condición 1 se refiere a que los testículos que se encuentran en la región intercecal presentan con-

tacto con los ciegos intestinales.

59. Contacto entre los bordes de los testículos

Estados: 0 — Ausente; 1 — Presente.

La condición 0 se refiere a que los testículos se encuentran separados y que no se presenta ningún contacto entre sus bordes. El estado de carácter 1 se refiere a que los bordes de los testículos entran en contacto.

60. Forma de la bolsa del cirro

Estados: 0 — Curva; 1 — Recta. La condición 0 hace referencia a que la bolsa del cirro presenta forma de "C" o "U" invertida. El estado de carácter 1 se refiere a que la bolsa del cirro presenta una forma oval.

61. Forma de la vesícula seminal

Estados: 0 — Entera; 1 — Bipartita; 2 — Enrollada. La condición 0 se refiere a que la vesícula seminal no presenta ninguna división o algún tipo de plegamiento. El estado de carácter 1 se refiere a la vesícula seminal dividida en dos partes no importando el tamaño de ellas. La condición 2 se refiere a la vesícula seminal con varios pliegues sobre sí misma.

62. Atrio genital

Estados: 0 — Ausente; 1 — Presente. La condición 0 se refiere a que el metratermo y la bolsa del cirro desembocan directamente en el poro genital. El estado de carácter 1 hace referencia a que el metratermo y la bolsa del cirro desembocan en una cavidad que se encuentra antes de llegar al poro genital, y que se conoce como atrio genital.

63. Localización del poro genital con respecto a los ciegos intestinales

Estados: 0 — Intercecal; 1 — Cecal; 2 — Extracecal. El estado de carácter 0 se refiere a que el poro genital se localiza entre los ciegos intestinales. La condición 1 refiere la ubicación del poro genital en posición ventral a los ciegos intestinales. El estado de carácter 2 refiere al poro genital ubicado por fuera de los ciegos intestinales.

64. Ubicación del poro genital en el cuerpo

Estados: 0 — Anteroacetabular y Postbifurcal; 1 — Bifurcal; 2 — Anterior a la ventosa oral. El estado de carácter 0 refiere al poro genital en posición anterior al acetábulo y posterior a la bifurcación cecal. La condición 1 se refiere a que el poro genital se localiza en posición ventral a la bifurcación cecal. El estado de carácter 2 se refiere a que el poro genital abre en la región cercana al borde anterior de la ventosa oral.

65. Posición del poro genital con relación al eje antero-posterior del cuerpo

Estados: 0 — Medial; 1 — Submedial; 2 — Lateral.

La condición 0 se refiere a que el poro genital se localiza en el eje central del cuerpo. La condición submedial se refiere a que el poro genital se encuentra localizado al lado derecho o izquierdo del cuerpo, pero dentro de la región intercecal. La condición 2 se refiere a que el poro genital se ubica lateralmente en el cuerpo, por fuera de la región intercecal.

66. **Posición del ovario en el cuerpo**

Estados 0—Dextral; 1—Sinistral. La condición 0 se refiere a que el ovario se encuentra en el lado derecho del ejemplar. El estado de carácter 1 se refiere a que el ovario se encuentra del lado izquierdo.

67. **Receptáculo seminal**

Estados: 0—Ausente; 1—Presente. La condición 0 se refiere a que no existe la presencia de un receptáculo seminal, el cual es una estructura que alberga espermatozoides, mientras que la condición 1 se refiere a que si existe un receptáculo seminal.

68. **Disposición de las asas uterinas con respecto a los ciegos intestinales**

Estados: 0—Intercecales; 1—Intercecales y cecales; 2—Intercecales, cecales y extracecales. La condición 0 se refiere a que las asas uterinas ocupan totalmente la región intercecal. La condición 1 se refiere a que las asas uterinas se disponen en la región intercecal, pero extendiéndose hasta la región cecal. La condición 2 se refiere a que las asas uterinas se distribuyen en la región intercecal, cecal y extracecal.

69. **Extensión de las asas uterinas hacia el extremo posterior del cuerpo**

Estados: 0—Parcialmente; 1—Totalmente. La condición 0 se refiere a que las asas uterinas no se distribuyen hasta el borde posterior del cuerpo, mientras la condición 1 se refiere a que las asas uterinas si se encuentran distribuidas hasta el borde posterior del cuerpo.

70. **Posición de las asas uterinas con respecto a los testículos**

Estados: 0—Entre los testículos; 1—Ventral a los testículos. La condición 0 se refiere a que el útero en su recorrido hacia el extremo anterior pasa por en medio de los testículos. La condición 1 se refiere a que el útero en su recorrido hacia el extremo anterior se encuentra de manera ventral a los testículos

71. **Asas uterinas pretesticulares**

Estados: 0—Ausentes; 1—Presentes. La condición 0 se refiere a que el útero comienza a dar origen al metratermo a partir de la región

testicular, por lo tanto las asas uterinas no se extienden en la región anterior de los testículos.

72. **Ubicación del metratermo con respecto a la bolsa del cirro**

Estados: 0—Dorsal; 1—Ventral. La condición 0 se refiere a que el metratermo en su recorrido hacia el poro genital se encuentra de manera dorsal a la bolsa del cirro. La condición 1 se refiere a que el metratermo en su recorrido hacia el poro genital se encuentra de manera ventral.

73. **Extensión anterior de los folículos vitelógenos**

Estados: 0—Ausentes; 1—Al nivel de la ventosa oral; 2—Al nivel de la faringe, esófago o bifurcación cecal; 3—Posterior a la bifurcación cecal. El estado de carácter 1 hace referencia a que los folículos vitelógenos se extienden a nivel de la ventosa oral. La condición 2 hace referencia que los folículos vitelógenos pueden extenderse anteriormente a nivel de la de la faringe, esófago o bifurcación cecal, mientras que el estado de carácter 3 se refiere a los ejemplares en los que los folículos vitelógenos se extienden posterior a la bifurcación cecal.

74. **Folículos vitelógenos intercecales**

Estados: 0—Ausentes; 1—Presentes. El estado de carácter 1 se refiere a que no están presentes los folículos vitelógenos, mientras que el estado de carácter 1 se refiere a que los folículos vitelógenos que se encuentran distribuidos dentro de la región cecal.

75. **Distribución de los folículos vitelógenos en la región intercecal**

Estados: 0—No confluentes; 1—Confluentes. El estado de carácter 0 se refiere a que los folículos vitelógenos que se distribuyen dentro de la región cecal no se unen dentro de esta región, mientras que la condición 1 hace referencia a que los folículos que se encuentran en la región cecal confluyen en algún punto.

76. **Disposición de los folículos vitelógenos**

Estados: 0—No formando cúmulos; 1—Formando cúmulos. La condición 0 se refiere a que los folículos vitelógenos que se disponen de forma continua y no se agrupan en ninguna parte en donde se extienden las glándulas vitelógenas. La condición 1 se refiere a que los folículos se acumulan en ciertas zonas a lo largo de la distribución de las glándulas vitelógenas.

77. **Forma de las glándulas vitelógenas**

Estados: 0—Acinosas; 1—Arrosetadas; 2—Foliculares. La condición 0 incluye folículos delgados y largos que se orientan en todas direcciones. El estado de 1 se refiere a las glándulas

vitelógenas que están constituidas por una región central rodeada por varios folículos que presentan forma de abanico, dando la apariencia de una roseta. La condición 2 se refiere a las glándulas vitelógenas que están constituidos por folículos de forma circular o semicircular que se disponen de manera continua.

78. Posición del acetábulo con respecto a los ciegos intestinales

Estados: 0 – Intercecal; 1 – Cecal; 2 – Intercecal desviado al ciego izquierdo. La condición 0 se refiere a que el acetábulo se encuentra distribuido entre los ciegos intestinales. El estado de carácter 1 hace referencia a que el acetábulo se encuentra en posición ventral a los ciegos intestinales. Así mismo, el estado de carácter 2 se refiere a que el acetábulo se encuentra entre los ciegos intestinales, pero ligeramente desviado hacia donde se encuentra el ciego derecho.

79. Abertura del poro genital

Estados: 0 – Dorsal; 1 – Ventral. El estado de carácter 0 se refiere a que la abertura del poro genital se encuentra de manera dorsal. La condición 1 se refiere a que la abertura del poro genital se encuentra en la parte ventral del cuerpo.

80. Extensión posterior de los ciegos intestinales

Estados: 0 – Borde del 5/5; 1 – En la mitad anterior del 5/5 del cuerpo; 2 – En la mitad posterior del 5/5.

81. Porciones de la vesícula seminal

Estados: 0 – Diferente tamaño; 1 – Iguales. La condición 0 hace referencia a que las porciones de la vesícula seminal bipartita son de diferente tamaño, mientras que el estado de carácter 1 se refiere a que las porciones de la vesícula seminal bipartita son del mismo tamaño.

82. Opérculo de huevos

Estados: 0 – Diagonal; 1 – Anterior. El estado de carácter 0 se refiere a que el opérculo de los huevos se encuentra de forma diagonal al huevo, mientras que la condición 1 se refiere a que el opérculo de los huevos se encuentra en la parte anterior al huevo.

83. Forma del huevo

Estados: 0 – Forma oval (bolillo); 1 – Esférico. La condición 0 hace referencia a los huevos que se presentan forma oval (bolillo), mientras que el estado de carácter 1 se refiere a los huevos que tienen forma esférica.

84. Ubicación de la vesícula seminal

Estados: 0 – Totalmente adentro de la bolsa del cirro; 1 – Parcialmente fuera de la bolsa del cirro.

La condición 0 se refiere a que la vesícula seminal se encuentra totalmente dentro de la bolsa del cirro. El estado de carácter 1 se refiere a que la vesícula seminal se encuentra parcialmente fuera de la bolsa del cirro.

Como ejemplo de algunos de los caracteres evaluados se presentan en la (Fig. 4): Longitud de los ciegos intestinales (7, 10); papilas en la ventosa oral (49); tipo de espinas en tegumento (52); forma de las glándulas mediales (54); forma de la bolsa del cirro (60); forma de la vesícula seminal (61); ubicación del poro genital en el cuerpo (64); (72) ubicación del metratremo.

Análisis de componentes principales para la base de datos completa: Los datos de las 84 variables de los 30 ejemplares se estandarizaron, debido a que presentaban escalas diferentes (Mangeaud, 2004). Posteriormente, se construyó una matriz de correlación en donde las variables; 48, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 64, 70, 71, 76, 77, 79, 82, 83 y 84, presentaron una alta autocorrelación, por lo que se eliminaron, quedando 68 variables.

El análisis de componentes principales aplicado para la base de datos completa explicó el 58.67% de la variación acumulada en los tres primeros componentes; el CP1 explicó un 38.88%, el CP2 explicó 11.29% y el CP3 explicó 8.50% (Tabla 1). Además, se caracterizaron por presentar coeficientes positivos y negativos (Tabla 2).

Cuando se observa la posición de los OTUS en el espacio, graficando el CP1 contra el CP2 (Fig. 5) el primer componente separa a los ejemplares U, V, G, X, W, AA, Y, Z, J y AD en el extremo derecho del eje, mientras que los OTUS: H, L, O, S, C, T, I, AB, R, N, A, M, B, D, P, AC, E, Q, K y F se hallan en el extremo opuesto.

Este primer componente está representado por la correlación que guardan los caracteres 24 (diámetro antero – posterior del acetábulo), 26 (largo de la faringe), 27 (ancho de faringe), 35 (largo de la bolsa del cirro), 23 (diámetro lateral de la ventosa oral),

Tabla 1. Porcentaje de la variación acumulada en los tres primeros componentes (CP) para las 84 variables.

Eigenvalores y proporción de la varianza expresada de los primeros tres componentes principales			
	CP	CP2	CP3
Eigenvalores	26.44	7.67	5.78
Porcentaje	38.88	11.29	8.50
Acumulado	38.88	50.17	58.67

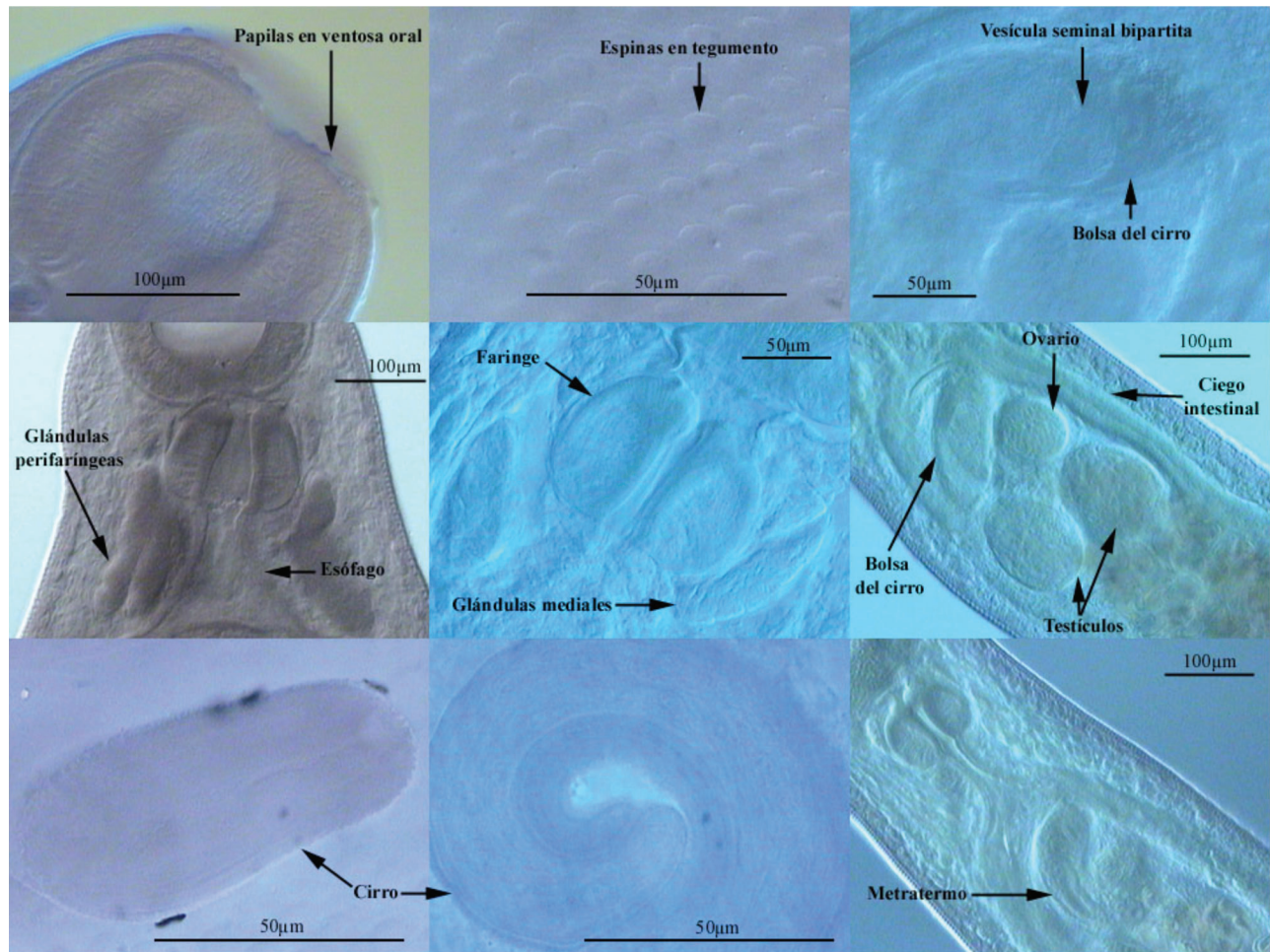


Figura 4. Ejemplos de algunos caracteres evaluados en los análisis de componentes principales, con los números y estado de cada carácter que se muestran en las microfotografías. A. Papilas en la ventosa oral (49-1 – Presentes); B. Tipo de las espinas corporales (49-1 – Escamiformes); C. Forma de la vesícula seminal (61-1 – Bipartita); D. Glándulas perifaríngeas (53-1 – Presentes) y el Largo (5) y Ancho (6) del esófago; E. Forma de las glándulas mediales (54-1 – Amorfas y el Largo (26) y el Ancho (27) de la faringe; F. Forma de la bolsa del cirro (60-1 – Recta), el Largo (35) y el Ancho (37) de la bolsa del cirro, el Largo (29) y el Ancho (30) del ovario, Posición del ovario en el cuerpo (66-1 – Sinistral), Forma de los testículos (55-1 – Redondeados u ovalados), el Largo (31, 33) y el Ancho (32, 34) de los testículos, Posición de los testículos con respecto al eje antero-posterior (56-1 – Oblicuos o en diagonal), el Largo (7) y Ancho (8) del ciego izquierdo (tanto como lo del derecho- 10 y 11, respectivamente); G.-H. el Largo (37) y el Ancho (38) del cirro; I. Ubicación del metratermo con respecto a la bolsa del cirro (72-1 – Ventral). Nota: la escala de A-I está indicada con las barras.

29 (largo del ovario), 22 (diámetro antero – posterior de la ventosa oral) y 2 (ancho del cuerpo).

El segundo componente separó únicamente al OTU AD en la parte superior del eje, mientras que en el externo opuesto se ubican los individuos U, V, G, X, W, AA, Y, Z, J, H, L, O, S, C, T, I, AB, R, N, A, M, B, D, P, AC, E, Q, K y F (Fig. 6). Este arreglo se debe a la correlación que mantienen los caracteres 6 (ancho del esófago), 5 (largo del esófago), 60 (forma de la bolsa del cirro), 68 (disposición de las asas uterinas con respecto a los ciegos intestinales), 13 (distancia del poro genital al acetábulo), 46

(distancia entre la faringe y el acetábulo), 41 (distancia del poro genital al borde anterior de cuerpo) y 28 (distancia de la bifurcación cecal al extremo anterior del cuerpo).

Análisis de componentes principales para la base de datos merísticos: Por el mismo método de componentes principales, pero únicamente con los caracteres merísticos, se analizó el porcentaje de la variación acumulada para los tres primeros componentes, misma que fue de 76.84%, en donde el CP1 explicó el 53.42%, el CP2 el 12.27% y el CP3 el 11.15%

Tabla 2. Coeficiente de cada una de las variables en los primeros tres componentes principales de la base de datos completa.

Variable	ACPI	ACP2	ACP3	Variable	ACPI	ACP2	ACP3
1	0.895	0.3203	0.2297	35	0.9427	-0.0387	0.1168
2	0.8984	-0.1468	0.0813	36	0.837	-0.5161	-0.09
3	0.7595	0.3541	-0.2602	37	0.2987	-0.3508	1.3338
4	0.8696	0.0481	0.1527	38	0.5393	-0.532	0.1877
5	0.4641	0.8781	-0.156	39	0.7289	-0.1905	-0.0603
6	0.3771	0.9044	-0.146	40	0.5642	-0.2482	-0.5042
7	0.7729	0.2123	0.1579	41	0.7137	0.5394	0.1888
8	0.4466	-0.0165	-0.4614	42	0.511	-0.6288	0.0958
9	0.1685	-0.0263	-0.6984	43	0.6959	-0.2122	0.1482
10	0.8123	0.1372	0.3378	44	0.1311	0.1578	0.3301
11	0.7544	-0.2289	-0.2241	45	-0.0338	-0.0095	0.1665
12	0.6409	0.1803	-0.6128	46	0.6457	0.6047	0.3499
13	0.5386	0.6307	0.2555	47	0.4075	-0.2089	-0.2283
14	0.4992	-0.4575	-0.3835	49	0.0957	-0.2089	0.3339
15	0.6061	-0.277	-0.0769	54	-0.1651	0.2136	-0.1536
16	0.778	-0.2464	-0.1712	56	-0.4732	0.0452	0.0782
17	0.7287	-0.3344	-0.5473	58	-0.0069	-0.5067	0.1384
18	0.8063	0.12	0.0804	59	0.2001	-0.201	0.2435
19	0.6971	0.089	-0.4649	60	-0.2258	-0.8126	-0.1943
20	0.7171	0.0327	0.2444	61	-0.3632	0.2727	-0.0596
21	0.7667	0.1436	-0.3245	62	0.402	0.1412	-0.2412
22	0.9068	0.2888	-0.1414	63	-0.3601	-0.0499	0.1677
23	0.9277	0.1586	0.1203	65	-0.0392	-0.0311	0.274
24	0.9699	-0.0171	0.0213	66	0.0275	-0.238	0.2405
25	0.879	-0.1993	0.0648	67	0.1196	0.1127	-0.0135
26	0.9555	0.0644	0.0858	68	-0.1551	-0.6569	0.2562
27	0.947	0.0197	0.0946	69	0.2376	-0.3781	-0.0845
28	0.7253	0.5359	0.2331	72	-0.3911	0.0226	-0.1006
29	0.9156	-0.1987	-0.1294	73	-0.2183	0.2628	0.1987
30	0.8884	-0.254	0.771	74	0.243	0.1952	0.128
31	0.8657	-0.1116	-0.0322	75	0.1618	0.3652	0.1987
32	0.8597	-0.1442	0.043	78	-0.3358	0.0111	0.0996
33	0.8391	-0.2194	0.2739	80	-0.1322	-0.1796	-0.0075
34	0.8639	-0.2727	0.1789	81	0.3249	-0.2916	0.0589

(Tabla 3). Así mismo, se caracterizan por tener coeficientes positivos y negativos (Tabla 4). La posición de los OTUS en la gráfica de CP1 contra CP2 (Fig. 6) se observa que en el extremo derecho del primer componente se ubican los individuos U, V, AD, G, W, AA, X, Y, Z, J, mientras que en el extremo izquierdo se localizan a los individuos H, I, L, O, AB, C, S, T, R, N, A, M, B, Q, E, AC, P, D, K, F. Este componente está determinado por las variables 24 (diámetro antero—posterior del acetábulo), 26 (largo de la faringe), 27 (ancho de la faringe), 35 (largo de la bolsa del cirro), 23 (diámetro lateral de la ventosa oral), 29 (largo del ovario), 22 (diámetro antero—posterior de la ventosa oral), 2 (ancho del cuerpo); en la parte superior del se-

gundo componente sólo se sitúa el ejemplar AD, mientras que en la parte inferior de este componente se hallan los individuos U, V, G, W, AA, X, Y, Z, J, H, I, L, O, AB, C, S, T, R, N, A, M, B, Q, E, AC, P, D, K, F. Este componente está determinado

Tabla 3. Porcentaje de la variación acumulada en los tres primeros componentes (CP) para los caracteres merísticos.

Eigenvalores y proporción de la varianza expresada de los primeros tres componentes principales			
	CPI	CP2	CP3
Eigenvalores	25.10	5.76	5.24
Porcentaje	53.42	12.27	11.15
Acumulado	53.42	65.69	76.84

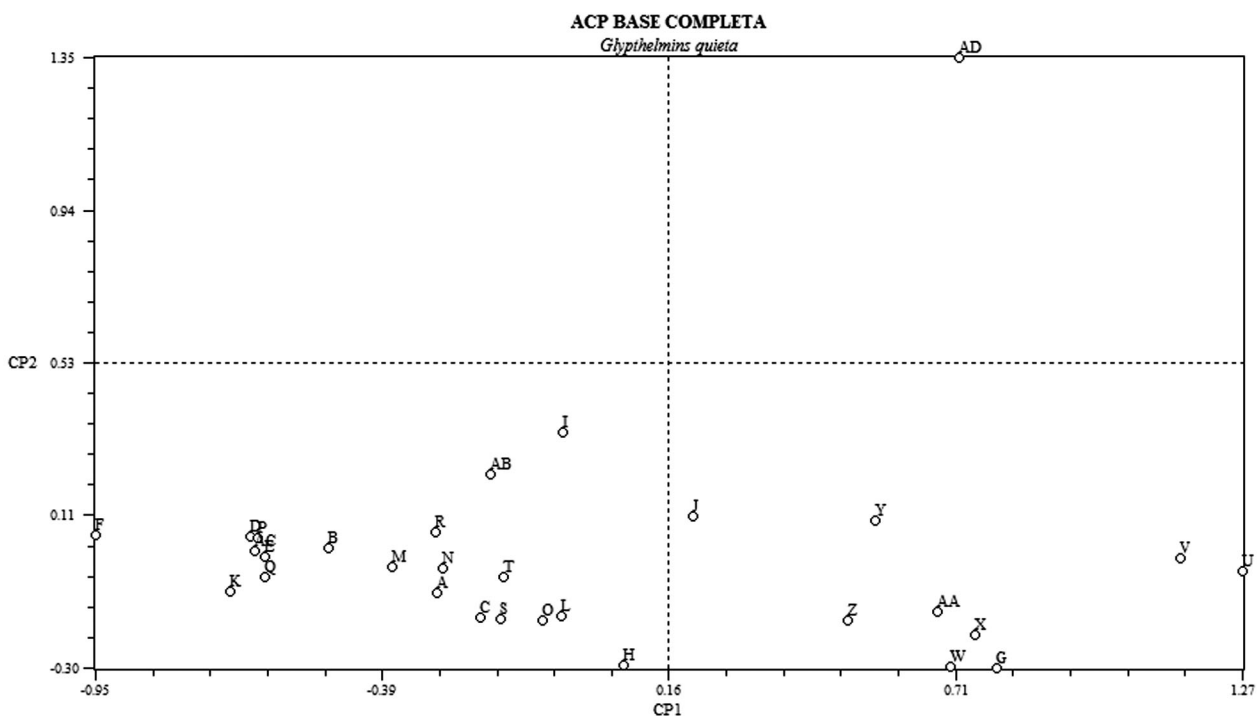


Figura 5. Análisis de componentes principales con las 84 variables.

Tabla 4. Coeficiente de cada variable en los primeros tres componentes principales de la base de datos merísticos.

Variable	ACP1	ACP2	ACP3	Variable	ACP1	ACP2	ACP3
1	0.8938	0.3726	0.1677	25	0.8831	-0.1948	0.1177
2	0.9093	-0.1802	0.1779	26	0.9567	0.0637	0.1133
3	0.7562	0.3317	-0.3931	27	0.9563	0.0139	0.116
4	0.8589	0.1179	0.0726	28	0.7219	0.5974	0.1124
5	0.458	0.3424	-0.352	29	0.919	-0.2324	-0.076
6	0.3805	0.8302	0.3131	30	0.5877	-0.3529	0.1375
7	0.7684	0.2004	0.0482	31	0.8701	-0.1002	-0.036
8	0.4554	-0.0758	-0.4001	32	0.8646	-0.1457	0.075
9	0.1506	-0.1343	-0.813	33	0.8395	-0.1505	0.2714
10	0.8222	0.1701	0.3631	34	0.8656	-0.2575	0.2342
11	0.7656	-0.2786	-0.1966	35	0.939	-0.0216	0.0926
12	0.64	0.0482	-0.635	36	0.8361	-0.5226	0.0163
13	0.5366	0.6642	0.0942	37	0.3037	-0.1012	1.3583
14	0.4954	-0.538	-0.2637	38	0.5278	-0.344	0.1211
15	0.6015	-0.345	0.0335	39	0.724	-0.2729	0.0455
16	0.7863	-0.299	-0.0756	40	0.5659	-0.3802	-0.4011
17	0.7346	-0.4676	-0.4586	41	0.7185	0.5816	0.0765
18	0.8102	0.2201	0.0104	42	0.5208	-0.5942	0.2414
19	0.6975	0.0076	-0.4867	43	0.7007	-0.1583	0.1991
20	0.7203	0.1283	0.2044	44	0.1569	0.2082	0.3581
21	0.7613	0.0979	-0.3761	45	-0.0248	-0.0635	0.2551
22	0.9105	0.2542	-0.1749	46	0.6417	0.6881	0.2009
23	0.9322	0.1566	0.1088	47	0.3874	-0.2252	0.2517
24	0.9709	0.0055	0.0087				



Análisis de componentes principales para la base de datos con caracteres cualitativos, cuantitativos y binarios: En el tercer análisis realizado de componentes principales para caracteres cualitativos, cuantitativos y binarios el porcentaje de la variación acumulada por los tres primeros componentes fue de 41.22%, en donde el CP1 explicó el 15.31%, el CP2 el 14.02% y el CP3 el 11.88% (Tabla 5). Al igual que los dos análisis anteriores, también se caracterizan por presentar coeficientes positivos y negativos (Tabla 6). La posición de los OTUS en la gráfica de CP1 contra CP2 (Fig. 7) se observa en el extremo derecho del primer componente los individuos Q, P, AC, O, K, R, S, N, W, J, B, A, H, E, Z, AB, C, L, U, Y, AD y en el extremo izquierdo a los individuos D, F, M, AA, V, I, T, X, G. Este componente está determinado por los caracteres 61 (forma de la vesícula seminal), 81 (porciones de la vesícula seminal), 54 (forma de las glándulas mediales), 78 (posición del acetábulo

Eigenvalores y proporción de la varianza expresada de los primeros tres componentes principales

con respecto a los ciegos intestinales), 75 (distribución de los folículos vitelógenos en la región intercecal), 63 (localización del poro genital respecto a los ciegos intestinales), 74 (folículos vitelógenos intercecales), 56 (posición de los testículos respecto al eje anteroposterior), 69 (extensión de las asas uterinas hacia el extremo posterior del cuerpo); el segundo componente se localizan a los individuos Q, P, AC, K, O, R, S, N, W, B, A, C, L, AA, V, T, X, G en la parte superior, separando a los individuos J, H, E, Z, AB, U, AD, Y, D, M, F, I en el espacio inferior. Este componente está determinado por las variables 58 (sobreapamiento de los testículos con los ciegos intestinales), 54 (forma de las glándulas mediales), 68 (disposición de las asas uterinas respecto a los ciegos intestinales), 81 (porciones de la vesícula seminal), 61 (forma de la vesícula seminal), 59 (contacto

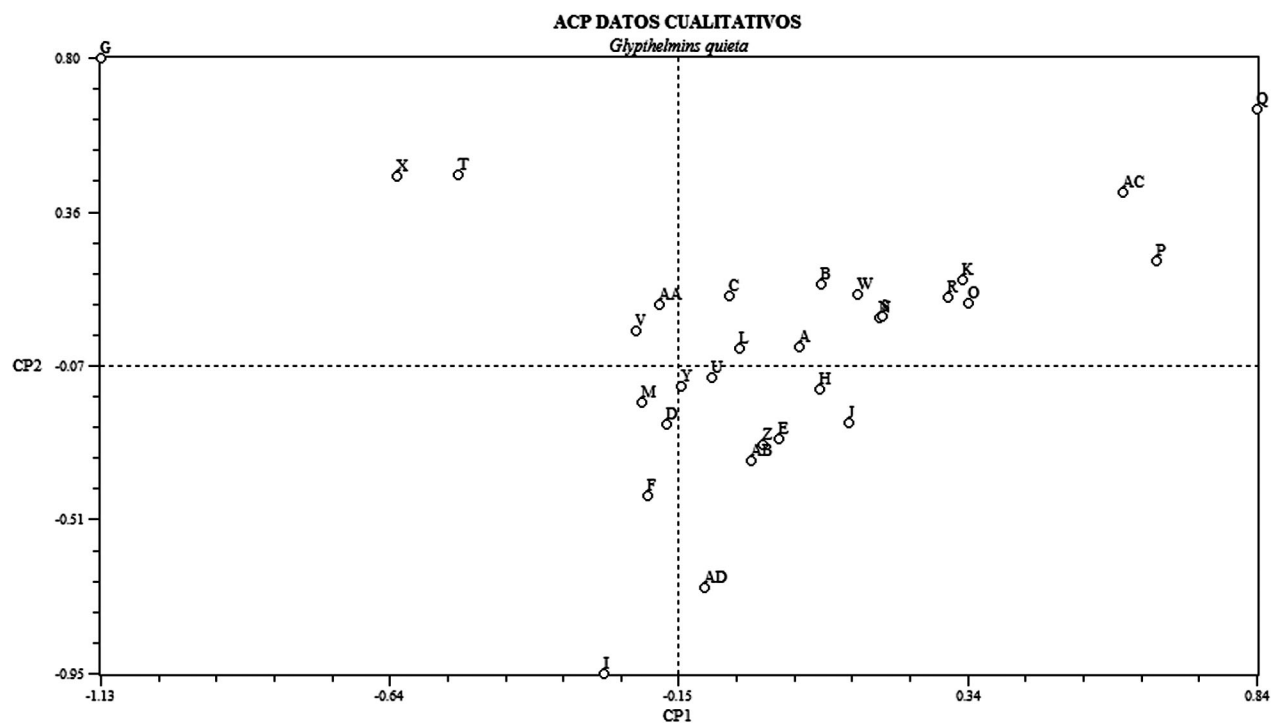


Figura 7. Análisis de componentes principales de caracteres cualitativos, cuantitativos y binarios.

Tabla 6. Coeficiente de cada variable en los primeros tres componentes principales de la base de datos cualitativos, cuantitativos y binarios.

Variable	ACPI	ACP2	ACP3
49	0.0327	0.4414	0.362
54	0.6574	-0.5308	-0.11
56	0.4668	0.1368	0.0178
58	0.1128	0.6543	-0.2132
59	-0.2536	0.5076	0.2135
60	0.056	0.354	-0.5086
61	0.6745	-0.5143	-0.0574
62	0.2674	0.1866	0.5384
63	0.5133	0.3748	0.1829
65	0.267	0.0659	0.252
66	0.1335	0.4784	0.1428
67	-0.0282	-0.0546	0.4991
68	0.2051	0.5299	-0.4653
69	-0.416	-0.1861	-0.4999
72	0.0522	0.0491	-0.0551
73	0.1703	-0.2365	-0.0453
74	-0.5032	-0.1735	0.4817
75	-0.5493	-0.3856	0.2794
78	0.5988	0.3765	0.2744
80	0.1011	-0.0513	-0.6841
81	-0.6598	0.5158	-0.1309

entre los bordes de los testículos), 66 (posición del ovario en el cuerpo), 49 (papilas en la ventosa oral), 75 (distribución de los folículos vitelógenos en la región intercecal), 78 (posición del acetábulo con respecto a los ciegos intestinales).

Discusión

Una descripción taxonómica es un conjunto de atributos morfológicos que son observables en ejemplares de una especie; los cuales son necesarios para distinguir una especie de otra. Estas características son de tipo nominal, como la presencia—ausencia de espinas en el cuerpo, sexo, entre otros. También, existen características de tipo cualitativo, como forma de los testículos, forma de la bolsa del cirro; otras características son de tipo cuantitativo discreto, como el número de espinas, número de huevos, número de testículos. Igualmente, existen caracteres cuantitativos continuos como el largo y ancho de cuerpo, largo y ancho de la ventosa oral y el acetábulo. El conjunto de este tipo de caracteres es de utilidad para el diagnóstico de las especies. Sin embargo, se ha observado que los ejemplares adultos de *G. quieta* presentan un alto grado de variación morfológica intra—específica en el tamaño y posición de la ventosa oral y acetábulo, así

como en las distintas estructuras que constituyen el tubo digestivo y aparato reproductor (Miller, 1930). Además, los caracteres antes mencionados, junto con el carácter de presencia o ausencia de las glándulas perifaríngeas, se han utilizado como caracteres prioritarios para diferenciar las especies que constituyen el género *Glypthelmins* (Olsen, 1937; Caballero y Caballero, 1938). Por lo tanto, Rankin (1944) consideró que estos caracteres no eran válidos al tratar de identificar a los parásitos a nivel específico, debido a que éstos presentaban variación morfológica. De igual forma, Byrd y Maples (1963) observaron que la apariencia de las glándulas perifaríngeas es muy variable de acuerdo a la técnica de tinción que se utilice, pues con ciertos colorantes se observan perfectamente, mientras que con otros no se tiñen o se tiñen tenuemente.

Por lo anterior, puede ser que algunos de estos caracteres morfológicos no sean válidos para asignar ejemplares dentro de la especie *G. quieta*. Sin embargo, con base en los ACPs que se realizaron en este estudio, se observó que al utilizar la base de datos completa con 84 caracteres, la base de datos merísticos y la base de datos cualitativos cuantitativos y binarios, el porcentaje de la varianza acumulada para los dos primeros componentes fue de 50.17%, 65.69% y 29.33% respectivamente; por lo cual, se puede decir que los caracteres merísticos presentan una mayor variación morfológica, pero que algunos de ellos contribuyeron para agrupar a los 30 ejemplares de la siguiente manera: U, V, AD, G, W, AA, X, Y, Z, J, en el extremo derecho del primer componente, mientras que en el extremo izquierdo se ubicaron los individuos H, I, L, O, AB, C, S, T, R, N, A, M, B, Q, E, AC, P, D, K y F. Este componente está determinado por las variables 24 (diámetro antero—posterior del acetábulo), 26 (largo de la faringe), 27 (ancho de la faringe), 35 (largo de la bolsa del cirro), 23 (diámetro lateral de la ventosa oral), 29 (largo del ovario), 22 (diámetro antero—posterior de la ventosa oral) y 2 (ancho del cuerpo). De igual forma, en la parte superior del segundo componente se ubicó AD, mientras que en la parte inferior se ubicaron los individuos U, V, G, W, AA, X, Y, Z, J, H, I, L, O, AB, C, S, T, R, N, A, M, B, Q, E, AC, P, D, K, F. Este componente está determinado por las variables 5 (largo del esófago), 6 (ancho del esófago), 46 (distancia entre la faringe y el acetábulo), 13 (distancia del poro genital al acetábulo), 28 (distancia de la bifurcación cecal al extremo anterior del cuerpo), 42 (largo del receptáculo seminal), 41 (distancia del poro genital al borde anterior del cuerpo) y 14 (largo del extremo anterior de la vesícula seminal).

Por su parte, en el ACP para la base de datos cualitativos cuantitativos y binarios, expresó un menor porcentaje de varianza acumulada; y agrupó a los ejemplares de la siguiente manera: Q, P, AC, O, K, R, S, N, W, J, B, A, H, E, Z, AB, C, L, U, Y, AD en el extremo derecho del primer componente, mientras que en el extremo izquierdo se ubicaron D, F, M, AA, V, I, T, X, G, este componente fue determinado por los caracteres 61 (forma de la vesícula seminal), 81 (porciones de la vesícula seminal), 54 (forma de las glándulas mediales), 78 (posición del acetábulo respecto a los ciegos intestinales), 75 (distribución de los folículos vitelógenos en la región intercecal), 63 (localización del poro genital respecto a los ciegos intestinales), 74 (folículos vitelógenos intercecales), 56 (posición de los testículos respecto al eje anteroposterior), 69 (extensión de las asas uterinas hacia el extremo posterior del cuerpo); el segundo componente ubicó a los individuos Q, P, AC, K, O, R, S, N, W, B, A, C, L, AA, V, T, X, G en la parte superior, separando a los individuos J, H, E, Z, AB, U, AD, Y, D, M, F, I en el espacio inferior. Este componente fue determinado por las variables 58 (sobrelapamiento de los testículos con los ciegos intestinales), 54 (forma de las glándulas mediales), 68 (disposición de las asas uterinas respecto a los ciegos intestinales), 81 (porciones de la vesícula seminal), 61 (forma de la vesícula seminal), 59 (contacto entre los bordes de los testículos), 66 (posición del ovario en el cuerpo), 49 (papilas en la ventosa oral), 75 (distribución de los folículos vitelógenos en la región intercecal) y 78 (posición del acetábulo respecto a los ciegos intestinales).

Con base en lo anterior, se puede señalar que al considerar todos los caracteres con el mismo peso, los ejemplares no se agrupan por la presencia o ausencia de las glándulas perifaríngeas. Sin embargo, si lo hacen por la forma de las glándulas mediales, la cual es una variable que determinó los dos primeros componentes utilizando la base de datos cualitativos cuantitativos y binarios.

Así mismo, se observó que los caracteres merísticos que anteriormente fueron utilizados por Olsen (1937) y Caballero y Caballero (1938) para separar a las especies del género *Glypthelmins*, si contribuyeron a la agrupación de nuestros ejemplares, tal fue el caso para los caracteres de tamaño de la ventosa oral, acetábulo, esófago, faringe y ovario.

Algunos autores han argumentado que existen múltiples factores que afectan y regulan los procesos microevolutivos en las especies de los parásitos (Paterson, 1997). Algunos de éstos factores son: el tipo de especie de los hospederos intermediario

y definitivo, el origen geográfico y movilidad de las poblaciones de los hospederos, la complejidad de los ciclos de vida de los parásitos, así como la abundancia de cada una de las infrapoblaciones de los parásitos (Hochberg *et al.*, 1992; Paterson y Banks, 2001; Criscione *et al.*, 2005). George-Nascimento y Marín (1992) y Poulin (1998) argumentaron que la abundancia y magnitud de las poblaciones de los parásitos en cada una de las poblaciones de hospederos, así como los cambios estacionales son determinantes en la variación morfológica, fenómeno que se observó en nuestro ACP de datos merísticos, en donde la posición de los ejemplares en el CP1 estuvo relacionada con la fecha de colecta, quedando separados los individuos U, V, G, X, W, AA, Y, Z, J del ejemplar AD en el extremo derecho. En donde AD se colectó el 31 de julio, mientras que el resto de los ejemplares se colectaron el 28 de agosto. Otro grupo de individuos que se formó está constituido por: H, I, L, O, S, C, T, AB, R, N, A, M, B, D, P, AC, E, Q, K y F en el extremo opuesto, en donde H e I se colectaron el 28 de agosto y el resto el 30 de mayo. En la misma gráfica, el segundo componente separó únicamente al ejemplar AD en la parte superior del eje, mismo que fue colectado el 31 de julio. En el extremo opuesto se ubicaron los individuos U, V, G, X, W, AA, Y, Z, J, H, I, L, O, S, C, T, AB, R, N, A, M, B, D, P, AC, E, Q, K y F de los cuales los primeros 11 fueron colectados el 28 de agosto, el resto fue colectado el 30 de mayo. Sin embargo, es importante mencionar que en este estudio el tamaño de muestra que se utilizó no es significativo para evaluar si los cambios estacionales determinaron la variación morfológica dentro de nuestros ejemplares. Por otra parte, la prevalencia y abundancia parecen no estar correlacionadas con la fecha de colecta. La prevalencia fluctuó entre 33 y 50 % de hospederos parasitados, lo que indica que estos digéneos se encontraron en el intestino de la mayoría de las ranas revisadas durante los muestreos, los cuales se realizaron de mayo a septiembre del 2003, alcanzando el valor máximo en julio con 66.6 % (Pérez-Romero, 2006 y Pulido-Flores *et al.*, 2009). Con respecto a la abundancia, éste valor osciló entre 2 y 11 gusanos por rana revisada, registrándose en agosto el valor máximo y el valor mínimo en junio.

Con base en lo anterior, se puede señalar que la relación parásito–hospedero que mantienen los ejemplares de *L. spectabilis* y *G. quieta* en Metznoxtla puede estar determinada por la relación que presenta el ciclo de vida del parásito, con los hábitos alimenticios y el comportamiento del hospedero (Smyth y Smyth, 1980; Pulido-Flores, 1992 y 1994).

En el ciclo de vida de *G. quieta* las metacercarias se enquistan en la piel de los renacuajos y una vez que se lleva a cabo el proceso de metamorfosis de los mismos, el adulto resultante consume la muda, infectándose con estos parásitos, los cuales alcanzan la madurez en el intestino de la rana (Schell, 1962; Martin, 1969; Smyth y Smyth, 1980; Besprozvan-nykh, 2000). Por lo tanto, de acuerdo con Pérez-Romero (2006) y Pulido-Flores *et al.* (2009) los altos valores de prevalencia y abundancia registrados en la caracterización de la infección de *G. quieta* en la localidad de Metznoxtla permite suponer que la población de *L. spectabilis*, ingiere la piel de su muda y además existe canibalismo, alimentándose de renacuajos de su misma especie que se encuentran infectados con las metacercarias de *G. quieta*.

Por último, este tipo de estudios son importantes cuando partimos de organismos que presentan niveles de semejanza significativos, en donde es evidente que nuestros ejemplares deben reunirse en grupos, por lo tanto, nuestro problema es ver cómo se agrupan. Con base en lo anterior se puede evaluar la variación morfológica intra-específica de una especie de parásito que no tiene una gran especificidad hospedatoria (Pérez-Ponce de León, 1995) y diferenciar a especies que son semejantes entre sí (Gil de Perterra, 2002).

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en nuestros ACPs, se concluye que el carácter de presencia o ausencia de glándulas perifaríngeas que anteriormente fue considerado por Caballero y Caballero (1938) y Cheng (1959) para asignar ejemplares a la especie *G. quieta*, no contribuye al agrupamiento de los ejemplares colectados en Metznoxtla, por lo tanto no se considera un carácter válido para asignación de ejemplares de digéneos a la especie de *G. quieta*.

De los caracteres utilizados por otros autores y como parte de este estudio, los caracteres que contribuyen al agrupamiento de los ejemplares de *G. quieta* en Metznoxtla son: tamaño de la ventosa oral, acetábulo, esófago, faringe y ovario. Por lo que se pueden considerar como caracteres válidos para la asignación de ejemplares a la especie *G. quieta*.

El carácter de la forma de las glándulas mediales si demostró ser válido para asignar a los 30 digéneos a la especie *G. quieta*, debido a que en el ACP utilizando la base de datos cualitativos, cuantitativos y binarios, éste fue uno de los que contribuyeron al agrupamiento de los ejemplares.

Así mismo, los caracteres merísticos fueron los que explicaron un mayor porcentaje de la varianza acumulada en los dos primeros componentes, lo que significa que éstos presentan mayor variación morfológica. Por el contrario, los caracteres cualitativos, cuantitativos y binarios explicaron un menor porcentaje de la varianza acumulada, por lo tanto presentan una menor variación morfológica.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento al proyecto “El efecto de hibridización en la diversidad de helmintos parásitos de peces del género *Xiphophorus*”, Ciencia Básica (Clave 0127310), del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para una beca de posdoctorado a JFO durante el desarrollo del manuscrito. Finalmente, este trabajo forme parte de los productos del proyecto colaborativo “Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales”, con fondos del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Literatura citada

- Besprozvannykh, V. V. 2000. Tsikl razvitiia trematody *Glyphelmins rugocaudata* (Plagiorchiidae) v usloviiakh Primorskogo kraia. *Parazitologiya* 34:153-156.
- Byrd, E. E. y W. P. Maples. 1963. The *Glyphelminths* (Trematoda: Digenea), with a redescription of one species and the erection of a new genus. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 22:521-536.
- Caballero y Caballero, E. y D. Sokoloff. 1934. Tercera contribución al conocimiento de la parasitología de *Rana montezumae*. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 5:337-340.
- Caballero y Caballero, E. 1938. Revisión y clave de las especies del genero *Glyphelmins*. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 9:121-149.
- Criscione, C., R. Poulin y M. Blouin. 2005. Molecular ecology of parasites: elucidating ecological microevolutionary processes. *Molecular Ecology* 14:2247-2257.
- Cheng, T. C. 1959. Studies on the trematode family Brachycoeliidae. II. Revision of the genera *Glyphelmins* (Stafford, 1900) Stafford, 1905, and *Margeana* Cort, 1919; and the description of *Renoldstrema* n. gen. (*Glyphelminae*, n. subfam.). *American Midland Naturalist* 61:68-88.
- Cheng, T. C. 1961. Description, life history, and development pattern of *Glyphelmins pennsylvaniensis* n. sp. (Trematoda, Digenea: Brachycoeliidae), new parasite of frogs. *Journal of Parasitology* 47:469-477.
- Flores-Villela, O. y I. Goyenechea. 2003. Patrones de distribución de anfibios y reptiles de México. Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. En Morrone, J. J. y J. Llorente-Bousquets (Comp.). *Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.* pp. 289-296.
- Frost, D. R. 2013. Amphibian species of the world: an online reference. Version 5.6 (9 enero de 2013). Base de datos Electrónicos <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html> ; American Museum of Natural History, New York, USA.
- George-Nascimento, M. y S. Marín. 1992. Efecto de dos especies hospedadoras, el lobo fino austral *Arctocephalus australis* (Zimmerman) y el lobo marino común *Otaria byronia* (Blainville) (Carnivora; Otariidae), sobre la morfología y fecundidad de *Corynosoma* sp. (Acanthocephala; Polymorphidae). *Revista Chilena de Historia Natural* 65:183-193.
- Gil de Pertierra, A. A. 2002. Redescription of *Proteocephalus bagri* and *P. rhamdiae* (Cestoda: Proteocephalidae), parasites of *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Pimelodidae) from South America, with comments on morphological variation. *Folia Parasitologica* 49:55-66.
- Hillis, D. M., J. S. Frost y D. A. Wright. 1983. Phylogeny and Biogeography of the *Rana pipiens* complex: A biochemical evaluation. *Systematic Zoology* 32:132-143.
- Hillis, D. M. y J. S. Frost. 1985. Three new species of leopard frogs (*Rana pipiens* complex) from the Mexican plateau. *Occasional Papers of the Museum of Natural History* 117:1-14.
- Hillis, D. M. y R. de Sá. 1988. Phylogeny and taxonomy of the *Rana palmipes* group (Salientia: Ranidae). *Herpetological Monographs* Number 2:1-26.
- Hochberg, M., Y. Michalakis y D. Meeus. 1992. Parasitism as a constraint on the rate of life-history evolution. *Journal of Evolutionary Biology* 5:491-504.
- Mangeaud, A. 2004. La aplicación de técnicas de ordenación multivariadas en la entomología. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 63:1-10.
- Martin, G. W. 1969. Description and life cycle of *Glyphelmins hylareus* sp. n. (Digenea: Plagiorchiidae). *Journal of Parasitology* 55:747-752.
- Miller, E. L. 1930. Studies on *Glyphelmins quieta* Stafford. *Journal of Parasitology* 16:237-243.
- NTSYS—pc. 2000. (*Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*). Applied Biostatistics Inc. Setauket, Nueva York, EUA.
- Olsen, O. W. 1937. A systematic study of the trematode subfamily Plagiorchiinae Pratt, 1902. *Transactions of the American Microscopical Society* 56:311-339.
- Paterson, A. y R. D. Gray. 1997. Host—parasite co—speciation, host switching, and missing the boat. En Clayton, D. H. y J. Moore (Eds). *Host—parasite evolution. General Principles & avian model*. New York, Oxford University Press, EUA. 473 p.
- Paterson, A. M. y J. Banks. 2001. Analytical approaches to measuring cospeciation of host and parasites: through a glass, darkly. *International Journal for Parasitology* 31:1012-1022.

- Pérez-Ponce de León, G. 1995. Host—induced morphological variability in adult *Posthodiplostomum minimum* (Digenea: Neodiplostomidae). *Journal of Parasitology* 81:818-20.
- Pérez-Ponce de León, G., L. García-Prieto y U. J. Razo-Mendivil. 2002. Species richness of helminth parasites in Mexican amphibians and reptiles. *Diversity and Distributions* 8:211-218.
- Pérez-Romero, G. 2006. Helminths Parasites of *Rana spectabilis* Hillis y Frost, 1985, en una localidad de la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, 110 p.
- Poulin, R. 1998. Evolutionary ecology of parasites: from individuals to communities. Chapman and Hall, London, U.K. 209 p.
- Pulido-Flores, G. 1992. Helminths of *Rana dunni* Zweifel, 1957, especie endémica del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 72 p.
- Pulido-Flores, G. 1994. Helminths of *Rana dunni* especies endémica del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 65:205-207.
- Pulido-Flores, G., S. Monks y G. Pérez-Romero. 2009. Helminths parasites of *Lithobates spectabilis* Hillis y Frost, 1985, de la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. En Monks, S., G. Pulido-Flores y M. López-Herrera (Eds). *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas. Volumen I. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciencia al día* 10, pp. 23-33.
- Rankin Jr., J. S. 1944. A review of the Trematode genus *Glyphelmims* Stafford, 1905, with an account of the life cycle of *G. quieta* (Stafford, 1900) Stafford, 1905. *Transactions of the American Microscopical Society* 63:30-43.
- Razo-Mendivil, U. J. 1998. Utilización de caracteres morfológicos y moleculares para la diferenciación de tres especies de *Glyphelmims* (Digenea), parásitos de anuros de México. Tesis Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 50 p.
- Razo-Mendivil, U. J. 2004. Sistemática del género *Glyphelmims* Stafford, 1905 (Platyhelminthes: Digenea). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 325 p.
- Schell, S. C. 1962. Development of the sporocyst generations of *Glyphelmims quieta* (Stafford, 1900) (Trematoda: Plagiorchioidea), a parasite of frogs. *Journal of Parasitology* 48:387-394.
- Smyth, J. D. y M. M. Smyth. 1980. Frogs as host—parasite systems. I: An introduction to parasitology through the parasites of *Rana temporaria*, *R. esculenta* and *R. pipiens*. *British Library Cataloguing in Publication Data*, Hong Kong, 112 p.

Análisis de metales pesados en un céstodo de la familia Dilepididae

Jorge Falcón-Ordaz, Scott Monks, Griselda Pulido-Flores, y Claudia Romo-Gómez

Resumen

La concentración de plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni), hierro (Fe) y aluminio (Al) fue determinada en un céstodo de la familia Dilepididae, parásito de *Peromyscus difficilis* colectados en una zona rural del Estado de México; con respecto a trabajos previos se obtuvieron valores altos de concentración para Pb y Zn mientras que para Ni sus valores estuvieron por debajo de los valores reportados y el Cd no fue registrado, en lo que respecta al Fe y Al no existen registros de estos metales en céstodos parásitos de organismos terrestres. Con los datos registrados en el presente trabajo se corrobora el uso de los céstodos como indicadores de bioacumulación principalmente para Pb.

Palabras claves: Dilepididae, México, *Peromyscus difficilis*, Roedor, Cestoda

Introducción

Actualmente, los helmintos son utilizados como bioindicadores de contaminación ambiental, basados en su capacidad de absorción y concentración de contaminantes del medio en su cuerpo. El uso de bioindicadores es ventajoso y económico comparado con el análisis directo de contaminantes (ej. análisis químico del agua o del sedimento), por que solo las fracciones que están biológicamente disponibles son tomadas y concentradas por los animales. Por otro lado, los bioindicadores pueden ser utilizados como auxiliares en la detección de concentraciones bajas de contaminantes en el medio, o en áreas que se cree están libres de contaminación (Sures, 2004).

El uso de los helmintos como bioindicadores de contaminación es reciente, los primeros en ser utilizados como indicadores de sedimentos contaminados fueron ejemplares de Monogenea del género *Gyrodactylus*, ectoparásito de peces; Acanthocephala en la contaminación de efluentes municipales e industriales; Cestoda: *Ligula intestinalis* como indicador de metales pesados, entre otros (Marcogliese *et al.*, 1998; Tenora *et al.*, 2000; Billiard y Khan, 2003). En México, se han realizado investigaciones por

contaminación de metales en agua utilizando a helmintos parásitos de peces de Río Metztitlán, Hidalgo (Pulido-Flores *et al.*, 2005).

La información disponible de parásitos bioindicadores que utilizan como hospederos a mamíferos es escasa. Dichos estudios se refieren básicamente al análisis de metales: Sures *et al.* (1998; 2000) analizaron acantocéfalos, nemátodos y digéneos de ganado porcino y bovino provenientes de rastros de Bolivia y Alemania; de la misma forma, Sures *et al.* (2003) estudiaron ejemplares de *Hymenolepis diminuta*, un céstodo parásito de *Rattus norvegicus* del Cairo, Egipto. En lo que se refiere a estudios con helmintos parásitos de mamíferos silvestres se tienen las investigaciones en Europa de Torres *et al.* (2004, 2006) y Eira *et al.* (2005), estos autores analizaron la presencia de Cd y Pb en el ambiente a través de los céstodos de roedores (*Apodemus sylvaticus*) y conejos (*Oryctolagus cuniculus*); en el primero se señala que los céstodos son un buen indicador de la presencia de Pb en el ambiente. El presente trabajo pretende registrar por primera vez en México la presencia de metales pesados en una zona rural, poco perturbada con cultivo de nopal utilizando como indicador de bioacumulación un helminto.

Materiales y Métodos

En diciembre de 2004 se recolectaron céstodos parásitos de dos ejemplares de *Peromyscus difficilis* (11 ejemplares revisados), de la localidad denominada Cerro Gordo del poblado de Santiago Tolman, Otumba Estado de México (19°45'07"N y 98°47'58"O; 2,500 msnm). Para la obtención de los parásitos se realizó una revisión helmintológica rutinaria del tubo digestivo y órganos. Los helmintos recolectados se fijaron y procesaron con base en técnicas convencionales (Pritchard y Kruse, 1982), para su identificación taxonómica, los cuales solo se han podido identificar hasta el nivel de la familia Dilepididae.

Los céstodos que se utilizaron para el análisis de presencia de seis metales: Pb, Cd, Zn, Ni, Fe y Al, se mantuvieron en refrigeración hasta su utilización (Eira *et al.*, 2005). El material orgánico se secó en una estufa a 40° C hasta alcanzar una masa seca constante de 46.3 mg (Torres *et al.*, 2006 recomienda de 50 a 100 mg), para la evaluación de los metales pesados en la materia seca primero se llevó a cabo una digestión por microondas (Marx-5) con ácido nítrico y posteriormente la solución se atomizó en un equipo de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) (EPA Method 3015, 1995). En cuanto a la obtención de la longitud de onda del elemento analizado, la concentraciones de los metales pesados se obtuvieron a partir de sus correspondientes curvas de calibración a partir de estándares de referencia preparados en matriz nítrica al 5%, dando dichas concentraciones en mg/Kg. Los resultados se compararon con trabajos de céstodos adultos previos.

Resultados y Discusión

Las concentraciones de metales pesados analizados para los céstodos de la familia Dilepididae se muestran en la Tabla 1, en la cual se observa que la concentración total de los metales es con la siguiente jerarquía Fe > Zn > Al > Pb > Ni > Cd. De estos resultados, Fe y Al es la primera vez que se analizan para céstodos, las concentraciones de Pb y Ni están por encima de los registrados para otros céstodos al contrario del Zn que su concentración está por debajo; por último, no se detectó Cd, metal que junto con el Pb han sido registrados en diversos trabajos con céstodos. A partir de los resultados tenemos que en el lugar muestreado tenemos la presencia de elementos traza con baja toxicidad (Fe), tóxicos con importancia biológica moderada (Zn, Ni), tóxicos (Cd y Pb) (Nies, 1999) y se ignora si tiene alguna afectación (Al).

El uso de céstodos como indicadores de bioacumulación en medios terrestres ha sido de gran ayuda puesto que estos organismos presentan un tamaño adecuado para la obtención de materia orgánica seca, además de su capacidad de absorción (Jankovská *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2004, 2006; Retief *et al.*, 2006). A partir de este trabajo se pueden considerar como un buen bioindicador de la contaminación de Pb en el medio ya que el parásito absorbe el metal que desecha el organismo, esto es a partir de la toxicocinética del Pb, metal que es ingerido o inhalado por los mamíferos, teniendo que los huesos son la región del cuerpo donde más se deposita (parte del cuerpo de los hospederos que nunca se ha analizado) y una gran cantidad se desecha vía tracto digestivo (Corey y Galvão, 1989), el Pb de desecho es el que absorbe el helminto, en el presente estudio se obtuvo una concentración de Pb alta (31.533) en comparación con los resultados de estudios previos (intervalo de 0.581 a 27.2).

En lo que se refiere al Cd es otro de los metales que absorben los céstodos, sin embargo; éste se acumula en menores cantidades en el parásito (0.02-3.641 en estudios previos), presentando una mayor acumulación de Cd en los riñones del hospedero siendo reducida su eliminación por el tracto digestivo (Galvão y Corey, 1987; Jankovská *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2004, 2006).

El resto de los metales encontrados en el presente trabajo (Al, Fe, Ni y Zn), no se cuenta con información toxicocinética que nos indique como es el paso del metal por el hospedero; sin embargo, Jankovská *et al.* (2009) observaron una mayor acumulación de Ni y Zn en *Paranocephala dentata* (0.350-0.699 para el Ni y 90.7-199.7 para el Zn), que en sus hospederos en hígado y riñones [*Microtus agrestis* (0.075-0.506 Ni y 69.4-99.29 Zn) y *Clethrionomys glareolus* (0.182-0.573 Ni y 72.75-120.8 Zn)] y Barus *et al.* (2003) registraron una gran cantidad de Zn en *Inermicapsifer arvicanthidis* (584.57) que en su hospedero en el hígado y músculo: *Heliophobius argentocinereus* (115.43 a 212.36), por lo que se puede inferir que estos metales tengan un comportamiento toxicocinético semejante al del Pb. Mientras que en el presente estudio se obtuvieron los valores de 14.422 para Ni (mayor que el obtenido para *P. dentata*) y 85.476 para Zn (menor que en los estudios antes mencionados), por lo que estos metales deberían ser considerados también en posteriores análisis de organismos terrestres.

Particularmente el Fe y Al no han sido analizados en sistemas terrestres, teniendo que el primer metal es considerado un elemento traza con baja toxicidad

Tabla 1. Concentraciones (mg/Kg peso seco) de los metales pesados seleccionado en céstodos de la familia Dilepididae.

Especie/Familia	Referencia	Pb	Cd	Zn	Ni	Fe	Al
Dilepididae	Este estudio	31.533	ND	85.476	14.422	106.98	49.637
<i>Paranoecephala dentata</i> / Anoplocephalidae	Jankovská, et al., 2009	4.67–11.43	0.102–0.360	156.0–199.7	0.350–0.506		
<i>P. dentata</i> / Anoplocephalidae	Jankovská, et al., 2009	1.60–6.83	0.305–3.641	90.7–199.0	0.350–0.699		
<i>Skrijabinotaenia lobata</i> * / Catenotaeniidae	Torres, et al., 2006	0.581	0.1321				
<i>S. lobata</i> * / Catenotaeniidae	Torres, et al., 2006	1.229	0.1694				
<i>Mosgovoyia ctenoides</i> / Anoplocephalidae	Eira, et al., 2005	0.05–0.23	0.02–0.18				
<i>Gallegoides sarfaai</i> / Anoplocephalidae	Torres, et al., 2004	0.364	0.075				
<i>Hymenolepis diminuta</i> [^] / Hymenolepididae	Sures, et al., 2003	19					
<i>H. diminuta</i> [#] / Hymenolepididae	Sures, et al., 2003	19.5					
<i>Inermicapsifer arvicanthidis</i> / Anoplocephalidae	Barus, et al., 2003	1.42	0.17	584.57			
<i>H. diminuta</i> / Hymenolepididae	Sures, et al., 2003	27.2					

Nota: Datos de dos localidades en el mismo trabajo- * = Parque Nacional Begues a 32 Km de Barcelona, España; + = Tiradero de residuos municipales Garraf en el municipio de Gavà, Barcelona, España; [^] = Helwan, Egipto; # = Abou Rawash, Egipto.

(Nies, 1999) y el Al se cree constituye un riesgo de toxicidad al hombre (Nesse *et al.*, 2003).

Conclusiones

Hasta la fecha solo se han realizado seis trabajos con céstodos parásitos de mamíferos, como se observa en la Tabla 1; de estos trabajos, uno ha sido con organismos que parasitan conejos (Eira *et al.*, 2005), uno más con un céstodo que se encontró parasitando a una rata topo de África (Barus *et al.*, 2003) y los cuatro restantes se han desarrollado con helmintos que parasitan ratones (Jankovská *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2004, 2006; Retief *et al.*, 2006; Sures *et al.*, 2002, 2003). En estos trabajos, los céstodos estudiados se encuentran clasificados en tres familias: Anoplocephalidae, Catenotaeniidae e Hymenolepididae, con lo que el presente trabajo representa el primer análisis de metales pesados en un céstodo de la familia Dilepididae.

Cabe mencionar que el presente estudio se llevó a cabo con ratones (*P. difficilis*) provenientes de una zona rural y obteniéndose concentraciones altas de Pb y Ni (Tabla 1), en el céstodo analizado dichos datos están por encima de datos obtenidos para *H. diminuta* parasitando *R. norvegicus* de dos localidades urbanas cercanas a El Cairo, Egipto (Sures *et al.*, 2003), *Skrjabinotaenia lobata* obtenido de *A. sylvaticus* recolectado en la cercanía de un tiradero de residuos municipales Garraf en el municipio de Gavà, Barcelona en España (Torres *et al.*, 2006) y de *P. dentata* proveniente de una zona contaminada en Krusné hory República Checa (Jankovská *et al.*, 2009), por lo que se evidencia la necesidad de llevar al cabo este tipo de estudios en la misma localidad y en otras para conocer e identificar el origen de dicha contaminación.

Agradecimientos

Jesús A. Fernández por la ayuda en la colecta e identificación de los hospederos, Luis García Prieto por la ayuda en la determinación del céstodo. Los autores agradecen el financiamiento al proyecto "El efecto de hibridización en la diversidad de helmintos parásitos de peces del género *Xiphophorus*", Ciencia Básica (Clave 0127310), del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para una beca de posdoctorado a JFO durante el desarrollo del manuscrito. Finalmente, este trabajo forme parte de los productos del proyecto colaborativo "Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales", con fondos del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Literatura citada

- Barus, V., F. Tenora y R. Sumbera. 2003. Relative concentration of four heavy metals in the parasites *Protopolysus muricola* (Nematoda) and *Iernemicapsifer arvicanthidis* (Cestoda) in their definitive host silvery mole-rat (*Heliophobius argenteocinereus*: Rodentia). *Helminthologia* 40:227-232.
- Billiard, S. M. y R. A. Khan. 2003. Chronic stress in cunner, *Tautoglabrus adspersus* exposed to municipal and industrial effluents. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 55:9-18.
- Corey, O. G. y L. A. C. Galvão. 1989. Plomo, serie vigilancia 8. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Metepec, México 103 p.
- Eira, C., J. Torres, J. Vingada y J. Miquel. 2005. Concentration of some toxic elements in *Oryctolagus cuniculus* and in its intestinal cestode *Mosgovoyia ctenoides*, in Dunas de Mira (Portugal). *Science of the Total Environment* 346:81-86.
- EPA- Environmental Protection Agency. 1995. Method 3015. Microwave assisted acid digestion of aqueous sample and extracts. *En: Test methods for evaluating solid waste*; United States Environmental Protection Agency. Washington.
- Galvão, L. A. C. y Corey, O. G. 1987. Cadmio, serie vigilancia 4. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Metepec, México 69 p.
- Jankovská, I., D. Míhlová, I. Langrová, V. Bejcek, J. Vadlejch, D. Koliová y M. Sulc. 2009. Influence of parasitism on the use of small terrestrial rodents in environmental pollution monitoring. *Environmental Pollution* 157:2584-2586.
- Marcogliese, D. J., J. J. Nagler y D. G. Dyr. 1998. Effects of exposure to contaminated sediments on the parasite fauna of American Plaice (*Hippoglossoides platessoides*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 61:88-95.
- Nesse, A., G. Garbossa, G. Pérez, D. Vittori y N. Pregi. 2003. Aluminio ¿culpable o inocente?. *Química Viva* 2:1-7.
- Nies, D. H. 1999. Microbial heavy-metal resistance. *Applied Microbiology and Biotechnology* 51:730-750.
- Pritchard, M. H. y G. O. W. Kruse. 1982. The collection and preservation of animal parasites. *Technical Bulletin No. 1*, The Harold W. Manter Laboratory. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska 141 p.
- Pulido-Flores, G., S. Monks y J. A. Gordillo-Martínez. 2005. Monitoreo de bajo costo en la evaluación de la calidad ambiental. *Revista Internacional de Ciencias Ambientales* 21:578-583.
- Retief, N. R., A. Avenant-Oldewage y H. du Preez. 2006. The use of cestode parasites from the largemouth yellowfish, *Labeobarbus kimberleyensis* (Gilchrist and Thompson, 1913) in the Vaal Dam, South Africa as indicators of heavy metal bioaccumulation. *Physics and Chemistry of the Earth* 31:840-847.

- Sures, B. 2004. Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. *Trends in Parasitology* 20:170-177.
- Sures, B., G. Jürges y H. Taraschewski. 1998. Relative concentrations of heavy metals in the parasites *Ascaris suum* (Nematoda) and *Fasciola hepatica* (Digenea) and their respective porcine and bovine definitive hosts. *International Journal for Parasitology* 28:1173-1178.
- Sures, B., M. Franken y H. Taraschewski. 2000. Element concentrations in the archiacanthocephalan *Macracanthorhynchus hirudinaceus* compared with those in the porcine host from a slaughterhouse in La Paz, Bolivia. *International Journal for Parasitology* 30:1071-1076.
- Sures, B., K. Grube y H. Taraschewski. 2002. Experimental Studies on the lead accumulation in the cestode *Hymenolepis diminuta* and its final host, *Rattus norvegicus*. *Ecotoxicology* 11:365-368.
- Sures, B., T. Scheible, A. R. Bashtar y H. Taraschewski. 2003. Lead concentrations in *Hymenolepis diminuta* adults and *Taenia taeniaformis* larvae compared to their rat hosts (*Rattus norvegicus*) sampled from the city of Cairo, Egypt. *Parasitology* 127:483-487.
- Tenora, F., V. Barus, S. Kracmar y J. Dvoracek. 2000. Concentrations of some heavy metals in *Ligula intestinalis* plerocercoids (Cestoda) and *Philometra ovata* (Nematoda) compared to some of their hosts (Osteichthyes). *Helminthologia* 37:131-136.
- Torres, J., J. de Lapuente, C. Eira y J. Nadal. 2004. Cadmium and lead concentrations in *Gallegoide sarfaai* (Cestoda: Anoplocephalidae) and *Apodemus sylvaticus* (Rodentia: Muridae) from Spain. *Parasitology Research* 94:468-470.
- Torres, J., J. Peig, C. Eira y M. Borrás. 2006. Cadmium and lead concentrations in *Skrjabinotaenia lobata* (Cestoda: Catenotaenniidae) and its host, *Apodemus sylvaticus* (Rodentia: Muridae) in the urban dumping site of Garraf (Spain). *Environmental Pollution* 143:4-8.

Nemátodos parásitos de roedores de Huehuetla, Hidalgo, México

Jorge Falcón-Ordaz, Scott Monks, y Griselda Pulido-Flores

Resumen

El estudio de nemátodos parásitos de roedores en el estado de Hidalgo es prácticamente desconocido, solamente se han registrado para la entidad un total de 17 especies. Es por esto que se llevó a cabo una recolecta de roedores silvestres en el municipio de Huehuetla, Hidalgo, con el objetivo de conocer los helmintos que parasitan dichos hospederos. Los hospederos se capturaron con trampas Sherman para su posterior sacrificio y revisión helmintológica. Se registra por primera vez *Syphacia* sp. en *Peromyscus mexicanus* (Saussure, 1860) como nuevo hospedero. Se ratifica la identificación de *Trichuris fossor* Hall, 1916 y *Hassalstrongylus aduncus* Chandler, 1932; se registran por segunda vez a *Carolinensis huehuetlana* Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1996 y *Vexillata vexillata* (Hall, 1916) Durette-Desset, 1971. Con estos registros se amplía el número de nemátodos en el estado de Hidalgo (19), además de observar que existe un probable intercambio de helmintos entre hospederos de diferente género y familia, lo cual provoca la diseminación de estos organismos entre la fauna nociva y la silvestre.

Palabras clave: Trichuridae, Oxyuridae, Heligmonellidae, Ornithostrongylidae, Rodentia

Introducción

El estudio de nemátodos parásitos de roedores en el estado de Hidalgo es prácticamente desconocido, solamente se han registrado para la entidad un total de 17 especies (Tabla 1), un número pequeño para lo que se podría esperar de un territorio donde se han reportado 61 especies de roedores silvestres distribuidas en zonas templadas, áridas, subtropicales y tropicales de la vertiente del Golfo de México (Ramírez-Pulido *et al.*, 2000; Cervantes *et al.*, 2002). El municipio de Huehuetla se localiza al noreste del estado en la región denominada Sierra de Tenango, colindando al norte con el estado de Veracruz, al sur con el estado de Puebla y el municipio de Tenango de Doria, al este con el estado de Puebla y Veracruz y al oeste con el estado de Veracruz y el Municipio de San Bartolo Tutotepec. Cuenta con una superficie de 262.10 km que corresponden al 1.20 % del total del territorio estatal, su orografía es montañosa con zonas de vegetación antropizada, Bosque de encino y tropical perennifolio (Martínez-Morales *et al.*, 2007; SEGOB, 2005), en cuanto a los registros

sobre fauna del municipio solo encontramos los registros de *Peromyscus difficilis* (Allen, 1891) y *Heteromys irroratus* (Gray, 1868) que han sido reportados como hospederos de helmintos para la región (Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1995, 1996, 1997, 1999; Lamothe-Argumedo *et al.*, 1997). Con base en lo anterior, el presente trabajo proporciona nuevos registros de nemátodos para el estado de Hidalgo (Tabla 1).

Materiales y Métodos

Para la realización del presente trabajo se llevó a cabo una revisión de material depositado en la Colección Nacional de Helmintos (CNHE), del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, así como una salida de colecta (septiembre, 2002). Los roedores se capturaron con trampas Sherman cebadas con avena, siendo transportados al laboratorio para su sacrificio con una sobredosis de cloroformo. La obtención de los nemátodos se realizó una revisión rutinaria del tubo digestivo y órganos. Los parásitos recolectados

Tabla 1. Registro de nemátodos parásitos de roedores en el estado de Hidalgo.

Especie de Nematodo	Hospedero	Localidad	Referencia
<i>Passalurus abditus</i> Caballero, 1937	<i>Spermophilus variegatus</i>	Tasquillo	Caballero, 1937
<i>Trichuris fessor</i> Hall, 1916	<i>Peromyscus difficilis</i>	Huehuetla	Lamothe-Argumedo et al., 1997
<i>Protospirura mexicana</i> Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1995	<i>Peromyscus difficilis</i>	Huehuetla	Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1995
<i>Carolinensis huehuetlana</i> Falcón-Ordaz & Sanabria-Espinoza, 1996	<i>Peromyscus difficilis</i>	Huehuetla	Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1996
<i>Vexillata vexillata</i> (Hall, 1916) Durette-Desset, 1971	<i>Heteromys irroratus</i> , <i>Peromyscus difficilis</i>	Huehuetla	Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1997, Sanabria-Espinoza et al., 1996
<i>Stilestrongylus peromysci</i> Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1999	<i>Peromyscus difficilis</i>	Huehuetla	Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1999
<i>S. hidalguensis</i> Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1999	<i>Peromyscus</i> sp.	Atlapexco	Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1999
<i>Aspiculuris</i> cf. <i>lahorica</i> Akhtar, 1955	<i>Mus musculus</i>	Metztitlán	Pulido-Flores, et al., 2005
<i>C. carolinensis</i> (Dikmans, 1935) Travassos, 1937	<i>Peromyscus maniculatus</i>	Rancho Santa Elena (Tulancingo)	Pulido-Flores, et al., 2005
<i>Gongylonema</i> sp.	<i>Mus musculus</i>	Metztitlán	Pulido-Flores, et al., 2005
<i>Nippostrongylus brasiliensis</i> Travassos, 1914	<i>Rattus rattus</i>	San Cristóbal (Metztitlán)	Pulido-Flores, et al., 2005
<i>Syphacia muris</i> (Yamaguti, 1935) Yamaguti, 1941	<i>Rattus rattus</i>	San Cristóbal (Metztitlán)	Pulido-Flores, et al., 2005
<i>S. obvelata</i> (Rudolph, 1802) Seurat, 1918	<i>Mus musculus</i>	San Cristóbal (Metztitlán)	Pulido-Flores, et al., 2005
<i>S. peromysci</i> Harkema, 1936	<i>Peromyscus maniculatus</i>	Rancho Santa Elena (Tulancingo)	Pulido-Flores, et al., 2005
<i>Trichinella</i> sp.	<i>Mus musculus</i>	San Cristóbal (Metztitlán)	Pulido-Flores, et al., 2005
<i>Trichuris muris</i> Schrank, 1788	<i>Mus musculus</i>	San Cristóbal (Metztitlán)	Pulido-Flores, et al., 2005
<i>Heteromyoxymuris otomii</i> García-Prieto, Falcón-Ordaz, Lira-Guerrero y Mendoza-Garfias, 2008	<i>Perognathus flavus</i>	Ignacio Zaragoza (Ajacuba)	García-Prieto et al., 2008

se fijaron y procesaron con base en técnicas convencionales (Pritchard y Kruse, 1982). Las medidas se presentan en micrómetros, excepto donde se indique; se presenta el intervalo seguido de la media y desviación estándar entre paréntesis. Para el estudio del synlophe en los tricostrongilidos se siguió la metodología propuesta por Durette-Desset (1985). El material fue depositado en la CNHE.

Resultados

Trichuridae

Trichuris fossor Hall, 1916

Hospedero: *Peromyscus difficilis*

Sitio de infección: Ciego

Fecha de Colecta: Octubre de 1991

Material depositado: CNHE 2283

Comentario: se revisaron un macho y cinco hembras depositados en la CNHE, esta especie fue determinada y redescrita como parásita de *Thomomys talpoides* Richardson, 1828, por Hall (1916) y Todd y Lepp (1972) respectivamente. Como parte de este estudio, se encontraron coincidencias entre los ejemplares y las descripciones anteriores en caracteres como la longitud de la espícula (1.24 mm vs. 0.97-1.35 mm) y la localización de la vulva que abre por arriba de la unión esticosoma-intestino carácter diagnóstico de la especie (Todd y Lepp, 1972), con lo que se ratifica su determinación y el registro de la especie en México parasitando un roedor, esta infección puede deberse a que los roedores llegan a habitar las madrigueras de diferentes organismos, como en el caso de *Heteromys desmarentianus* Gray, 1868 especie que construye sus nidos en las madrigueras de tuzas (Villa y Cervantes, 2003).

Oxyuridae

Syphacia sp.

Hospedero: *Peromyscus mexicanus* (Saussure, 1860)

Sitio de infección: Ciego

Fecha de colecta: Septiembre de 2002

Material depositado: CNHE 6888

Comentario: se revisaron 15 hembras, las cuales exhiben alas cervicales iniciando posterior a la región cefálica y se extienden después del esfago con una longitud de 363-413 (376±29.5), no contando con ala lateral a lo largo del cuerpo. Este es el primer registro del género en *P. mexicanus* y el segundo registro en el estado para *Peromyscus* (Pulido-Flores *et al.*, 2005).

Heligmonellidae

Hassalstrongylus aduncus Chandler, 1932

Hospedero: *Sigmodon hispidus* Say y Ord, 1825

Sitio de infección: intestino

Fecha de colecta: septiembre de 2002

Material depositado: CNHE 6887

Comentario: el material se asignó a esta especie por la disposición y forma de 23 espinas en el synlophe (12 dorsales y 11 ventrales en el macho y 12 dorsales y 11 ventrales en hembras). Así mismo, el macho exhibe las espículas divididas en su punta, rasgo característico de la especie. *Hassalstrongylus aduncus* ha sido registrada parasitando a *S. hispidus* (Chandler, 1932; Durette-Desset, 1972; Kinsella, 1974; Martin y Huffman, 1980; Rodríguez-Ortíz *et al.*, 2003) y recientemente a *Rattus* sp. (Durette-Desset y Digiani, 2005), con una distribución desde los Estados Unidos de América hasta Costa Rica (Chandler, 1932; Durette-Desset, 1972; Durette-Desset y Digiani, 2005; Kinsella, 1974; Martin y Huffman, 1980; Rodríguez-Ortíz *et al.*, 2003), siendo un nuevo registro para la especie en México (García-Prieto *et al.*, 2012).

Carolinensis huehuetlana Falcón-Ordaz y Sanabria-Espinoza, 1996

Hospedero: *Peromyscus difficilis* y *P. mexicanus*

Sitio de infección: intestino

Fecha de colecta: octubre de 1988 y septiembre de 2002

Material depositado: CNHE 2298

Comentarios: esta es la primera vez que se registra la especie en *P. mexicanus* y la segunda ocasión en la localidad.

Ornithostrongylidae

Vexillata vexillata (Hall, 1916) Durette-Desset, 1971

Hospedero: *Heteromys irroratus* y *Peromyscus difficilis*

Sitio de infección: intestino

Fecha de colecta: octubre de 1988 y septiembre de 2002

Material depositado: CNHE 2290

Comentario: esta es la segunda vez que se registra dicha especie en la localidad en estudio.

Discusión

Actualmente en Hidalgo se han registrado 35 especies de nemátodos (Escorcia-Ignacio *et al.*, 2007; García-Prieto *et al.*, 2008; Monks *et al.*, 2008) parásitos de vertebrados, de éstas, 17 se encuentran en roedores (49 %) de seis municipios del estado: Aja-

cuba (1), Atlapexco (1), Huehuetla (5) Metztitlán (7), Tasquillo (1) y Tulancingo (2), que representan el 7.14 % del total del territorio. Esto indica un muestreo asimétrico en los hospederos y el territorio estatal; por consiguiente, una falta de estudios helmintológicos para las diferentes regiones que componen el estado de Hidalgo muestra la importancia de este tipo de estudios ya que los roedores pueden servir de reservorios de diferentes organismos (Singla *et al.*, 2008), así como de diseminadores de helmintos en la fauna endémica de un lugar cuando por la creciente urbanización se introducen roedores considerados como fauna nociva (Smith y Carpenter, 2006). Por último, con el presente trabajo se amplía el número de nemátodos registrados para Hidalgo (19) con dos nuevos registros, uno para un nuevo hospedero (*Syphacia* sp. parásito de *P. mexicanus*) y el primer registro de *H. aduncus* en el país, existiendo el registro de esta última especie como parásito de *Rattus* sp. (Durette-Desset y Digiani, 2005).

Agradecimientos:

Deseamos hacer patente nuestro agradecimiento a Rafael Lamothe-Argumedo y Luis García-Prieto, Curador y Técnico respectivamente de la Colección Nacional de Helmintos de la UNAM, por permitir la revisión de material depositado en dicha colección, a Jesús A. Fernández por la ayuda en la colecta e identificación de los hospederos. Los autores agradecen el financiamiento al proyecto "El efecto de hibridización en la diversidad de helmintos parásitos de peces del género *Xiphophorus*", Ciencia Básica (Clave 0127310), del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para una beca de posdoctorado a JFO durante el desarrollo del manuscrito. Finalmente, este trabajo forme parte de los productos del proyecto colaborativo "Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales", con fondos del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Literatura citada

- Caballero, C. E. 1937. *Passalurus abditus* nouvelle espece de nematode, parasite d'un rongeur mexicain. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée 15:504-506.
- Chandler, A. C. 1932. A new species of *Longistriata* (Nematoda) from the cotton rat, *Sigmodon hispidus*, with notes on the division of the heligmosominae into genera. Journal of Parasitology 19:25-30.
- Cervantes, R. F., S. Ramírez-Vite y J. N. Ramírez-Vite. 2002. Mamíferos pequeños de los alrededores del poblado de Tlachinol, Hidalgo. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica 73:225-237.
- Durette-Desset, M. C. 1972. Compléments morphologiques à l'étude de quelques Nématodes Héligmosomes, parasites de Rongeurs américains. Annales de Parasitologie 47:243-249.
- Durette-Desset M. C. 1985. Trichostrongyloides nematodes and their vertebrate hosts: Reconstruction of the phylogeny of a parasitic group. Advances in Parasitology 24:239-246.
- Durette-Desset M. C. y M. C. Digiani. 2005. Systematic position of some nearctic heligmosomoidea (Nematoda: Trichostrongylina) from the U.S. National parasite Collection and their description. Journal of Parasitology 91:893-899.
- Escordia-Ignacio, R., G. Pulido-Flores y S. Monks. 2007. Presencia de *Spauligodon* sp. en: algunas especies de *Sceloporus* (Reptilia: Iguanidae) de la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. En: Pulido-Flores, G. y A. L. López-Escamilla (Eds.). IV Foro de Investigadores por la Conservación y II Simposio de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo pp. 95-100.
- Falcón-Ordaz, J. y M. A. Sanabria-Espinosa. 1995. Especie nueva del género *Protospirura* (Nemata: Spiruridae) de *Peromyscus difficilis* (Rodentia: Cricetidae) de Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica 66:17-26.
- Falcón-Ordaz, J. y M. A. Sanabria-Espinosa. 1996. Especie nueva del género *Carolinensis* (Nemata: Heligmosomidae) de *Peromyscus difficilis* de Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica 67:67-75.
- Falcón-Ordaz, J. y M. A. Sanabria-Espinosa. 1997. *Vexillata vexillata* (Nematoda: Ornithostrongylidae) parásito de roedores de México. Revista de Biología Tropical 45:1693-1696.
- Falcón-Ordaz, J. y M. A. Sanabria-Espinosa. 1999. Dos nuevas especies de *Stilestrongylus* (Nematoda: Heligmonellidae) parásitos de *Peromyscus* (Rodentia: Cricetidae) de México. Revista de Biología Tropical 47:929-937.
- García-Prieto, L., J. Falcón-Ordaz, G. Lira-Guerrero y B. Mendoza-Garfias. 2008. A new species of *Heteromyoxyuris* (Nematoda: Oxyuridae), parasite of *Perognathus flavus* (Rodentia: Heteromyidae) from Mexico. Journal of Parasitology 94:860-865.
- García-Prieto, L., J. Falcón-Ordaz y C. Guzmán-Cornejo. 2012. Helminth parasites of wild Mexican mammals: list of species, host and geographical distribution. Zootaxa 3290:1-92.

- Hall, M. C. 1916. Nematodes parasites of the orders Rodentia, Lagomorpha and Hyracoidea. Proceedings of the United States National Museum 50:155-157.
- Kinsella, J. M. 1974. Comparison of helminth parasites of the cotton rat, *Sigmodon hispidus*, from several habitats in Florida. American Museum Novitates 2540:1-12.
- Lamothe-Argumedo, R., L. García-Prieto, D. Osorio-Sarabia y G. Pérez-Ponce de León. 1997 Catálogo de la Colección Nacional de Helmintos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México D. F. 211 p.
- Martin, J. L. y D. G. Huffman. 1980. An analysis of the community and population dynamics of the helminths of *Sigmodon hispidus* (Rodentia: Cricetidae) from three central Texas vegetational regions. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 47:247-255.
- Martínez-Morales, M. A., R. Ortiz-Pulido, B. de la Barreda, I. L. Zuria-Jordan, J. Bravo-Cadena y J. Valencia-Herverth. 2007. Hidalgo. En Ortiz-Pulido, R., A. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva, O. Rojas-Soto y T. A. Peterson, (Eds.). Avifaunas Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México pp. 49- 95.
- Monks, S., R. Escorcia-Ignacio y G. Pulido-Flores. 2008. A new species of *Spauligodon* (Nematoda: Pharyngodontidae) in *Sceloporus* (Squamata: Phrynosomatidae) from the Reserve of the Biosphere Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 79:129S-133S.
- Pritchard, M. H. y G. O. W. Kruse. 1982. The collection and preservation of animal parasites. Technical Bulletin No. 1, The Harold W. Manter Laboratory. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska 141 p.
- Pulido-Flores, G., S. Moreno-Flores y S. Monks. 2005. Helminths of rodents (Rodentia: Muridae) from Metztitlán, San Cristobal, and Rancho Santa Elena, Hidalgo, México. Comparative Parasitology 72:186-192.
- Ramírez-Pulido, J., A. Castro-Campillo, M. A. Armella y A. Salame-Méndez. 2000. Bibliografía reciente de los mamíferos de México: 1994-2000. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, D.F. 280 p.
- Rodríguez-Ortíz, B., L. García-Prieto y G. Pérez-Ponce de León. 2003. Checklist of helminth parasites of vertebrates in Costa Rica. Revista de Biología Tropical 51:1-41.
- Sanabria-Espinosa, M. A., J. A. Martínez y M. P. Villeda. 1996. Redescrípción de *Vexillata vexillata* (Nemata: Ornithostrongylidae) en roedores silvestres de las familias Cricetidae y Heteromyidae en dos zonas del estado de Hidalgo, México. Revista de Zoología 8:9-4.
- SEGOB: Secretaria de Gobernación, Enciclopedia de los Municipios de México. 2005. Página en red: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/hidalgo/> (consultada 17 agosto, 2009).
- Singla, L. D., N. Singla, V. R. Parshad, P. D. Juyal y N. K. Sood. 2008. Rodents as reservoirs of parasites in India. Integrative Zoology 3:21-26.
- Smith, K. F. y S. M. Carpenter. 2006. Potential spreads of introduced black rat (*Rattus rattus*) parasites to endemic deer mice (*Peromyscus maniculatus*) on the California Channel Islands. Diversity and Distributions 12:742-748.
- Todd, S. K. y L. D. Lepp. 1972. Redescription of *Trichuris fossor* Hall, 1916 (Nematoda: Trichuridae) from the Northern Pocket Gopher, *Thomomys talpoides*. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 39:203-205.
- Villa, R. B. y F. A. Cervantes. 2003. Los Mamíferos de México. Grupo Editorial Iberoamericana, S. A. de C. V. México D. F. 140 p.

Los hongos comestibles de la región de Molango de Escamilla, Hidalgo, México

Miriam Jiménez-González, Leticia Romero-Bautista,
Miguel Ángel Villavicencio-Nieto, y Blanca Estela Pérez-Escandón

Resumen

Se realizaron 28 salidas a la región de Molango de Escamilla entre los años 2004-2006, en la temporada de lluvias con el fin de obtener los cuerpos fructíferos de los hongos que son consumidos en la región, así como recopilar los nombres comunes e identificar las especies. Se aplicaron entrevistas estructuradas, semiestructuradas y abiertas. Se identificaron 19 especies y en este trabajo se describen 13. Las especies comestibles mayormente consumidas fueron *Pleurotus djamor*, *Cantharellus odoratus*, *Armillaria tabescens*, *Polyporus alveolaris* y *Amanita tocomate*. Se reporta por primera vez en la región el uso comestible de *Russula cessans*, *Russula virescens*, *Russula* aff. *pulchra*, *Cantharellus odoratus*, *Amanita tocomate*, *Clavulina complanata*, *Clavulina* aff. *cristata*, *Lentinus crinitus*, *Polyporus alveolaris*, *Pleurotus djamor* y *Strobilomyces* sp. Los habitantes identifican a las especies por su color, forma y hábito de vida. La búsqueda de alternativas a la severa deforestación ha provocado que numerosas investigaciones en el estudio del potencial utilitario que ofrecen los hongos, por lo que el conocimiento y uso que hacen de ellos los grupos indígenas, resaltan su importancia.

Palabras clave: bosque mesófilo, macromicetes, valor de uso, comestible, nombres vernáculos

Introducción

Los hongos son un componente de la biodiversidad, son esenciales para la sobrevivencia de otros organismos, cruciales en los procesos ecológicos globales y del desarrollo sustentable, sobre todo cuando se considera que presentan especies de interés desde el punto de vista comestible que es el mayormente utilizado para este grupo de organismos. Se calcula que son más de 200 especies comestibles las que se consumen en México, todas ellas con una rica nomenclatura popular que los identifica, e Hidalgo ocupa el tercer lugar en diversidad de especies que se consumen (Villarreal y Pérez-Moreno, 1989). La búsqueda de alternativas a la severa deforestación ha provocado un incremento en el número de investigaciones centradas en el estudio del potencial utilitario que ofrecen los hongos.

Los nombres tradicionales con los que son referidas las especies fúngicas por parte de los pobladores, son fundamentales para interpretar sus cri-

terios de clasificación que permite catalogarlos en sistemas jerárquicos de manera muy similar a las clasificaciones occidentales. Los criterios principales de agrupamiento son: la forma, el color, la consistencia; sitio donde crecen y época de desarrollo, de donde se desprenden los nombres populares (Raven *et al.*, 1971; Mapes *et al.*, 1981; Guzmán, 1999), la mayoría de ellos basados en su morfología macroscópica.

La taxonomía de los hongos es una disciplina dinámica y progresiva que constantemente requiere cambios en su nomenclatura, misma que la mayoría de las veces es confusa y difícil de interpretar (Romero-Bautista, 2007), aunque la morfología macroscópica y microscópica continúan siendo los principales criterios de clasificación o al menos los más disponibles y económicos.

Entre los principales trabajos que se han realizado sobre hongos en el estado de Hidalgo destacan los de Varela y Cifuentes (1979) y Frutis y Guzmán (1983) y Romero-Bautista *et al.* (2010).

Los reportes de Gutiérrez-Ruiz y Cifuentes (1990), Pérez-Silva *et al.* (1983), Villegas y Cifuentes (1988), Pérez-Silva *et al.*, (1999), aunque no son trabajos etnomicológicos propiamente dichos, recolectaron ejemplares en la región estudiada. Los siguientes trabajos aportan información etnomicológica del estado de Hidalgo: Bautista-Nava, (2007), Hernández-Velázquez, (2007) y Jiménez-González, (2008); particularmente de este último se extrajo la información presentada en este escrito. Este trabajo pretende reconocer el valor de uso de las especies que se consumen en la región de Molango de Escamilla, Hidalgo y resaltar algunos aspectos etnomicológicos.

Material y Método

El Municipio de Molango se encuentra en la Sierra Madre Oriental, al norte del estado de Hidalgo, a una altitud sobre el nivel del mar de 1,620 m (Fig. 1). Se localiza al norte 20°41' y 20°58', al oeste 98°35' y 98°52'. Representa el 0.96% de la superficie del estado, colinda al norte con Tepehuacán de Guerrero, Lolotla; y Calnali; al sur con el de Metztitlán; al oeste con Tlahuiletepa, Juárez-Hidalgo y Eloxochitlán y al este con Tianguistengo y Zacualtipán (Mayorga *et al.*, 1998) (Fig. 1). El tipo de vegetación predominante es el bosque mesófilo de montaña y un clima (A)Cb(fm (i') gw: semicálido el más cálido de los templados, además de un clima templado de tipo C en el sureste de Molango, templado húmedo con lluvias todo el año (García, 1981).

Se realizaron 28 salidas al campo en temporada de lluvias, a partir de junio de 2004 hasta agosto de 2006 cada 15 a 20 días. Los croquis municipales para

seleccionar tanto las comunidades como las casas, se obtuvieron de diferentes instancias gubernamentales y del sector salud, y se seleccionaron al azar el 25% de las casas y las seis comunidades: Atezca, Cuachula, Ixcatlán, Naopa, Pemuxtitla y Tlatzintla.

Se aplicaron 96 entrevistas estructuradas, semiestructuradas y abiertas de acuerdo con Cotton (1996) por medio de una ficha para obtener la información de cada una de las especies consideradas como comestibles. También se aplicó una entrevista abierta a los informantes clave, es decir, aquellos seleccionados por el propio investigador (Gedif y Hahn, 2003) y que de acuerdo con el criterio de los informantes tuvieran un conocimiento más amplio del tema.

Se efectuaron recorridos de campo con ayuda de los informantes consenso que proporcionaron la mayor información de las especies fúngicas (Phillips y Gentry, 1993). El grado de preferencia se presenta como una modificación a la propuesta de Cotton (1996) a través de la utilización de matrices. Los cuerpos fructíferos se recolectaron con la gente entrevistada y en algunas otras ocasiones fueron mostradas a los informantes para corroborar la información. Así mismo, se tomaron fotografías del material recolectado *in situ* para documentarlo. Dichos especímenes se prepararon de acuerdo con los métodos establecidos por Cifuentes *et al.* (1985) y Largent *et al.* (1967).

Para la descripción macroscópica se consideraron las características morfológicas en fresco de los ejemplares recolectados (tamaño, forma, color etc.), la determinación del color se realizó comparando las diferentes estructuras del ejemplar con

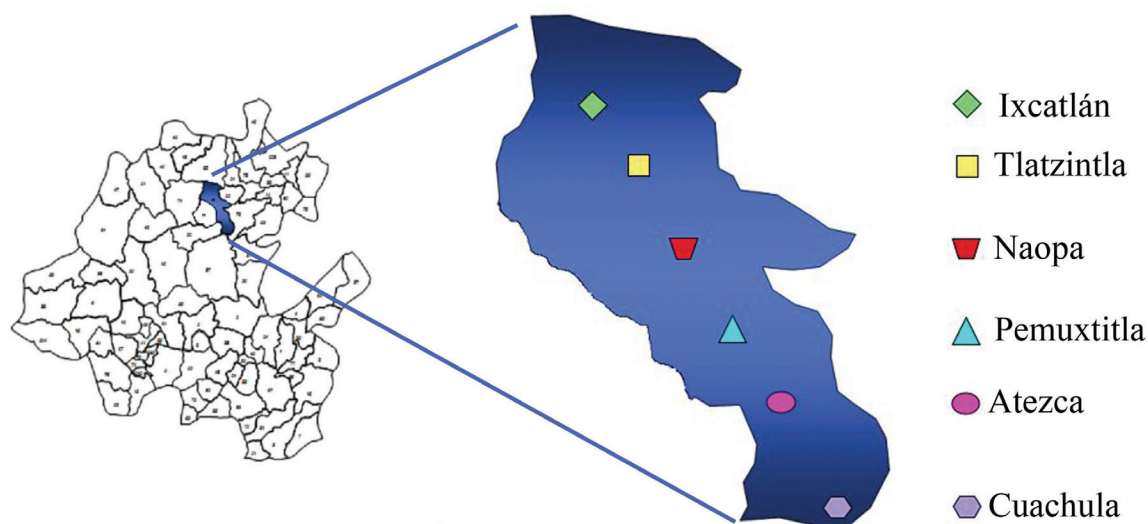


Figura 1. Ubicación de Molango de Escamilla dentro del estado de Hidalgo.

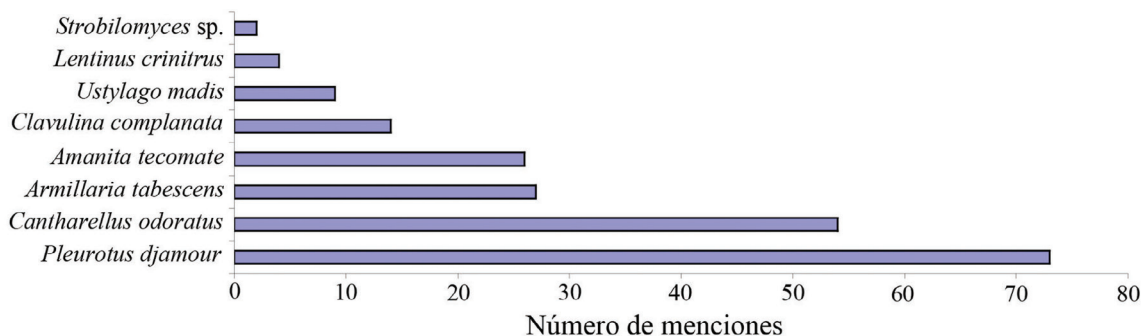


Figura 2. Especies más importantes para la región estudiada.

la guía de colores Kornerup y Wanscher (1978). Se efectuó el registro fotográfico de campo y científico y se realizaron pruebas químicas con los siguientes reactivos: hidróxido de potasio (KOH), sulfato ferroso (Fe_3SO_4) e hidróxido de amonio (NH_3OH) en las diferentes estructuras de los carpóforos y la tonalidad de color resultante de estas pruebas fueron comparadas también con esta guía de color. Los ejemplares recolectados se colocaron en una secadora a una temperatura de 60°C.

Para la descripción microscópica se realizaron diferentes cortes al himenio de los esporomas y de acuerdo con las características particulares de cada especie se observaron esporas, basidios, cistidios y esterigmas, entre otros. La identificación macroscópica y microscópicas se realizó con las claves taxonómicas de: Bodman (1942), Corner (1966), Snell y Dick (1970), Guzmán y Pérez-Patracá (1972), Pleiger (1983), Petersen (1985), Santiago *et al.* (1984), Bon (1988), Phillips (1991), García y López (1999), Díaz-Barriga (2002), Kirk *et al.* (2001), Guzmán (2003), Lechner *et al.* (2004) y Kuo (2003; 2005; 2006; 2009).

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se muestran las especies estudiadas con la familia a la que pertenecen, el nombre tradicional con algunos significados de los nombres de acuerdo con los informantes y con Simeón (1977) y Guzmán (1997).

Las especies más abundantes de acuerdo con los informantes fueron *Pleurotus djamor*, *Cantharellus odoratus*, *Armillaria tabescens* y *Amanita tecomate* y coinciden con las especies comestibles mayormente consumidas en la región; *Auricularia delicada* también es consumida en la región, pero no es comercializada, de la misma forma que en el estudio realizado por (Ruan-Soto *et al.*, 2004) en los mercados de Veracruz, Tabasco y Oaxaca.

Se calculó el valor de uso para las especies más importantes y abundantes según los pobladores de Molango. *P. djamor* y *C. odoratus* presentaron un valor mayor de 50%, seguidas de *Au. tabescens*, *Am. tecomate* con un valor entre 17.7%-28.12%, así mismo algunas especies que se encontraron con un valor de uso entre 2%-16% fueron *C. gigantea*, *Ama. silvaticus*, *Cl. complanata*, *U. maydis*, *L. crinitus* y *Strobilomyces* sp. Las especies comestibles mayormente consumidas fueron *P. djamor*, *C. odoratus*, *Au. tabescens*, *Polyporus alveolaris* y *Am. tecomate* (Fig. 2). Los géneros comestibles más representativos para México de acuerdo con Villarreal y Pérez-Moreno, 1989; Guzmán, 1997 son *Agaricus*, *Russula*, *Boletus*, *Amanita* y *Lactarius*. En este trabajo solamente se encontró a *A. tecomate* como especie importante para la región.

Se obtuvieron 22 formas diferentes de preparar los hongos en platillos en las seis comunidades, siendo la forma más habitual en mole (con especias o recaudo), en caldo y fritos. En el trabajo de Hernández-Velázquez (2007), se obtuvieron 12 formas de preparar coincidiendo la forma de cocinarlos fritos y caldo. De acuerdo con Garibay-Orijel *et al.*, (2007) hay una serie de factores prácticos que están involucrados en la decisión de cómo guisar un hongo y cuántos hongos de cada especie: el estatus económico, los factores culturales (riqueza culinaria). Se reporta por primera vez en la región la propiedad comestible para *Russula cessans*; *R. virescens*, *R. aff. pulchra*, *C. odoratus*, *Am. tecomate*, *Cl. complanata*, *Cl. aff. cristata*, *L. crinitus*, *Po. alveolaris*, *P. djamor*, y *Strobilomyces* sp.

Los pobladores de las comunidades de Molango tienen bien definidos a los hongos que son comestibles por su forma, color y tipo de sustrato en el que crecen. De acuerdo con Hernández-Velázquez (2007), los pobladores conocen mucho mejor a las especies comestibles, no así a las consideradas como tóxicas.

Tabla 1. Especies de hongos comestibles de la región de Molango, nombre tradicional y criterio nomenclatural.

Familia	Especie	Nombre tradicional	Criterio nomenclatural
Agaricaceae	<i>Agaricus bisporus</i> (J. E Lange) Pilát.	Champiñón	Se le reconoce como especie cultivada y comercializada
Auriculariaceae	<i>Auricularia delicata</i> Bull. ex Juss.	Oreja de cochino	Forma que presenta de oreja del cochino
Boletaceae	<i>Strobilomyces</i> sp. Berk; Hooker's J.	Trompa de res, trompa de puerco, hongo de víbora	Al hocio de la res y del puerco y en las escamas de la víbora
Cantharellaceae	<i>Cantharellus odoratus</i> (Schwein.) Fr.	Hongo amarillo (<i>Xochinanacatl</i>)	Por su color y su aspecto de flor. En nahuatl <i>Xochi</i> = flor y <i>nanacatl</i> = carne. Alude a hongos amarillo-anaranjados
Clavulinaceae	<i>Cantharellus</i> aff. <i>fallax</i> Smith	Cornetas, trompetas negras	Por la forma y color
	<i>Clavulina complanata</i> Corner	Hongo escobetilla	Por su forma
	<i>Clavulina</i> aff. <i>cristata</i> (Holmsk) J. Schröt.	Hongo escobetilla	Por su forma
Hypocreaceae	<i>Hypomyces lactiflorum</i> (Schwein.) Tul. & C. Tul.	Colorado, ocotlapa, hongo doble	Por su color
Lycoperdaceae	<i>Calvatia gigantea</i> (Batsch) Lloyd	Huevos de toro	Por el tamaño y forma semejante a los testículos de toro
Marasmiaceae	<i>Armillaria tabescens</i> (Scop.) Emel.	Laakcho, laucho, larcho	Por su color y su forma
Pleurotaceae	<i>Pleurotus djamour</i> (Rumph. Ex Fr.) Bedjin	Hongo blanco de jonote, hongo blanco de tamalcuahuil, hongo blanco de palo de Juan	Por el sustrato donde crece
Pluteaceae	<i>Amanita tocomate</i> Guzmán & Ram-Guill	Huevo de guajolota	Por los colores naranja-rojizo que presenta el hongo similar al huevo de guajolota
Polyporaceae	<i>Lentinus crinitus</i> (L.) Fr.	Chiquinte	Por su color y su forma dura
	<i>Schizophyllum commune</i> Fr.	No se reportó nombre	
	<i>Polyporus alveolaris</i> (DC.) Bondartsev & Singer	Hongo blanco de jonote	Por su color y sustrato donde crece
Russulaceae	<i>Russula cessans</i> A. Pearson	Huevo de guajolota	Por su color
	<i>Russula</i> aff. <i>pulchra</i> Burl.	Huevo de guajolota	Por su color
	<i>Russula virescens</i> (Shaeff.) Fr.	Hongo de frijol u hongo de leche	Por su color y semejanza al caldo de frijol negro
Ustilaginaceae	<i>Ustilago maydis</i> (DC.) Corda	Cuitlacoche, hongo de maíz	Por el hábito de vida

En esta región los hongos son obtenidos por recolecta directa, los autoconsumen y algunas veces son regalados, sólo en la cabecera municipal son vendidos. De la misma forma en el trabajo de Hernández-Velázquez, (2007) coincide el hecho que los pobladores obtienen los hongos por recolecta directa para autoconsumo, aunque en este trabajo se reporta la venta de hongos al igual que en el trabajo de Reygadas *et al.*, (1995).

Se calculó el valor de uso para delimitar a las especies más importantes para los pobladores. Las especies con un alto valor entre 76-28 % fueron *Pl. djamor*, *Ca. odoratus*, *Au. tabecens* y *Am. tecomate*, entre otras especies. En el trabajo de Garibay-Orijel *et al.* (2007) realizó el índice de significancia cultural en el cual coinciden las especies *Cantharellus* sp. y *Am. Caesarea*.

La mayoría de los estudios etnobiológicos se han enfocado a tratar de entender el uso y significado cultural de las plantas principalmente, por lo que el estudio de los hongos es todavía limitado. A pesar de la alta diversidad biológica y cultural que existe en las selvas húmedas de América, la mayoría de los estudios etnomicológicos se han desarrollado en zonas templadas (Ruan-Soto *et al.*, 2004). La carencia de este conocimiento hace necesario intensificar los estudios micológicos regionales que permitan conocer las particularidades fúngicas de cada área.

Gran parte de la zona de estudio corresponde a bosque mesófilo de montaña, que es un tipo de vegetación relictual y rico en plantas vasculares (con al menos 2,500 especies), animales y hongos que cubre menos del 1% del país. Contribuye con cerca del 10-12% de la flora total. Además, Hidalgo es el tercer estado de la República Mexicana con mayor superficie ocupada por este tipo de bosque y posee la mayor riqueza por unidad de superficie en el país (Raven *et al.*, 1971; Rzedowski, 1996; Luna y Alcántara, 2001). Sin embargo, esta región ha sido pobremente recolectada y se encuentra severamente perturbada.

Aún son escasos los estudios etnomicológicos que se han realizado en México, pero son más escasos aquellos que han intentado establecer una metodología de trabajo que permita, además de obtener información de campo clara, precisa y completa, para evaluar y comparar los resultados de una fuente confiable (Estrada-Torres, 2001).

El valor cultural de las especies estudiadas quedó establecido con el amplio conocimiento de las especies comestibles y las formas de preparación, en donde además utilizan otros elementos de su entorno. Todo esto sin la pretensión de formu-

lar grandes conclusiones, leyes inexistentes, métodos de análisis y mucho menos formular patrones o modelos. Sin embargo, a medida que se incrementen los trabajos etnomicológicos, esto será posible. Los hongos comestibles ofrecen beneficios económicos a los habitantes del estado al ser vendidos en los mercados locales, pero además, es importante aplicar las técnicas de estudio adecuadas para la obtención de información acerca de otras formas de uso.

Descripción de especies

A continuación se describen los caracteres macroscópicos y microscópicos de algunas de las especies comestibles reportadas para la región de Molango.

Familia: Auriculariaceae

Género: *Auricularia*

Auricularia delicata Bull. ex Juss. (Fig. 3A).

Sinonimia (www.indexfungorum.org): *Laschia delicata* Fr. 1830.

Cuerpo fructífero: basidioma auriculiforme.

Tamaño: 70 x 41 x 1 mm. Color de las partes: orillas café oscuro (5-F-6), color interno, amarillo olivo (3-C-6). Consistencia: gelatinosa. Olor: tierra húmeda. Sabor: dulce. Esporas: faseoliformes de 11-13 x 5-7 (8) μ m y pelos 25-4 x 7-9 μ m. *Hábitat*: se encontró en bosque mesófilo de montaña (lignícola).

Observaciones: El material estudiado proviene de Ixcatlán, Molango; Hidalgo. Rodríguez-Barba 053 y foto de Romero-Bautista 337.

Discusión: la descripción de esta especie coincide con Sierra-Galván (2000). Nombre común: Oreja de cochino Aunque el término "oreja" es ampliamente utilizado para el género *Auricularia* "oreja de puerco" (*Au. delicata*), de acuerdo con (Guzmán, 1997) se ha utilizado en América Latina para las especies *R. brevipes*, *R. delicata*, *Hypomyces lactiflorum*, pero no para el género *Auricularia*.

Familia: Boletaceae

Género: *Strobilomyces*

Strobilomyces sp. Berk; Hooker's (Fig. 3B).

Cuerpo fructífero: Basidioma boletoide. Píleo:

Tamaño 71 mm, plano convexo, margen recurvado, color café claro (5-B-3), superficie húmeda un poco glutinosa. Contexto: grosor 15 mm, consistencia carnosa, color beige (4-A-2) y cambió a rosa claro (6-A-2), olor dulce. Tubos: 4-10 mm,



Figura 3. Algunos hongos comestibles de Hidalgo. A. *Auricularia delicata*; B. *Strobilomyces* sp.; C. *Cantharellus odoratus*; D. *Clavulina complanata*; E. *Armillaria tabescens*; F. *Pleurotus djamor*; G. *Amanita tecamate*; H. *Lentinus crinitus*; I. *Schizophyllum commune* (foto de Ricardo Valenzuela- Garza). Nota: los ejemplares no todos están a la misma escala.

unión muy juntos, color crema (3-A-2) y cambió a café claro (5-B-3). Poros: 2 x mm, forma isodiamétrica color rosa claro (6-A-2) que cambia a café claro (6-B-3). Estípites: 65 mm, forma recurvado, color café oscuro (5-B-4) en el centro, café claro (5-B-3) en la parte superior, superficie húmeda, el color del contexto es con color al contexto del píleo. Esporas: elípticas a ovoides de pared gruesa surcadas de 16-20 x 8-10 μm , basidios 33-47 x 13-15 μm , esterigmas 5-10 x 1-2 μm .

Hábitat: ejemplar recolectado asociado a encino.

Observaciones: ejemplar proveniente de Ixcatlán Molango; Hidalgo. Rodríguez-Ramírez 157 y foto de Romero Bautista 360.

Discusión: la descripción de esta especie coincide con Snell y Dick (1970), aunque presenta varia-

ciones en algunos aspectos macroscópicos. Esta especie se describe por primera vez para el estado de Hidalgo así como su propiedad de comestible. Nombre común: Hongo de víbora, hongo de trompa de res. El término "Trompa" se ha utilizado para una gran variedad de géneros y "trompa de puerco" particularmente comprende géneros como *Gomphus*, *Hypomyces*, *Lactarius* y *Russula* entre otros, pero Guzmán (1997) no menciona al género *Strobilomyces* como comestible.

Familia: Cantharellaceae

Género: *Cantharellus*

Cantharellus odoratus (Schwein.) Fr. (Fig. 3C).

Sinonimia (indexfungorum.org): *Merulius odoratus* Schwein 1822.

Cuerpo fructífero: basidioma cantarelloide. Píleo: tamaño: 57 mm de diámetro en el centro infundibuliforme y arqueado, con superficie húmeda, pero no higrofano, con grietas en forma rimosa, de color naranja (5-A-7). Láminas: se unen de forma decurrente hasta perderse, separadas, forma muy estrecha, sabor picoso, color naranja claro (5-A-4). Contexto: grosor 5 mm y no cambia de color, con una consistencia carnosa y un poco correoso, con sabor picoso, olor afrutado, con color al píleo. Estípote: tamaño 38 mm largo, no presenta bulbo, es de forma clavada con una superficie húmeda y pequeñas escamas, en la superficie de color naranja claro (5-A-4) y en el contexto (5-A-2) blanco naranja. Esporas: elípticas a subglobosas 8-10 μm x 5-6 μm .

Hábitat: se encontraron varios ejemplares en la hojarasca, asociación con encino.

Observaciones: El material estudiado proviene de Ixcatlán, Molango, Hidalgo. Jiménez-González 0023 y foto Romero-Bautista 355.

Discusión: El material estudiado coincide con la descripción de Phillips (1991), García y López (1999). Se describe por primera vez para el estado de Hidalgo así como su propiedad comestible. Esta especie puede ser confundida con *Ca. cibarius*, por la similitud con su cuerpo fructífero y en la forma y tamaño de esporas, pero el himenio de *Ca. odoratus* es más liso y presenta un color naranja pálido. Nombre común: Hongo amarillo o xoxinanajkatl. El término "hongo amarillo" se ha utilizado para algunos géneros como *Clavariadelphus*, *Gomphus*, *Amanita* y *Cantharellus*, así como también el término "xochinanacatl" de acuerdo con (Guzmán, 1997).

Familia: Clavulinaceae

Género: *Clavulina*

Clavulina complanata Corner (Fig. 3D).

Cuerpo fructífero: Basidioma clavarioide. Tamaño: 94 mm de longitud total, 25 mm de ancho, tamaño del estípote 39 mm de largo x 4 mm de ancho. Colores: de la base café claro (6-C-4), de la parte media crema (2-A-2), de los puntos café (5 E 7), del contexto café cremoso claro (5-C-4). Forma de los puntos: cónicos. Olor: agradable. Esporas: subglobosas a elípticas lisas 5-7 (10) x 7-5 (10) μm . Hábitat: bosque mesófilo de montaña. Observaciones: El material estudiado proviene de Coachula, Molango; Hidalgo. Rodríguez-Ramírez 149 y foto Jiménez-González 28. Pruebas macroquímicas: Melzer cambio a azul grisáceo (20-E-3) FeSO_4 cambió a azul grisáceo (20-E-3).

Discusión: La descripción de esta especie concuerda con Corner (1966), Petersen (1985) y se describe por primera vez para el estado de Hidalgo, así como su propiedad de comestible. Nombre común: Hongo escobetilla. "Escobetilla" es un término ampliamente utilizado tanto para el género *Ramaria*, como para *Clavulina*.

Familia: Marasmiaceae

Género: *Armillaria*

Armillaria tabecens (Scop.) Emel (Fig. 3E).

Sinonimias (www.indexfungorum.org): *Agaricus gymnopodius* Bull. *Herbier de la France*: tab. 601 (1798). *Ag. gymnopodius* sensu Quélet, fide Pearson & Dennis (1948); fide Checklist of Basidiomycota of Great Britain and Ireland (2005). *Ag. socialis* DC., *Fl. Fr.* 6: 48 (1815). *A. tabecens* Scop., *Fl. carniol.*, Edn 2 (Vienna) 2: 446 (1772). *Ar. mellea* var. *tabecens* (Scop.) Rea & Ramsb *Trans. Br. mycol. Soc.* 5: 352 (1917). *Ar. socialis* (DC.) Herink *Symposium o Václavce Obecne*. *Ar. mellea* (Vahl ex Fr.) Kumm. (Brno): 44 (1973). *Ar. tabescens* (Scop.) Singer. *Clitocybe gymnopodia* sensu Kühner & Romagnesi (1953). *Cli. gymnopodia* (Bull.) Gillet, *Hyménomycètes* (Alençon): 162 (1874). *Cli. monadelpha* (Morgan) Sacc. *Syll. fung.* (Abellini) 5: 164 (1887). *Cli. socialis* (DC.) Gillet, *Hyménomycètes* (Alençon): 159 (1874). *C. tabescens* (Scop.) Bres., *Iconographia Mycologica* 3: 134 (1928) [1927]. *Collibia tabescens* (Scop.) Fr., *Flammula gymnopodia* (Bull.) Fr., *Mém. Soc. Émul. Montbéliard*, Sér. 2 5: 346 (1873). *Lentinus caespitosus* Berk., *J. Bot.*, London 6: 317 (1847). *Monodelphus caespitosus* (Berk.) Murril, *Mycologia* 3: 192 (1911). *Omphalia gymnopodia* sensu Quélet [*Fl. Mycol. France*: 251 (1888)]. *Pholiota gymnopodia* (Bull.) A.F.M. Reijnders, *Persoonia* 17(1): 113 (1998). *Pleurotus caespitosus* (Berk.) Sacc., *Syll. fung.* (Abellini) 5: 352 (1887). *Pocillaria caespitosa* (Berk.) Kuntze, *Revis. gen. pl.* (Leipzig) 2: 865 (1891).

Cuerpo fructífero: Basidioma pileado-estipitado. Píleo: tamaño 41-62 mm de diámetro, plano convexo, margen arqueado, color café (6-C-6), superficie húmeda, ornamentación lisa. Láminas: unión subdecurrente, frecuencia juntas, color café muy claro (6-B-3), borde liso, forma ancha. Contexto: 5-7 mm grosor, color crema (1-A-1), consistencia poco carnosa a correosa, olor perfumado. Estípote: 80 mm largo, con la base radicante, color crema (5-B-3) y café (6-C-8) y hacia la base café (6-E-3) y café (6-C-4), superficie húmeda, ornamentación rimosa. Contexto color crema, hacia la base café, 5 mm grosor, olor perfumado, consis-

tencia correosa. Esporas: elípticas 7-8 x 5-6 µm, basidios tetraspóricos 25-37 x 7-8 µm, esterigmas 2-4 x 1-2 µm. Hábitat: ejemplar encontrado en bosque mesófilo de montaña. Observaciones: el material estudiado proviene de Ixcatlán, Molango; Hidalgo Jiménez-González 0035 y foto Jiménez-González 0005.

Discusión: la descripción de esta especie coincide con Phillips (1991) y Kuo (2005). Nombre común: Laakcho, laucho, larcho. Estos términos se escribieron de acuerdo a como fueron pronunciados por la gente. De acuerdo con los nombres de los hongos propuestos por Guzmán (1997), un término semejante es aplicado para *Cyatus microsporus*.

Familia: Pleurotaceae

Género: *Pleurotus*

Pleurotus djamor (Rumph. ex Fr.) Boedijn (Fig. 3F).

Sinonimias (www.indexfungorum.org): *Agaricus caryophylleus* Berk., J. Linn. Soc., Bot. 13: 157 (1872). *Ag. djamor* Rumph. ex Fr., Syst. mycol. (Lundae) 1: 185 (1821). *Ag. leptogramme* Berk. & Broome, J. Linn. Soc., Bot. 11 (no. 56): 529 (1871). *Ag. luteoalbus* Beeli, Bull. Soc. R. Bot. Belg. 60: 163 (1928). *Ag. moselei* Berk., J. Linn. Soc., Bot. 14: 353 (1873). *Ag. ninguidus* Berk., Hooker's J. Bot. Kew Gard. Misc. 2: 84 (1850). *Ag. pacificus* Berk., J. Bot., London 1: 451 (1842). *Ag. placentodes* Berk., Hooker's J. Bot. Kew Gard. Misc. 4: 104 (1852). *Ag. prometheus* Berk. & M. A. Curtis, Proc. Amer. Acad. Arts & Sci. 4: 115 (1860) [1858]. *Ag. scabriusculus* Berk., J. Linn. Soc., Bot. 16: 48 (1878). *Ag. scabriusculus* Berk., J. Linn. Soc., Bot. 13: 157 (1872). *Crepidopus djamor* (Fr.) Overeem, (1927). *Dendrosaracus caryophylleus* (Berk.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 3(2): 463 (1898). *D. scabriusculus* (Berk.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 3(2): 464 (1898). *Fungus djamor* Rumph., Herb. amboin. 6: 130 (1750). *Lentinus djamor* (Rumph. ex Fr.) Fr., Syn. generis *Lentinus* 14 (1836). *Pl. djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn, (1959) var. *djamor*. *Pl. leptogrammus* (Berk. & Broome) Sacc. *Pl. moselei* (Berk.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 5: 370 (1887). *Pl. ninguidus* (Berk.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 5: 361 (1887). *Pl. pacificus* (Berk.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 5: 375 (1887). *Pl. placentodes* (Berk.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 5: 359 (1887). *Pl. prometheus* (Berk. & M.A. Curtis) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 5: 358 (1887). *Pl. salmoneostramineus* Lj.N. Vassiljeva, Agarikowie sjljapotsjnie gribi (por. Agaricales) primorskogo kraja [Die Blätterpilze und Röhrlinge (Agaricales) von Primorsky Region]:

85 (1973). *Pl. scabellus* Sacc., Syll. fung. (Abellini) 5: 373 (1887). *Pl. scabriusculus* (Berk.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 5: 374 (1887). *Pocillaria djamor* (Rumph. ex Fr.) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 2: 866 (1891).

Cuerpo fructífero: Basidioma pleurotoide: Píleo: tamaño 53 mm de diámetro, forma plano-convexo-umblicado, margen arqueado, color crema (1-A-2), superficie húmeda, ornamentación liso. Láminas: decurrentes, frecuencia separadas, color crema (1-A-2), borde liso, forma estrecha, sabor a rábano. Contexto: 0.5 mm grosor, color crema (1-A-2), consistencia correoso, olor masa de tortilla. Estípite (pseuduestípite): 15 mm de largo, color crema (1-A-2), superficie húmeda, ornamentación ramosa. Esporas: de forma amigdaliforme, lisa inamiloides 9-10 x 3-5 µm.

Hábitat: Ejemplar recolectado en troncos podridos de suchiate (*Liquidambar styraciflua*), de jonote (*Heliocarpus denell-smithii*), entre otras especies no identificadas.

Observaciones: se cuenta con varios ejemplares que provienen de la comunidad Ixcatlán, Acatla, Molango; Hidalgo.

Discusión: La descripción de este ejemplar coincide con Lechner *et al.*, (2004) y Guzmán (2003). Esta especie se describe por primera vez para el estado de Hidalgo. El término "Hongo blanco" ha sido aplicado para una amplia variedad de géneros, entre ellos *Pleurotus* y particularmente para la especie *Pl. djamor*. Nombre común: hongo de jonote, hongo de tamalcuahuil, hongo de suchiate, hongo de palo de Juan, hongo de cojón de gato, hongo de cedro. "Hongo de jonote" es un término aplicado para al género *Pleurotus*. El término "hongo de palo" se aplica para una gran variedad de especies, entre ellas algunas del género *Pleurotus*, pero particularmente "palo de Juan" y "hongo de tamalcuahuitl" es referido para *P. djamor* en la región estudiada (Fig. 1).

Familia: Pluteaceae

Género: *Amanita*

Amanita tecomate Guzmán & Ram.-Guill (2001) (Fig. 3G).

Sinonimias: *Agaricus caesareus* Schaeff.

Cuerpo fructífero: Basidioma pileado-estipitado. Píleo: tamaño 80 mm, forma umbonado, margen levantado, color naranja oscuro (8-A-8), superficie húmeda y ramosa. Láminas: adheridas, juntas, color amarillo (3-A-6), borde liso, color del borde con color a las láminas. Contexto: 2-90 mm, consistencia correoso, color crema (1-A-2), sabor

agradable dulce, olor agradable. Estípites: 180 mm forma clavada, color amarillo con naranja (5-A-7) (4-A-6) forma de la base adherida. Anillo: colgante, localización hacia el himenio, color naranja claro (5-A-6). Volva: adherida al estípites, color de ambos lados blanco (1-A-1). Esporas: elípticas que con KOH al 10% se tornan verdes con una gota de grasa muy notoria 7-9 x (5) 6-7 µm.

Hábitat: este ejemplar fue encontrado asociado a bosque mesófilo de montaña.

Observaciones: el material estudiado proviene de Ixcatlán, Molango; Hidalgo. Jiménez-González 62. y foto Romero-Bautista 394.

Discusión: la descripción coincide con la de Díaz-Barriga (2002). Esta especie se describe por primera vez para el estado de Hidalgo, así como su propiedad comestible. Nombre tradicional: Hongo de huevo de guajolota. El término "Hongo de huevo" se ha utilizado particularmente para *Amanita caesarea* que presenta cierto parecido morfológico con *A. tocomate* "huevo de guajolota". Sin embargo, este mismo nombre se aplica para *R.* y *R. aff. pulchra* por lo que la gente se basa en la coloración naranja-rojizo que toman estas tres especies relacionadas con la yema del huevo de guajolota, más que por su forma o estructuras más detalladas (volva, anillo, etc).

Familia: Polyporaceae

Género: *Lentinus*

Sinonimia (indexfungorum.org): *Lentinus crinitus* (L.) Fr., Nov. Symb. Myc.: 34 (1825) (Fig. 3H).

Cuerpo fructífero: Basidioma pileado-estipitado. Píleo: tamaño 47 mm de diámetro, forma plano a ligeramente infundibuliforme, margen arqueado, color amarillo (4-A-4) con café (5 D 6), superficie seca, no higrofano, ornamentación viloso, color café. Láminas: unión subdecurrente, muy juntas, borde liso, forma estrecha, color crema (4-A-3). Contexto: 1 mm de grosor, consistencia correosa, olor a hongo de maguey, color blanco (1-A-1). Estípites: 22 mm largo, forma clavado, superficie seca, ornamentación escumuloso, color naranja muy claro (4-A-4) y gris (4-C-2). Esporas: 6-8 x 3 µm de forma elíptica a amigdaliforme.

Hábitat: bosque mesófilo de montaña, en un tronco de encino.

Observaciones: el material estudiado proviene de Ixcatlán, Molango; Hidalgo. Jiménez-González 47 y foto Romero-Bautista 353. Pruebas macroquímicas: KOH al 10% estípites cambió a café (6-C-8), contexto del estípites cambió a café (6-C-4), himenio cambió a café (6-C-8). NH₄OH estípites

cambió a naranja (6-B-6).

Discusión: la descripción de este ejemplar concuerda con Plegier (1983), Guzmán (2003). Se reporta por primera vez su propiedad comestible de esta especie. Nombre común: Chiquinte que se ha aplicado particularmente para esta especie pero es utilizado como sinónimo de "oreja de palo" para otras especies. Este término es utilizado también para *Schizophyllum commune* que también crece en esta región.

Género: *Schizophyllum*

Schizophyllum commune Fr. (Fig. 3I).

Cuerpo fructífero: Basidioma flabeliforme. Píleo: tamaño 22 mm de forma plana, margen plano, color café (5-E-4), superficie seca, no higrofano, y zomado. Láminas: adheridas, muy juntas, color café claro (5-D-4), (5-E-6), borde liso, forma estrecha. Contexto: grosor 1 mm, color blanco, consistencia cartilaginosa, olor a pólvora. Esporas: cilíndricas a elípticas de 3-4 x 1-1.5 µm, se tornan verdes con KOH al 10%.

Hábitat: los ejemplares encontrados fueron encontrados en los polines en una casa en construcción.

Observaciones: el material estudiado proviene de Ixcatlán, Molango; Hidalgo. Jiménez-González 88 y foto Romero-Bautista 403.

Discusión: La descripción coincide con Kuo, (2003). Nombre tradicional: Chiquinte (ver *L. crinitus*).

Género: *Polyporus*

Polyporus alveolaris (DC.) Bondartsev & Singer; Annls Mycol. 39 (1): 58 (1941) (Fig. 4A).

Sinonimias (www.indexfungorum.org): *Boletus mori* (Pollini) Pollini, Giorn. Fis. Chim. Stor. nat. Med. Arti Pavia 9: 35 (1816) *Cantharellus alveolaris* (DC.) Fr., Syst. mycol. (Lundae) 1: 322 (1821) *Daedalea broussonetiae* Cappelli, Cat. Stirp. Regio Horto bot. taurinensi (1821) *Favolus alveolaris* (DC.) Quél.: 185 (1886). *F. canadensis* Klotzsch, Linnaea 7: 197 (1833) [1832] *Favolus kauffmanii* Lloyd, Mycol. Writ. 5: 614 (1916). *F. mori* (Pollini) Fr., Syst. orb. veg. (Lundae): 76 (1825). *F. peponinus* Lloyd, Mycol. Writ. 5 (Letter 66): 16 (1917). *F. striatulus* Ellis & Everh., Am. Nat. 31: 339 (1897). *F. whetstonei* Lloyd, Mycol. Writ. 5: 615 (1916) *Hexagonia alveolaris* (DC.) Murrill, Bull. Torrey bot. Club 31(6): 327 (1904) *H. mori* Pollini, Hort. Veron. Pl. Nov.: 35 (1816). *H. striatula* (Ellis & Everh.) Murrill, N. Amer. Fl. (New York) 9(1): 48 (1907) *Merulius alveolaris* DC., in de Candolle & Lamarck, Fl. franç., Edn 3 (Paris) 5/6: 43 (1815) *Polyporellus alveolaris* (DC.) Pilát, Beih. bot. Zbl., Abt. 2 56: 36

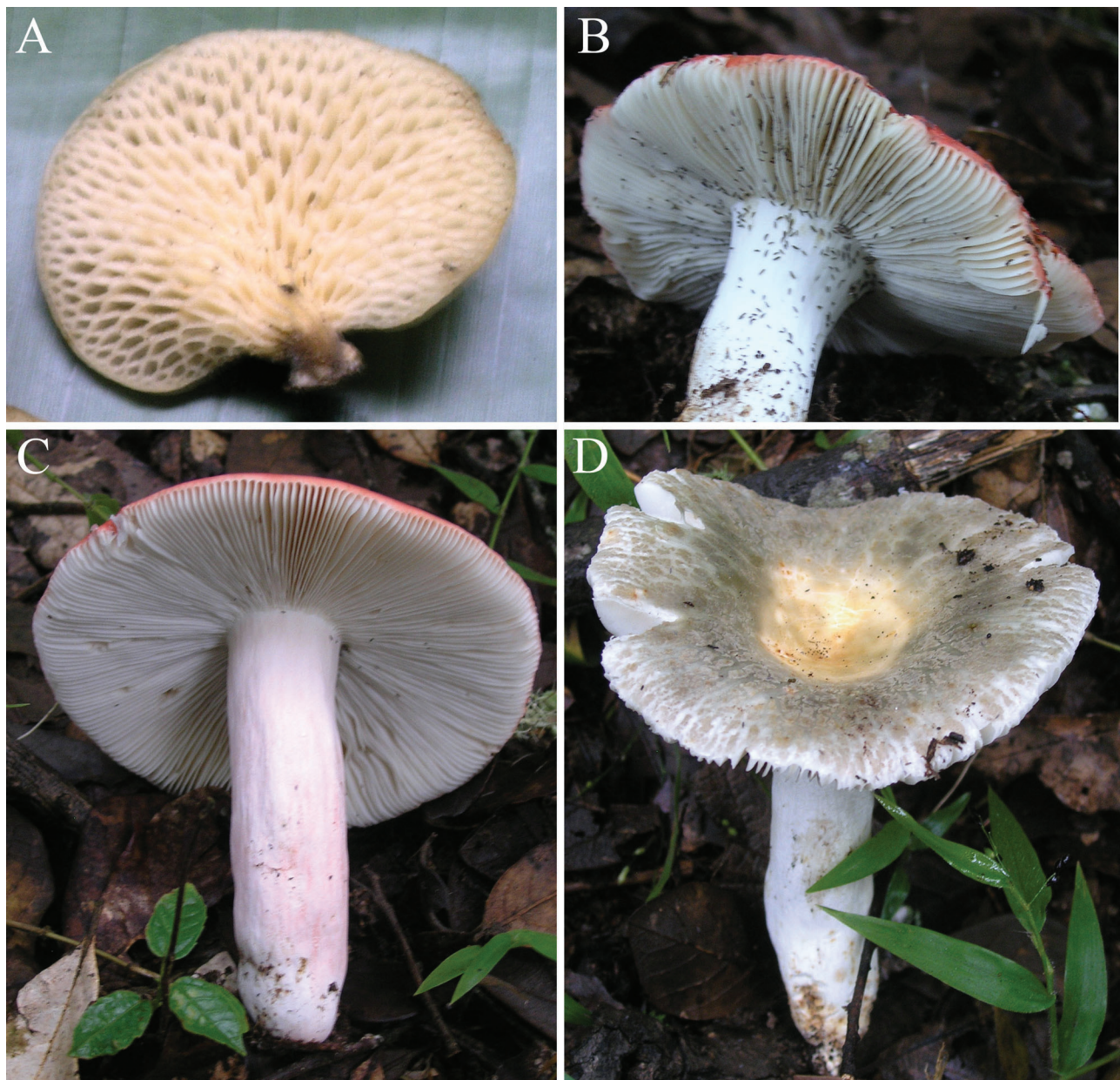


Figura 4. Algunos hongos comestibles de Hidalgo. A. *Polyporus alveolaris*; B. *Russula cessans*; C. *Russula* aff. *pulchra*; D. *Russula virescens*. No todos los ejemplares están a la misma escala.

(1936) *Polyporus favoloides* Doass. & Pat., Bull. Soc. bot. Fr. 27: 355 (1880). *Po. mori* (Pollini) Fr., Syst. mycol. (Lundae) 1: 344 (1821). *Po. tenuiparies* Lafferr. & Gilb., Mycotaxon 37: 331 (1990).

Cuerpo fructífero: Basidioma pleurotoide (con poros en lugar de láminas). Píleo: tamaño 73 mm de ancho, 55 mm de largo, color arena (4-C-5), hacia la base café-grisáceo (5-F-4), café pardo (3-E-5), beige (4-B-4) y marfil (4-A-2), escamoso. Contexto: 3 mm, olor perfumado, sabor caña de azúcar. Tubos: 10 mm de longitud, poros: 1 mm

de diámetro y romboides, color amarillo crema (4-A-3) y amarillo claro (4-B-4). Estípites (pseudostípites): tamaño 5 mm. Esporas: cilíndricas a elípticas de 9-11 x 3-5 µm que se tornan verdes con KOH al 10%.

Hábitat: ejemplar encontrado en tronco de árbol de jonote.

Observaciones: El material estudiado proviene de Ixcatlán, Molango; Hidalgo. Romero-Bautista 371 y foto Jiménez-González 49. **Discusión:** La descripción de esta especie coincide con Phillip's (1991).

Se reporta por primera vez su propiedad comestible de esta especie. Nombre común: Hongo de jonote. Cabe mencionar que es confundida con *Pl. djamor* por los pobladores de la región por lo que la recolectan y mezclan con *Pl. djamor*.

Po. alveolaris también recibe el nombre de "hongo de jonote" de igual forma que *Pl. djamor* por crecer ambos sobre el jonote. La forma del basidioma, el color, así como la forma de adherirse al sustrato es la misma, sin embargo *Po. alveolaris* es un poliporoide que presenta poros en lugar de láminas (Fig. 4A). Esto se observó al revisar una recolecta realizada por los informantes para preparar "tamales" donde son mezcladas si diferenciar ambas especies.

Familia: Russulaceae

Género: *Russula*

Russula cessans A. Pearson, Naturalist: 101 (1950) (Fig. 4B).

Cuerpo fructífero: Basidioma pileado-estipitado. Píleo: tamaño de 29-51 mm de diámetro, forma plana deprimida en el centro, con margen arqueado, color rojo vináceo al exterior (10-D-8) y rojo parduzco (9-C-7) y al centro un ligero color amarillo verdoso (3-B-7), brillante y el borde desgarrado. Superficie húmeda, la cutícula se desprende fácilmente. Láminas: unión subadherida, frecuencia poco separada, color blanco (1-A-1), borde liso, forma ancha, con un sabor ligeramente dulce. Contexto: color blanco (1-A-1) y no cambia de color al cortarlo, grosor de 3 mm, presenta un sabor un poco dulce y olor ligeramente a cloro, consistencia cartilaginosa. Estípote: 26 mm de largo, forma cilíndrica, color blanco (1-A-1) y a la base color café (5-C-6), consistencia cartilaginosa, ornamentación fibroso. Esporas: ovoides a subglobosas con verrugas 8-9 x 7-8 μm .

Hábitat: el ejemplar fue encontrado en bosque de pino-encino, sustrato húmico, el lugar había sido quemado y le llamaban chamusquina.

Observaciones: material estudiado proviene de Acatla Molango; Hidalgo. Jiménez-González 0015, foto Romero-Bautista 321. Pruebas microquímicas: píleo se tornó a un rosa más claro en 10 segundos (7-A-6) con KOH al 10%, cambió a rosa (8-A-2) con NH_4OH , estípote tomó un color café (7-C-5) en 3 segundos.

Discusión: la descripción de esta especie concuerda con Phillips (1991), Kuo (2009). Puede confundirse con *Russula emetica* que presenta también una coloración rojiza en el píleo y blanco en las láminas, pero se diferencia en las esporas de esta

última que son ovoides con verrugas grandes de forma cónica, formando casi siempre un retículo completo, en cambio *R. cessans* sus esporas son más pequeñas y sólo presentan un retículo parcial. Esta especie se describe por primera vez para el estado de Hidalgo y se reporta por primera vez su propiedad comestible. Nombre común: hongo de huevo de guajolota (ver *Am. tecomate*).

Russula aff. *pulchra* Burl. (Fig. 4C).

Cuerpo fructífero: Basidioma pileado-estipitado. Píleo: tamaño de 70 mm de diámetro, presenta forma plano convexo, 70 mm de diámetro, con margen arqueado y al centro deprimido, color rojo (10-D-8) al centro y hacia la superficie otro tono de rojo (9-C-7), con superficie seca, la cutícula se desprende fácilmente. Láminas: unión adherida, frecuencias poco separadas, color crema (4-A-2), con borde liso de forma ancha. Estípote: tamaño de 70 mm de largo, forma ventricoso color blanco (1-A-1), con una consistencia correosa con ornamentación rimosa, color café (5-C-5). Contexto: de color blanco que cambió a café, con un grosor de 15 mm, con olor agradable, consistencia corchoso. Esporas: forma elíptica, con verrugas 8-9 (10) x 6-7 (9) μm , basidios 37.2 x 13.9 μm , cistidios de forma lectiforme.

Hábitat: se encontró en bosque mesófilo de montaña.

Observaciones: material estudiado proviene de Ixcatlán Molango; Hidalgo. Jiménez-González 63 y foto Romero-Bautista 395. Pruebas microquímicas Contexto cambio a verde (1-F-7) con FeSO_4 .

Discusión: la descripción de esta especie concuerda con Phillips (1991), Kuo (2009) y Bon (1988). Esta especie se describe por primera vez para el estado de Hidalgo, así como su propiedad comestible. Nombre común: hongo de huevo de guajolota (ver *Am. tecomate*).

Russula virescens (Shaeff.) Fr; Anteckin. Sver. Ätl. Svamp.: 50 (1836) (Fig. 4D).

Sinonimias (www.indexfungorum.com.org): *Ag. virescens* Schaeff; Fung. Bavar. Palat. 4: 40 (1774).

Cuerpo fructífero: Basidioma pileado-estipitado. Píleo: tamaño de 36 mm diámetro, plano convexo, margen arqueado, aerolado, color verde (1-C-6), superficie seca, la cutícula no se desprende fácilmente. Láminas: adherentes, muy juntas, color blancas (1-A-1), borde liso, anchas, sabor insípido. Estípote: 29 mm largo, clavado, color blanco con café, consistencia correoso, ornamentación rimoso. Contexto: cambia un poco a café,

grosor 9 mm, olor agradable, corchoso. Esporas: subglobosa a elípticas equinuladas (6) 7-8 x 5-6 μm .

Hábitat: se encontró el ejemplar en bosque mesófilo de montaña.

Observaciones: El material estudiado proviene de Ixcatlán y Acatla, Molango, Hidalgo. Jiménez-González 0016 y 0064 y foto Romero Bautista 315 y 401. Pruebas macroquímicas: contexto: cambio a café (6-B-5) con FeSO_4 .

Discusión: La descripción de esta especie concuerda con Phillips (1991), Kuo (2009). Suele ser confundida con *R. crustosa*, pero esta especie es más pequeñas y presenta finas líneas, en *Russula virescens* las esporas son más grandes y presentan retículo parcial. Se reporta primera vez su propiedad comestible. Nombre común: Hongo de frijol.

Conclusiones

Se recopilaron 43 nombres comunes de los cuales se identificaron 14 especies, en este trabajo se describen 13. Las especies identificadas se agruparon en 11 géneros y 9 familias de las cuales la familia Russulaceae fue la más abundante con 3 especies.

Las especies más abundantes e importantes (valor de uso) de acuerdo con los informantes fueron: *Pl. djamor*, *Ca. odoratus*, *Ar. tabescens*, *Pl. alveolaris* y *Am. tecomate*.

Se reporta por primera vez en la región la propiedad comestible de *R. cessans*, *R. virescens*, *R. aff. pulchra*, *Ca. odoratus*, *Am. tecomate*, *Cl. complanata*, *Cl. aff. cristata*, *L. crinitus*, *Po. alveolaris*, *Pl. djamor* y *Strobilomyces* sp. La mayoría de estas especies se preparan fritos, asados o en mole. Los platillos típicos en la región fueron: en hoja de papatla en tamales y pacholes. Los habitantes las identifican por su color, forma y hábito de vida.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento al proyecto FOMIX CONACyT-HGO-2010-01-15-1064. Plantas Medicinales y Hongos de Hidalgo: Aprovechamiento Sustentable y Conservación como Estrategias para Mejorar la Calidad de Vida. Este trabajo forma parte de los productos del proyecto colaborativo "Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales", con fondos del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Literatura citada

- Bautista-Nava, E. 2007. Taxonomía y conocimiento tradicional de *Cantharellus* Fr. (Fungi Cantharellaceae) en el Nornoreste del Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca 72 p.
- Bodman, C. 1942. The genus *Tremellodendron*. The American Midland Naturalist 27:203-216.
- Bon, M. 1988. Clé monographique des russules d'Europe. Documens Mycologie 18:1-120.
- Cifuentes, J., M. Villegas y L. Pérez. 1985. Hongos. En Manual de herbario: Administración y manejo de colección. Técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Lot, A., y F. Chiang (Eds). Consejo Nacional de la flora de México. A. C., México, D. F. pp. 55-61.
- Corner, E. J. H. 1966. A monograph of cantharelloid fungi. Oxford University Press, Oxford 255 p.
- Cotton, C. M. 1996. Ethnobotany Principles and Applications. Chichester: Wiley & Sons 434 p.
- Díaz-Barriga, H. 2002. Hongos macromicetos comestibles, medicinales y destructores de la madera de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, Sierra Chincua, Michoacán, México. Fundación Michoacán Produce, A. C. y Comisión Forestal del Estado de Michoacán. Morelia, Mich. México 310 p.
- Estrada-Torres, A. 2001. Aspectos metodológicos de la etnomicología. Etnobiología 1:85-91.
- Frutis, I. y G. Guzmán. 1983. Contribución al conocimiento de los hongos del Estado de Hidalgo. Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología 18:219-265.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset. Larios, S. A. México, D. F. 220 p.
- García, J. y A. López. 1999. *Cantharellus odoratus*. Funga Veracruzana 25:1-3.
- Garibay-Orijel, R., J. Caballero, A. Estrada-Torres y J. Cifuentes. 2007. Understanding cultural significance, the edible mushrooms case. Journal of Ethnobiology and Etnomedicine 3:1746-4269.
- Gedif, T. y H. Hahn. 2003. The use of medicinal plants in self-care in rural central Ethiopia. Journal of Ethnopharmacology 87:155-161.
- Gutiérrez-Ruiz, J. y J. Cifuentes. 1990. Contribución al conocimiento del género *Agaricus* subgénero *Agaricus* I. Revista Mexicana de Micología 6:151-178.

- Guzmán, G. 1997. Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. Introducción a la etnomicología aplicada a la región. CONABIO-Instituto de Ecología, A.C., Xalapa 356 p.
- Guzmán, G. 1999. Los hongos comestibles, medicinales y sagrados en México. En Vásquez-Dávila, M. A. (Ed). La etnobiología en México: Reflexiones y experiencias. Secretaría de Educación Pública/Asociación Etnobiológica de México. Oaxaca, Oaxaca pp. 145-151.
- Guzmán, G. 2003. Los hongos del Edén Quintana Roo. Introducción a la micobiota tropical de México. Impreso en México. 316 p.
- Guzmán, G. y A. M. Pérez-Patraca. 1972. Las especies conocidas del género *Panaeolus* en México. Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología 6:17-53.
- Hernández-Velázquez, H. 2007. Macromicetos de una región de Mineral del Chico, Hidalgo: Una aproximación a la Etnomicología. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca 122 p.
- INDEX FUNGORUM. Página en red: <http://www.indexfungorum.org> ; (consultada hasta 2012)
- Jiménez-González, M. 2008. Uso de los macromicetos de Molango de Escamilla, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca 119 p.
- Kirk, P. M., P. F. Cannon, J. C. David y J. A. Stalpers. 2001. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi. 9. CAB International, Wallingford 655 p.
- Kornerup, A. y J. H. Wanscher. 1967. Methuen handbook of colour. Eyre Methuen, London 243 p.
- Kuo, M. 2003. Retrieved from the Mushroom Expert.Com Web site: http://www.mushroomexpert.com/schizophyllum_commune.html ; Consultada junio, 2003.
- Kuo, M. 2005. Retrieved from the Mushroom Expert.Com Web site: <http://www.mushroomexpert.com/armillaria.html> ; Consultada febrero, 2005.
- Kuo, M. 2006. Retrieved from the Mushroom Expert.Com Web site: http://www.mushroomexpert.com/ramaria_botrytis.html; Consultada abril, 2008.
- Kuo, M. 2009. Retrieved from the Mushroom Expert.Com Web site: <http://www.mushroomexpert.com/russula.html> ; Consultada marzo, 2009.
- Largent, D.L., D. Johnson y R. Watling. 1977. How to Identify Mushrooms to Genus III: Microscopic Features, Mad River Press, California 148 p.
- Largent, D., D. Johnson y R. Watling. 1967. How to identify Mushrooms to genus III: Microscopic Features. Masson, Paris 122 p.
- Lechner, B. E., J. E. Wright y E. Albertó. 2004. The genus *Pleurotus* in Argentina. Mycologia 96:845-858.
- Luna, I. y O. Alcántara. 2001. Florística del bosque mesófilo de montaña de Hidalgo. Boletín de la Sociedad de Botánica. México 66:101-119.
- Mapes, C., G. Guzmán y J. Caballero. 1981. Etnomicología purépecha. El conocimiento, uso de los hongos en la Cuenca de Pátzcuaro, Michoacán. Serie etnociencia. Cuadernos de Etnobiología. N. 2 SEP, Sociedad Mexicana de Micología. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México 79 p.
- Mayorga, R., I. Luna-Vega y O. Alcántara. 1998. Florística del bosque mesófilo de montaña de Molocotlán, Molango-Xochicoatlán, Hidalgo, México. Boletín de la Sociedad de Botánica. México 63:101-119.
- Pérez-Silva, E., E. Aguirre-Acosta y T. Herrera. 1983. Distribución e importancia de algunas especies de *Hypomyces* (Hypocreales) en México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 54:203-218.
- Pérez-Silva, E., T. Herrera y M. Esqueda-Valle. 1999. Species of *Geastrum* (Basidiomycotina: Geastraceae). From México. Revista Mexicana de Micología 15:89-104.
- Petersen, R. H. 1985. Notes on clavarioid fungi. XX. New taxa and distributional records in *Clavulina* and *Ramaria*. Mycologia 77:903-919.
- Phillips, O. L. y A. H. Gentry. 1993. The useful plants of Tamboata, Peru I: statistical hypotheses tests with a new quantitative technique. Economic Botany 47:15-32.
- Phillips, R. 1991. Mushrooms of North America. Editorial Little, Brown 260 p.
- Pegler, D. N. 1983. The Genus *Lentinus*. A world monograph. HMSO, London 281 p.
- Raven, P. H., B. Berlin y D. E. Breedlove. 1971. The origins of Taxonomy. Science 174:1210-1213.
- Reygadas, F., M. Zamora y J. Cifuentes. 1995. Conocimiento sobre los hongos silvestres en las comunidades de Ajusco y Topilejo, Distrito Federal. Revista Mexicana de Micología 11:85-108.

- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35:25-44.
- Romero-Bautista, L. 2007. La sistemática: Base del conocimiento de la biodiversidad. *En* Contreras-Ramos, A., C. Cuevas Cardona, I. Goyenechea y U. Iturbe (Eds). *Avances en la Taxonomía y sistemática de los hongos: Una revisión general*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo pp. 67-74.
- Romero-Bautista, L., G. Pulido-Flores y R. Valenzuela. 2010. Estudio micoflorístico de los hongos poliporoides del estado de Hidalgo, México. *Poli-botánica* 29:1-28.
- Ruan-Soto F., R. Garibay-Orijel y J. Cifuentes. 2004. Aproximación al conocimiento micológico tradicional en tres regiones del sureste mexicano, a través de un estudio en mercados. *Revista Mexicana de Micología* 19:57-70.
- Santiago, G., J. Cifuentes y M. Villegas. 1984. Contribución al conocimiento del Género *Amanita* subgénero *Amanita* en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 19:3-105.
- Sierra-Galván, S. 2000. Estudio taxonómico y monográfico del orden Dacrymycetales (Fungi) en México. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 144 p.
- Siméon, R. 1977. Diccionario de la lengua náhuatl o mexicana. Siglo XXI América nuestra. México, D. F. 783 p.
- Snell, W. H. y E. A. Dick. 1970. The Boletín of north-eastern North America. Publisher in Lehre. Germany 115 p.
- Varela, L. y J. Cifuentes. 1979. Distribución de algunos Macromicetos en el Norte del Estado de Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 13:75-88.
- Villarreal, L. y J. Pérez-Moreno. 1989. Los hongos comestibles silvestres de México, un enfoque integral. *Micología Neotropical Aplicada* 2:77-114.

Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston

Jorge Alejandro Sobrevilla-Solís, Maritza López-Herrera,
Ana Laura López-Escamilla, y Leticia Romero-Bautista

Resumen

El mezquite es un elemento importante en la vegetación de ambientes semiáridos ya que tiene un gran valor ambiental. Biológicamente, las semillas de *Prosopis laevigata* presentan dificultades de germinación debido a la presencia de una testa impermeable causando una latencia física. El objetivo de esta investigación fue evaluar 10 diferentes tratamientos de escarificación y la combinación de los tratamientos que obtuvieron los mayores porcentajes de germinación, con cuatro soluciones osmóticas para aumentar la germinación de *P. laevigata*. Los índices de germinación demuestran que los tratamientos de escarificación de índole mecánico, son los de mayor efectividad ya que estos dañan de forma directa a la testa de la semilla, rompiendo así la latencia.

En los tratamientos osmóticos, el análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas en los potenciales, pero si en los tratamientos de escarificación. Aspectos como la edad de la semilla, tiempo de maduración e interacciones ambientales, pueden ser la causa de las variaciones en la respuesta de germinación de *P. laevigata*.

Palabras clave: *Prosopis laevigata*, tratamientos osmóticos, germinación

Introducción

Las semillas cumplen una doble función en el mundo, por un lado forman parte de la dieta diaria de millones de personas dándole un significativo valor económico; sin embargo, su principal importancia es ser el medio de dispersión, propagación y perpetuación de un gran número de especies, ocupando un papel trascendental en la historia evolutiva de las plantas superiores (The Seed Biology Place, 2007; Raven *et al.*, 1999; Willis y McElwain, 2002). Las investigaciones enfocadas en los aspectos fisiológicos y ecofisiológicos de estas estructuras son indispensables para desarrollar proyectos encaminados a la propagación en masa de especies con

finés de reforestación y restauración ecológica (Besnier, 1989; Martínez, 1994).

Prosopis laevigata comúnmente conocida como mezquite, es una especie de vital importancia en los ambientes semiáridos; y a la vez ha sido uno de los principales recursos naturales para los habitantes de las regiones semidesérticas (Gómez *et al.*, 1970; Burkart, 1976; CONAZA, 1994; Pennington y Sarukhán, 2005). Sin embargo, las poblaciones naturales de *P. laevigata* en nuestro país y en el estado de Hidalgo han disminuido considerablemente debido a actividades desmedidas de explotación de los recursos; este hecho aunado a la latencia física que presentan las semillas, ha ocasionado la casi nula regeneración natural de los mezquiteales (Gómez *et al.*, 1970).

Para enfrentar los problemas de latencia que presentan este tipo de semillas, se han desarrollado diversas técnicas de pregerminación en un gran número de especies vegetales, principalmente las de valor agrícola. Dichas técnicas han permitido obtener una germinación rápida, completa y uniforme. Lo que ayudan a las labores de manipuleo y el establecimiento de los cultivos (Martínez, 1994). Las evidencias prácticas que emplean este tipo de tratamientos pregerminativos en las semillas de *P. laevigata* revelan perspectivas exitosas a partir de la germinación en viveros, garantizando la posibilidad de su propagación (Ffolliot y Thames, 1983; Gold *et al.*, 2004) ya sea como el uso de cultivo comercial de áreas marginales, en sistemas agroforestales o para fines de reforestación para incrementar la densidad de los mezquites silvestres (CONAZA, 1994).

El género *Prosopis* se distribuye en las zonas tropicales y subtropicales en ambos hemisferios (Gómez *et al.*, 1970; Rzedowski, 1988). La especie *P. laevigata* es el mezquite típico del centro y sur de México (Rzedowski, 1988), con distribución en los estados de Guerrero, Querétaro, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Veracruz, Nuevo León, Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, y Zacatecas (CONAZA, 1994). Comúnmente se encuentran individuos creciendo en climas semi-húmedos, mien-

tras que existen otras poblaciones que prosperan en altitudes próximas a 2,500 m y hacia el norte, esta especie forma parte de matorrales xerófilos, donde las precipitaciones llegan a ser de 300 mm anuales en promedio (Rzedowski, 1988; Rzedowski y Rzedowski 2001) (Fig. 1).

En Hidalgo, *P. laevigata* se distribuye en el centro y norte del Valle del Mezquital, en gran parte del Valle de Ixmiquilpan, parte sureste del Valle de Actopan y parte noroeste y suroeste del Valle de Mixquiahuala (Fig. 2); al sur se encuentra delimitado por las comunidades de Santa María Amajac, San Juan Tepa, Tetepango, San Juan Tepenene y el Arenal (Gómez *et al.*, 1970). También se reporta la presencia de *P. laevigata* en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, formando parte del estrato arbóreo y arbustivo dentro del Bosque Tropical Caducifolio, Matorral crasicaule de *Stenocereus dumortieri*, Matorral crasicaule de *Opuntia imbricata* y Matorral submontano (CONANP, 2003).

Prosopis laevigata es una especie con un gran valor ecológico dentro de las regiones donde abunda (Pennington y Sarukhán, 2005), debido a que es un excelente controlador de la erosión gracias a su capacidad de desarrollarse en lugares donde los suelos son pobres, con escasos horizontes y son fácilmente deslavados por las lluvias torrenciales (Gómez *et al.*, 1970). Además, como otras leguminosas, tiene

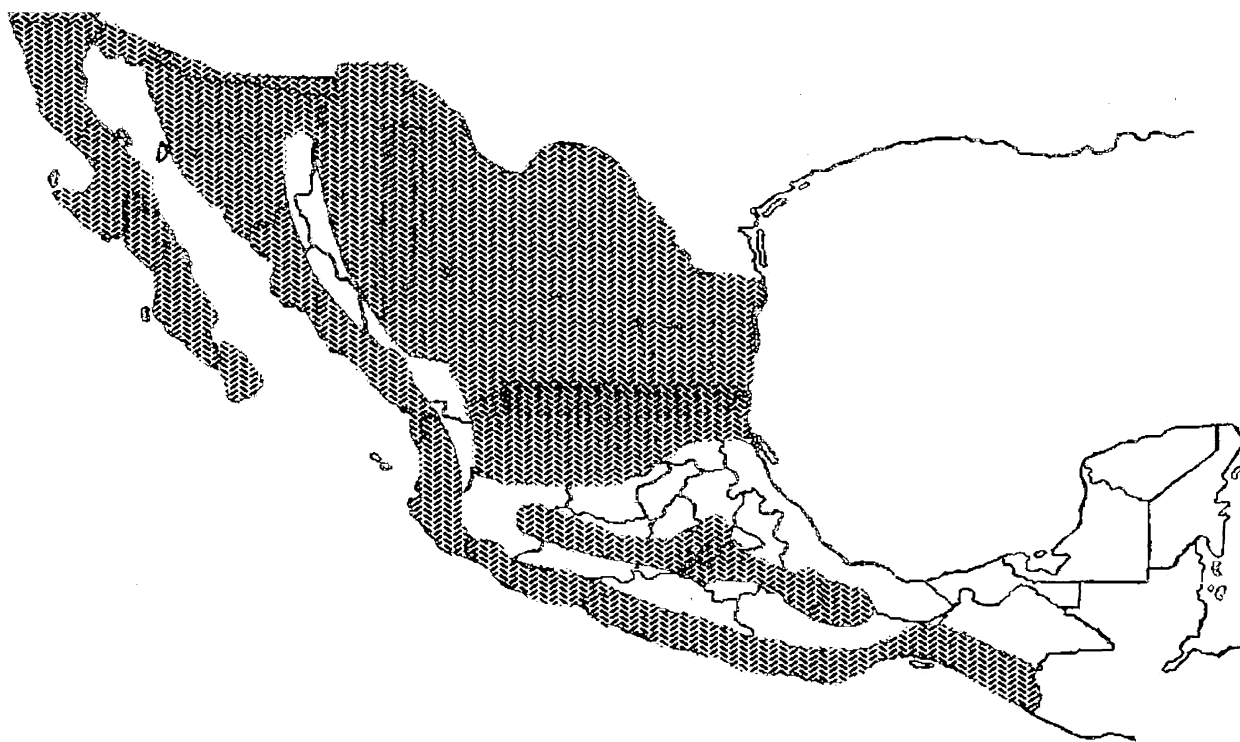


Figura 1. Distribución del género *Prosopis* en la República Mexicana (Tomado de Gómez *et al.*, 1970).

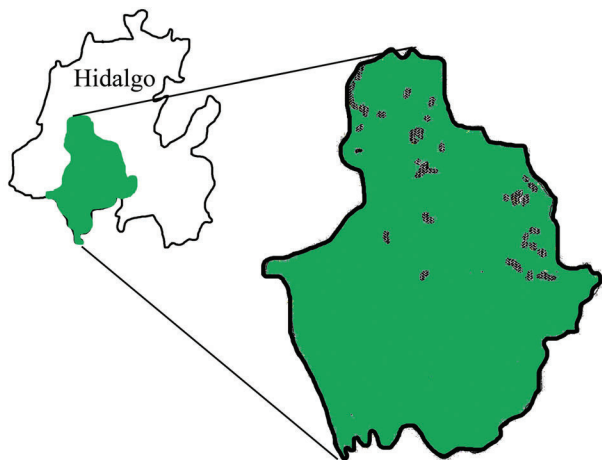


Figura 2. Distribución de *Prosopis laevigata* en la región del Valle del Mezquital, en el estado de Hidalgo (Tomado de Gómez *et al.*, 1970).

la cualidad de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo, a través de las micorrizas asociadas a sus raíces, mejorando así su fertilidad. Por ello esta especie puede ser considerada para su uso en programas de reforestación de áreas semiáridas. También se considera que *P. laevigata* tiene cierta importancia como indicador, pues se piensa que de esta especie está asociada a la presencia de mantos freáticos, indicando los sitios de perforación de pozos comunales (Gómez *et al.*, 1970; Felker, 1981; Pennington y Sarukhán, 2005).

Dentro del entorno, las comunidades de *P. laevigata* son importantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas ya que son el hábitat de una cantidad considerable de fauna silvestre, además de mejorar la estética del paisaje (CONAZA, 1994). La gran problemática que presentan las semillas de *P. laevigata*, al igual que muchas otras leguminosas, es la latencia, ya que el principal factor que lo genera es la impermeabilidad que muestran las semillas al agua. Las semillas de *P. laevigata* presentan una testa dura e impermeable, por lo que la semilla se califica como una "semilla dura" (Dübbern de Souza y Marcos-Filho, 2001; D' Aubeterre *et al.*, 2002; Rivas *et al.*, 2005). Esta impermeabilidad impide la imbibición de la semilla, debido a que es un fenómeno puramente físico (Dübbern de Souza y Marcos-Filho, 2001; Vilela y Ravetta, 2001; Baes *et al.*, 2002; De Villalobos *et al.*, 2002; D' Aubeterre *et al.*, 2002; Rivas *et al.*, 2005).

La latencia se define como una fase inactiva de la semilla durante la cual el crecimiento y desarrollo se ven retrasados y los procesos metabólicos se ven

reducidos a niveles mínimos. La verdadera función de la latencia es prevenir la germinación cuando las condiciones ambientales no son favorables, y las probabilidades de crecimiento y establecimiento de las plántulas son bajas (Koornneef *et al.*, 2002; Fenner y Thompson, 2005). Las principales causas de latencia son distintos factores ambientales, tales como la luz, temperatura, humedad. Sin embargo, también existen características intrínsecas que pueden inducir la latencia, las cuales pueden actuar solas o en combinación con los factores ambientales antes mencionados (Bewley y Black, 1985; Debeaujon *et al.*, 2000; Baskin y Baskin, 2001; Koornneef *et al.*, 2002).

Los tratamientos de escarificación son un grupo de actividades previas a la germinación encaminadas a facilitar y aumentar la germinación; este tipo de actividades se centra en semillas que generalmente presentan una latencia exógena, por ejemplo la latencia física que presentan las semillas de *P. laevigata* (Willian, 1991; Kolotelo *et al.*, 2001).

La escarificación tiene la finalidad de ablandar, perforar, rasgar o abrir las cubiertas de la semillas para hacerla permeable, sin dañar el embrión ni el endospermo que se encuentran en su interior; logrando así la imbibición y el intercambio gaseoso. La velocidad de emergencia es un factor clave para la instalación en el campo o en vivero en todas las especies. La escarificación mecánica, física o química de semillas es una práctica recomendada para incrementar la germinación en *Prosopis*, pero no la modifica (Willian, 1991; Parretti, 1994). Los tratamientos osmóticos de presembrado pueden ser una herramienta para incrementar la velocidad de emergencia (Besnier, 1989).

Aunque existen un gran número de investigaciones dedicadas a evaluar distintos tratamientos de escarificación con semillas de *P. laevigata*, no es así para los tratamientos de osmocondicionamiento y mucho menos los enfocados a evaluar distintos tratamientos de escarificación con osmocondicionamiento a distintos potenciales con esta especie. En este contexto, surge el interés de conocer y evaluar diferentes tratamientos de escarificación y osmóticos a los que deberían someterse las semillas de *P. laevigata* con el fin de romper su latencia, permitiendo generar un buen porcentaje de germinación.

Material y Métodos

Obtención de la semilla: Se realizó una colecta de frutos en la comunidad de San José Tepenene, en el municipio de El Arenal, Hidalgo, ubicado en Latitud 20°12'13" y Longitud 98°53'28" durante el mes

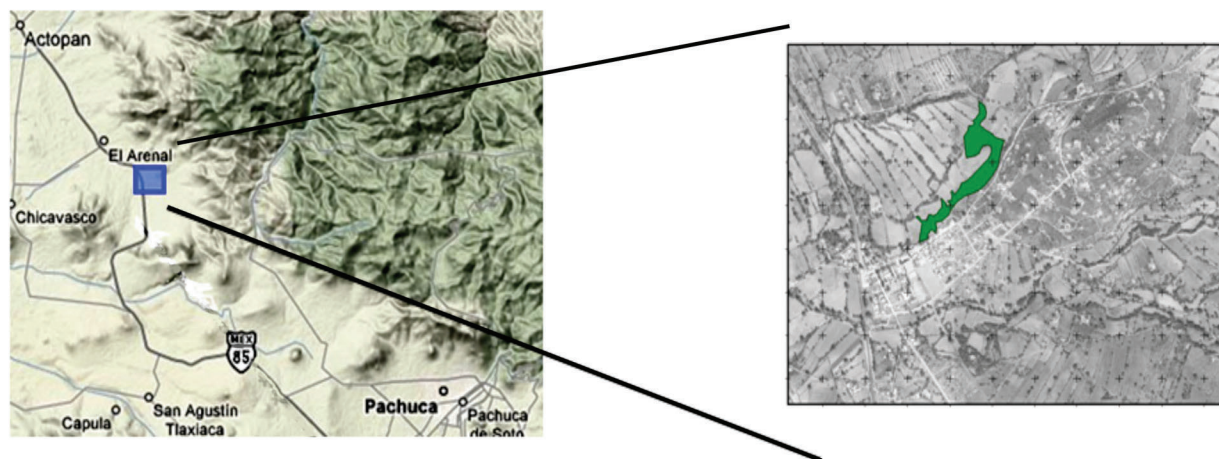


Figura 3. Ubicación de la comunidad de San José Tepenene (Tomada de Google Earth 2007). Delimitación del área de colecta (en verde), dentro de la comunidad de San José Tepenene.

de agosto del 2006, en una población natural y visiblemente conservada de *P. laevigata* con presencia de individuos altos, aparentemente sanos (Fig. 3).

Los frutos se colectaron directamente de los árboles cuando tenían una coloración entre violeta y amarillo; los frutos se remojaron en agua durante 72 horas para ablandar las vainas y extraer la semilla de forma manual. Una vez obtenida la semilla, se enjuaga con agua corriente, para retirar la mayor cantidad de pulpa, finalmente se dejó secar al sol durante 48 horas. Las semillas fueron almacenadas en bolsas Ziploc®, etiquetadas y mantenidas a temperaturas que oscilaban entre 4 y 10°C hasta su posterior uso.

Escarificación de la semilla: Se evaluaron 10 métodos de escarificación (M): (M1) Lijado manual con lija de agua N° 100; (M2) escarificación en licuadora domestica con 500 ml de agua durante 10 segundos a una velocidad media; (M3) inmersión en ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98% durante 15 minutos; (M4) inmersión en vinagre al 5% de acidez durante 15 minutos, al término del tiempo de inmersión se realizó un enjuague utilizando agua corriente, con la finalidad de neutralizar tanto el ácido como el vinagre; (M5) choque térmico, colocando a las semillas en una pequeña bolsa de tela y sumergiéndolas en agua a 80°C durante 5 minutos, para que inmediatamente fueran expuestas en agua con hielo durante el mismo tiempo. Este procedimiento se realizó dos veces; (M6) inmersión en agua a 65°C durante 4 minutos; (M7) inmersión en agua a 65°C durante 8 minutos; (M8) inmersión en agua a 75°C durante 4 minutos; (M9) inmersión en agua a 75°C durante 8 minutos; (M10) control con

testa. De los métodos seleccionados, dos fueron de naturaleza mecánica (M1 y M2), otros dos métodos de escarificación fueron químicos (M3 y M4) y finalmente, cinco fueron métodos físicos (M5, M6, M7, M8 y M9). Sumándoles un tratamiento control (M10).

Para evaluar los métodos antes mencionados, se tomó una muestra al azar de 400 semillas de *P. laevigata*, las cuales se dividieron en 10 grupos de 40 semillas, para someterlos a los métodos de escarificación, agrupándolos en cuatro repeticiones y 10 semillas por repetición. Antes de ser sembradas, e inmediatamente después de ser sometidas a los métodos de escarificación, las semillas estuvieron inmersas durante un minuto en una solución de CAPTAN® en proporción de 1.5 gr por litro; con la finalidad de evitar la proliferación de hongos durante la germinación.

Las semillas escarificadas se sembraron en almácigos de unícel con capacidad para 200 semillas cada uno a una profundidad de 1.5 cm. Como sustrato se utilizó Peat Moss esterilizado previamente, adicionado con fertilizante Multicote 8 (16-6-12+2MgO)® en una proporción de 340 gr por kilogramo de sustrato. Los almácigos se colocaron en el invernadero del Área Académica de Biología, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; que se mantuvo a una temperatura promedio de 36°C, y una humedad relativa promedio de 17.2%. Se realizaron riegos diarios durante todo el proceso de germinación, para evitar la pérdida de humedad. Las semillas escarificadas fueron evaluadas cada 24 horas; el criterio para determinar cuando habían germinado las semillas fue cuando los cotiledones emergieron completamente del sustrato.

Variables evaluadas: Los índices de germinación empleados fueron (Bewley y Black, 1985):

- a. Potencial germinativo (G%): Es el valor total de germinación expresado en porcentaje.
- b. Índice de velocidad de germinación (IVG): El cual se obtiene dividiendo el número de semillas germinadas entre el número de días evaluados (desde el día de la siembra hasta el último día de evaluación).

$$IVG = ni/ti$$

Donde:

ni = número de semillas germinadas desde el primer al último día.

ti = tiempo en días (desde el día de siembra hasta el final de la evaluación).

- c. Tiempo promedio para alcanzar la germinación (TPG): Se obtiene

$$TPG = \sum(t * n) / \sum n$$

Donde:

t = tiempo en días (iniciando desde el día de la siembra).

n = numero de semillas que completaron la germinación.

- d. Tiempo para alcanzar la máxima germinación (TMax): El cual contempla el día en que el número de semillas germinadas no aumentó más.
- e. Coeficiente de Uniformidad de la Germinación (CGU): La uniformidad puede ser expresada como la varianza de los tiempos individuales de las semillas, respecto al promedio del tiempo de la muestra evaluada. A la par que asumimos que el tiempo para completar la germinación se comporta como una distribución normal; y mientras mayor resulte ser dicho valor, mayor será la uniformidad.

$$CUG = \sum n / \sum [(t^+ - t)^2 * n]$$

Donde:

t⁺ = Tiempo promedio para alcanzar la germinación.

t = Tiempo en días, desde el día cero hasta el último día de evaluación.

n = Número de semillas totales germinadas.

- f. Tratamientos osmóticos (osmoacondicionamiento).

Se evaluaron cuatro potenciales osmóticos (Ψ_o) empleando una solución de agua destilada y Cloruro

Tabla 1. Proporción de cloruro de sodio (NaCl) en 200 ml de agua destilada para obtener los distintos potenciales osmóticos durante el osmoacondicionamiento. Nota: PO = potencial osmótico.

PO	NaCl (gr)
0	0
-0.4	0.191
-0.8	0.382
-1.2	0.573

de Sodio (NaCl). Para determinar la concentración de este último, se realizaron una serie de cálculos para saber que cantidad de NaCl seria necesario poner con 200 ml de agua destilada para poder obtener los siguiente potenciales: 0.0, -0.4, -0.8, -1.2. Los resultados obtenidos a partir de los cálculos para cada potencial se presentan en Tabla 1.

Las soluciones se prepararon en vasos de precipitados, agregando la cantidad suficiente de NaCl para cada uno de los potenciales y aforando la cantidad de agua destilada en probetas de 250 ml para obtener los volúmenes exactos. Cada vaso de precipitados fue cubierto con PARAFILM® para evitar su contaminación y colocados en refrigeración para su mejor conservación. Antes ser utilizadas, cada solución era sacada del refrigerador para que al momento de ser empleadas estuvieran a temperatura ambiente.

La evaluación de los cuatro potenciales osmóticos (0.0, -0.4, -0.8, y -1.2) fue combinada con los dos métodos de escarificación (lijado manual e inmersión en vinagre al 5% de acidez por 15 minutos) y los dos tratamientos de control (control con testa y control sin testa) para así obtener 16 combinaciones diferentes de tratamientos de escarificación con soluciones osmóticas a evaluar. Para este experimento se obtuvo una muestra al azar de 960 semillas, organizándolas en cuatro repeticiones con 15 semillas cada una, 60 semillas en total para cada combinación.

Para evaluar la germinación, se utilizaron cajas Petri de cristal de 10 cm de diámetro, previamente esterilizadas y en su interior se colocó papel filtro previamente esterilizado del mismo diámetro de la caja. Las semillas después ser escarificadas por los métodos antes mencionados, era sumergidas en CAPTAN® a 1.5 gr por litro con la finalidad de evitar la proliferación de hongos durante la germinación. Al terminar este proceso, las semillas se colocaron en las cajas Petri y se agregaron 2 ml de la solución osmótica; para finalizar se cubrieron las semillas con papel filtro. Las cajas fueron rotuladas y colocadas para su incubación en una estufa a una temperatura de $32 \pm 2^\circ \text{C}$.

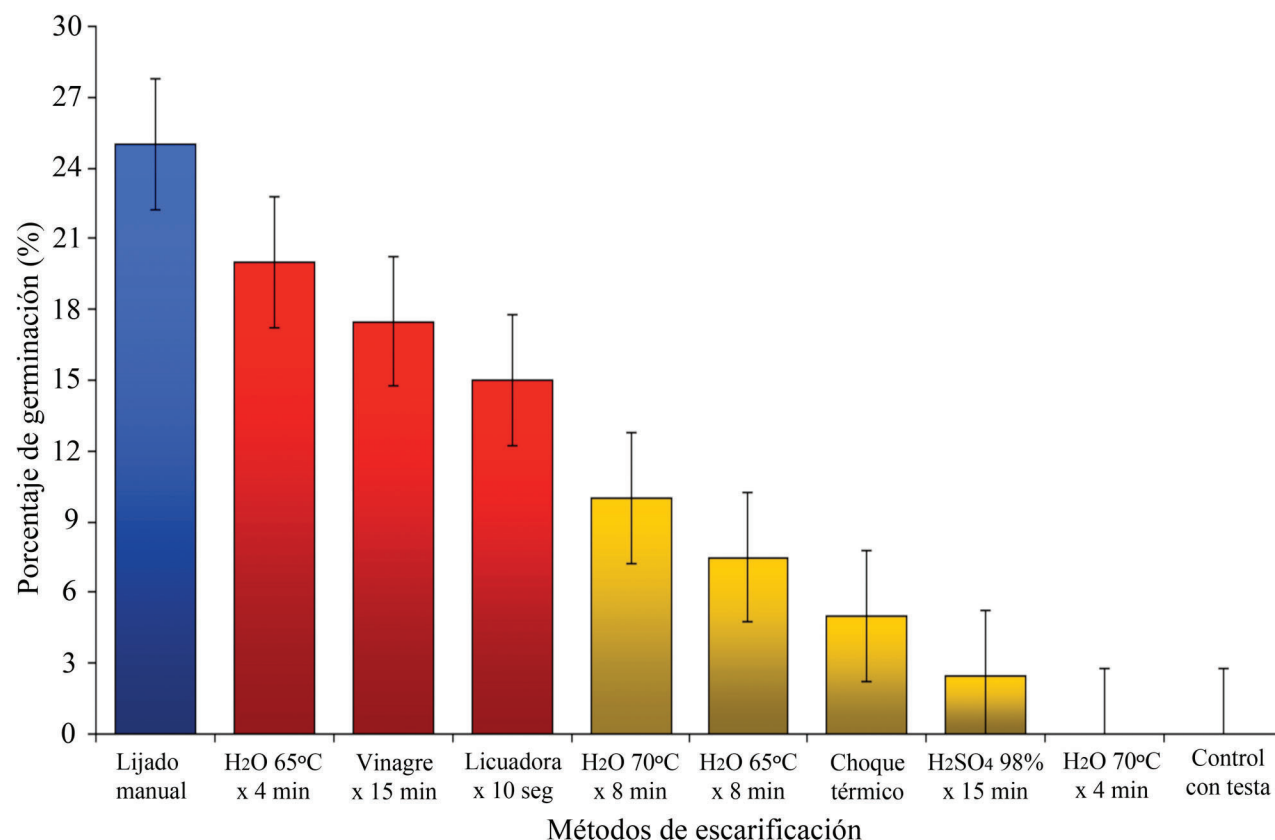


Figura 4. Porcentaje de germinación para cada uno de los tratamientos de escarificación, mostrando barra de error típico en cada uno.

La evaluación de las semillas se realizó diariamente; mientras que la aplicación de las soluciones osmóticas fue cada tercer día. El criterio para determinar que las semillas habían germinado fue cuando se hacía evidente la aparición de la radícula.

Resultados y Discusión

Tratamientos de escarificación: Los resultados de los tratamientos de escarificación pueden agruparse en 4 grupos (Fig. 4). El primer grupo (lijado manual) con el valor más alto de germinación, 25%. Dentro del segundo grupo se encontraron los métodos de inmersión en agua a 65°C por 4 min con el 20%; inmersión en vinagre por 15 min con 17.5% y escarificación en licuadora doméstica por 10 seg con 15% de germinación. El tercer grupo lo formaron el método de inmersión en agua a 70°C por 8 min con el 10%; inmersión en agua a 65°C por 8 min con 7.5%; choque térmico con 5% e inmersión en H₂SO₄ al 98% con el 2.5% de germinación. En el cuarto se engloban a los métodos de inmersión en agua a 70°C por 4 min y el control con testa, en los cuales no hubo germinación.

El lijado manual y el someter a las semillas durante 4 min en agua a 65°C de temperatura, fueron los métodos que mostraron los mejores resultados (25 % y 20 % de germinación). Ambos métodos muestran dos periodos, en donde el proceso de germinación fue más activo (Fig. 5A y C); en el caso del segundo método los resultados muestran que temperaturas más elevadas del agua y mayor tiempo de permanencia de las semillas en ésta, daña permanentemente al embrión generando con esto una inhibición de la germinación.

En la comparación de la cinética de germinación de los dos métodos mecánicos (lijado manual y licuadora por 10 seg) se observa un comportamiento inicial muy semejante pero una vez llegado al 11 día de evaluación, la germinación se detuvo en el segundo método. Es posible que con el método de la licuadora, se genera daño importante en el embrión, Rivas *et al.*, (2005) en su trabajo con semillas de *P. laevigata*, aún cuando no especifica la especie con la cual se trabajó, probaron seis métodos mecánicos de escarificación y en general tuvieron un porcentaje bajo de germinación, siendo el método de licuadora por 30 seg el que mostró mejores resultados (53% de

germinación). Sin embargo en el trabajo mencionado anteriormente, no se describe las revoluciones por minuto (r.p.m) a las cuales fueron sometidas la semillas, por lo que es posible que en el trabajo que se presenta las r.p.m. hayan dañado el embrión generando los resultados observados (Fig. 5A).

En el caso de los métodos químicos, los resultados muestran que el número de semillas germinadas fue realmente bajo, los dos métodos que presentan germinación fue el de vinagre por 15 min y el ácido sulfúrico al 98% por 15 min (Fig. 5B), estos métodos fueron utilizados por Baes *et al.* (2002) en semillas de *P. ferox* obteniendo resultados de hasta un 91% de germinación, sin embargo, a pesar de que en varios trabajos científicos (Baes *et al.*, 2002; D'Aubeterre *et al.*, 2002) los presentan como una buena alternativa para promover la germinación en esta especie, en este estudio no fue así.

Un punto a notar es que en el trabajo de Baes *et al.* (2002) no se menciona la concentración del H_2SO_4 utilizada, en este trabajo se usó dicho ácido al 98%, lo cual pudo dañar las cubiertas de la semilla generando un daño al embrión. Sin embargo, el hecho que se presentara un evento de germinación aun cuando este fue incipiente, plantea la posibilidad de que este método puede ser útil modificando el tiempo de exposición de las semillas a estos agentes químicos y la concentración del ácido utilizado.

Se comprobó que la humedad y la temperatura son factores que inciden fundamentalmente en la regulación de la cantidad y ritmo de absorción del agua en la semilla durante el proceso de germinación de *P. laevigata* (Prokopiuk y Chifa, 2000), por lo tanto de la emergencia del sustrato. Algunas características intrínsecas de las semillas de *P. laevigata* pueden influir en su respuesta germinativa; por ejemplo, el tamaño afecta la germinación (South *et al.*, 1985; Rivas *et al.*, 2005). El tamaño de las semillas en una especie puede variar entre poblaciones o entre individuos, ya sea por diferencia genéticas o por diferencias en la historia de vida de cada planta (Barbour *et al.*, 1999).

Se observa que tanto el lijado manual como el de agua a 65°C por 4 min presentan un porcentaje de germinación muy similar, de ahí que cualquiera de los dos métodos pueden ser utilizados para promover la germinación en *P. laevigata*. Además que la cinética de germinación observada en las gráficas es muy similar, obteniéndose un porcentaje de germinación aceptable, entre el 20 y 25%. Catalán y Balzarini, 1992 indicaron que los mejores métodos de escarificación son los de naturaleza mecánica. Aunque, este tipo de métodos presentan como desventaja

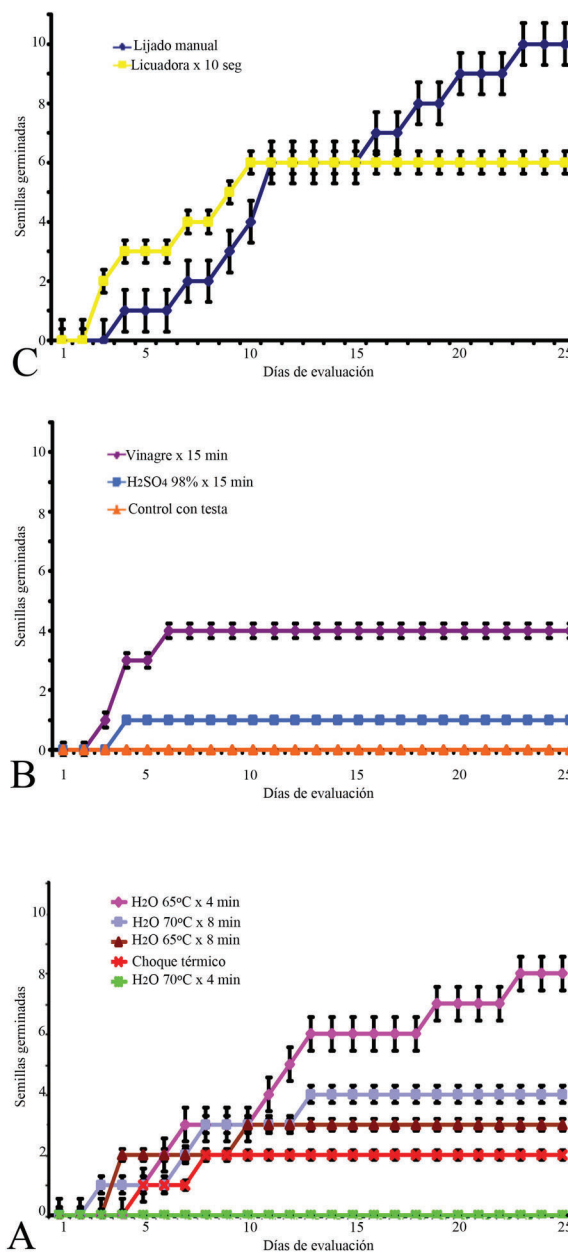


Figura 5. Cinética de germinación de semillas de *Prosopis laevigata* sometidas a diferentes métodos de escarificación: (A) métodos mecánicos; (B) métodos químicos; (C) métodos físicos.

un mayor tiempo de ejecución cuando se realizan en forma manual (Parretti, 1994) (Fig 5C).

Existen diversos indicadores que nos permiten conocer con mayor detalle diferentes características del proceso de germinación en las semillas, entre estos tenemos: índice de velocidad de germinación (IVG), tiempo máximo para alcanzar la germinación (TMAX), tiempo promedio para alcanzar la germi-

nación (TPG) y el coeficiente de uniformidad de la germinación (CUG) (Bewley y Black, 1985). En el presente trabajo el IVG (Tabla 2) del método de lijado manual presenta el valor más alto, 0.37 semillas germinadas por día, seguidos de la inmersión en agua (H_2O) a $65^{\circ}C$ por 4 min y escarificación en licuadora doméstica por 10 seg con un 0.30 y 0.22 semillas germinadas por día, respectivamente. En lo que respecta al TPG, los valores del lijado manual e inmersión en H_2O a $65^{\circ}C$ por 4 min fueron similares (12.9 y 12 días, respectivamente), seguidos por la inmersión en H_2O a $70^{\circ}C$ por 8 min que presentó un valor de 7.75 días; choque térmico con 6.5 días, y por último escarificación en licuadora e inmersión en H_2O a $65^{\circ}C$ por 8 min, ambos con 6 días. Los valores más bajos los presentó la inmersión en H_2SO_4 al 98% por 15 min e inmersión en vinagre por 15 min, los dos con 4 días en promedio para alcanzar la germinación. A pesar de los valores presentados anteriormente, el tiempo promedio para alcanzar la germinación sólo fue trascendente para el caso de los tratamientos de lijado manual e inmersión en H_2O a $65^{\circ}C$ por 4 min porque si bien tienen un promedio alto en los días para alcanzar la germinación, también fueron los tratamientos con mayor número de semillas germinadas y emergidas del sustrato. Respecto al índice TMAX, es posible decir que el método de escarificación que presentó una mayor eficiencia germinativa fue la inmersión en H_2O a $65^{\circ}C$ por 4 min con 13 días como mínimo para alcanzar un 20% de germinación.

El tratamiento de escarificación que presentó un mayor CUG es el lijado manual con un 5.029; seguido de la inmersión en H_2O a $65^{\circ}C$ por cuatro min con 4.440 que son los más altos. También, el tratamiento de inmersión en H_2O a $70^{\circ}C$ por ocho min

presentó un coeficiente de uniformidad de 2.684, siendo el tercer mejor; el choque térmico tiene 2.397 y por último los tratamientos de escarificación en licuadora por 10 seg e inmersión en H_2O a $65^{\circ}C$ por 8 min, los dos con 2.267. El CUG más bajo registrado fue de 1.890, perteneciente a los tratamientos de inmersión en H_2SO_4 al 98% por 15 min y a la inmersión en vinagre por 15 min.

En términos generales, los índices muestran que el mejor tratamiento de escarificación para semillas de *P. laevigata* es un método mecánico, en este caso, el de lijado manual. Los resultados de esta investigación, coinciden con los Rivas *et al.* (2005), que obtuvieron bajos porcentajes de germinación, siendo el tratamiento mecánico de escarificación en licuadora doméstica por 30 segundos el más alto con el 53%. Por el contrario, los porcentajes de germinación más bajos se presentaron con el método de escarificación química especialmente con la inmersión en H_2SO_4 por 5 y 10 min. Sin embargo, Rivas *et al.* (2005) no hicieron referencia a la especie de *Prosopis* evaluada, número de semillas por repetición y el sustrato utilizado. En dicha investigación los porcentajes bajos fueron atribuidos a las características de las semillas, así como a las variaciones en la temperatura inferior de la cámara de germinación empleada.

Baes *et al.* (2002) encontraron que el mejor tratamiento de escarificación para las semillas de *P. caldenia* fue el de inmersión en H_2SO_4 durante 45 min. De igual forma, D' Aubeterre *et al.* (2002) consideraron que los tratamientos de inmersión en H_2SO_4 por 5 y 10 min (20% y 14%, respectivamente) fueron los más efectivos para *P. laevigata*; siendo estos resultados mayores a los encontrados en este trabajo empleando H_2SO_4 al 98% por 15 min con un 2.5 %. En este mismo sentido, Garwood (1986), encontró

Tabla 2. Tratamientos de escarificación empleados en esta investigación con distintos índices de germinación.

Tipo de Escarificación	SEM G	G%	IVG	TPG	TMAX	CUG
Lijado manual	10.0	25.0	0.4	12.9	23.0	5.0
Licuadora x 10 seg	6.0	15.0	0.2	6.0	10.0	2.3
H_2SO_4 98% x 15 min	1.0	2.5	0	4.0	4.0	1.9
Vinagre x 15 min	4.0	17.5	0.2	4.0	6.0	1.9
Choque térmico	2.0	5.0	0.1	6.5	8.0	2.4
H_2O $65^{\circ}C$ x 4 min	8.0	20.0	0.3	12.0	13.0	4.4
H_2O $65^{\circ}C$ x 8 min	3.0	7.5	0.1	6.0	10.0	2.3
H_2O $70^{\circ}C$ x 4 min	0	0	0			
H_2O $70^{\circ}C$ x 8 min	4.0	10.0	0.2	13.0	13.0	2.7
Control con testa	0	0	0			

Nota: SEM G = número total de semillas germinadas; G% = porcentaje de germinación; IVG = índice de velocidad de germinación; TPG = tiempo promedio para alcanzar la germinación, en días; TMAX = tiempo para alcanzar la máxima germinación, en días; CUG = coeficiente de de uniformidad de la germinación.

que el H_2SO_4 actúa efectivamente en semillas jóvenes, principalmente las que tienen menos de 3 meses después de la cosecha.

En una investigación donde se evaluó el efecto de las altas temperaturas en la germinación de *P. caldenia*, De Villalobos *et al.* (2002) se reportaron que, en todos los tratamientos, los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron al exponer a las semillas durante 5 min a temperaturas elevadas. Cuando los tiempos de exposición al calor se prolongaban por 10 y/o 15 min, el porcentaje de germinación decrecía. También, se reportaron que, en todos los casos, los porcentajes de germinación fueron menores al 30%. Fue por ello que para evaluar los tratamientos físicos en este estudio se optamos por exponer a las semillas en los distintos tratamientos durante 4 y 8 minutos como máximo, contemplando que deben de existir algunas diferencias en función a la respuesta al calor entre *P. laevigata* y *P. caldenia*.

En la investigación hecha por Torres *et al.* (2000), con semillas cosechadas en agosto de 1990 y evaluadas en mayo de 1991, se compararon diferentes tratamientos de escarificación hídrica, obteniendo el mayor porcentaje (55%) en la inmersión en agua a 55°C durante 6 minutos. Por lo cual, usamos semillas que se mantuvieron en almacenamiento el mismo tiempo (9 meses).

Si se comparan sólo los métodos que fueron empleados en ambas investigaciones (Tabla 3), encontramos que los resultados son menores a los encontrados por Torres *et al.* (2000). Esto puede atribuirse a que los autores emplearon un mayor número de semillas en sus ensayos de germinación (100 semillas por tratamiento con 3 repeticiones). Además, el sustrato empleado consistió en suelo agrícola arcilloso, mientras que en el presente trabajo se utilizó Peat Moss más Fertilizante Multicote 8® (en una proporción de 340 gr por kilogramo de sustrato), lo cual permitió tener un mayor control sobre esta variable, ya que es manipulado el número y porcentaje de nutrimentos, lo que no es posible utilizando suelo agrícola.

Los bajos porcentajes de germinación fueron atribuibles, en cierto grado, a compuesto fenólicos presentes en la testa de las semillas; si bien estos compuestos juegan un papel importante manteniendo su viabilidad, al funcionar como defensa química frente algunos microorganismos, en condiciones de alta humedad relativa pueden desempeñar el papel de inhibidores de la germinación (Mohamed-Yasseen *et al.*, 1994).

Dentro de lote de semillas colectadas fue posible observar diferencias en sus tamaños, fenómeno

Tabla 3. Comparación de la porcentaje de germinación por los métodos físicos de escarificación entre los resultados de Torres *et al.* (2000) (Investigación A) y los resultados obtenidos en este estudio (Investigación B).

Método de Escarificación	Germinación (%)	
	Investigación A	Investigación B
H ₂ O 65°C x 4 min	52.0	20.0
H ₂ O 65°C x 8 min	39.6	7.5
H ₂ O 70°C x 4 min	48.0	0
H ₂ O 70°C x 8 min	41.3	10.0

que se conoce como heteromorfismo somático o polimorfismo de las semillas. El considerar que los resultados fueron afectados en parte por un polimorfismo germinativo, se sustenta en el hecho de que, según Willian (1991), la International Seed Testing Association (ISTA) considera que un lote de semillas es heterogéneo cuando el coeficiente de variación, resultado de evaluar una muestra al azar, es mayor a 4.0.

Del lote de semillas usado, se realizó un muestreo de 50 semillas a las cuales se midió el peso, altura, ancho y grosor de las mismas, y se realizó un análisis de varianza para determinar el grado de uniformidad de las mismas (Tabla 4). Los resultados obtenidos muestran que todas las variables medidas (peso, ancho, largo y grosor), sobrepasan el nivel máximo que prescribe la ISTA; con lo que podemos asegurar que en el lote colectado existe un marcado polimorfismo de las semillas con diferentes maneras de responder ante un ambiente cambiante. Este fenómeno está condicionado genéticamente y se caracteriza por la producción en una misma planta de dos o más tipos de semillas que pueden diferir totalmente en forma, tamaño y comportamiento ecofisiológico, en lo que respecta a dispersión, latencia y germinación (Sánchez *et al.*, 1997; Thomas, 2000). Podemos decir que los bajos porcentajes de germinación, dados por polimorfismo germinativo; también pueden ser atribuibles a las condiciones ambientales dadas durante el experimento.

Tabla 4. Análisis de varianza de las características morfológicas de las semillas (peso, grosor, ancho y espesor). Nota: DS = desviación estándar; CV = coeficiente de variación.

	Peso (g)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)
Promedio	5.99	595.1	390	195.2
DS	0.03	0.95	0.74	0.48
CV	21.05	7.99	9.42	12.28

Tratamientos Osmóticos

Los números de semillas germinadas y sus porcentajes de germinación (%) más altos fueron obtenidos en el control sin testa con el potencial osmótico (Ψ_o) de 0 (agua destilada), con 35 % de germinación, seguido del $\Psi_o = -0.8$ con un 23.3%; el $\Psi_o = -1.2$ con 20% y $\Psi_o = -0.4$ con sólo 15% (Tabla 5). Para los tratamientos de lijado manual y control con testa, en general se puede considerar que el $\Psi_o = 0$ genera los mayores porcentajes de germinación, seguido del $\Psi_o = -0.4$; en el tercer sitio el $\Psi_o = -1.2$ y por último el $\Psi_o = -0.8$. Estos resultados son totalmente diferentes al tratamiento de inmersión en vinagre por 15 min ya que los potenciales $\Psi_o = -0.8$ y -1.2 presentaron los porcentajes de germinación más bajos o en su defecto, no los presentaron. El análisis de varianza mostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos de escarificación ($P < 0.05$) mientras que los potenciales osmóticos son estadísticamente similares, y no existe interacción alguna entre estos dos.

Se encontró que el mayor número de semillas germinadas se obtiene al retirar completamente la testa y exponerlas al agua con un potencial osmótico de 0. Sin embargo, semillas en esta situación tienden a presentar un imbibición rápida, trayendo como resultado la muerte del embrión debido a su envenenamiento (Mohamed-Yasseen *et al.*, 1994), situación

Tabla 5. Combinaciones de los tratamientos de escarificación con los potenciales osmóticos, donde se muestran los resultados en número de semillas germinadas y su porcentaje de germinación (%) correspondiente. Nota: PO = potencial osmótico; SG = semillas germinadas; G% = porcentaje de germinación.

Tratamiento	PO	SG	G%
Vinagre	0	0	0
	-0.4	2.0	3.3
	-0.8	0	0
	-1.2	0	0
Lijado Manual	0	14.0	23.3
	-0.4	13.0	21.7
	-0.8	0	0
	-1.2	3.0	5.0
Control con Testa	0	10.0	16.7
	-0.4	6.0	10.0
	-0.8	1.0	1.7
	-1.2	6.0	10.0
Control sin Testa	0	21.0	35.0
	-0.4	9.0	15.0
	-0.8	14.0	23.3
	-1.2	12.0	20.0

que pudo observarse durante las pruebas ya que se tenían semillas evidentemente imbibidas pero que no respondían a la germinación. Si por un lado, la testa genera la latencia física y presencia de inhibidores químicos, también ayuda a la semilla a regular la proporción de agua imbibida en suelos con bajo potencial osmótico (Dübbern de Souza y Marcos-Filho, 2001).

Respecto a los resultados del lijado manual como tratamiento de osmoacondicionamiento, se puede considerar que esta técnica ayuda a promover la germinación en cierta medida, pues se obtuvieron porcentajes de 23.33 % con Ψ_o 0 y 21.67 % con Ψ_o -0.4, lo que representan 14 y 13 semillas germinadas, respectivamente. Con el lijado manual, sólo como técnica de escarificación, se lograron obtener 10 semillas emergidas.

Los resultados muestran que el exponer semillas *P. laevigata* en agua destilada genera una respuesta germinativa positiva, incluso si la semilla no recibió ningún tratamiento de escarificación; como ejemplo, el control con testa que obtuvo un 16.7% con 10 semillas germinadas, hecho contrario a lo que sucedió con los tratamientos de escarificación donde las semillas control no presentaron respuesta alguna.

El hecho anterior también demuestra que la testa de *P. laevigata* no es totalmente impermeable; algunos autores consideran que la principal forma en que el agua llega al embrión es cuando éste tiene la capacidad de romper la testa, algunas veces ya debilitada por el ambiente; sin embargo otras vías alternativas es la entrada de agua a través del hilio, el micrópilo y/o el rafe actuando como válvulas higroscópicas (Dübbern de Souza y Marcos-Filho, 2001).

A pesar que las especies del género *Prosopis* se consideran tolerantes al estrés osmótico, se ha demostrado que su germinación se reduce conforme aumenta la salinidad, siendo este estado de desarrollo el más sensible (Ríos-Gómez *et al.*, 2010), pues soluciones de NaCl con Ψ_o entre -1.4 a -2.2 reducen en un 50% el porcentaje de germinación en *P. fratta* (Baskin y Baskin 2001).

Sosa *et al.* (2005) encontraron que el osmoacondicionamiento con NaCl a $\Psi_o = -1.2$ promueven hasta en un 63% la germinación de *P. strombulifera*, mientras que los mayores porcentajes de germinación se presentaron con soluciones de manitol a $\Psi_o = -1.2$ con el 85% de germinación; mientras que para *P. argentina* el osmoacondicionamiento con Polietilenglicol 6000 a $\Psi_o = -6$ bars durante 24 hrs, resulta ser el mejor tratamiento con un 86% de germinación (Peluc *et al.*, 2000).

La reducción del porcentaje de germinación frente al aumento de la salinidad no pudo ser comprobado para *P. laevigata* ya que los resultados de la presente investigación muestran que los potenciales osmóticos son iguales estadísticamente. Aunque se ha demostrado que aspectos genéticos pueden también influenciar la respuesta de las semillas al osmoacondicionamiento, por ejemplo, se sabe que las semillas producidas por árboles que crecen en lugares secos tienden a tolerar potenciales osmóticos muy bajos para germinar (Cordero y Di-Stéfano, 1991).

Conclusiones

Los tratamientos de escarificación permitieron eliminar la latencia física en la semillas de *P. laevigata*. Sin embargo, no se pudieron obtener porcentajes de germinación mayores a 30%; por lo que cabe la posibilidad de que las semillas estén experimentando una combinación de latencia física y fisiológica.

Los porcentajes e índices de germinación indicaron que el mejor tratamiento de escarificación fue el lijado manual debido a que la testa impermeable fue dañada y debilitada directamente por medio de la abrasión hecha con la lija. Tratamientos como inmersión en agua a 65°C x 4 min, inmersión en vinagre x 15 min y escarificación en licuadora doméstica indicaron tener buenos resultados; sin embargo, se requieren hacer más ensayos con estos tratamientos para poder mejorar los resultados.

Mediante el osmoacondicionamiento, se lograron obtener porcentajes de hasta 35% en el control sin testa, pero los tratamientos de escarificación presentaron porcentajes aun más bajos. Aunque estadísticamente los potenciales osmóticos no mostraron diferencias significativas, el agua destilada con un $\Psi_0 = 0$ permitió obtener los mayores porcentajes de germinación en la mayoría de las combinaciones con los tratamientos de escarificación. Por ello sería necesario emplear soluciones con mayores potenciales osmóticos para determinar un rango óptimo para tratamientos de osmo-acondicionamiento.

El coeficiente de variación obtenido para las semillas demostró que estas presentaban un heteromorfismo, capaz de provocar un polimorfismo germinativo; el cual cumple la función de desplazar el tiempo de germinación logrando el establecimiento asincrónico de plántulas y, con ello, reducir la competencia y aumentar la posibilidad de supervivencia de cada una de ellas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por el financiamiento del proyecto colaborativo "Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales".

Literatura citada

- Baes, O. P., M. L. de Viana y S. Suhring. 2002. Germination in *Prosopis ferox* seeds: Effects of mechanical, chemical and biological scarifications. *Journal of Arid Environments* 50:185-189.
- Barbour, M. G., J. H. Burk, W. D. Pitts, F. S. Gillian y M. W. Schwarts. 1999. *Terrestrial plant ecology*. 3 edition. Benjamin/Cummings pp. 117-125.
- Baskin, C. C. y J. M. Baskin. 2001. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, E.U.A. pp. 97-120.
- Bewley, D. J. y M. Black. 1985. *Seeds, physiology of development and germination*. Plenum Press. New York, E.U.A. pp. 154-180.
- Besnier, R. F. 1989. *Semillas: Biología y tecnología*. Mundi-Prensa. Madrid, España 637 p.
- Burkart, A. 1976. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae Subfam. Mimosoideae). *Journal of the Arnold Arboretum* 57:219-249.
- Catalán, L. A. y M. Balzarini. 1992. Improved laboratory germination conditions for several arboreal *Prosopis* species: *P. chilensis*, *P. flexuosa*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. caldenia* and *P. affinis*. *Seed Science Technology* 20:239-298.
- CONAZA- Comisión Nacional de las Zonas Áridas. 1994. Instituto Nacional de Ecología. Mezquite, Cultivo Alternativo para las Zonas Áridas y Semiáridas de México. México, D.F. 30 p.
- CONANP- Comisión de Áreas Naturales Protegidas. 2003. Programa de manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Dirección General de Manejo para la Conservación, D. F., México, 202 p.
- Cordero, S. R. y J. F. Di-Stefano. 1991. Efecto de estrés osmótico sobre la germinación de semilla de *Tecota stans* (Bignoniaceae). *Review Biology Tropical* 39:107-110.
- D'Aubeterre, R., J. Principal y J. Gercia. 2002. Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de tres especies del genero *Prosopis*. *Revista Científica* 12:575-577.
- Debeaujon, I., K. M. León-Kloosterziel y M. Koornneef. 2000. Influence of the testa on seed dor-

- mancy, germination and longevity in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 122:403-413.
- De Villalobos, A. E., D. V. Peláez, R. M. Bóo, M. D. Mayor y O. R. Elias. 2002. Effect of high temperatures on seed germination of *Prosopis caldenia* Burk. *Journal of Arid Environments* 52:371-378.
- Dübberrn de Souza, F. H., y J. Marcos-Filho. 2001. The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. *Brazilian Journal of Botany* 24:365-375.
- Felker, P. 1981. Uses of tree legumes in semiarid regions. *Economic Botany* 35:174-186.
- Fenner, M. y K. Thompson. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press. USA. 263 p.
- Ffolliot, P. F. y J. L. Thames. 1983. Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina. FAO, Roma, Italia 125 p.
- Garwood, N. C. 1986. Effects of acid and hot water pretreatments and seeds burial on the germination of tropical moist forest seeds. *Turrialba* 36:479-484.
- Gold, K., P. León-Lobos y M. Way. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110. 65 p.
- Gómez, L. F., J. P. Signoret, M. M. Abuin. 1970. Mezquites y huizaches, algunos aspectos de la economía, ecología y taxonomía de los géneros *Prosopis* y *Acacia* en México. Instituto Mexicano de los Recursos Naturales Renovables, A. C. México 192 p.
- Kolotelo, D., E. Van Steenis, M. Peterson, R. Bennett, D. Trotter y J. Dennis. 2001. *Seed handling Guidebook*. BC Ministry of Forests Tree Improvement Branch publication. 106 p.
- Koornneef, M., L. Bentsink y H. Hilhorst. 2002. Seed dormancy and germination. *Plant Biology* 5:33-36.
- Martínez, L. M. 1994. El mezquite (*Prosopis laevigata*): Evaluación experimental de método de producción de plántula en vivero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México. 78 p.
- Mohamed-Yasseen, Y., S. A. Barringer, W. E. Splittstoesser y S. Costanza. 1994. The role of seed coats in seed viability. *The Botanical Review* 60:227-245.
- Parretti, A. 1994. Manual para el análisis de semillas. Instituto de Tecnología Agropecuaria. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 125 p.
- Peluc, S., M. Ruiz y C. Parera. 2000. Efecto de tratamientos osmóticos de presiembra en *Prosopis argentina* Burkart. III Reunión Nacional de la Asociación Argentina de *Prosopis*. Mendoza. Argentina pp. 78-86.
- Pennington, T. D. y S. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 527 p.
- Prokopiuk, D. B. y C. Chifa. 2000. Comparación de tratamientos pregerminativos en semillas de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb). Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Noreste. Argentina pp. 1-4.
- Raven, P. H., R. F. Everts y S. E. Eichhron. 1999. *Biology of plants*. W. H. Freeman and company Worth Publishers, Nueva York, EUA. 944 p.
- Ríos-Gómez, R., C. E. Salas-García, A. Monroy-Ata, E. Solano. 2010. Salinity effect on *Prosopis laevigata* seedlings. *Terra Latinoamericana* 28:99-107.
- Rivas, M. G., C. G. Gonzáles, C. C. Valencia, C. I. Sánchez y D. J. Villanueva. 2005. Morfología y escarificación de la semilla de mezquite, huizache y ahuehuete. *Tecnología Pecuaria en México* 43:441-448.
- Rzedowski, J. 1988. Análisis de la distribución geográfica del complejo *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae) en Norteamérica. *Acta Botánica Mexicana* 3:7-19.
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª. Ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán 1406 p.
- Sánchez, J. A., B. Muñoz, R. Orta, E. Calvo y R. Herrera. 1997. Correlación entre el heteromorfismo somático y la respuesta germinativa de semillas de *Mastichodendron foetidissimum* (Jacq.) Cronq. *Acta Botánica Mexicana* 38:1-7.
- Sosa, L., A. Llanes, H. Reinoso, M. Reginato y V. Luna. 2005. Osmotic and specific ion effects on the germination of *Prosopis strombulifera*. *Annals of Botany* 96:261-267.
- South, D. B., J. N. Boyer y L. Bosh. 1985. Survival and growth of loblolly pine as influenced by seedlings grade: 13 years results. *Southern Journal of Applied Forestry* 9:76-81.

- The Seed Biology Place. 2007. Website- Gerhard Leubner Lab; University Freiburg, Germany. Página en red: <http://www.seedbiology.de> ; (consultada 23 de febrero 2008).
- Thomas, P. 2000. Trees: Their natural history. Cambridge University Press. United Kingdom. 296 p.
- Torres, N. S., O. A. J. Martínez, E. García-Aguilera y J. T. Farias-Hernández. 2000. Escarificación hídrica de semillas de mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. Ex. Wild) McJohnst. En Farias-Hernández, J. T., V. O. Portugal y J. V. Carter (editores). El mezquite: Árbol de usos múltiples, estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato – Universidad Nacional Autónoma de México, México pp. 125-131.
- Vilela, A. E. y D. Ravetta. 2001. The effect of seeds scarification and soil-media on germination, growth, storage, and survival of seedlings of five species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). Journal of Arid Environments 48:171-184.
- Willian, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia 502 p.
- Willis, K. J. y J. C. McElwain. 2002. The evolution of plants. Oxford University Press. N. Y. EUA. 392 p.

Micropropagación de *Hedeoma drummondii* Benth

Su Lin Zamora-Hierro y Ana Laura López-Escamilla

Resumen

La especie *Hedeoma drummondii* Benth (Lamiaceae) es una planta útil de Hidalgo, México, con uso medicinal, comestible y con potencial de insecticida por el contenido de pulegona en sus aceites esenciales extraídos. En parte por su valor, la especie ha sido sobrecolectada en el medio silvestre, por lo que es necesario establecer estrategias como la micropropagación para la conservación de la misma y para la obtención de sus aceites esenciales. Este trabajo es un reporte de los avances en el cultivo de *H. drummondii*. Semillas de *H. drummondii* se desinfectaron superficialmente y se colocaron en cuatro medios de cultivo diferentes: Murashige y Skoog (MS) (1962) al 50 y al 100% de sus componentes y medios de MS al 100%, adicionados con 1 o 2 mg L⁻¹ de ácido giberélico (AG₃). Las plántulas que se desarrollaron a partir de las semillas sirvieron como fuente de explantes (microesquejes con dos entrenodos), los cuales se transfirieron a cinco tratamientos: medio de MS 100% adicionados con 1 ó 2 mg L⁻¹ de N⁶-benciladenina (BA) y medio de MS 100% adicionados con 1 ó 2 mg L⁻¹ de N⁶-2, isopentenil adenina (2iP) y un control de MS al 100% de sus componentes. Los tratamientos de MS al 100% de sus componentes y MS al 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de ácido giberélico fueron los mejores medios para promover la germinación y los medios óptimos para la producción de brotes fueron MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de BA y MS 100% adicionado con 2iP.

Palabras clave: *Hedeoma drummondii*, micropropagación, microesquejes

Introducción

El estado de Hidalgo cuenta con un gran número de especies de plantas útiles y medicinales, que han sido empleadas durante mucho tiempo como remedios a diferentes padecimientos. Actualmente se ha tratado de investigar a que se debe su propiedad medicinal, por lo que se ha llevado a cabo la identificación de aceites esenciales provenientes de estas plantas. Como en el caso de *Hedeoma drummondii* (Fig. 1), planta útil de Hidalgo (Villavicencio-Nieto y Pérez-Escandón, 1995).

Esta especie es muy apreciada y se vende en los tianguis y mercados de la región (Villavicencio-Nieto y Pérez-Escandón, 1995). Se utiliza como aromatizante, es comestible y tiene propiedades medicinales ya que es utilizada para curar problemas digestivos como los cólicos (Pérez-Escandón *et al.*, 2003). Los aceites esenciales extraídos de *H. drummondii* contienen compuestos como la mentona, n-metil-piridona-6-ácido carboxílico y pulegona, este último con po-

tencial como insecticida (Tovar, 2007). Por lo cual, ejemplares de la especie se han sobrecolectado en el medio silvestre, por lo que es importante establecer estrategias de propagación para la conservación de la misma. Su valor para el uso del compuesto de interés como materia prima de un insecticida natural subraya la importancia para el desarrollo de un método de cultivo para la obtención de sus aceites esenciales sin la extinción de la especie.

Existen estrategias convencionales para la propagación por vía modo sexual (semilla) o asexual (esquejes, vástagos e injertos), pero se requiere de mucho tiempo para una limitada producción de plantas. El cultivo de tejidos vegetales (CTV) es una alternativa para la continua y rápida producción de plantas (Malda *et al.*, 1999) y una estrategia biotecnológica que permite el cultivo en condiciones asépticas de órganos, tejidos, células y protoplastos empleando medios nutritivos artificiales (Jiménez, 1998). La técnica de CTV se ha utilizado en algunas plantas aromatizantes y medicinales a



Figura 1. *Hedeoma drummondii* colectada en la localidad de Magdalena, Actopan, Hidalgo. A. Planta silvestre de 29 cm de alto. B. Tallo con hojas opuestas. C. Tallo con hojas opuestas y flores de color morado.

partir de diferentes órganos como hojas, ápices, nudos, entrenudos de tallos y piezas florales (Rout *et al.*, 2000).

El objetivo de este trabajo es establecer un método para la germinación *in vitro* de semillas de *H. drummondii*, promover su germinación así como desarrollar la técnica de micropropagación, para obtener un mayor número de plantas de las cuales se pueda posteriormente obtener el compuesto de interés. Finalmente, la producción *in vitro* de esta especie servirá como una estrategia de producir plantas para su uso directo sin colectar ejemplares en la naturaleza, y apoyar su conservación.

Material y Método

Material biológico: Semillas de *H. drummondii* se obtuvieron de frutos provenientes de una planta adulta recolectada en la localidad de Magdalena en Actopan, Hidalgo, México. Las semillas se colocaron en una caja Petri con agua destilada y cinco gotas de hipoclorito de sodio comercial (6% de cloro activo) durante 24 horas.

Escarificación y desinfección de semillas: Se escarificaron 1000 semillas con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) durante 15 segundos, posteriormente se en-

juagaron con agua destilada y se colocaron en sobres de papel filtro asegurados con grapas. Se transfirieron los sobres a 50 ml de hipoclorito de sodio comercial (6% de cloro activo) al 30% durante 20 minutos. Por último, en una campana de flujo laminar, se realizaron tres enjuagues de un minuto, cada uno en agua destilada esterilizada.

Siembra y establecimiento in vitro de semillas: Se establecieron las semillas escarificadas y desinfectadas *in vitro* en cuatro medios de cultivo diferentes: medios de Murashige y Skoog (MS) (1962) al 50 y al 100% de sus componentes y medios MS al 100%, adicionados con 1 ó 2 mg L⁻¹ de ácido giberélico (AG₃). Se sembraron cinco lotes de 50 semillas cada uno, con una diferencia de cuatro días entre cada lote.

Obtención y siembra de explantes con fitorreguladores: A partir de las plántulas germinadas *in vitro*, se obtuvieron microesquejes con dos entrenudos que se establecieron en cinco medios de cultivo: MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de N⁶-benciladenina (BA); MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de BA; MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de N⁶-2, isopentenil adenina (2iP); MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de 2iP; y MS 100% como control. Al concluir un mes se transfirieron todos a medio MS 100%, donde permanecieron 45 días para promover el desarrollo y crecimiento de brotes. Se cuantificaron el número de brotes por explante, y se observaron las respuestas morfológicas y fisiológicas obtenidas.

Condiciones in vitro: Todos los cultivos se colocaron en un cuarto de incubación con un fotoperíodo de 16 h/8 h (horas de luz/oscuridad) con una intensidad luminosa de 54 µmol m⁻² s⁻¹ y una temperatura de 26 ± 1° C.

Análisis de resultados: Los resultados de la germinación fueron analizados con ANOVA de una vía donde el factor fue el medio de cultivo con los cuatro niveles (MS 50%, MS 100%, MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de AG₃ y MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de AG₃) y comparación múltiple de medias de Tukey. Los resultados de la cantidad de brotes por tratamiento fueron analizados con ANOVA de una vía para datos desiguales (GLM), donde el factor fue el tratamiento hormonal con cinco niveles (control, 1 y 2 mg L⁻¹ de 2iP y 1 y 2 mg L⁻¹ BA) y comparación múltiple de medias de Tukey.

Se utilizó un microscopio óptico, marca Olympus, modelo BX41, con un aumento de 4x en campo claro y oscuro para observar las semillas y las

plántulas. Las imágenes fueron capturadas con una cámara digital, Olympus, modelo E-620 de 10 megapíxeles.

Resultados y Discusión

Germinación in vitro: En semillas de *H. drummondii* de 1 mm de largo por 0.5 mm de ancho, cultivadas *in vitro* en medio MS 100%, se hidrataron. Se observaron más turgentes, con un incremento de tamaño y cambio de color al quinto día, lo que llevó a la ruptura de la testa y la emergencia de la radícula al sexto día. Este criterio se utilizó como el inicio de la germinación. Al séptimo día se observó el crecimiento de la radícula y al noveno día la diferenciación de la misma; la cofia se formó a los 10 días y a los 11 días se desarrolló el hipocótilo. El alargamiento del hipocótilo se presentó a los 12 días y a los 13 días se desarrollaron los cotiledones. El crecimiento de los mismos se inició a los 14 días (Fig. 2).

En los cuatro medios de cultivo (MS 50%, MS 100%, MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de AG₃ y MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de AG₃) utilizados para inducir la germinación en semillas de *H. drummondii* se contaminaron con hongos en un porcentaje de 12.56%, 4.56%, 12.56% y 6.58%, respectivamente. La germinación inició al sexto día en los medios MS 50%, MS 100% y MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de AG₃. La germinación en el medio MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de AG₃ comenzó al cuarto día. El mayor número promedio de semillas germinadas se obtuvieron a los 43 días, con un promedio de 7.2 semillas germinadas en el medio MS 100% y de 6.6 en el medio MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de AG₃. En el medio de MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de AG₃ y de MS 50% se obtuvieron a los 27 días 5.2 y 1.8 semillas germinadas, respectivamente (Fig. 3).

El número de semillas promedio germinadas fue muy bajo en los cuatro medios de cultivo. A pesar de la poca viabilidad en las semillas, la contaminación también interfirió con la germinación. Sin embargo, con los datos obtenidos se observa que el medio MS 100% tiene un mayor número de semillas promedio germinadas, seguido de MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de AG₃. Los tratamientos MS 50% y MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de AG₃ presentaron diferencias estadísticamente significativas (p<0.05) con respecto a MS 100% y MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de AG₃ (Tabla 1).

Usando el medio MS 50% permitió a Koroch *et al.* (1997) establecer semillas de *Hedeoma multiflorum* y micropropagarlos, pero en el presente trabajo el me-

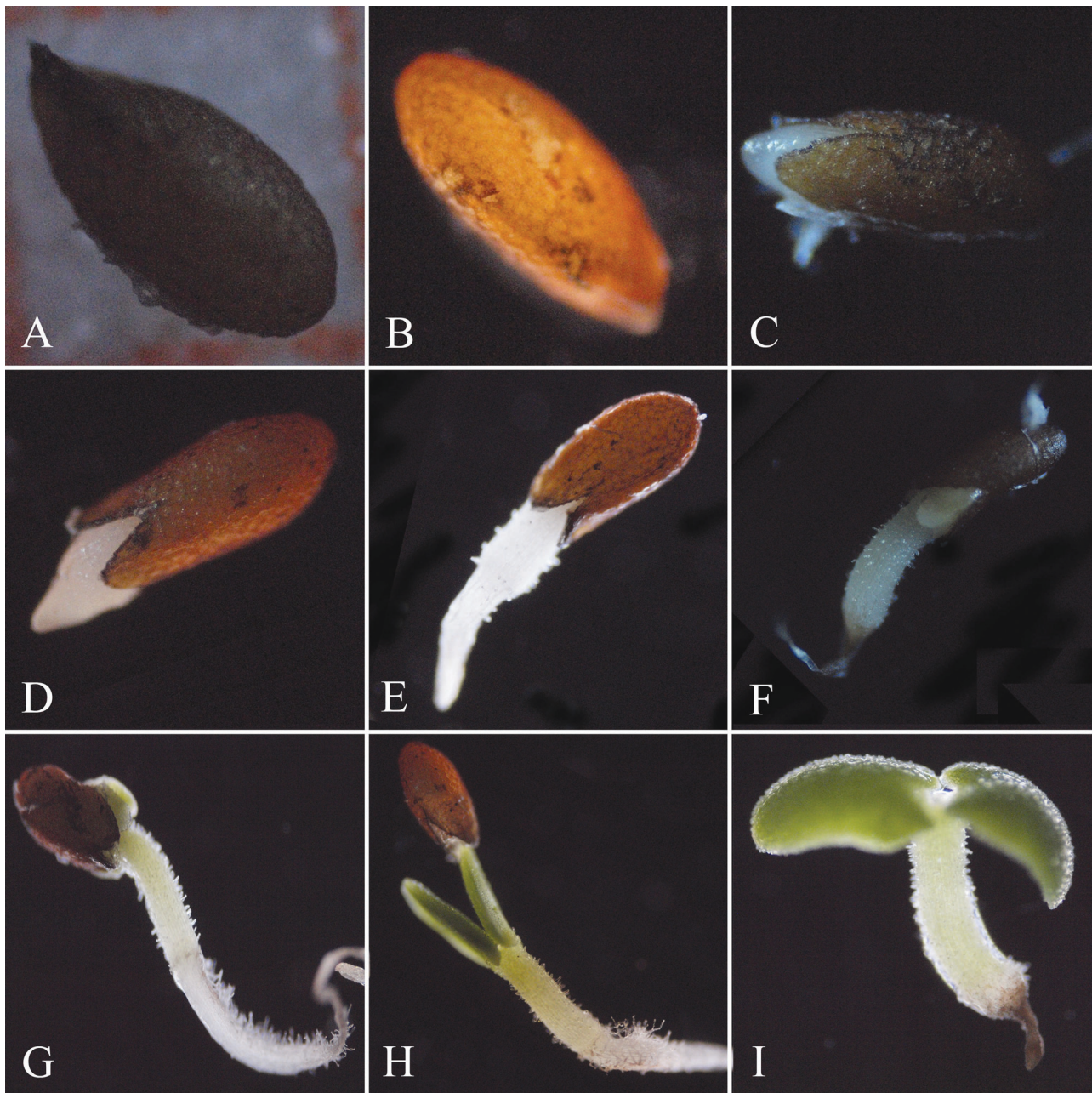


Figura 2. Germinación *in vitro* de semillas de *H. drummondii*. A. Semilla de *H. drummondii* (tamaño 1 x 05 mm) con hoja milimétrica de fondo. B. Imbibición de la semilla. C. Ruptura de la testa. D. Emergencia de la radícula. E. Crecimiento y diferenciación de la radícula. F. Diferenciación de la cofia e hipocótilo y formación de los primeros pelos radiculares. G. Diferenciación de los cotiledones. H. Desarrollo de cotiledones y desprendimiento de la cubierta seminal. I. Crecimiento del raíz, el hipocótilo y los cotiledones.

dio MS 50% tenía el menor número promedio de semillas germinadas. Los mejores tratamientos fueron MS 100% y MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de AG₃; en este último tratamiento el inicio de la germinación fue al cuarto día y en los otros tratamientos fue en el sexto (Tabla 1). Podemos sugerir que esto resultó por la adición del AG₃, ya que esta hor-

mona estimula la producción de enzimas, como la α -amilasa (Davies, 2005), relacionadas con la germinación. Sin embargo las semillas de *H. drummondii* tenían poca viabilidad y un alto porcentaje de contaminación *in vitro*, lo que indica la posibilidad que esta especie de manera natural se reproduzca más por la vía vegetativa.

Tabla 1. Inicio y días máximos de germinación, semillas germinadas y porcentaje de contaminación de semillas de *H. drummondii* establecidas *in vitro* en cuatro diferentes medios de cultivo. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Medio de cultivo (mg L ⁻¹)	Inicio de germinación (días)	Máximo de germinación (días)	Semillas germinadas	Contaminación (%)
MS 100%	6°	43	0.14 a	4.56
MS 50%	6°	27	0.04 b	12.56
1 AG ₃	6°	27	0.1 ab	12.56
2 AG ₃	4°	42	0.13 a	6.58

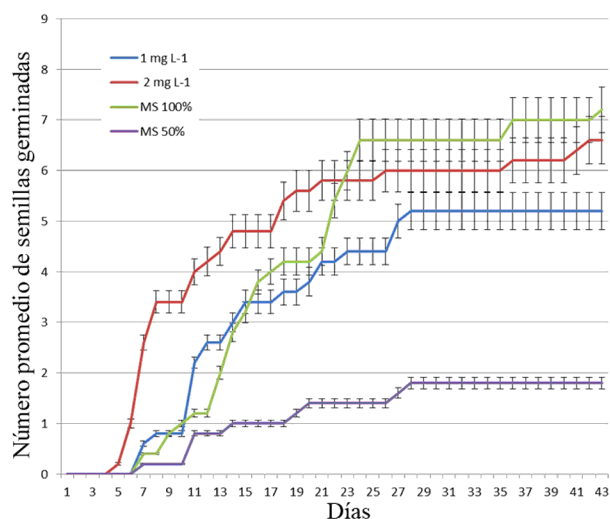


Figura 3. Germinación de semillas *in vitro* de *H. drummondii*. Medios de MS 100%, MS 50%, MS 100% adicionado con 1 y MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de AG₃. Registro hasta los 43 días de haber iniciado el cultivo.

Siembra de explantes con fitorreguladores: En los microesquejes con dos entrenudos sembrados en todos los tratamientos se observó cicatrización en el área donde se realizó el corte y en todos hubo respuestas morfogénicas. El conteo de brotes y la evaluación de las respuestas morfogénicas y fisiológicas de los diferentes tratamientos se realizaron después de 45 días (medio de inducción) con la finalidad de promover el mayor número de brotes y crecimiento de los mismos.

A los 15 días, en el medio de inducción, se observó la activación de las yemas axilares que dieron lugar a nuevas ramas, como también el desarrollo de brotes en cada uno de los tratamientos. Las respuestas morfogénicas obtenidas fueron: callo, raíces adventicias, elongación de microesquejes y formación de brotes, así como la hiprehidratación como respuesta fisiológica (Fig. 4).

En el tratamiento de MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de 2iP, sólo el 76.2% de los explantes presentaron brotes, con 1,382 en total por tratamiento. En MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de 2iP, el 83.7% de los explantes desarrollaron brotes con 1,525 explantes en total por tratamiento. En ambos tratamientos se observaron raíces adventicias, el 32.2% en MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de 2iP y el 19.4% en MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de 2iP.

En los medios MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de BA y MS 100% adicionado 2 mg L⁻¹ de BA el porcentaje de explantes con respuesta por tratamiento fue de 75.6% y 72.6% respectivamente, con 1084 y 1467 brotes por tratamiento respectivamente (Tabla 2). El porcentaje de raíces adventicias fue de 23.9% para MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de BA y de 28.9% para MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de BA.

El control (MS 100%) presentó diferencias estadísticamente significativas ($p=0.05$) con respecto a los demás tratamientos. El tratamiento MS 100% adicionado con 1 mg L⁻¹ de BA, mostró diferencias significativas con respecto a medio MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de 2iP y MS 100% adicionado con

Tabla 2. Número de brotes obtenidos a partir de microesquejes con dos entrenudos de *H. drummondii* después de un mes de incubación con dos citocininas en diferentes concentraciones

Citocinina mg L ⁻¹		Explantes con respuesta	%	Brotes por tratamiento	Número de brotes promedio por explante
2iP	1	154/202	76.23	1382	6.84 ab
	2	164/196	83.67	1525	7.78 a
BA	1	152/201	75.62	1084	5.39 b
	2	146/201	72.63	1467	7.30 a
MS 100%		85/201	42.28	352	1.75 c

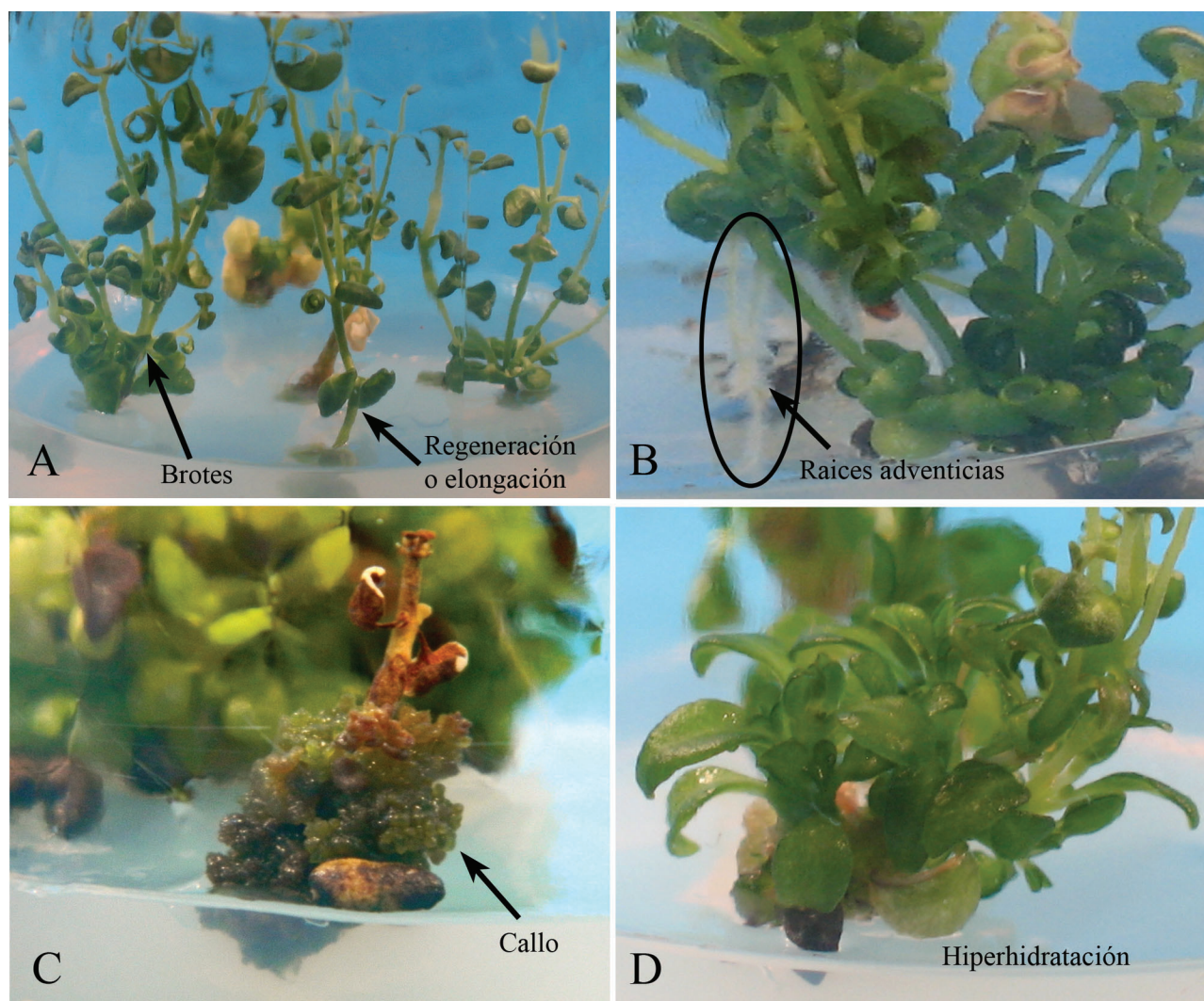


Figura 4. Respuestas morfológicas y respuesta fisiológica observadas en microesquejes de *H. drummondii* presentes *in vitro* en los cuatro diferentes tratamientos y en el control. A. Regeneración o elongación del microesqueje y formación de brotes. B. Raíces adventicias. C. Callo. D. Hiperhidratación.

2 mg L⁻¹ de BA, los cuales desarrollaron un mayor número de brotes en el tiempo de inducción.

Con respecto a las respuestas morfológicas y la respuesta fisiológica, se observó que el tratamiento de medio MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de 2iP generó una mayor cantidad brotes, con menor por-

centaje de raíces adventicias (19.3) e hiperhidratación (30.1%) con respecto a los otros tratamientos de fitorreguladores, sin embargo se distinguió un mayor porcentaje de callo (20.4%) con respecto a los demás (Tabla 3), aunque en otros trabajos con el género *Hedeoma* no reportan estas respuestas.

Tabla 3. Número de brotes obtenidos a partir de microesquejes con dos entrenudos y porcentaje de respuestas morfológica y fisiológica de *H. drummondii*, después de un mes de incubación con dos citocininas en diferentes concentraciones.

	Medio de cultivo (mg L ⁻¹)	Brotos por tratamiento	Elongación (%)	Raíces adventicias (%)	Callo (%)	Hiperhidratación
2iP	1	1382	5.9	32.1	19.3	31.1
	2	1525	3	19.3	20.4	30.1
BA	1	1084	3.4	23.8	18.4	35.3
	2	1467	5.4	28.8	18.9	37.8
MS 100%		352	13.4	36.3	16.9	16.4

Tabla 4. Diversos trabajos de micropropagación realizados en el género *Hedeoma*

Especie	Fitorregulador	Concentración mg L ⁻¹	Material vegetal	Mejor tratamiento	Autor
<i>Hedeoma multiflorum</i>	ANA BA	0.01, 0.09, 0.5, 1, y 2 0.01, 0.09, 1, 5, y 10	Semillas y microesquejes	BA 5 sólo y con ANA 0.01	Koroch et al., 1997
<i>Hedeoma multiflorum</i>	BA	0.01, 0.1, y 0.5	Microesquejes (uninodales)	BA 5	Brunetti et al., 2007
	BA/ANA AG ₃	0.01, 0.1, y 0.5 0.1, 1, 5, y 10		ANA 0.01 AG ₃ 10	
<i>Hedeoma todsenii</i>	BA y ANA	0.01 y 0.5	Microesquejes	BA 0.5	Pence et al., 2009
<i>Hedeoma drummondii</i>	BA y 2iP	1 y 2	Microesquejes	2iP 2	Presente trabajo

ANA = ácido α naftalenacético; BA = N6-benciladenina; AG₃ = ácido giberélico; 2iP = N6-2, isopentenil adenina.

En cuanto a la formación de brotes por la adición de fitorreguladores al medio, hay dos trabajos de *H. multiflorum* donde reportan que los mejores tratamientos fueron el 0.5 mg L⁻¹ y el 5 mg L⁻¹ de BA (Koroch et al., 1997; Brunetti et al., 2007) y en *H. todsenii* también reportaron 0.5 mg L⁻¹ de BA para su micropropagación (Pence et al., 2009). En el presente trabajo se observó que los mejores tratamientos fueron MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de 2iP y MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de BA (Tabla 4). Es posible que estas especies, incluyendo *H. drummondii*, tengan una gran cantidad de auxinas endógenas, por lo que sólo es necesario proporcionarles citocininas para promover la formación de brotes, ya que el balance de auxina-citocinina es determinado por el factor morfogénico. Cuando se observa la formación de brotes en un medio de cultivo adicionado con citocinina, el explante debe contener auxinas endógenas suficientes o producirlas (Julliard et al., 1992).

Conclusiones

Los medios de MS 100% y MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de AG₃ promovieron los más altos porcentajes de germinación. Las semillas de *H. drummondii* mostraron poca viabilidad y un alto porcentaje de contaminación *in vitro*, lo que nos indica la probabilidad de que esta especie se reproduzca más por la vía vegetativa de forma natural. La micropropagación se presentó en todos los tratamientos utilizados, pero se obtuvo el mayor número de brotes en el medio MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de 2iP y en el medio MS 100% adicionado con 2 mg L⁻¹ de BA. Con base en estos resultados, concluimos que el cultivo de tejidos vegetales es una técnica fa-

vorable para la propagación de esta especie, como estrategia de conservación *ex situ*, así como también para la obtención de metabolitos secundarios de interés.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca 237480 otorgada a ZHSL para realizar estudios de Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Literatura citada

- Brunetti, P. C., L. Ortiz, L. Palacio, C. Lloret y M. Gole-niowski. 2007. Micropropagación de "Tomillo de las sierras" *Hedeoma multiflorum* Benth. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas medicinales y Aromáticas 6:391-392.
- Davies, P. J. 2005. The plant hormones: their nature, occurrence, and function. En: Davies, P. J. (Ed.), Plant Hormones. Biosynthesis, Signal Transduction, Action. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands pp. 1-15.
- Jiménez, E. 1998. Generalidades del cultivo *in vitro*. En: Pérez-Ponce, J. (Eds.). Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Instituto de Biología de las plantas, Santa Clara, Cuba pp. 13-35.
- Julliard, J., L. Sosountzov, Y. Habricot y G. Pelletier. 1992. Hormonal requirement and tissue competency for shoot organogenesis in two cultivars of *Brassica napus*. Physiology Plant 84:512-530.
- Koroch, A. R., H. R. Juliani Jr., H. R. Juliani y V. S. Trippi. 1997. Micropropagation and acclimatization of *Hedeoma multiflorum*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 48:213-217.

- Malda, G., H. Suzán y R. Backhaus. 1999. *In vitro* culture as a potential method for the conservation of endangered plants possessing crassulacean acid metabolism. *Scientia Horticulturae* 81:71-87.
- Murashige, T. y F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum* 15:473-497.
- Pence, V. C., G. D. Winget, K. L. Lindsey, B. L. Plair y S. M. Charls. 2009. *In vitro* propagation, cryopreservation and genetic analysis of endangered *Hedeoma todsenii* (Lamiaceae). *Madroño* 56:221-228.
- Pérez-Escandón, B. E., M. A. Villavicencio-Nieto y A. Ramírez. 2003. Lista de las plantas útiles del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México 134 p.
- Rout, G. R., S. Samantaray y P. Das. 2000. *In vitro* manipulation and propagation of medicinal plants. *Biotechnology Advances* 18:91-120.
- Tovar, J. C. 2007. Composición química, actividad antibacteriana y tóxica de aceites esenciales de seis especies medicinales de Lamiaceae en el estado de Hidalgo. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México 95 p.
- Villavicencio-Nieto, M. A. y B. E. Pérez-Escandón. 1995. Plantas útiles del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México 71 p.

Determinación del efecto teratogénico en el desarrollo del tejido óseo en *Rattus norvegicus* cepa Wistar, inducido por la presencia de Arsénico a concentraciones encontradas en aguas de Zimapán, Hidalgo, México

Mireya Quiterio-Pérez, Juan Carlos Gaytán-Oyarzún, Scott Monks,
Alberto José Gordillo-Martínez, y Francisco Prieto-García

Resumen

En el presente trabajo se evaluaron los posibles efectos teratogénicos del Arsénico (As) de las mismas concentraciones registradas en aguas de Zimapán, Hidalgo, empleando ejemplares de *Rattus norvegicus* de la cepa Wistar, preñadas. Las cuales se sometieron a diferentes concentraciones de Arsenato de Sodio (1887.91 mg/l, 943.95 mg/l y 0.5 mg/l), la concentración 0.5 mg/l corresponde a la registrada en agua de Zimapán, Hidalgo, así como Trióxido de Cromo (166.0 mg/l) utilizado como control positivo y Sacarosa al 5% como un control negativo. Los ejemplares se expusieron del día 7° al 15° de gestación, y se sacrificaron el día 19° de gestación por inhalación de cloroformo. Se analizó el daño reproductor en la madre, así como alteraciones y falta de osificación del tejido óseo del feto. La dosis más alta probada (1887.91 mg/l), produjo mayor daño reproductor en madre, ocasionado por las reabsorciones que impedían la continuación del desarrollo embrionario. Las concentraciones de 0.5 mg/l hasta 943.95 mg/l, produjeron falta de osificación en costillas, esternones, metacarpos, falanges anteriores, metatarsos, falanges posteriores y vértebras sacras.

Palabras clave: Arsenato de sodio, teratígeno, daño reproductor, falta de osificación

Introducción

La contaminación de las aguas naturales, tanto por contaminantes químicos (policlorobifenilos (PCB), metales pesados, dioxinas, agroquímicos, etc.) como por biológicos, es un problema a nivel mundial. Realmente, son pocas las áreas pobladas, en países desarrollados y subdesarrollados, que no estén sujetas a la contaminación (Baird, 2001).

La acumulación de los metales pesados en el ambiente y en los sistemas biológicos, bien sea por adsorción, precipitación u otras formas de asociación natural, incluida la bioacumulación, constituyen un modo de minimizar su transporte y propagación.

No obstante, esto puede acarrear consecuencias negativas para el entorno ecológico, debido al proceso de lixiviación de especies químicas en cantidades significativamente elevadas, son accesibles a los sistemas acuáticos. Por consecuencia pueden incorporarse al hombre por la ingestión de agua y/o a través de las cadenas alimenticias (Lechuga-Vargas *et al.*, 2003).

El Arsénico (As) no es un metal, sin embargo tiene propiedades de los metales pesados, su efecto tóxico es similar al del Mercurio (Hg) y el Plomo (Pb). Las formas As (III) o arsenitos, son de las más tóxicas (Patnaik, 1992). El As se encuentra altamente distribuido en la naturaleza y está presente en muchas ac-

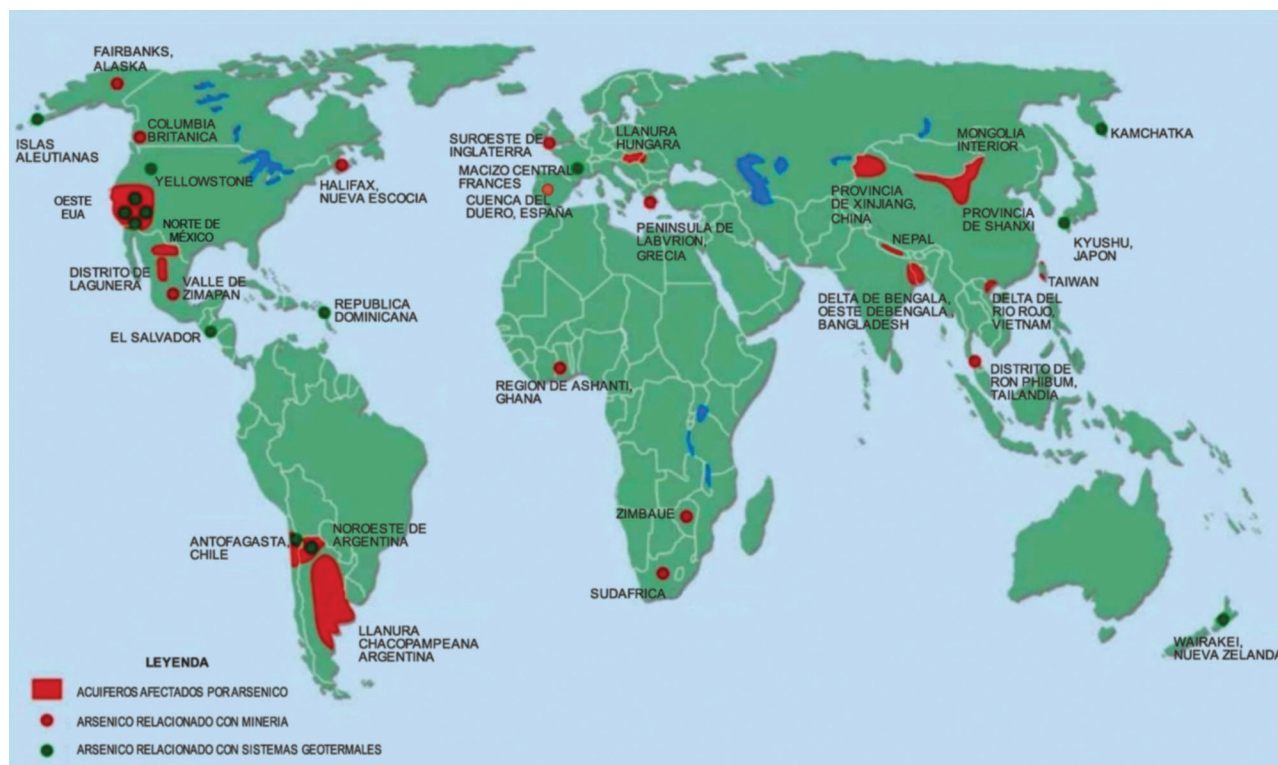


Figura 1. Distribución mundial de mantos acuíferos con altos contenidos en As (Lillo, 2005).

tividades laborales. Con el crecimiento de las actividades industriales, las fuentes de contaminación del medio con éste elemento y otros metales pesados se han incrementado significativamente (Lippmann, 1992). El lixiviado de minas, jales de oro y de otros minerales abandonadas en décadas y siglos anteriores, son una fuente significativa de contaminación por As en sistemas acuíferos subterráneos, como es el caso del Estado de Hidalgo, que tiene una larga tradición de actividad minera (Baird, 2001).

El As encontrado en los océanos presenta valores muy bajos, próximos a 0.001 mg/l - 0.008 mg/l. En los ríos su concentración es muy variable y se ha identificado desde 0.1 mg/l hasta 1 mg/l (Galvao y Corey, 1987), el contenido medio de As en el agua de bebida es aproximadamente de 2.4 mg/l. El As en el agua, se encuentra comúnmente como el ácido de As (V), H_3AsO_4 o en sus formas desprotonadas, el cual, es una de sus formas menos tóxicas (Baird, 2001). También, se encuentra el As en forma de As (V) (como H_2AsO_4 y $[HAsO_4]^{*2}$) de carácter menos tóxicos que el As (III) (Pérez-Moreno *et al.*, 2003).

Se ha documentado que la ingesta de As en pequeñas cantidades por tiempos prolongados provoca malformaciones a nivel de médula ósea y se almacena en placenta y tejido óseo. Además se ha

asociado a diversos procesos carcinogénicos y teratogénicos en varios bioensayos (Ramos-Morales y Rodríguez-Arnaiz, 1995). En algunas regiones se ha identificado el hidroarsenismo crónico regional endémico, reportado a concentraciones de 0.21 mg/l hasta 12.6 mg/l. Concentraciones suficientes para provocar a largo plazo intoxicaciones en la población humana (Galvao y Corey, 1987).

Se han identificado un gran número de zonas naturales con aguas subterráneas, las cuales presentan contenidos de As superiores a 50 $\mu g/l$ en distintos lugares del planeta (Fig. 1). Los problemas más importantes citados en la literatura se sitúan en Argentina, Bangladesh, Nepal, Chile, China, Hungría, India (Bengala Oeste), México (Comarca Lagunera y el Valle de Zimapán), Rumania, Taiwán, Vietnam y EUA, siendo en este último país y en Bangladesh donde han sido objeto de estudios más profundos. Además se encuentran otras áreas, directamente relacionadas con procesos hidrotermales en Argentina, Chile, Japón, Nueva Zelanda, E.U.A., Islandia, Francia, República Dominicana y Kamchatka. Áreas con problemas de As en relación a depósitos minerales y minería han sido reconocidas en numerosas partes del mundo, siendo los casos más sobresalientes los de Ghana, Grecia, Tailandia, Chile y E.U.A. (Lillo, 2005).

En Hidalgo, la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua, tiene conocimiento de la presencia de altos contenidos de As en el agua que es suministrada por los pozos a la ciudad de Zimapán (Fig. 2). Un estudio sobre las concentraciones de este elemento durante el periodo marzo 1992 a marzo 1993, confirmó la presencia de As en estos pozos (Pérez-Moreno *et al.*, 2003). Las concentraciones registradas rebasaron los límites máximos permisibles para el 2005, que es de 0.025 mg/l, según la Normativa Mexicana en el 2000 (Secretaría de Salud, 2000). Así mismo, se realizaron varios monitoreos de As hasta 1998, concluyendo con la clausura del pozo No. 4 (el Muhí) por presentar una concentración de 1.5 mg/l de As. Resultados de un análisis de las muestras de agua de Zimapán (septiembre, 2002), muestran que el contenido de As se presenta en concentraciones que fluctúan de 0.30 mg/l a 0.50 mg/l, de 12 a 20 veces más de lo que marca la NOM-127-SSA1-1994 (Lechuga-Vargas *et al.*, 2003).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha concluido que 1/10,000 habitantes tienen riesgo de adquirir cáncer de piel, ocasionado por la ingestión diaria de agua con As en concentraciones de 0.002 mg de As/l. Por consiguiente, los límites máximos de As para el agua destinada al consumo humano en algunos países de la Unión Europea como por ejemplo España, se ha reducido a valores de 0.010 mg/l (Pérez-Moreno *et al.*, 2003).

Es esencial de evaluar las causas y efectos ocasionados por la contaminación ambiental. Esto lleva a que el monitoreo ambiental sea absolutamente necesario para identificar riesgos en la salud humana y en el ecosistema (de Fernícola, 1992a). El monitoreo de la contaminación ambiental puede realizarse básicamente a través de un análisis químico. Sin embargo, debe ser reforzado con una evaluación biológica a través de la toxicología, evaluando los efectos que las sustancias xenobióticas sobre los ecosistemas e individuos utilizando bioindicadores o biomonitores, lo cual de manera conjunta aportan una evaluación integral del ambiente y los sistemas biológicos (de Fernícola, 1992b).

Los bioensayos son un tipo de bioindicadores que pueden ser desde virus hasta cultivo de tejidos humanos, que en condiciones controladas (*in vivo* e *in vitro*) permiten correlacionar el efecto del agente físico y/o químico a nivel biológico (Markert *et al.*, 1997). Existen diferentes niveles donde se puede expresar el daño a nivel biológico, estos pueden ser, morfológicos, fisiológicos y/o conductuales. De éstos, los efectos mutagénicos, carcinogénicos y teratogénicos son de importancia, debido a su frecuencia

y los efectos que repercuten en problemas sociales, económicos y de salud (Reyes y Waldemar, 1992).

Una gran cantidad de bioensayos se utiliza para valorar la calidad ambiental, uno de los más utilizados es el de *Rattus norvegicus*. Este bioensayo tiene muchas ventajas para ser utilizado en el laboratorio, permite valorar el efecto genotóxico y/o teratogénico inducido por diversos agentes contaminantes. Además, se trata de un mamífero, lo que permite correlacionar los resultados entre ratas y el hombre (Gad y Chengelis, 1998).

La técnica de transparentado en fetos permite observar el sistema óseo, tal como está en otros organismos, por que no hay desarticulación del mismo. Una de las ventajas que presenta esta técnica es que los organismos se preservan por mucho tiempo, lo que permite revisarlos con detenimiento las ocasiones que sea necesario. Esta técnica es utilizada en ratas para observar malformaciones en el esqueleto, para identificar los centros de osificación del mismo y/o retraso en el desarrollo, entre otros, inducidas de manera natural o por la exposición a un agente xenobiótico (Kaufman, 1992; Acuña *et al.*, 2005).

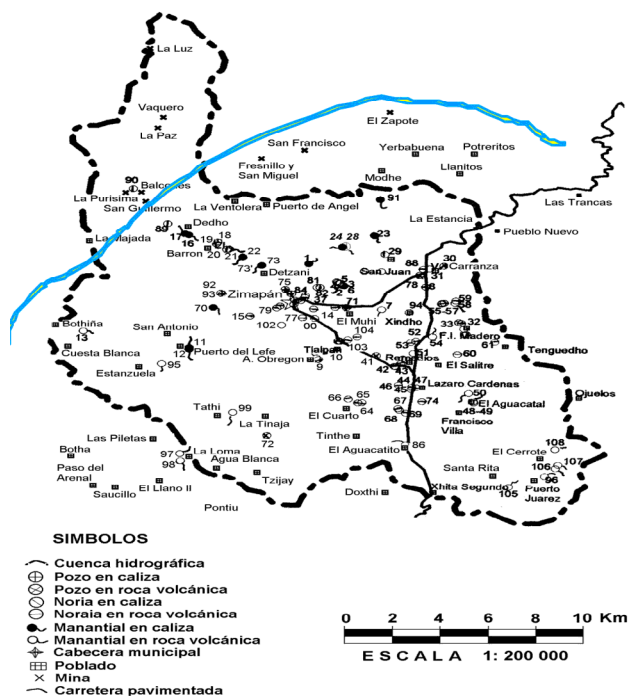


Figura 2. Ciudad de Zimapán, Hidalgo, pertenece a la región hidrológica RH-26 del Pánuco, parte Norte de la Cuenca del Valle de México, Sub-cuenca del Río Moctezuma. Línea azul: Zona limítrofe en la parte Norte de la Cuenca del Valle de México. (Pérez-Moreno, 2004).

Material y Métodos

Establecimiento de lotes experimentales: Se utilizó 50 ejemplares (hembras preñadas) de *R. norvegicus* que se encontraban en su primer día de gestación. Se distribuyeron aleatoriamente en 5 grupos de tratamiento con 10 ejemplares cada uno:

- Lote 1: Sacarosa al 5%, concentración correspondiente a un control negativo concurrente.
- Lote 2: 166.00 mg/l de Trióxido de Cromo (CrO_3) (García-Rodríguez *et al.*, 2002), concentración correspondiente a un control positivo concurrente.
- Lote 3: 0.5 mg/l de Arseniato de Sodio (Na_2HAsO_4), concentración correspondiente de aguas de Zimapan, ya que es de interés para el presente trabajo el conocer sus efectos teratogénicos en el sistema óseo de *R. norvegicus*.
- Lote 4: 943.95 mg/l de Na_2HAsO_4 , concentración correspondiente a la cuarta parte de la concentración subtóxica CL_{15} .

- Lote 5: 1887.91 mg/l de Na_2HAsO_4 , concentración correspondiente a la mitad de la concentración subtóxica CL_{15} .

La administración del compuesto para todos los lotes experimentales se realizó por vía oral con una exposición crónica. La administración se realizó durante la organogénesis de *R. norvegicus*, del 7° al 15° día de gestación. Los ejemplares se examinaron todos los días para detectar signos notorios de toxicidad, aborto inminente o parto prematuro. En los últimos dos casos, los ejemplares se sacrificaron antes del día 19° de gestación.

Sacrificio: Los animales de todos los lotes se sacrificaron el día 19° de gestación por inhalación de cloroformo (García, 1999).

Histerectomía y registro de daño reproductor en la rata progenitora: Después del sacrificio de ejemplares, se practicó una histerectomía a cada ejemplar preñado, valorando el daño reproductivo a través de la evaluación del número de fetos, número de implantaciones, reabsorciones tempranas y tardías. De forma independiente, se extrajeron los fetos, re-

Tabla 1. Técnica de transparentado de Dawson modificada por Staples (García, 1999).

Anormalidades Esqueléticas	Control	Tratamientos experimentales			
	Sacarosa %	CrO_3 mg/l	Na_2HAsO_4 mg/l		
	5	166	0.5	943.95	1887.91
Total de fetos analizados	85	85	85	85	85
*Costillas					
No. Supernumerarias	0	1/1.17	0	2/2.35	2/2.35
Falta de osificación #/%	0	43/50.58*	21/24.70*	17/20.00*	5/5.88
*Estérnebras					
No. Fusionadas	0	0	0	0	0
Falta de osificación #/%	0	70/82.35*	49/57.64*	32/37.64*	50/8.82*
*Metacarpos					
No. Ausencia	0	0	0	0	0
Falta de osificación #/%	0	40/7.05*	30/35.29*	32/37.64*	8/9.41
*Falanges Anteriores					
No. Ausencia	0	0	0	0	0
Falta de osificación #/%	0	66/77.64*	56/65.88*	65/76.47*	48/56.47*
*Metatarsos					
No. Ausencia	0	0	0	0	0
Falta de osificación #/%	0	40/47.05*	31/36.47*	32/37.64*	8/9.41
*Falanges Posteriores					
No. Ausencia	0	0	0	0	0
Falta de osificación #/%	0	76/89.41*	75/88.23*	69/81.17*	66/77.64*
Vértebras Sacras					
No. Ausencia	0	0	0	0	0
Falta de osificación #/%	1/1.17	71/83.52*	76/89.49*	70/82.35*	69/81.17*

* Diferencia significativa respecto al lote testigo, prueba de Dunnett, $p < 0.05$

gistrando el número de éstos y colocándolos en alcohol al 96% para evaluar posteriormente el daño teratogénico en estos.

Transparentado de fetos: Para evaluar daño teratogénico a través de anomalías esqueléticas, y falta de osificación del tejido óseo, se realizó el análisis del tejido óseo según la técnica de Dawson modificada por Staples, con el fin de detectar daño inducido por el tratamiento (Tabla 1) (García, 1999).

Análisis y registro de alteraciones en el tejido óseo en fetos: Para el registro de las alteraciones esqueléticas presentes se tomaron en cuenta el número y condición de costillas, esternebrias, metacarpos, falanges, metatarsos y vértebras sacras debido a que son los principales centros de osificación (Fig. 3) recomendados para su análisis (Kaufman, 1992; García, 1999).

- Costillas: Se registró si hay falta de osificación (según la tinción de las esternebrias); así como si son numerarias o no.
- Esternebrias: Se registró si hay falta de osificación (según la tinción de las esternebrias); así como si se presentan o no fusionadas.
- Metacarpos: Se registró si hay falta de osificación (según la tinción de los metacarpos), así como la ausencia o no de metacarpos.
- Falanges de las extremidades anteriores: Se registró si hay falta de osificación (según la tinción de las falanges), así como la ausencia o no de falanges.
- Metatarsos: Se registró si hay falta de osificación (según la tinción de las falanges metatarsos), así como la ausencia o no de metatarsos.
- Falanges de las extremidades posteriores: Se registró si hay falta de osificación (según la tinción de las falanges), así como la ausencia o no de falanges.
- Vértebras sacras: Se registró si hay falta de osificación (según la tinción de las falanges), así como la ausencia o no de estas.

Análisis estadístico: Se realizaron dos pruebas estadísticas una prueba no paramétrica y una paramétrica; porque no se puede determinar previamente si los datos presentan o no una distribución normal.

1. Análisis Kruskal-Wallis: una prueba no paramétrica para determinar si existe uno o más tratamientos diferentes al testigo, que se aplica a datos que no siguen una distribución normal.

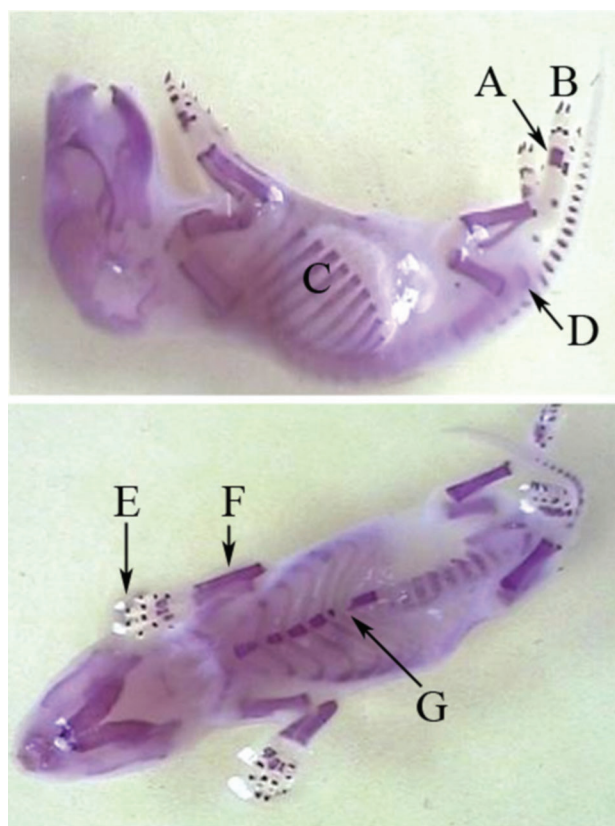


Figure 3. Principales centros de osificación en ratas. A. metatarsos; B. falanges posteriores; C. costillas; G. esternebrias; D. vértebras sacras; E. falanges anteriores; F. metacarpos.

2. Análisis de Varianza (ANOVA): una prueba paramétrica para determinar si existe uno o más tratamientos diferentes al testigo, que se aplica a datos que siguen una distribución normal.
3. Prueba de Dunnett: una prueba *a posteriori* de "comparación múltiple" para determinar que un tratamiento es diferente al control negativo, la cual sirve para determinar las diferencias significativas entre el lote testigo y el resto de los tratamientos (Ronald, 1999; Infante-Gil y Zárate de Lara, 2000).

Resultados

Análisis de daño reproductor en la rata progenitora: En la Tabla 2, se presenta el efecto de los tratamientos y el nivel de daño reproductor en ejemplares hembras de *R. norvegicus*. El número total de fetos (134) e implantaciones (89) en la concentración 0.5 mg/l es estadísticamente significativo, independiente del

Tabla 2. Efecto de Arseniato de Sodio (Na_2HAsO_4) y Trióxido de Cromo (CrO_3) a nivel de daño reproductor en *Rattus norvegicus*.

Variable	Control (-)		Tratamientos experimentales		
	Sacarosa (%)	CrO_3 (mg/l)	Na_2HAsO_4 (mg/l)		
	5	166	0.5	943.95	1887.91
No. hembras gestantes	10	10	10	10	10
No. total de fetos	88	111	134*	119	85
Relación fetos/ madre *	8.8 ± 2.4	11.1 ± 3.4	13.4 ± 2.71	11.9 ± 4.2	8.5 ± 3.2
No. total de implantaciones	89	113	136*	119	113
Relación implantaciones /madre *	8.9 ± 2.2	11.2 ± 3.25	13.6 ± 2.9	11.9 ± 4.2	11.3 ± 2.0
No. total de reabsorciones tempranas	1	1	2	0	25**
Relación reabsorciones tempranas/madre *	0.1 ± 1.3	0.1 ± 1.3	0.2 ± 0.4	0	2.5 ± 2.46
No. total de reabsorciones tardías	0	1	0	0	3
Relación reabsorciones tardías/madre *	0	0.1 ± 0.3	0	0	0.3 ± 0.9

Nota: * = promedio \pm la desviación estandar; ** = diferencia significativa respecto al lote testigo, prueba de Dunnett, $p < 0.05$.

tratamiento, debido a que no se ve reflejado un aumento en el número de reabsorciones. Así mismo, en Tabla 2 se presenta la diferencia estadísticamente significativa en el total de reabsorciones tempranas en la concentración más alta (1887.91 mg/l), lo que indica que hay un efecto tóxico al inicio del desarrollo embrionario, el cual se ve reflejado en el número total de fetos obtenidos en dicha concentración. Particularmente es importante resaltar que el teratógeno de referencia CrO_3 , que se ha reportado en ratones, no presenta ningún daño estadísticamente significativo en hembras preñadas de *R. norvegicus* a la concentración evaluada.

Análisis de alteraciones en el tejido óseo en fetos: El efecto teratogénico en fetos (Tabla 2), de los siete marcadores de anomalías esqueléticas con sus dos variables cada uno, se determinó estadísticamente a través de la prueba de Dunnett. La falta de osificación en la variable relevante, siendo no significativas las variables de costillas supernumerarias, esternebrias fusionadas, ausencia de metacarpos, de falanges anteriores, de metatarsos, de falanges posteriores y de vértebras sacras.

Para el 166.00 mg/l de CrO_3 (Fig. 4B), el 0.5 mg/l Na_2HAsO_4 (Fig. 4C) y el 943.95 mg/l Na_2HAsO_4 (Fig. 4D), las variables significativas estadística-

Figura 4. Efecto de los tratamientos en el proceso de osificación. A. Testigo. B. Falta de osificación en costillas, esternebrias, metacarpos, falanges anteriores, metatarsos, falanges posteriores y vértebras sacras, producidas por administración de Trióxido de Cromo (CrO_3). C. Falta de osificación en costillas, esternebrias, metacarpos, falanges anteriores, metatarsos, falanges posteriores y vértebras sacras, producidas por administración de 0.5 mg/l de Arseniato de Sodio (Na HAsO_4). D. Falta de osificación en costillas, esternebrias, metacarpos, falanges anteriores, metatarsos, falanges posteriores y vértebras sacras, producidas por administración de 943.95 mg/l de Arseniato de Sodio (Na HAsO_4). E. Falta de osificación en esternebrias, falanges² anteriores, falanges posteriores y vértebras sacras, producidas por administración de 1887.91 mg/l de Arseniato de Sodio (Na HAsO_4). Nota: magnificación no es igual en cada foto; flechas⁴ indican puntos sin osificación.

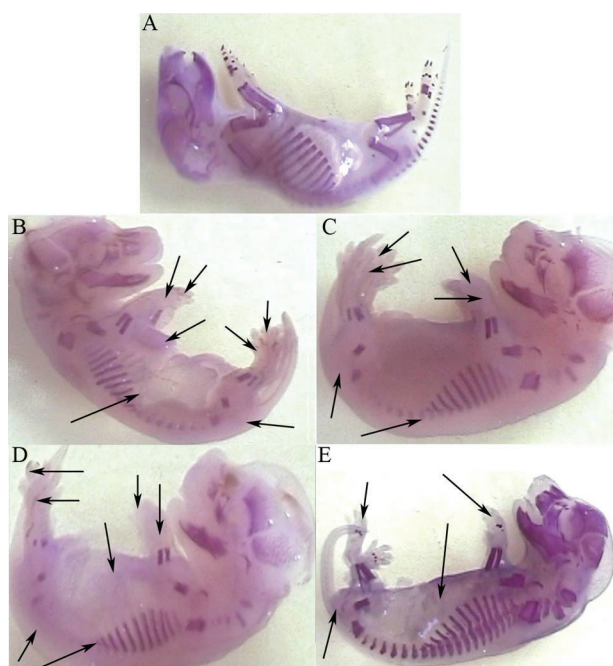


Tabla 3. Efecto de Arseniato de Sodio (Na_2HAsO_4) y Trióxido de Cromo (CrO_3) en el desarrollo del sistema óseo de fetos tratados en periodo prenatal.

Anormalidades esqueléticas	Control - Sacarosa (%)	Tratamientos experimentales			
		CrO_3 (mg/l)	Na_2HAsO_4 (mg/l)		
	5	166	0.5	943.95	1887.91
Total de fetos analizados	85	85	85	85	85
*Costillas					
No. supernumerarias	0	1 / 1.17	0	2 / 2.35	2 / 2.35
Falta de osificación (#/%)	0	43/50.58*	21/24.70*	17/20.00*	5/5.88
*Esternebras					
No. fusionadas	0	0	0	0	0
Falta de osificación (#/%)	0	70/82.35*	49/57.64*	32/37.64*	50/8.82*
No. ausencia	0	0	0	0	0
*Metacarpos					
Falta de osificación (#/%)	0	40/7.05*	30/35.29*	32/37.64*	8/9.41
*Falanges anteriores					
No. ausencia	0	0	0	0	0
Falta de osificación (#/%)	0	66/77.64*	56/65.88*	65/76.47*	48/56.47*
*Metatarsos					
No. ausencia	0	0	0	0	0
Falta de osificación (#/%)	0	40/47.05*	31/36.47*	32/37.64*	8/9.41
*Falanges posteriores					
No. ausencia	0	0	0	0	0
Falta de osificación (#/%)	0	76/89.41*	75/88.23*	69/81.17*	66/77.64*
No. ausencia	0	0	0	0	0
Vértebras sacras					
Falta de osificación (#/%)	1 / 1.17	71/83.52*	76/89.49*	70/82.35*	69/81.17*

Nota: * = diferencia significativa respecto al lote testigo, prueba de Dunnett, $p < 0.05$; # = número de ejemplares.

mente fueron las faltas de osificación en las costillas, esternebras, metacarpos, falanges anteriores, metatarsos, falanges posteriores y en vértebras sacras (Tabla 3). Para la concentración más alta de Na_2HAsO_4 (1887.91 mg/l) (Fig. 4E), las variables que mostraron significancia estadística fueron la falta de osificación en esternebras, falanges anteriores, falanges posteriores y vértebras sacras (Tabla 3).

Discusión

Con base en los resultados obtenidos, se determinó que el Na_2HAsO_4 induce daño reproductivo en hembras progenitoras de *R. norvegicus* y daño teratogénico en fetos, debido a que presenta toxicidad estadísticamente significativa en la rata madre a la concentración más alta de 1887.91 mg/l, lo cual se estableció con base en la relación de el número de implantaciones y el número de fetos obtenidos. Además, se determinó que el efecto tóxico actúa en las primeras etapas del desarrollo embrionario, lo cual indica que una de las posibles causas de estas reabsorciones es el Na_2HAsO_4 y no un metabo-

lito de este, y que actúa a nivel tóxico. Así mismo, se demuestra que existe una diferente sensibilidad en cada una de las etapas del desarrollo embrionario.

El daño teratogénico en fetos causado por Na_2HAsO_4 es estadísticamente significativo en el proceso de osificación en los siete marcadores analizados en dos de las tres concentraciones probadas (0.5 mg/l y 943.95 mg/l), que son las concentraciones más baja e intermedia probadas. Siendo de relevante importancia mencionar que la concentración más baja es la encontrada en el agua utilizada para consumo humano en Zimapán, Hidalgo. Por lo que el efecto provocado por el Na_2HAsO_4 puede estar asociado a una problema social y de salud en éste municipio. Con base en estos resultados, se recomienda realizar más estudios utilizando Na_2HAsO_4 y probarlo en diferentes clases de organismos y niveles tróficos.

Lo anterior sustenta los diferentes mecanismos y factores previamente descritos que pueden afectar la expresión de un efecto teratogénico y por lo tanto la dificultad de sus evaluación. Los resultados pueden variar de un organismo experimental

a otro, por la susceptibilidad genética de cada organismo; por la influencia del genoma materno porque éste puede interactuar de manera distinta con el metabolismo de los compuestos que lleguen de la madre al feto. Así como participar en la resistencia a infecciones, procesos bioquímicos y moleculares que pueden incidir sobre el producto. Otro factor que puede afectar la respuesta teratogénica es la susceptibilidad de los organismos, la cual puede variar entre las diferentes etapas de desarrollo embrionario en el momento de la exposición. Además, hay que contemplar los diferentes mecanismos de acción que pueden presentarse en células y tejidos por diferentes tipos de agentes teratógenos; de ahí la importancia de la selección de un buen bioensayo, la concentración, la vía de administración y el tiempo de exposición (Sadler, 2000).

En cuanto al CrO_3 , se comprobó su efecto en el testigo positivo a nivel de falta de osificación en el tejido óseo a la concentración probada, lo que permite corroborar la sensibilidad de este bioensayo ante un agente químico. Esto enfatizó el potencial del CrO_3 para inducir, al menos, falta de osificación en el tejido óseo y sirve como índice de comparación con otros agentes químicos con efecto por determinar (García-Rodríguez *et al.*, 2002).

El Na_2HAsO_4 a la concentración más alta usada, causa daño reproductor en ratas progenitoras. Su efecto en la osificación solo fue significativo en cuatro de los siete marcadores (falta de osificación en las esterneras, falanges anteriores, falanges posteriores y vértebras sacras). Con lo que se evidencia que estos marcadores, también llamados centros de osificación, son sensibles al Na_2HAsO_4 a las concentraciones probadas; los otros tres marcadores (falta de osificación en las costillas, metacarpos y metatarsos) no son sensibles a este compuesto, lo que evidencia una diferente sensibilidad aparente de acuerdo al compuesto químico y/o su concentración. Lo anterior apoya los reportes de algunos metales pesados que, a pesar de manifestar un efecto fetotóxico a altas concentraciones, a concentraciones bajas son capaces de inducir diversas alteraciones a nivel del desarrollo embrionario (Earl y Vish, 1979; Vega-G., 1985). Por lo que se recomienda realizar más experimentos a diferentes concentraciones y con otros compuestos para evaluar el nivel del riesgo de las poblaciones humanas.

Conclusiones

El Na_2HAsO_4 a concentraciones altas (1887.91 mg/l), es capaz de inducir daño reproductor en ratas madres. En concentraciones desde 0.5 mg/l hasta 943.95

mg/l, provoca falta de osificación en costillas, esterneras, metacarpos, falanges anteriores, metatarsos, falanges posteriores y vértebras sacras. La concentración de 0.5 mg/l, encontrada en el agua de consumo humano en Zimapán, Hidalgo, es capaz de inducir falta de osificación en costillas, esterneras, metacarpos, falanges anteriores, metatarsos, falanges posteriores y vértebras sacras en *R. norvegicus* por administración oral. Estos resultados son una llamada de atención importante, por el potencial de un riesgo para los pobladores de la región.

Es importante resaltar que el As no es el único elemento en el agua de Zimapán; pudiendo existir efectos sinérgicos o antagónicos. Independientemente de que, el As es un elemento que sobrepasa los límites máximos permisibles por la Norma Oficial Mexicana (Secretaría de Salud, 2000). Por lo tanto, es necesario realizar investigación con otros compuestos encontrados en el agua de Zimapán para probar efectos sinérgicos y/o antagónicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) para financiamiento del proyecto colaborativo "Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales".

Literatura citada

- Acuña, O., G. Silva, D. Lemus, M. Fuenzalida, D. Román, Y. Rivera, y H. Varela. 2005. Intoxicación con el ion cobre en ratas preñadas y su efecto en la formación de centros de osificación en fetos. *Revista Chilena de Anatomía* 17:217-224.
- Baird, C. 2001. Química ambiental. Reverté, S. A., Barcelona, España. 622 p.
- de Fernícola, N. A. G. G. 1992a. Evaluación de riesgo. En Reyes, F. G. R., y A. Waldemar. Toxicología prospectiva y seguridad química: Programa internacional de seguridad de las sustancias químicas (PISSQ/PNUMA-OIT-OMS). El Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO/OPS/OMS). Metepec, Estado de México, México. pp. 53-63.
- de Fernícola, N. A. G. G. 1992b. Evaluación Biológica de la Exposición Humana. En Reyes, F. G. R., y A. Waldemar. Toxicología prospectiva y seguridad química: Programa internacional de seguridad de las sustancias químicas (PISSQ/PNUMA-OIT-OMS). El Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO/OPS/OMS). Metepec, Estado de México, México. pp. 23-34.
- Earl, F. y T. Vish. 1979. Teratogenicity of heavy metals. En Oehme, F. Toxicity of heavy metals in the environment. Part. 2. Marcel Dekker. New York, E.U.A. pp. 617-637.

- Gad, S. y P. Chengelis. 1998. Acute toxicology testing. Academic Press, San Diego, CA, E.U.A. 534 p.
- Galvao, L. A. C. y G. Corey. 1987. Arsénico. Serie Vigilancia N° 3. CPEHS-PPS-OMS. Metepec, México, 70 p.
- García, A. 1999. Interacción teratogénica de la 4-hidroxi, 4-etil, 4-fenil butiramida (HEPB) y homólogos inferiores con carbamazepina y difenilhidantoina en ratón. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en Toxicología. Instituto Politécnico Nacional, México 85 p.
- García-Rodríguez, M., V. López-Santiago y M. Altamirano-Lozano. 2002. Estudio del efecto genotóxico y teratogénico del CrO_3 durante el desarrollo fetal del ratón *in vivo*. Congreso Nacional de Genética. Unidad de Investigaciones en Genética y Toxicología ambiental, FES-Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F, México.
- Infante-Gil, S. y G. P. Zárate de Lara. 2000. Métodos estadísticos un enfoque interdisciplinario. Editorial Trillas S.A. de C.V., México. 643 p.
- Kaufman, M. 1992. The atlas of mouse development. Academic Press, San Diego, CA, E.U.A. 512 p.
- Lechuga-Vargas, M. Á., F. Prieto-García, J. C. Gaytán-Oyarzún, E. Barrado-Esteban y L. del Razo-Jiménez. 2003. Estudio de acumulación y daños genotóxicos en tejidos celulares sensibles por presencia de Arsénico en aguas y suelos de Zimapán, Hidalgo, México. BioPress 7:1-13.
- Lillo, J. 2005. Peligros geoquímicos: Arsénico de origen natural en aguas. Página en red: http://www.ucm.es/info/crismine/Ambiente_Serena/Tema_As.htm (consultada el 1 de mayo del 2009).
- Lippmann, M. 1992. Environmental toxicants: Human exposures and their health effects. Van Nostrand Reinhold, New York, E.U.A. 699 p.
- Markert, B., J. Oehlmann y M. Roth. 1997. General aspects of heavy metal monitoring by plants and animals. *En* Subramanian, K. y G. Iyengar. Environmental biomonitoring: Exposure assessment and specimen banking. American Chemical Society. Washington, D.C., E.U.A. pp. 19- 29.
- Patnaik, P. 1992. A comprehensive guide to the hazardous properties of chemical substances. Van Nostrand Reinhold, New York, E.U.A. 763 p.
- Pérez-Moreno, F., F. Prieto-García, A. Rojas-Hernández, C. A. Galán-Vidal, Y. Marmolejo-Santillán, C. Romo-Gómez, A. Castañeda-Ovando, J. A. Rodríguez-Ávila y E. Barrado-Esteban. 2003. Caracterización química de aguas subterráneas en pozos y un distribuidor de agua de Zimapán, Estado de Hidalgo, México. Hidrobiológica 13:95-102.
- Pérez-Moreno, F. 2004. Dinámica del arsénico en aguas subterráneas de pozos y sedimentos del distribuidor general de agua potable de Zimapán, Hidalgo. Tesis Doctorado en Ciencias Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México. 132 p.
- Ramos-Morales, P. y R. Rodríguez-Arnaiz. 1995. Genotoxicity of two arsenic compounds in germ cells and somatic cells of *Drosophila melanogaster*. Environmental and Molecular Mutagenesis 25:288-299.
- Reyes, F. y A. Waldemar. 1992. Toxicología prospectiva y seguridad química: Programa internacional de seguridad de las sustancias químicas (PISSQ/PNUMA-OIT-OMS). El Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO/OPS/OMS). Metepec, Estado de México, México. 231 p.
- Ronal, W. 1999. Probabilidad y estadística para ingenieros. Prentice-Hall, Hispanoamericana S.A., México. 739 p.
- Sadler, T. 2000. Langman: Embriología médica. Editorial Médica Panamericana, D.F., México. 424 p.
- Secretaría de Salud. 2000. Modificación a la Norma Oficial NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial, 20 de octubre de 2000, Distrito Federal, México, Primera sección. pp. 73-79.
- Vega-G., S. 1985. Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales. Toxicología V: Genotoxicidad y daño reproductor al sistema reproductor. El Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO/OPS/OMS). Metepec, Estado de México, México. 47 p.

Primer reporte helmintológico de *Ambystoma velasci* Dugés, 1888 de Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México

Roosevelt Rodríguez-Amador, Scott Monks, y Griselda Pulido-Flores

Resumen

El embalse de Tecocomulco es el último relicto dulceacuícola de los lagos históricos de la gran cuenca del Valle del México, considerado un sitio RAMSAR (Convención de Humedales de Importancia Internacional - 1322) y Área de Importancia para la Conservación de las Aves - 224 (AICA). La importancia de este trabajo es contribuir al conocimiento de los helmintos de *Ambystoma velasci* Dugés, 1888 del Lago de Tecocomulco, Hidalgo. En los meses de enero a julio de 2007, se colectaron 26 hospederos en cuatro colectas como parte de un proyecto multidisciplinario realizado en la zona de estudio. Los ejemplares de *A. velasci* se colectaron mediante dos métodos, electrópesca y redes agalleras; cada ejemplar se sometió a una revisión helmintológica. Las especies de helmintos recolectados corresponden a dos grupos de helmintos; Nematoda y Digenea. En la caracterización de la infección el digeneo, *Cephalogonimus americanus* Stafford, 1902 se registró con una abundancia de 5.96 y una prevalencia de 11.5%, la especie del nemátodo *Aplectana* sp. se registró con una abundancia de 4.38 y una prevalencia de 50%. Con el presente trabajo se inicia el registro helmintológico de *A. velasci* en Hidalgo y en el país.

Palabras claves: *Ambystoma velasci*, *Cephalogonimus americanus*, *Aplectana*, Helmintofauna, Lago de Tecocomulco

Introducción

México cuenta con un alto grado de endemismos y una vasta biodiversidad, considerado como uno de los países más ricos en flora y fauna silvestre (Aguilar, 2003). El país ocupa el segundo lugar a nivel mundial en diversidad de especies de reptiles, el tercero en mamíferos y quinto en anfibios; muchas de estas especies son endémicas del territorio nacional y de importancia biológica (Espinosa-Organista *et al.*, 2008). Por lo tanto, ha sido evaluado y considerado megadiverso en variedad de especies (Aguilar, 2003; CONABIO, 2000; Espinosa-Organista *et al.*, 2008; Flores-Villela, 1993). Flores-Villela *et al.* (2005) estimaron que de los anfibios de México, el 63% de las especies son endémicas e inclusive la existencia de géneros endémicos.

Los anfibios son un grupo ligado a hábitos acuáticos y terrestres, considerablemente húmedos; por estas características actúan como excelentes hospederos para cualquier tipo de parásitos, incluyendo virus, bacterias, protozoarios, hongos y helmintos. Las adaptaciones que los helmintos han adquirido a lo largo de su historia de vida, les ha permitido colonizar diversos hábitats, factores que, en conjunto con la distribución extensa de los anfibios, permitieron tener una amplia distribución y abundancia; esto directamente ha repercutido en la especiación y endemismos de sus helmintos (Aho, 1990).

Antecedentes

En los anfibios, la familia Ambystomatidae incluye al género *Ambystoma* Tschudi, 1838; que a su vez in-

cluye 30 especies, con una distribución geográfica desde el este de Alaska, sureste de Canadá, Estados Unidos de América y la zona norte-centro de México. En México, 16 de las 17 especies registradas son endémicas (Smith y Smith 1976).

Algunas especies del género *Ambystoma* son neoténicas, fenómeno en el cual alcanzan la madurez sexual en formas larvales (pedomorfosis). Un característica común en las especies con neotenia es la retención de branquias externas y su permanencia en forma de "ajolote" (juvenil) mientras la calidad y cantidad de agua sea la óptima a sus necesidades (Stebbins, 1985). Si el embalse o charco en que viven se seca, cambian su forma de cuerpo a la forma adulta para migrar.

Ejemplares de *Ambystoma velasci* Dugès, 1888 (Fig. 1) se colectaron por primera vez en el antiguo Lago de Santa Isabel, ubicado en lo que hoy en día es la Delegación Gustavo A. Madero, del Distrito Federal, México. La especie es endémica de México y se distribuye en el Altiplano Mexicano (Dunn, 1940) son principalmente de hábitos nocturnos (Martínez-Coronel y Velázquez, 1984). Huacúz-Elias (2002) mencionó que varios factores como la introducción de especies exóticas, los cultivos de *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (carpa) y *Lithobates catesbeianus* Shaw, 1802 (rana toro), la recolección, captura y la explotación de la especie son algunos de los factores que han contribuido a la declinación de *A. velasci*.

Estudios helmintológicos para Ambystoma en México. Los estudios helmintológicos para miembros del género *Ambystoma* iniciaron con Caballero y Caballero y Bravo-Hollis (1938), quienes registraron los helmintos de *A. tigrinum* (Green, 1825) de México registrando; dos Nematoda, *Spironoura elongata* Baird, 1858 y *Hedruris siredonis* Baird, 1858 (Tabla 1).



Figura 1. *Ambystoma velasci* del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.

Bravo-Hollis (1943) registró los digéneos *Megalodiscus temperatus* (Stafford, 1905) Harwood 1932, *Gorgoderina attenuata* (Stafford, 1902) Stafford, 1905 y *Phyllodistomum rhyacosiredonis* Bravo-Hollis, 1943 [ahora conocido como *G. rhyacosiredonis* (Bravo, 1943) Prudhoe y Bray, 1982] en un estudio sistemático de los helmintos de salamandras de México [identificados como *A. tigrinum* y *Rhyacosiredon altamirani* (Dugès, 1895); la primera solo podría decir es *Ambystoma* sp. porque *A. tigrinum* no se encontraba en esta región de México y la segunda especie ahora es conocida como *A. altamirani* (Dugès, 1895)] (Tabla 1). Posteriormente, Dyer y Brandon (1973) colectaron salamandras de *A. altamirani* y *Ambystoma* sp. en las comunidades de San José Lagunilla y Zacapu, Michoacán, registrando tres especies de Nematoda; *Hedruris siredonis*, *Falcaustra elongata* Rudolphi, 1819 y *F. mascula* Rudolphi, 1819 (Tabla 1).

En 1982, Prudhoe y Bray reportaron a *G. rhyacosiredonis* como parásito de *A. altamirani* y *A. tigrinum* en tres localidades del país (Xochimilco y Magdalena Contreras, Distrito Federal; Ciénega de Lerma, Estado de México) (Tabla 1). Dyer (1984) reportó a *H. siredonis* como parásito de *A. taylori* Brandon, Maruska y Rump, 1981 en los lagos de Atexcac, Mina Preciosa y Quecholac, Puebla. Dyer (1988a) colectó 85 ejemplares de *Ambystoma* sp., de los cuales 13 estaban parasitados por *H. siredonis* y *F. elongata*. También, en el mismo año, Dyer (1988b) colectó cinco individuos de *A. andersoni* Krebs y Brandon, 1984 en Zacapu, Michoacán, ejemplares parasitados por *Megalobatrachonema (Chabaudgolvania) elongata* (Baird, 1858) Baker, 1986 (Tabla 1).

García-Altamirano *et al.* (1993) realizaron el análisis de la estructura de la comunidad de helmintos de dos especies de anfibios, *A. dumerilii* (Dugès, 1870) y *L. dunni* (Zweifel, 1957), del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, registrando la presencia de metacercarias del género *Ochetosoma* sp., *Cephalogonimus americanus* Stafford, 1902, *Posthodiplostomum minimum* y especies de cestodos de la familia Proteocephalidae y del orden Cyclopillidea (no identificados hasta especie) y *Bothriocephalus acheilognati* Yamaguti, 1934 (Tabla 1). Pérez-Ponce de León *et al.* (2000) generaron un análisis biogeográfico y bibliográfico de la fauna de digéneos en anfibios, incluyendo a las especies de la zona central de la República Mexicana: *A. tigrinum*, *A. mexicanum* (Shaw, 1789), *A. lermaensis* (Taylor, 1940) y *A. andersoni*. Estos autores reportaron *C. americanus*, *G. attenuata*, *Haematoloechus complexus* (Seely, 1906), *Ha. pulcher* Bravo-Hollis, 1943 y *Ochetosoma* sp. (Tabla 1). El estudio más reciente de parásitos de una especie de *Ambystoma* en México

Tabla 1. Especies de helmintos de *Ambystoma* reportados para México.

Hospedero	Helminto reportado	Cita
<i>Ambystoma tigrinum</i>	<i>Spironoura elongata</i> (N)	Caballero y Caballero, 1936
<i>Ambystoma tigrinum</i>	<i>Hedruris siredonis</i> (N)	
	<i>Megalodiscus temperatus</i> (D)	Bravo-Hollis, 1943
	<i>Gorgoderina attenuata</i> (D)	
	<i>Phyllostomum rhyacosiredonis</i> (D)	
	(<i>Gorgoderina rhyacosiredonis</i>) (D)	
<i>Ambystoma</i> sp.	<i>Hedruris siredonis</i> (N)	Dyer, 1973
<i>Ambystoma altamirani</i>		
(= <i>Rhyacosideron altamirani</i>)	<i>Falcaustra elongata</i> (N)	
	<i>Falcaustra mascula</i> (N)	
<i>Ambystoma taylori</i>	<i>Hedruris siredonis</i> (N)	Dyer, 1984
<i>Ambystoma</i> sp.	<i>Hedruris siredonis</i> (N)	Dyer, 1988a
	<i>Falcaustra elongata</i> (N)	
<i>Ambystoma andersoni</i>	<i>Megalobatrachonema (Chaubadgolvania) elongata</i> (N)	Dyer, 1988b
<i>Ambystoma dumerili</i>	<i>Ochetosoma</i> sp. (D)	García-Altamirano, 1993
	<i>Cephalogonimus americanus</i> (D)	
	<i>Posthodiplostomum minimum</i> (D)	
	<i>Proteocephalidae</i> (C)	
	<i>Botriocephalus acheilognati</i> (C)	
	<i>Cyclopillidea</i> (C)	
	<i>Arhythmorhynchus brevis</i> (A)	
	<i>Falcaustra chabaudi</i> (N)	
	<i>Spiroxys contortus</i> (N)	
<i>Ambystoma tigrinum</i>	<i>Cephalogonimus americanus</i> (D)	Pérez-Ponce de León, 2002
<i>Ambystoma mexicanum</i>	<i>Gorgoderina attenuata</i> (D)	
<i>Ambystoma andersoni</i>	<i>Haematolechus complexus</i> (D)	
<i>Ambystoma lermaensis</i>	<i>Haematolechus pulcher</i> (D)	
<i>Ambystoma lermaensis</i>	<i>Ochetosoma</i> sp. (D)	Mata-López, 2002
	<i>Cephalogonimus americanus</i> (D)	
	<i>Ochetosoma</i> sp. (D)	
	<i>Haematacoleus complexus</i> (D)	
	<i>Haematacoleus pulcher</i> (D)	
	<i>Gorgoderina attenuata</i> (D)	
	<i>Cosmocercoides dukae</i> (N)	
	<i>Falcaustra mexicana</i> (N)	
	<i>Chaubadgolvania elongata elongata</i> (N)	
	<i>Spiroxys</i> sp. (N)	
	<i>Rhabdochona</i> sp. (N)	

Nota: D = Digenea; N = Nematoda; A = Acanthocephala; C = Cestoda.

lo realizaron Mata-López *et al.* (2002), registrando cuatro especies de Nematoda (*Cosmocercoides dukae* (Holl, 1928) Travassos, 1931, *F. mexicana* Chabaud y Golvan, 1957 y *M. (C.) elongata* y *Rhabdochona* sp.) y dos especies de Digenea (*C. americanus* y *G. attenuata*) (Tabla 1).

Material y Método

Para llevar a cabo el presente trabajo se realizaron colectas de *A. velasci* en el Lago de Tecocomulco, municipio de Tepeapulco, al sur-este del estado de

Hidalgo, México. Se realizaron cuatro muestreos de campo con redes agalleras y electrópesca entre enero y junio de 2007; en total se capturaron 26 salamandras. El tamaño de luz de la malla fue con base en la Norma Oficial Mexicana (NOM, 2005). Las redes agalleras fueron colocadas por los pescadores una noche anterior, revisándolas al amanecer. La técnica de electropesca constó en suministrar unas pequeñas descargas de voltaje, aturdiendo a ciertos organismos sin llegar a matarlos, ocasionándoles pérdida del equilibrio y haciéndolos flotar en la superficie, momento en que se capturaron por medio

de redes de mano. En enero, se recolectaron seis individuos, en febrero ocho, en marzo ocho y en junio cuatro: de los ejemplares colectados, únicamente en febrero se colectaron con electropesca.

Los hospederos recolectados se mantuvieron vivos y se transportaron al laboratorio en hieleras con agua del mismo lago, para no provocar un cambio brusco de pH y temperatura. En el laboratorio de Morfología Animal, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, se realizó la revisión helmintológica de cada ejemplar. El examen helmintológico consistió en una revisión externa del cuerpo incluyendo la boca, branquias, cloaca, extremidades, orificios nasales, ojos y piel. Para la revisión interna se realizó una incisión ventral en plano medio sagital, se obtuvieron el intestino y las vísceras. Cada órgano se separó cuidadosamente y se colocó en cajas Petri con solución salina al 0.6%. Los órganos se revisaron con un microscopio estereoscopio, desgarrando con agujas de disección cada uno de los órganos.

Los helmintos fueron fijados y almacenados de acuerdo con las técnicas helmintológicas convencionales (Pritchard y Kruse, 1982). Los digéneos fueron sacrificados con agua caliente, posteriormente se colocaron en frascos homeopáticos con solución a base de ácido acético glacial al 10%; formol 10%; alcohol al 80% (AFA) para su fijación, transcurridas de 8 a 24 horas se retiró la solución de AFA y se añadió alcohol etílico al 70% para su conservación. Se tiñeron utilizando los colorantes de Mayer's Carmalum, hematoxilina Delafield y tricrómica de Gomori, posteriormente se montaron entre portaobjeto y cubreobjeto con bálsamo de Canadá para su estudio taxonómico. Los nemátodos se sacrificaron en ácido acético glacial, y almacenaron en alcohol al 70%. Posteriormente se aclararon en una solución de alcohol etílico al 70% y glicerina, de acuerdo con Pritchard y Kruse (1982), y montaron en preparaciones temporales en glicerina al 100% para su estudio taxonómico. La identificación taxonómica se realizó con claves dicotómicas de Yamaguti (1958 y 1961) y literatura especializada para cada grupo taxonómico (Lamothe-Argumedo, 1964; Bursey y Goldberg, 2007).

La caracterización de cada una de las infecciones, se realizó con base en los parámetros ecológicos recomendados por Margolis *et al.* (1982) y Bush *et al.* (1997).

Prevalencia: el número de individuos de una especie de hospedero que está infectado con un número de individuos de una especie particular de parásitos, dividido entre el número total

de hospederos revisados (este número total incluye tanto a los hospederos infectados como a los no infectados). Este parámetro es expresado en porcentaje.

Abundancia: el número de parásitos de una especie en particular dividido entre el número de hospederos de la misma especie examinada. La abundancia indica como se dispersa la especie de parásito en la muestra de la especie de hospedero.

Intensidad promedio: el número total de parásitos de una especie entre el número de hospederos parasitados. El resultado de este parámetro indica el número de parásitos de una especie encontrados en la muestra de hospederos.

Intervalo de intensidad: número mínimo y máximo de individuos de una especie de parásitos en una especie de hospedero. Este parámetro nos da información sobre como organismos parásitos son distribuidos en una muestra de hospederos parasitados.

Resultados

Se identificaron dos especies de helmintos: un Digénea, *Cephalogonimus americanus* (Fig. 2) y un Nematoda, *Aplectana* sp. (Fig. 3), ambas en estado adulto.

Caracterización de las infecciones: De acuerdo con la caracterización de la infección para *A. velasci*, se obtuvieron los siguientes resultados: *Aplectana* sp. tiene la prevalencia más alta (50%) por parasitar a la mitad de los hospederos recolectados (13 de 26). El digéneo, *C. americanus*, se registró con una abundancia de seis helmintos por hospedero revisado. Además, *C. americanus* se registró con mayor intensidad con 128 individuos en una de las salamandras (Tabla 2).

Discusión

El registro helmintológico de *A. velasci* está compuesto por dos especies de helmintos: un digéneo y un nemátodo. En la relación parásito-hospedero, *A. velasci* actúa como hospedero definitivo para las dos especies de helmintos porque se recolectaron únicamente formas adultas de ambas especies de parásitos.

Diversos autores han precisado que los factores bióticos y abióticos tienen un efecto en la relación parásito-hospedero, y que los ciclos de vida de los helmintos se encuentran relacionados con los



Figura 2. *Cephalogonimus americanus* parásito del intestino de *Ambystoma velasci*.

hábitos alimenticios y comportamiento del hospedero (Aho, 1990). Particularmente en el caso de las especies del género *Cephalogonimus*, se ha reportado que en el ciclo de vida de *C. americanus* los huevos son liberados del hospedero definitivo (en este caso

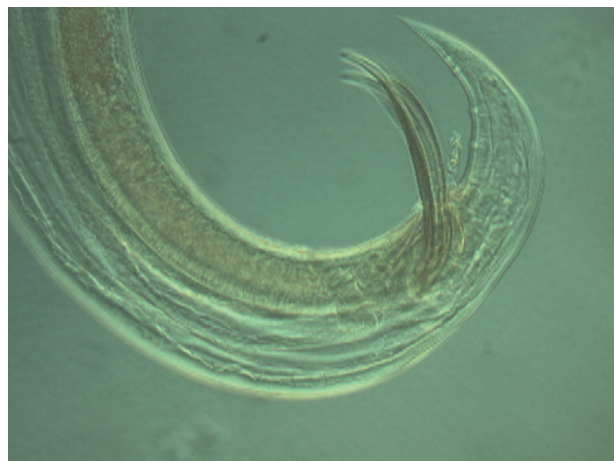


Figura 3. Extremo posterior de un macho de *Aplectana* sp. parásito del intestino de *Ambystoma velasci*.

la salamandra) al medio en sus heces. Posteriormente, el miracidio es liberado del huevo y la larva libre nadadora parásita al hospedero intermediario, en este caso un caracol (Lang, 1968 y 1969). En el caracol se lleva a cabo la reproducción asexual del digéneo cuando se transforma en esporocitos y redias. Posteriormente, se transforma en cercarias, las cuales son larvas libre nadadoras con un tiempo limitado de vida. La cercaria nada hasta encontrar a su segundo hospedero intermediario (salamandra o rana), donde se enquistas y se transforma en metacercarias. Los anfibios, particularmente las ranas y salamandras, como renacuajos en el proceso de metamorfosis, comen la piel, parasitándose de las metacercarias enquistadas de *C. americanus*, las cuales se transforman en adultos cuando llegan al tracto digestivo de los anfibios (Lang, 1968 y 1969). De tal manera, que estos individuos participan en el ciclo de vida de *C. americanus*, así como en los ciclos de vida de otras especies de digéneos, actuando como hospedero intermediario y/o como hospedero definitivo.

Las especies del género *Aplectana* son parásitos de anfibios y reptiles, con un gran número de especies asignadas a este género. El hábitat de la forma

Tabla 2. Caracterización de la infección de *Ambystoma velasci* Dugés 1891, en el Lago de Tecocomulco, Hidalgo, durante el periodo de muestreo de Enero – Julio 2007.

Especies de helmintos	HP	#	P	A	IP	II
<i>Cephalogonimus americanus</i>	3 de 26	155	11.5	5.96	51.66	I - 128
<i>Aplectana</i> sp.	13 de 26	114	50	4.38	8.76	I - 28

Nota: HP = número de salamandras parasitadas; # = número de helmintos colectados; P = prevalencia; A = abundancia; IP = intensidad promedio; II = intervalo de intensidad.

adulto es el intestino delgado y grueso de anfibios y reptiles. El ciclo de vida de la especie encontrada en Lago de Tecocomulco no es conocido, pero la literatura reporta que los miembros de la familia Cosmoceridae utilizan a insectos como hospedero intermediario. Los cuales son parasitados en su etapa larval. Al ser ingeridos por el vertebrado como alimento, los quistes del nematodo se alojan en el hemocele de la larva de los insectos e inician su desarrollo (Travassos, 1931; Baker, 1980). Ya en estado adulto, se liberan los huevos en las heces de su hospedero para infectar a otros insectos.

Con base en el registro helmintológico y los resultados de la caracterización de la infección obtenidos, inferimos que los ejemplares de *A. velasci* en el Lago de Tecocomulco ingieren la piel de la muda. También, es posible que consuman ranas juveniles, e incluso llevan al cabo el canibalismo al alimentarse de renacuajos de su misma especie que se encuentran infectados por metacercarias de *C. americanus*. Los bajos valores de prevalencia de *C. americanus*, nos hacen suponer que la presencia de caracoles en la zona de estudio es baja y temporal, la cual está regulada por procesos biológicos (latencia) y físicos (época de estiajes). Estos factores aún desconocidos, así como su forma de acción podrían determinarse mediante el estudio de la dinámica de poblacional de *A. velasci* en el lago de Tecocomulco (Pulido-Flores *et al.*, 2008; Miranda *et al.*, 2008).

En lo que respecta *Aplectana* sp., la presencia de insectos es constante durante gran parte del año y este es un factor que está directamente asociado al ciclo de vida del género *Aplectana* (Bursey y Goldberg, 2007). La laguna cumple perfectamente con las condiciones ambientales necesarias para presentar un número elevado de insectos. Hecho que se respalda con los resultados obtenidos en la caracterización de la infección, en la que *Aplectana* sp. es la especie dominante en este estudio. Sin embargo, durante la época de lluvias, el número de individuos de *Aplectana* sp. podría disminuir debido a la variedad de alimentos y disponibilidad de otro tipo de alimentos para las salamandras. En esta época se incrementa la presencia de caracoles, por lo tanto el número de Digenea puede ser mayor al de Nematoda, un hipótesis para investigar en el futuro.

En Lago de Tecocomulco la estacionalidad está determinada por las épocas de lluvias y secas. Cabe mencionar que este cuerpo de agua no contiene flujos de salida e ingreso de agua. Su incremento de agua únicamente se da en la temporada de lluvias y decrece por evaporación, uso del agua para riego e infiltración en la época de secas (NOM, 2005; Hui-

zar-Álvarez y Ruíz-González, 2005). Estas condiciones climáticas regulan la presencia y abundancia de los hospederos intermediarios y definitivos; hecho que influye en el número de especies de helmintos que parasitan a las salamandras. La época de sequía es de enero a junio y la época de lluvias es de julio a diciembre, condiciones climáticas específicas y distintas, diferentes de los demás sitios donde se han colectado salamandras para estudios helmintológicos. Particularmente porque son cuerpos de agua que presentan un influjo y flujo a través de los ríos y algunos arroyos (Tabla 1) (Huizar-Álvarez y Ruíz-González, 2005).

La relación parásito-hospedero de la especie de *Cephalogonimus* colectado en *A. velasci* es de especificidad filogenética al nivel del tipo de hospedero definitivo debido a que se han registrado especies de *Cephalogonimus* como parásitos de anfibios (Anura y Caudata) en diversas partes del mundo (Aho, 1990; Pulido-Flores, 1992; Brooks y McLennan 1991, 1993). En el caso particular de las especies del género *Aplectana*, de acuerdo con la literatura revisada, es posible que también sea una relación parásito-hospedero de coespeciación, pues se han registrado como parásitos de anfibios y reptiles (Yamaguti, 1961; Bursey y Goldberg, 2007), pero la relación entre especies y tipos de hospedero parecen de otro nivel filogenético (porque anfibios y reptiles no son grupos filogenéticamente emparentados). Sin embargo, es la primera vez que se registra una especie del género *Aplectana* como parásito de una salamandra del género *Ambystoma*.

Conclusiones

Por primera vez se realiza un estudio helmintológico de *A. velasci* en el estado de Hidalgo y de México. Como parte de este estudio se registraron dos especies de helmintos de *A. velasci*, un digéneo y un nemátodo. Se identificaron *C. Americanus* y *Aplectana* sp., respectivamente. Basado en la discusión previa, se puede señalar que Lago de Tecocomulco es un sistema acuático perfectamente establecido y poco perturbado, en el cual habitan diversas poblaciones de vertebrados e invertebrados que interactúan hace tiempo, y constituyen parte fundamental del ciclo de vida de los helmintos de *A. velasci*.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado a SM, para realizar el proyecto "Helmintos parásitos de los vertebra-

dos y calidad ambiental del Lago Tecocomulco, Hidalgo" (Fomix-HGO-2005-CO1-1). Durante el desarrollo de este manuscrito, RRA recibió una beca del CONACyT (No. 251709) para realizar estudios de doctorado en el Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, UAAEH.

Literatura citada

- Aguilar, V. 2003. Aguas continentales y diversidad biológica de México: un recuento actual. *Biodiversitas* 2:1-16.
- Aho, J. M. 1990. Helminth communities of amphibians y reptiles: comparative approaches to understanding patterns y processes. En Esch, G. W., A. O. Bush y J. M. Aho (Eds.). *Parasite communities: patterns and processes*. Chapman y Hall, New York pp. 157-195.
- Baker, M. R. 1980. Revision of old world species of the genus *Aplectana* Railliet y Henry, 1916 (Nematoda: Cosmoceridae). *Bulletin Museum Natural Historie Nature* 2:955-998.
- Bravo-Hollis, M. 1943. Estudio sistemático de los trematodos parásitos de los "ajolotes" de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 14:141-159.
- Brooks, D. R. y D. A. McLennan. 1991. *Phylogeny, ecology, and behavior: a research program in comparative biology*. Chicago, University of Chicago Press 434 p.
- Brooks, D. R. y D. A. McLennan 1993. *Parascript: parasites and the language of evolution*. Washington, D. C., Smithsonian Institution Press 429 p.
- Bursey, C. R. y S. R. Goldberg. 2007. A new species of *Aplectana* (Nematoda: Cosmoceridae) in *Platymanthis boulengeri* (Anura: Ceratobatrachidae) from Papua New Guinea. *Acta Parasitologica* 52:368-370.
- Bush, A. O., D. Kevin, J. Lafferty, M. Jeffrey, A. Lotz y W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology* 83:575-583.
- Caballero y Caballero, E. y M. Bravo-Hollis. 1938. Nemátodos de los ajolotes de México I. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 9:279-287.
- CONABIO- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2000. *Estrategia nacional sobre biodiversidad de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D. F. 103 p.
- Dunn, E. R. 1940. The races of *Ambystoma tigrinum*. *COPEIA* 4:154-162.
- Dyer, W. G. 1984. *Hedrunis siredonis* from *Ambystoma taylori* endémico de la Laguna Alchichica, Puebla, México. *Transactions Illinois State Academy of Science* 77:59-60.
- Dyer, W. G. 1988a. *Hedrunis siredonis* Baird 1958 (Nematoda: Habranematoidea) from *Ambystoma* sp. (Amphibia: Ambystomatidae) of Laguna Quecholac, Puebla, México. *Transactions of the Illinois State Academy of Science* 81:271-274.
- Dyer, W. G. 1988b. *Megalobatrachonema (Chabaudgolvanina) elongata* (Baird, 1858) Baker, 1986, (Nematoda: Kathlaniidae) in *Ambystoma andersoni* Krebs and Brandon, 1984 from Zacapu, Michoacán, México. *Transactions of the Illinois State Academy of Science* 81:275-278.
- Dyer, W. G. y R. A. Brandon. 1973. New host records of *Hedrunis siredonis*, *Falcaustra elongata* y *F. mascula* from Mexican Salamanders. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 40:27-30.
- Espinosa-Organista, D., S. Ocegueda-Cruz, C. Aguilar-Zúñiga, O. A. Flores-Villela y J. Llorente-Bousquets. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En Soberón, J., G. Halfter y J. Llorente-Bousquets (Eds.). *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México pp. 33-65.
- Flores-Villela, O. A. 1993. *Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism*. En Ramamorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.). *Biological diversity of México: Origins y distributions*. Oxford University Press, New York pp. 253-280.
- Flores-Villela, O. A., O. L. Ochoa y C. E. Moreno. 2005. Variación latitudinal y longitudinal de la riqueza de especies y la diversidad Beta de la herpetofauna mexicana. *Monografías Tercer Milenio* 4:25-32.
- García-Altamirano, I., G. Pérez-Ponce de León y L. García-Prieto. 1993. Contribución al conocimiento de la comunidad de helmintos de dos especies de anfibios endémicos del Lago de Patzcuaro, Michoacán: *Rana dunni* y *Ambystoma dumerilii*. *Cuadernos Mexicanos de Zoología* 1:73-80.
- Huacúz-Elias, D. 2002. Estado de conservación del género *Ambystoma* en Michoacán, México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Morelia, Michoacán, México 44 p.
- Huizar-Álvarez, R. y J. E. Ruíz-González. 2005. Aspectos físicos y socioeconómicos de la subcuenca de Tecocomulco. En Huizar-Álvarez, R., E. J. Jiménez-Fernández y C. Juárez-López (eds.). *El lago de Tecocomulco, geo-ecología de un desastre*. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 232 p.
- Lamothe-Argumedo, R. 1964. Trematodos de los anfibios de México III. Redescrípción de *Cephalogonimus americanus* Stafford, 1902, clave para las especies del género y registro de un nuevo hospedero. *Anales del Instituto de Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México* 35:115-121.

- Lang, B. Z. 1968. The life cycle of *Cephalogonimus americanus* Stafford, 1902 (Trematoda: Cephalogoniminae). *Journal of Parasitology* 54:945-949.
- Lang, B. Z. 1969. Modes of infection of *Rana clamitans* with *Cephalogonimus americanus* (Trematoda). *Journal of Parasitology* 55:832-834.
- Margolis, L., G. W. Esch, J. C. Holmes, A. M. Kuris y G. A. Schad. 1982. The use of ecological terms in parasitology (Report of an *ad hoc* committee of The American Society of Parasitologist). *Journal of Parasitology* 68:131-133.
- Martínez-Coronel, M. y P. Velásquez. 1984. Anfibios y reptiles de la Estación Experimental de Fauna Silvestre de San Cayetano, Estado de México, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México* 28:39-54.
- Mata-López, R., L. García-Prieto y V. León-Régagnon. 2002. Infracomunidades de helmintos parásitos de *Ambystoma lermaensis* (Caudata: Ambystomatiidae) en Lerma, México. *Revista de Biología Tropical* 50:303-307.
- Miranda, R., D. Galicia, G. Pulido-Flores y S. Monks. 2008. Análisis poblacional de los peces de Lago de Tecocomulco. Estudios científicos de Lago de Tecocomulco, Hidalgo y zonas aledañas. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda y D. Galicia (Eds.). 2008. Estudios científicos en el Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día 8. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo y Universidad de Navarra pp. 51-55.
- NOM- Norma Oficial Mexicana. 2005. NOM-050-PESC-2004. Pesca responsable en el embalse del Lago de Tecocomulco en el Estado de Hidalgo. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial, 4 de agosto de 2006.
- Pérez-Ponce de León, G., V. León-Regágnon, L. García-Prieto, U. Razo-Mendivil y A. Sánchez-Álvarez. 2000. Digenean fauna of amphibians from Central México: Nearctic and Neotropical influences. *Comparative Parasitology* 67:92-106.
- Pulido-Flores, G. 1992. Helmintos de *Rana dunni* Zweifel, 1957, especie endémica del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 72 p.
- Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda y D. Galicia. 2008. Estudios científicos en el Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día 8. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo y Universidad de Navarra 116 p.
- Pritchard, M. H. y G. O. W. Kruse. 1982. The collection y preservation of animal parasites technical, Bulletin No. 1, The Harold W. Manter Laboratory. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska 141 p.
- Prudhoe, S. y R. A. Bray. 1982. Platyhelminth parasites of the Amphibia. Oxford University Press, British Museum (Natural History) 217 p.
- Smith, H. M. y R. B. Smith. 1976. Synopsis of the herpetofauna of México. En Johnson, J. (Ed.) Source analysis and index for Mexican amphibians. Vol. III-IV. North Bennington, Vermont 997 p.
- Stebbins, R. C. 1985. A field guide to western reptiles y amphibians. field marks of all species in Western America, including Baja California. HMC0 pp. 34-38.
- Travassos, L. 1931. Pesquisas helminthologicas realizadas em Hamburgo (*) IX. Ensaio monographico da familia Cosmoceridae Trav., 1925 (Nematoda). *Memoria do Instituto Oswaldo Cruz* 25:237-298.
- Yamaguti, S. 1958. The digenic trematodes of vertebrates. Wiley Interscience Publications. New York, USA 1575 p.
- Yamaguti, S. 1961. Systema Helminthum: nematodes of vertebrates. Vol. III. Interscience Publications. New York, USA 679 p.

Propagación *in vitro* de *Mammillaria schiedeana schiedeana* (Cactaceae), subespecie endémica y amenazada de extinción de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo

Daniela Soria-Campos, Ana Laura López-Escamilla, y Laura Patricia Olguín-Santos

Resumen

Se reporta por primera vez la micropropagación de la subespecie *Mammillaria schiedeana schiedeana*, cactácea mexicana considerada como amenazada de extinción por la Norma Oficial Mexicana. Se obtuvo la formación de brotes por activación areolar utilizando explantes longitudinales procedentes de brotes regenerados de un ciclo previo de cultivo y a partir de plántulas germinadas *in vitro* los cuales se sembraron en medio basal Murashige y Skoog (MS) suplementado con 6-bencilaminopurina (BA) y ácido α -naftalenacético (ANA) a diferentes concentraciones. La producción de brotes en el medio de proliferación se evaluó después de dos meses. La mejor concentración para la formación de brotes fue de 2.2/0.53 μM (0.5/0.1 mg l^{-1}) a partir de plántulas germinadas *in vitro* y de 4.4/0.53 μM (1/0.1 mg l^{-1}) para los brotes previamente regenerados. Después de dos a tres meses, los brotes se individualizaron y subcultivaron a medio MS al 50% de sus componentes adicionado con carbón activado 1 g L^{-1} para inducir el enraizamiento. La sobrevivencia de las plántulas en condiciones *ex vitro* fue del 83% después de cuatro meses de su transferencia a suelo.

Palabras clave: Cactaceae, *Mammillaria schiedeana schiedeana*, activación areolar, micropropagación, cultivo de tejidos

Introducción

El género *Mammillaria* es el más grande de la familia Cactaceae, constituye uno de los grupos de cactáceas más populares. La mayoría de las especies de este género tienen su centro de diversidad genética en México, creciendo desde la costa hasta las montañas, generalmente no pasando los 3000 m de altitud (Rubluo, 1997). La mayoría de las especies se distribuyen en los desiertos de Sonora y Chihuahua (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Hernández y Godínez, 1994). La subespecie *Mammillaria schiedeana schiedeana* (Fig. 1) comúnmente llamada “Biznaga de Metztitlán”, es endémica del estado de Hidalgo, México y presenta una distribución geográfica muy restringida. Es una planta pequeña, con

tallos solitarios o cespitosos de 2.5 a 10 cm de alto y 2 a 4 cm de diámetro; por su forma y el color dorado de sus espinas es una planta muy preciada por los coleccionistas por su alto valor ornamental. En México está incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, como especie amenazada de extinción (NOM, 2010). Debido a su lento crecimiento, escasa producción de semillas y baja tasa de germinación es un candidato para ser propagada por cultivo de tejidos vegetales. El cultivo de tejidos vegetales es una estrategia de conservación *ex situ* y tiene el potencial de producir muchas plantas en un corto tiempo y mantenerlas en un espacio reducido, la técnica ha resultado exitosa en varios miembros de la familia Cactaceae (Machado y Prioli, 1996; Pérez-Molphe-Balch *et al.*, 1998; Villavicencio



Figura 1. Plantas de *Mammillaria schiedeana schiedeana* en su hábitat natural. Barra = 1 cm.

et al., 1999; Flores-León y Ortiz-Montiel, 2000; Mata *et al.*, 2001; Pérez-Molphe-Balch y Dávila-Figueroa, 2002; Pérez-Molphe-Balch *et al.*, 2002). En donde se ha reportado que en condiciones *in vitro* los brotes crecen más rápido y producen un número considerable de regenerantes.

La propagación *in vitro* de cactáceas mexicanas ya se ha realizado en diversos géneros como: *Mammillaria san-angelensis* (Martínez-Vázquez y Rubluo, 1989), *Aztekium ritteri* (Rodríguez-Garay y Rubluo, 1992), *Lophophora williamsii* (Ortiz-Montiel y Alcántara-García, 1997), *Cephalocereus senilis* (Flores-León y Ortiz-Montiel, 2000; Choreño-Tapia, 2002), *Turbinicarpus laui* (Mata *et al.*, 2001), *M. elongata* (Papafotiou *et al.*, 2001), *Pelecypora aselliformis* y *P. strobiliformis* (Pérez-Molphe-Balch y Dávila-Figueroa, 2002), *P. aselliformis* (Santos-Díaz *et al.*, 2003). El presente trabajo describe por primera vez, el sistema de propagación *in vitro* de *M. schiedeana schiedeana* permitiendo su reproducción clonal en un corto tiempo y su establecimiento exitoso en condiciones *ex vitro* como una alternativa para su conservación.

Material y Métodos

Material vegetal: Semillas de *M. schiedeana schiedeana* colectadas en el 2002 y 2004, se sembraron en tres grupos: La primera siembra fue de las semillas colectadas en el 2002 y dos siembras realizadas en diferentes tiempos de las semillas de el 2004. Las semillas se escarificaron por 15 segundos en ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), antes del proceso de desinfección; posteriormente se lavaron por 20 minutos en 50 ml de agua destilada con 3 gotas de detergente líquido (Dawn®), y se desinfectaron con

50 ml con alcohol al 70% (v/v) durante 1 min, seguido de 50 ml de una solución de cloro comercial al 20% (v/v) con 3 gotas de Tween 80. En condiciones asépticas las semillas se lavaron tres veces con agua destilada esterilizada. Se sembraron en medio Murashige y Skoog (MS) (Murashige y Skoog, 1962) con la mitad de la concentración de macronutrientes, micronutrientes y sacarosa, se adicionó carbón activado $1g\ L^{-1}$, se ajustó el pH a 5.7 con hidróxido de sodio (NaOH) o ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N y se solidificó con $10\ g\ L^{-1}$ de agar (Bioxon®); se esterilizó en una autoclave a $108\ kPa^2$ y $121^\circ\ C$ durante 18 min. Los cultivos fueron incubados, así como los subsecuentes experimentos, a $25 \pm 2^\circ\ C$, fotoperiodo de 16/8-h luz/obscuridad e intensidad luminosa de $54\ \mu mol\ m^{-2}s^{-1}$. Debido al bajo porcentaje de germinación, algunas plántulas se sometieron a un ciclo preliminar de propagación *in vitro*, para ello, secciones longitudinales del tallo (explantes) se sembraron en medio MS, pH 5.7, $30\ g\ L^{-1}$ de sacarosa y $8\ g\ L^{-1}$ agar (Bioxon®) adicionado con $2.2\ \mu M$ ($0.5\ mg\ l^{-1}$) 6-bencilaminopurina (BA) para producir nuevos brotes y obtener más fuentes de explantes longitudinales.

Proliferación de brotes: Plántulas germinadas *in vitro* y brotes procedentes del ciclo preliminar de multiplicación *in vitro* de 0.3 a 1.3 cm de altura, fueron disectados longitudinalmente (explantes) y se sembraron en medio MS adicionado con 6-bencilaminopurina (BA: 0, 2.2, 4.4 y $8.8\ \mu M$) ($0, 0.5, 1\ 2\ mg\ l^{-1}$) en combinación con ácido α -naftalenacético (ANA: 0, $0.53\ \mu M$) ($0, 0.1\ mg\ l^{-1}$) (medio de inducción). Se sembró un explante por frasco y se utilizaron 17 explantes por tratamiento. Se empleó un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA), y una prueba de rango múltiple Tuker-Kramer ($P \leq 0.05$), para analizar los datos.

Individualización de los brotes y proliferación de raíces: Después de dos a tres meses, brotes de (1.5-2 cm) se individualizaron y transfirieron a medio MS al 50% de su concentración adicionado con $1\ g\ L^{-1}$ de carbón activado (medio de maduración) para inducir la elongación y formación de raíces.

Aclimatización y transferencia a suelo: Los brotes enraizados fueron transplantados en contenedores de plástico con tapa, con un mezcla esterilizada de tierra de hoja, tierra negra, tepojal (1:1:1) y mantenidos en el cuarto de incubación para su gradual aclimatización. Después de cuatro meses los brotes fueron transferidos a macetas individuales y se colocaron en un invernadero ($30 \pm 2^\circ\ C$). El porcentaje de sobrevivencia se determinó cuatro meses después del transplante.

Resultados

Germinación: Los procesos de escarificación y desinfección empleados fueron exitosos ya que las semillas germinaron y no se contaminaron; se consideró como semilla germinada aquella, cuya radícula emergió. La germinación *in vitro* de *M. schiedeana schiedeana* inició entre tercer y sexto día, alcanzando el máximo porcentaje de germinación entre los 26 y 32 días. Los porcentajes de germinación obtenidos para *M. schiedeana schiedeana* están relacionadas con la fecha de colecta y el tiempo que permanecieron almacenadas antes de ser sembradas. Las semillas colectadas en el 2002, las cuales permanecieron almacenadas dos años presentaron 32% de germinación, en comparación con las colectadas en el 2004 y cuyas siembras se realizaron de manera casi inmediata. Los porcentajes obtenidos en las dos siembras de ese año alcanzaron el 76 y 71% respectivamente (Tabla 1). Es evidente que hay un descenso en el porcentaje de germinación de las semillas al transcurrir el tiempo que permanecen almacenadas.

Proliferación de brotes: La formación de los brotes se presentó en todas las combinaciones hormonales de citocinina/auxina ensayadas y fue por activación de las aréolas, tanto en los explantes provenientes de brotes regenerados (72.5%) como de los explantes a partir de plántulas (71%). La combinación BA/ANA 4.4/0.53 μM (1/0.1 mg L^{-1}) fue la mejor para los explantes provenientes de brotes regenerados *in vitro*, con 22.4 brotes en promedio por explante, y las mejores combinaciones para explantes a partir de plántulas fue BA/ANA 2.2/0.53 μM (0.5/0.1 mg L^{-1}), con 6.5 brotes promedio por explante, seguido de BA/ANA 4.4/0.53 μM (1/0.1 mg L^{-1}), con 6.1 brotes promedio por explante.

Los brotes obtenidos se originaron en un periodo de entre cuatro a 18 semanas por activación de los meristemas areolares preexistentes a partir de las aréolas vegetativas, así como de las aréolas flo-

rales; las vegetativas dan origen a las espinas y se ubican en el ápice de los tubérculos, y se evidenció inicialmente por el incremento en el volumen del explante provocando que los tubérculos se separaran entre sí. Después de dos semanas en cultivo, el color del explante y de los tubérculos se transformó de verde oscuro a verde pálido. Así mismo, la base de los tubérculos incrementó su volumen y a las cinco semanas en su ápice comenzaron a desarrollarse estructuras abultadas de forma esférica y de color verde oscuro con espinas en crecimiento, al mismo tiempo se observó el desarrollo de abultamientos rojizos y con pequeñas espinas apenas evidentes en las aréolas florales ubicadas en las axilas de los tubérculos diferenciándose posteriormente en brotes. Después de 11 semanas de incubación todos los explantes de *M. schiedeana schiedeana* desarrollaron brotes diferenciados (Fig. 2).

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que estadísticamente hay diferencias significativas entre tratamientos y el número de brotes promedio obtenidos, tanto para explantes provenientes de brotes regenerados como para explantes de plántulas germinadas (Tabla 2). Letras diferentes dentro de las columnas indican diferencias significativas $P \leq 0.05$.

A pesar de la gran diferencia en el número promedio de brotes obtenidos en cada uno de los tratamientos, se observó que en ambos casos fue necesaria la presencia de las citocininas y auxinas para obtener la mayor producción de brotes por explante.

Elongación de brotes y proliferación de raíces: Durante esta etapa se manifestó la floración *in vitro* en brotes entre cinco a 10 meses de permanecer en el medio de cultivo (Fig. 3). El 80% de los brotes individualizados y sembrados en el medio de maduración formaron raíces de manera espontánea, sin la adición de auxinas.

Tabla 1. Porcentajes de germinación de tres lotes de semillas de *M. schiedeana schiedeana*, sembradas en medio MS 50% con sacarosa 15 g L^{-1} , agar 10 g L^{-1} , y carbón activado 1 g L^{-1} .

Siembra	GT	%	TIG	Gmax	Año
1	16/50	32	6	26	2002
2	36/47	76	3	32	2004
3	34/48	71	3	32	2004

Nota: GT = número de semillas germinadas/total; % = porcentaje de semillas germinadas; TIG = tiempo inicial de germinación (días); Gmax = germinación máxima (días); Año = año de colecta.



Figura 2. Proliferación y maduración de los brotes de *Mammillaria schiedeana schiedeana* Barra = 0.5 cm.

Tabla 2. Número promedio de brotes por explante longitudinal provenientes de plántulas germinadas *in vitro* y de brotes regenerados a partir de un ciclo preliminar *in vitro* de *M. schiedeana schiedeana* cultivados en medio MS adicionado con diferentes concentraciones de BA/ANA.

(mg L ⁻¹)		Brotes por explante ($\bar{x} \pm ES$)	
BA	ANA	plántulas germinadas <i>in vitro</i>	brotes regenerados a partir de un ciclo preliminar <i>in vitro</i>
0.0	0.0	1.1 \pm 0.3 a	7.3 \pm 3.2 a
0.0	0.1	3.0 \pm 0.1 c	7.2 \pm 1.6 a
0.5	0.0	3.2 \pm 0.8 c	12.5 \pm 4.8 b
0.5	0.1	6.5 \pm 1.4 e	13.0 \pm 3.7 b
1.0	0.0	4.1 \pm 0.7 d	19.4 \pm 5.4 d
1.0	0.1	6.1 \pm 1.3 e	22.4 \pm 5.8 e
2.0	0.0	3.2 \pm 0.9 c	15.2 \pm 5.8 c
2.0	0.1	2.7 \pm 0.7 b	14.7 \pm 6.6 c

Nota: 17 explantes por tratamiento.



Figura 3. Brote *in vitro* de cinco meses de incubación que generó una flor. Barra = 0.25 cm.



Figura 4. Plantas de *M. schiedeana schiedeana* generadas *in vitro* y establecidas en macetas en condiciones de invernadero.

Aclimatización y transferencia a suelo: En *M. schiedeana schiedeana* el proceso de aclimatización resultó favorable, presentándose una mortandad de 56 brotes (16.7 %) de los 335 brotes transferidos a *ex vitro*. La mortandad no estuvo influenciada por la presencia o ausencia de raíces ni por el tamaño de los brotes, ya que del total, el 28% sobrevivió a las condiciones *ex vitro* aún sin presentar raíz al ser transferidas a suelo. Después de permanecer cuatro meses en aclimatización dentro del cuarto de incubación, los brotes enraizados se sembraron en macetas individuales y se colocaron en contenedores con domo de plástico transparente para que continuaran su desarrollo en el invernadero; se observó un incremento en el tamaño del tallo en un 50% después de cuatro meses. Actualmente se tienen en condiciones *ex vitro* 335 brotes con una sobrevivencia del 100% (Fig. 4), de cual el 61% fueron transferidos con la raíz desarrollada. Los brotes regenerados y establecidos en condiciones *ex vitro* cada año han generado flores (Fig. 5).

Discusión

Los porcentajes de germinación obtenidos en *M. schiedeana schiedeana* son similares a los reportados para otras especies como *Ariocarpus retusus* (66%) (Olguín, 1994), *Turbinicarpus laui* (42%) (Mata et al., 2001), *M. pectinifera* (23%), *Pelecyphora aselliformis* (46%) y *Escobaria minima* (69%) (Giusti et al., 2002), *Polaskia chichipe* (80%) y *Echinocactus platyacanthus* (88%) (Rosas-López y Collazo-Ortega, 2004), *Cephalocereus senilis* 98% (Tapia, 2006). Los diferentes porcentajes



Figura 5. Planta en floración después de tres meses establecida en el invernadero. Barra = 0.8 cm.

obtenidos varían en función de la especie, viabilidad y el proceso de desinfección utilizado. De manera general no se reporta en los trabajos de propagación *in vitro* el tiempo y las condiciones de almacenamiento que han tenido las semillas previas a su establecimiento en condiciones asépticas. Existen reportes de germinación *ex vitro* de cactáceas que alcanzan elevados porcentajes de germinación a pesar de haber permanecido almacenadas por tiempos prolongados, como lo reporta Fearn en 1977 (citado por Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanez, 2000) en *Ferocactus herrerae* y *F. emory* obtuvo porcentajes de germinación del 80 y 90% respectivamente en semillas con diez años de almacenamiento, desafortunadamente no menciona las condiciones en las que fueron almacenadas.

Los brotes obtenidos de la subespecie *M. schiedeana schiedeana* se originaron en un periodo de entre cuatro a 18 semanas por activación de los meristemas areolares preexistentes, este tiempo fue mayor a los reportados por Vyskot y Jara (1984) al obtener la formación de brotes por activación areolar en un promedio de una o dos semanas de cultivo de *Astrophytum myriostigma*, *M. carmenae*, *M. prolifera* y *Trichocereus spachianus*, pero fue similar a lo reportado por Pérez-Molphe-Balch *et al.* (1998), que obtuvieron la formación de brotes en un promedio de seis a 12 semanas por activación areolar en 21 especies diferentes de cactáceas. La variación en los tiempos de respuesta confirma que todas las especies responden de diferente manera a las fitohormonas empleadas, el tipo de explante utilizado, tamaño del mismo y madurez del tejido (Villavicencio *et al.*, 1999).

La formación de brotes a partir de la activación de los meristemas areolares fue reportada por Dabekaussen *et al.* (1991) en explantes longitudinales de *Sulcorebutia alba*. Estos autores registraron la activación de los meristemas areolares a los tres días de su inoculación *in vitro*.

El desarrollo de brotes a partir de las aréolas florales pueden respaldarse con el hecho que las aréolas de *Mammillaria* son dimórficas y por lo tanto es posible que desarrollen brotes tanto en las aréolas florales ubicadas en las axilas de los tubérculos como en las aréolas vegetativas que dan origen a las espinas (Rubluo, 1997). Este evento también se ha reportado para *M. coahuilensis* al obtener brotes por activación de las aréolas florales (Flores, 2007).

El número promedio por explante (22.4) a partir de brotes regenerados *in vitro* de *M. schiedeana schiedeana* en la combinación BA/ANA 0.5/0.1 mg L⁻¹ es mayor comparado con *M. formosa* (4.42) y *M. obscura*

(4.78) (Pérez-Molphe-Balch *et al.*, 1998), pero para los explantes provenientes de plántulas germinadas *in vitro*, la mejor concentración y combinación hormonal generó 6.5 brotes promedio por explante. Este resultado es mayor en comparación con lo reportado para *M. craigii* (4.65), *M. formosa* (4.42), *M. obscura* (4.78) y *M. uncinata* (5.25) (Pérez-Molphe-Balch *et al.*, 1998), *M. oteroi* (5.3) (Castro-Gallo *et al.*, 2002) y *M. pectinifera* (4.38) (Giusti *et al.*, 2002), *M. bocasana*, *M. densispina*, *M. hahniana*, *M. hutchsoniana*, *M. pectinifera*, *M. perbella*, *M. picta*, *M. rhodantha*, *M. zeiphranthoides* (Ramírez-Malagón *et al.*, 2007).

En *M. bocasana*, *M. formosa*, *M. obscura*, *M. sphacelata*, *Cereus peruvianus*, *M. orcutii* se ha obtenido 4.42 hasta 17.50 de brotes promedio por explante respondiendo de manera efectiva a la adición de ambas hormonas (Machado y Prioli, 1996; Pérez-Molphe-Balch *et al.*, 1998; Castro-Gallo *et al.*, 2002; Ramírez-Malagón *et al.*, 2007). También se ha observado el desarrollo de brotes empleando solamente citocininas, tal es el caso de *M. candida*, *M. carmenae*, *M. craigii*, *M. herrerae*, *M. oteroi*, *M. theresae*, *M. uncinata*, *Echinofossulocactus* sp., *Stenocereus coptonogonus*, *Thelocactus hexahedophorus*, *Astrophytum ornatum*, *Pelecyphora strobiliformis* y *Pelecyphora aselliformis*, obteniendo resultados en un intervalo de 4.65 hasta 16.75 de brotes promedio por explante en cada especie (Pérez-Molphe-Balch *et al.*, 1998, Castro-Gallo *et al.*, 2002; Pérez-Molphe-Balch y Dávila-Figueroa, 2002; Retes-Pruneda *et al.*, 2007). Corroborando el hecho que las citocininas promueven principalmente la brotación de yemas axilares (Davies, 1990; Gaspar *et al.*, 1996) al contrario de las auxinas que principalmente promueven la desdiferenciación de los tejidos (callo) (Gaspar *et al.*, 1996). Sin embargo las respuestas morfogénéticas obtenidas para cada especie, además de depender de la combinación y concentración hormonal, estarán influenciadas también por el tipo de explante empleado, la madurez del tejido y las condiciones de cultivo.

La floración *in vitro* que se manifestó en *M. schiedeana schiedeana* es un fenómeno que también se ha reportado para *Coryphanta minima* (Malda *et al.*, 1999) y en la subespecie *Turbinicarpus schmiedickeanus flaviflorus* (Dávila-Figueroa *et al.*, 2005). Este fenómeno fisiológico no es común en condiciones *in vitro* y probablemente se deba a una aceleración en la maduración de los tejidos jóvenes y las condiciones ambientales dentro del contenedor.

La adición de auxinas al medio de cultivo para la formación de raíces en *M. schiedeana schiedeana* no fue necesaria como se ha reportado en otras especies como: *M. carmenae* y *M. prolifera*, empleando medio

MS solo o adicionado con ácido indol acético (AIA) 1 mg·L⁻¹ (Vyskot y Jara, 1984); en *Cereus peruvianus* en medio MS + AIA o ANA 1 mg·L⁻¹ se obtuvo la formación de raíces (Machado y Prioli, 1996); así mismo Pérez-Molphe-Balch *et al.* (1998), lograron el enraizamiento de 21 especies diferentes en medio MS + AIA o AIB 0.5 y 1 mg·L⁻¹ dependiendo de la especie, por otra parte, el enraizamiento de *M. elongata* se logró en medio MS + AIB 2 o 0.2 mg·L⁻¹ (Papafotiou *et al.*, 2001).

Para favorecer el enraizamiento de los brotes de *M. schiedeana schiedeana*, se adicionó carbón activado (CA) al medio de maduración. Se tiene conocimiento de que el carbón activado absorbe citocininas residuales que han sido lixiviadas de los brotes hacia el medio después de ser transferidos a medio basal, ayudando a que la reducción de niveles endógenos de BA incremente el enraizamiento (Biondi *et al.*, 1984 citado por Bonga y von Aderkas, 1992; Haemphill *et al.*, 1998 citado por Pérez-Molphe-Balch y Dávila-Figueroa, 2002; Díaz, 2005). El empleo de CA para el enraizamiento de brotes se ha reportado en otras especies de cactáceas: *Acharagma aguirreana*, *Pachycereus schottii* y *S. stellatus* en medio MS + CA 3 g·L⁻¹ obteniendo el 100% de enraizamiento en las tres especies (Castro-Gallo *et al.*, 2002). Pérez-Molphe-Balch *et al.* (2002) también probaron medio MS adicionado con CA 2 g·L⁻¹ para el enraizamiento de *Carnegiea gigantea*, *Pachycereus pringlei* y *S. thurberi* obteniendo el 60, 68 y 68% respectivamente para cada especie.

La transferencia y aclimatización *ex vitro* es el paso final de la micropropagación, pero frecuentemente es el más delicado (Preece y Sutter, 1991). El ambiente *in vitro*, con un medio artificial usualmente adicionado con sacarosa, empleando envases herméticos generan altos porcentajes de humedad, bajo intercambio gaseoso y por lo tanto una escasez de CO₂ durante el fotoperiodo, producción de etileno y la baja densidad del flujo de fotones (PFD), inducen alteraciones en el desarrollo de las plantas cultivadas *in vitro* y en el rendimiento fotosintético de las mismas (Kozai, 1991; Pospíšilová *et al.*, 1997 citados por Kadlecěk *et al.*, 2001). Por lo que, la adaptación de las plantas regeneradas *in vitro* a las condiciones externas es un factor determinante para que sea costeable un sistema de micropropagación, ya que no será útil un sistema de proliferación muy productivo, si el porcentaje de plantas que sobrevivirán a la adaptación es bajo (Pérez-Molphe-Balch *et al.*, 1999), siendo necesario un proceso de aclimatización que incremente o asegure la sobrevivencia *ex vitro*.

Los resultados de enraizamiento *in vitro* (61%) y sobrevivencia *ex vitro* (83%) obtenidos para *M. schiedeana schiedeana* se encuentran dentro del intervalo reportado para otras especies 50–100% para enraizamiento y 84–100% en sobrevivencia, no siendo necesaria la adición de auxinas *in vitro*, pero si la aplicación de un enraizador comercial para favorecer el enraizamiento *ex vitro*.

Por otra parte, el uso de carbón activado para promover el desarrollo de raíces no es muy común, debido a que no es muy difundido su uso. Sin embargo con base a los resultados reportados y la de otras especies de cactáceas se ha observado que han respondido efectivamente a la adición de éste para promover el enraizamiento *in vitro*.

Es importante señalar que el presente trabajo es el primer reporte del establecimiento y proliferación *in vitro* de la subespecie *M. schiedeana schiedeana* y representa una alternativa viable para la propagación y conservación de esta especie. Con el fin de disminuir la presión de colecta de las poblaciones naturales, obteniendo una alta producción de plantas para distribuir las en colecciones científicas (jardines botánicos) así como su comercialización legal y regulada.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Hidalgo FOMIX-HIDALGO-2005-C01-53 "El cultivo de tejidos vegetales como alternativa de conservación y producción de cactáceas en peligro de extinción del estado de Hidalgo". La donación de semillas fue realizada por el Biol. Jerónimo Reyes Santiago de Jardín Botánico del IBUNAM y por personal de Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo (RBBM).

Literatura citada

- Bonga, J. M. y P. von Aderkas. 1992. *In vitro* culture of trees. Forestry Sciences. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 236 p.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las Cactáceas de México. Vol III. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 643 p.
- Castro-Gallo, I., E. Meza-Rangel, M. E. Pérez-Reyes y M. E. Pérez-Molphe-Balch. 2002. Propagación *in vitro* de 10 especies mexicanas de cactáceas. *Scientiae Naturae*, Aguascalientes, México 2:5-24.
- Choreño-Tapia, J. M., H. González-Rosas, T. Terrazas-Salgado y A. Hernández-Livera. 2002. Propagación *in vitro* de *Cephalocereus senilis* Haworth Pfeiffer a partir de aréolas. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 8:183-196.

- Dávila-Figueroa, C. A., M. L. De la Rosa-Carrillo, M. E. Pérez-Molphe-Balch. 2005. *In vitro* propagation of eight species or subspecies of *Turbinicarpus* (Cactaceae). In *Vitro Cellular & Development Biology-Plant* 41:540-545.
- Davies, P. J. 1990. Introduction. The Plant Hormones: their nature, occurrence and functions. *En Davies, P. J. (ed.). Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development*. Academic Publishers pp. 1-11.
- Díaz, M. C. 2005. Clonación *in vitro* de plantas de alta calidad comercial de chayote *Sechium edule* (Jack.) Sw. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Veracruzana, Córdoba, México. 77 p.
- Dabekaussen, M. A. A., R. L. M. Pierik, J. D. Vanderlaken y J. H. Spaans. 1991. Factors affecting areole activation *in vitro* in the cactus *Sulcorebutia-alba* Rausch. *Scientia Horticulturae* 46:283-294.
- Flores-León, R. y G. Ortiz-Montiel. 2000. *In vitro* culture of *Cephalocereus senilis* (Haworth) Pfeiffer through areole activation of etiolated plants. *Haseltonia* 7:92-96.
- Flores, R. D. Y. 2007. Propagación *in vitro* de *Mammillaria coahuilensis* (Boed.) Moran (Cactaceae), especie amenazada del estado de Coahuila. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 61 p.
- Gaspar, T., C. Kevers, C. Penel, H. Greppin, D. M. Reid y T. Thorpe. 1996. Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. In *Vitro Cellular & Development Biology-Plant* 32:272-289.
- Giusti, P., D. Vitti, F. Fiocchetti, G. Colla, F. Saccardo y M. Tucci. 2002. *In vitro* propagation of three endangered cactus species. *Scientia Horticulturae* 95:319-332.
- Hernández, M. H. y A. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26:33-52.
- Kadleček, P., T. Tichá, D. Haisel, V. Čapková y C. Schäfer. 2001. Importance of *in vitro* pretreatment for *ex vitro* acclimatization and growth. *Plant Science* 161:695-701.
- Martínez-Vázquez, O. y A. Rubluo. 1989. *In vitro* mass propagation of the near-extinct *Mammillaria san-angelensis* Sánchez-Mejorada. *Journal of Horticultural Science* 64:99-105.
- Machado, M. y A. J. Prioli. 1996. Micropropagation of *Cereus peruvianus* Mill (Cactaceae) by areole activation. In *Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 32:199-203.
- Malda, G., H. Suzán y R. Backhaus. 1999. *In vitro* culture as a potencial method for the conservation of endangered plants possessing crassulacean acid metabolism. *Scientia Horticulturae* 81:71-87.
- Mata, R. M., M. A. Monroy de la Rosa, K. Moebius-Goldammer y V. M. Chávez-Ávila. 2001. Micropropagation of *Turbinicarpus laui* Glass et Foster, an endemic and endangered species. In *Vitro Cellular & Development Biology-Plant* 34:400-404.
- Murashighe, T. y F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15:573-487.
- Olguín, S. L. P. 1994. Cultivo *in vitro* de *Ariocarpus retusus* Scheidw (Cactaceae), especie en peligro de extinción. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 85 p.
- Ortiz-Montiel, J. G y R. Alcántara-García. 1997. Propagación *in vitro* de Peyote (*Lophophora williamsii* (Lemaire) Coulter. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 42:3-6.
- Papafotiou, M., G. N. Balotis, P. T. Louka y J. Chronopoulos, J. 2001. *In vitro* plant regeneration of *Mammillaria elongata* normal and cristate forms. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 65:163-167.
- Pérez-Molphe-Balch, E., M. E. Pérez-Reyes, E. Villalobos-Amador, E. Meza-Rangel, L. R. Morones-Ruiz y H. Lizalde-Viramontes. 1998. Micropropagation of 21 Species of Mexican cacti by axillary proliferation. In *Vitro Cellular & Development Biology-Plant* 34:131.
- Pérez-Molphe-Balch, E., R. Ramírez-Malagón, H. G. Núñez-Palenius y N. Ochoa-Alejo. 1999. Introducción al cultivo de tejidos vegetales. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, Ags, México. 179 p.
- Pérez-Molphe-Balch, E. y C. A. Dávila-Figueroa. 2002. *In vitro* Propagation of *Pelecypophora aselliformis* Ehrenberg y *P. strobiliformis* Werdermann (Cactaceae). In *Vitro Cellular & Development Biology-Plant* 38:73-78.
- Pérez-Molphe-Balch, E., M. E. Pérez-Reyes, C. A. Dávila-Figueroa y E. Villalobos-Amador. 2002. *In vitro* propagation of three species of columnar cacti from the Sonoran Desert. *HortScience* 37:693-696.
- Preece, J. E. y E. G. Sutter. 1991. Acclimatization of micropropagated plants to the greenhouse and field. *En Debergh P.C. y R.H. Zimmerman (eds.). Micropropagation*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands pp. 71-93.
- Ramírez-Malagón, R., I. Aguilar-Ramírez, A. Borodanenko, L. Pérez-Moreno, J. L. Barrera-Guerra, H. G. Nulez-Palenius, N. Ochoa-Alejo. 2007. *In vitro* propagation of ten threatened species of *Mammillaria* (Cactaceae). In *Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant* 43:660-665.
- Retes-Pruneda, J. L., M. L. Valadez-Aguilar, M. E. Pérez-Reyes, E. Pérez-Molphe-Balch. 2007. Propagación *in vitro* de especies de *Echinocereus*, *Escontria*, *Mammillaria*, *Melocactus* y *Polaskia* (Cactaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 81:9-16.
- Rojas-Aréchiga, M. y C. Vázquez-Yanez. 2000. Cactus seed germination: A review. *Journal of Arid Environments* 44:85-104.
- Rodríguez-Garay, B. y A. Rubluo. 1992. *In vitro* morphogenetic responses of the endangered cactus *Aztekium ritteri* (Boedeher). *Cactus and Succulent Journal* 64:116-119.

- Rosas-López, U. Y. y M. Collazo-Ortega. 2004. Conditions for the germination and the early growth of seedlings of *Polaskia chichi* (Goss.) Backeberg and *Echinocactus platyacanthus* Link and Otto fa. Grandis (Rose) Bravo-Hollis (Cactaceae). *Fyton* 73:213-220.
- Rubluo, A. 1997. Micropropagation of *Mammillaria* species (Cactaceae). En Bajaj, Y.P.S. (ed.) *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Springer-Verlag Berlin pp. 193-205.
- Santos-Díaz, M. D., R. Méndez-Ontiveros y A. Arredondo-Gómez. 2003. *In vitro* organogenesis of *Pelecypora aselliformis* Erhenberg (Cactaceae). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 39:480-484.
- NOM- Norma Oficial Mexicana. 2010. NOM-059-SEMAR-NAT-2010, Protección Ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Diario Oficial*, 30 diciembre. México 77 p.
- Tapia, C. D. M. 2006. Propagación *in vitro* de *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiff. (Cactaceae), especie amenazada de extinción. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo 73 p.
- Villavicencio, G. E. E., A. Villegas-Monter, G. Arellano-Ostoa y J. Vargas-Hernández. 1999. Desarrollo de brotes *in vitro* de *Astrophytum myriostigma* Lem. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 44:49-57.
- Vyskot, B. y Z. Jara. 1984. Clonal propagation of cacti through axillary buds *in vitro*. *Journal Horticultural Science* 59:449-452.

Plantas medicinales de Omitlán, Hidalgo, México

I. Fuentes-Cervantes, Miguel Ángel Villavicencio-Nieto, y Blanca Estela Pérez-Escandón

Resumen

Se seleccionó la cabecera municipal de Omitlán, Hidalgo, con el objetivo de evaluar el uso de plantas medicinales, documentar la importancia de dichas especies y estimar el estado actual del conocimiento tradicional en la comunidad. Por medio de entrevistas se detectaron las especies de plantas de uso medicinal, las cuales fueron recolectadas e identificadas, y se llevó a cabo el análisis de datos. Se registraron 134 etnoespecies de plantas, se identificaron 102 especies, las cuales están distribuidas en 53 familias y 89 géneros. La familia y género mejor representados son Asteraceae y *Sedum*. En el promedio de menciones por género, se obtuvo que las mujeres mencionaron un número de etnoespecies de plantas significativamente mayor que los hombres. Se observaron diferencias en el número de menciones por intervalos de edad, en el intervalo de 15-24 años se encontró el menor número. Las especies con mayor importancia en la comunidad son *Matricaria recutita*, *Malva parviflora*, *Oenothera rosea* y *Taraxacum officinale*, esto fue determinado mediante el valor de uso. La documentación de los usos de plantas medicinales en el área revela que el conocimiento tradicional continúa arraigado en la comunidad y con base en estos resultados se puede afirmar que Omitlán es una comunidad en la cuál la población aprovecha ampliamente la flora local para fines medicinales.

Palabras Claves: Plantas medicinales, Omitlán, Hidalgo, México

Introducción

Los seres humanos han mantenido una relación muy estrecha con su entorno vegetal, una prueba es que de las plantas se pueden obtener alimentos, forraje, condimentos, medicinas y otros tantos beneficios (Pérez-Escandón *et al.*, 1992). La flora contiene especies de utilidad en todos los ámbitos del quehacer humano como por ejemplo en la producción agrícola o ganadera y todo un caudal de aplicaciones potenciales tales como nuevos alimentos, medicamentos o materias primas para la industria, y nuevas fuentes de energía (Soto y Sousa, 1995).

La diversidad de la flora mexicana es muy compleja, al igual que la cultura (Bye, 1998) y una de las manifestaciones de su interrelación es que en México la utilización de las plantas alcanza niveles muy altos. Esto en particular se refiere a los grupos indígenas, campesinos y rurales que en general han heredado algo del conocimiento tradicional desarrollado por nuestros ancestros (Pérez-Escandón *et al.*, 1992).

Entre los nahuas, los mayas y otras culturas del México antiguo, la salud se atribuía al equilibrio entre fuerzas corporales, naturales y sobrenaturales. En este contexto, las plantas medicinales desempeñaron un papel principal en este equilibrio (Bye y Linares, 1999). La relación entre el hombre y las plantas que se desarrolló en la región mesoamericana es un hecho cultural de primordial importancia y nuestros antepasados prehispánicos tuvieron un amplio y profundo conocimiento del ambiente vegetal (Díaz, 1992; Viesca, 1999).

Las plantas medicinales son aquellas especies a las que se les atribuye un efecto curativo sobre las enfermedades (Estrada, 1995). Las plantas medicinales son un componente importante de la sociedad y la cultura (Hersch y Fierro, 2001). En la actualidad hay un renovado interés en la flora medicinal en diversas regiones del mundo, en particular en los trópicos, pues su biodiversidad puede ser una fuente de nuevos medicamentos (García, 1981; Linares *et al.*, 1990; Naranjo, 1997; Ricker-Douglas y Dalay, 1998; Iwu *et al.*, 1999; Hersch y Fierro, 2001). Los problemas de

salud y la difícil obtención de medicamentos comerciales, han llevado nuevamente a la búsqueda de la medicina tradicional a través del uso y manejo de las plantas, y de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) en 1979 se estimó que entre el 66 y 80% de la población utiliza rutinariamente la medicina tradicional para satisfacer sus necesidades de salud (Akerele, 1993; WHO, 2002; Bermúdez *et al.*, 2005).

En el estado de Hidalgo se han reportado de 2,674 especies de plantas en 1998 (Villavicencio-Nieto *et al.*, 1998) a 3239 en el 2003 (Villaseñor, 2003); esto ha dado como resultado que se utilicen alrededor de 850 de estas especies de plantas, como medicinales y son precisamente las más usadas por la sociedad; a la fecha se ha documentado el uso medicinal unas 500 especies de plantas, lo que representa el 59% de la flora útil y el 12.5% de la flora estatal (Villavicencio-Nieto y Pérez-Escandón, 1995; Pérez-Escandón *et al.*, 2003).

En el estado hay antecedentes desde el siglo XVI del uso de la flora medicinal, Sahagún (1997) en su *Historia General de las Cosas de la Nueva España*, describió la utilización de 250 especies de plantas de Tepeapulco. Sin embargo, en la mayoría del territorio estatal hacen falta estudios etnobotánicos. Tal es el caso de Omitlán, por lo que para llevar a cabo este trabajo se eligió a la cabecera de este municipio con el objetivo de documentar el uso medicinal de la flora.

Área de Estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la cabecera municipal de Omitlán (Fig. 1); el municipio de Omitlán de Juárez se localiza entre los paralelos 20°10'22" de latitud Norte y 98°38'47" de longitud Oeste, a una al-

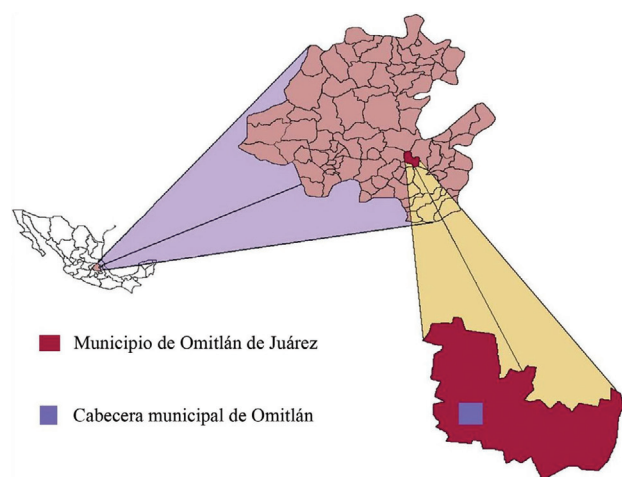


Figura 1. Área de estudio, Municipio de Omitlán de Juárez, Cabecera Municipal de Omitlán, Hidalgo (INEGI, 2000).

tura promedio de 2,420 msnm. El área de estudio presenta un clima Templado subhúmedo con lluvias en verano, su temperatura promedio es de 14°C y se encontró que el tipo de vegetación predominante es el bosque de encino, bosque de pino y pastizal (Fig. 2) (INEGI, 2000).

Materiales y Métodos

Selección del área de estudio: Para llevar a cabo este estudio, se seleccionó la cabecera municipal de Omitlán de Juárez.

Población y Tamaño de Muestra: La población de estudio fueron los habitantes de la cabecera municipal de Omitlán de 18 años y mayores. Se calculó una muestra representativa de esta población, que fue de 84 habitantes.

Entrevistas: Para determinar cuáles son las especies de plantas medicinales de Omitlán, se realizaron entrevistas estructuradas, por medio de un cuestionario, a 84 habitantes de esta comunidad (Alexiades, 1996), los cuales fueron seleccionados en los diferentes barrios de la localidad.

Recolecta e Identificación de ejemplares: Se realizaron salidas de campo en compañía de informantes para llevar a cabo la recolecta por triplicado de las especies de plantas mencionadas. Las muestras fueron herborizadas e identificadas por medio de claves dicotómicas (de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Análisis de datos: Se analizaron los cuestionarios de los que se obtuvo el número plantas medicinales

Tabla 1. Familias de plantas mejor representadas en la flora medicinal en Omitlán, Hidalgo

Familia	N° especies
Asteraceae	20
Lamiaceae	9
Apiaceae	4
Crassulaceae	3
Geraniaceae	3
Rosaceae	3
Rutaceae	3
Solanaceae	3
Caprifoliaceae	2
Chenopodiaceae	2
Ericaceae	2
Fagaceae	2
Leguminosae	2
Nyctaginaceae	2
Polygonaceae	2
Scrophulariaceae	2

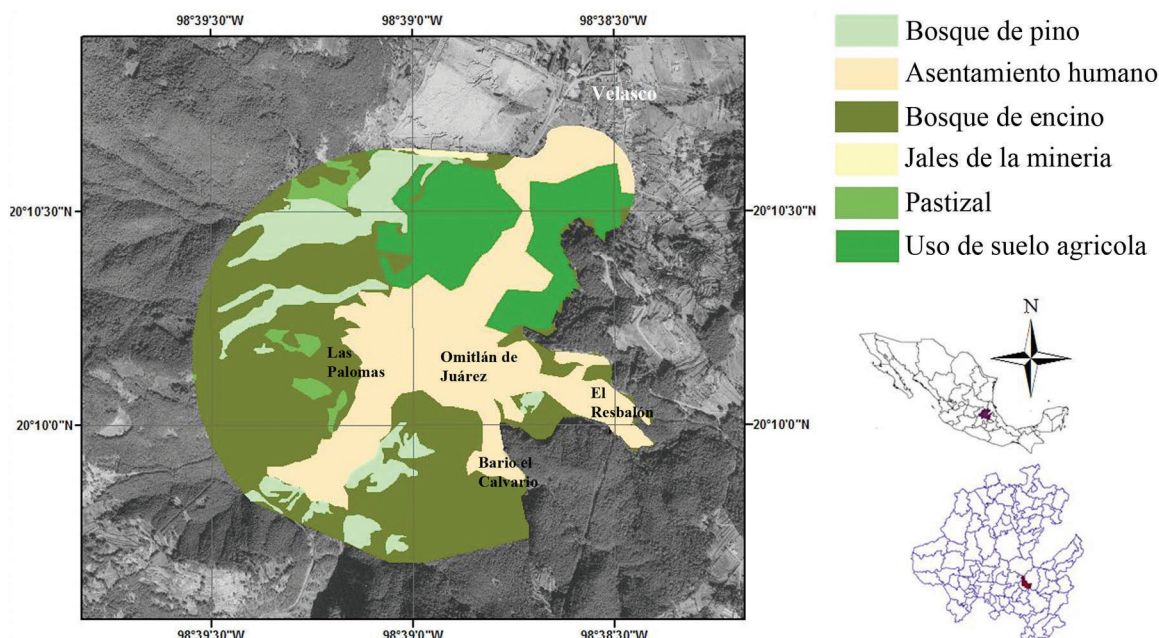


Figura 2. Ortofoto de Omitlán; tipos de vegetación (INEGI, 2000).

utilizadas en Omitlán, distribución en familias y géneros, padecimientos o afecciones tratadas, aparatos y sistemas para los cuales se utilizan las plantas, vía de administración y parte vegetal utilizada. Para definir cuáles son las especies de plantas medicinales de mayor importancia para la comunidad, se obtuvo el valor de uso (VU). Se determinó el promedio de menciones de plantas medicinales por intervalo de edad y por género.

Resultados

Distribución de las especies en familias y géneros: Se registró el uso de 134 etnoespecies de plantas medicinales y se identificaron 102 especies, las cuales están distribuidas en 89 géneros y 53 familias. La familia mejor representada de la flora medicinal en Omitlán es Asteraceae con 20 especies seguida de Lamiaceae con 9 especies (Tabla 1).

Se observó que los géneros mejor representados son *Sedum*, el cual ocupa el primer lugar con tres especies, seguida por *Eryngium*, *Artemisia*, *Baccharis*, *Eupatorium*, *Tagetes*, *Chenopodium*, *Quercus*, *Mentha*, *Salvia*, *Rumex* y *Citrus* con dos especies cada una; el resto presenta solo una especie por género (Tabla 2).

Padecimientos tratados por especies medicinales: Se encontró que las plantas medicinales se utilizan para tratar 67 padecimientos de salud, el dolor de estómago es el padecimiento para el que se emplea el mayor número de plantas, con 24 especies (Fig. 3).

Padecimientos por aparatos, sistemas y otras categorías: Al realizar una clasificación de los padecimientos por aparatos, sistemas y otras categorías, se encontró que en el sistema digestivo es en el que se emplea un mayor número de plantas, con 67 especies (Fig. 4).

Vía de administración de las plantas medicinales: Se observó que la mayoría de las plantas son administradas vía oral (56 especies), en segundo lugar la vía de administración local, aquí se incluyen aquellas plantas medicinales (42 especies) que se emplean externamente, como por ejemplo untadas o frotadas; y las especies que tiene una vía de administración diferente a la oral o local se clasificó como otra (Fig. 5).

Tabla 2. Géneros de plantas mejor representados en la flora medicinal en Omitlán, Hidalgo

Género	N° especies
<i>Sedum</i>	3
<i>Eryngium</i>	2
<i>Artemisia</i>	2
<i>Baccharis</i>	2
<i>Eupatorium</i>	2
<i>Tagetes</i>	2
<i>Chenopodium</i>	2
<i>Quercus</i>	2
<i>Mentha</i>	2
<i>Salvia</i>	2
<i>Rumex</i>	2
<i>Citrus</i>	2

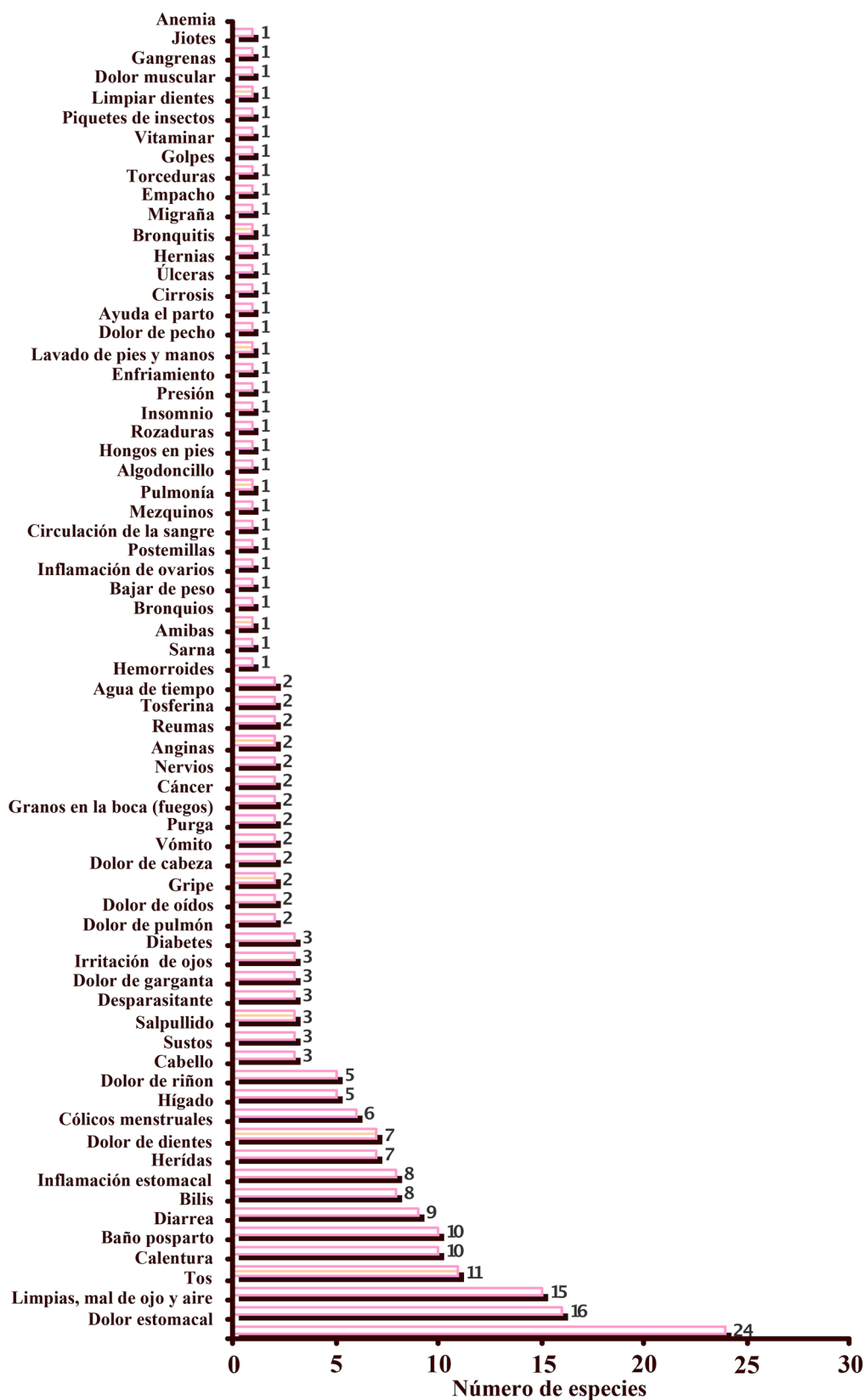


Figura 3. Frecuencia de uso de plantas medicinales por padecimientos.

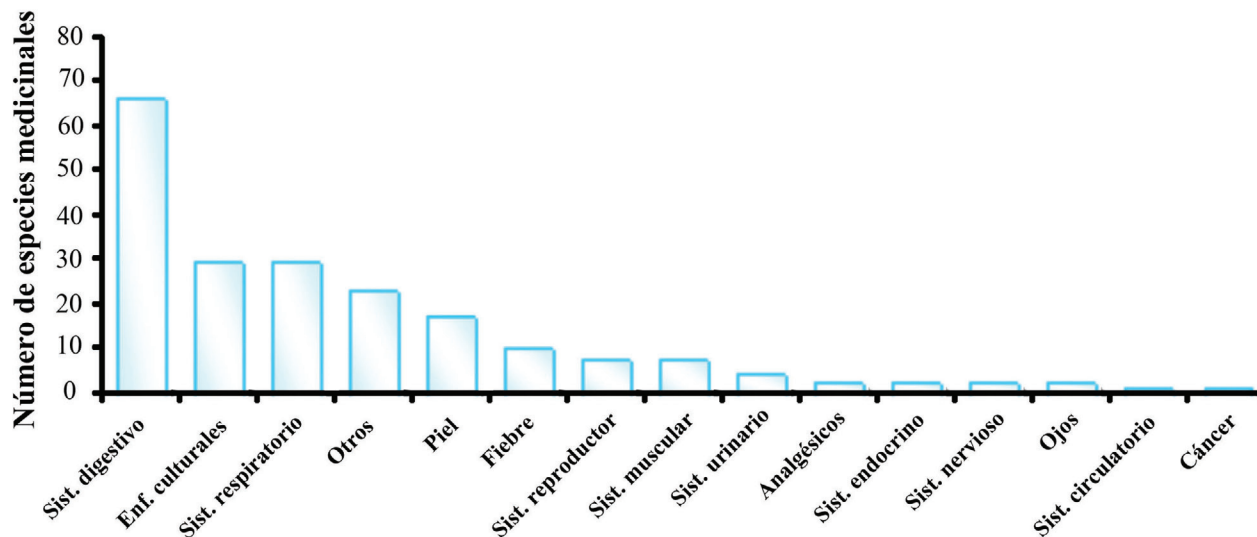


Figura 4. Número de especies de plantas medicinales por sistemas, aparatos y otras categorías (Enf. = Enfermedad; Sist. = Sistema).

Parte vegetal utilizada en plantas medicinales: Se determinó que se aprovechan siete diferentes partes de las plantas medicinales, siendo las ramas con 61 especies vegetales la más utilizada por los habitantes de la comunidad, por ejemplo, *Baccharis salicifolia* y *Eupatorium glabratum*, las cuales se usan para curar el susto, en segundo lugar las hojas con 14 especies, mientras que las cinco partes vegetales restantes tienen menos de seis especies cada una (Fig. 6). Estas distintas partes de las plantas se establecieron tal y como los informantes les nombraban.

Valor de uso: Al calcular el valor de uso de las 134 etnoespecies útiles mencionadas en Omitlán, se encontró que *Matricaria recutita* (la manzanilla) presenta el valor de uso más alto, con 42.9%; en segundo lugar *Malva parviflora* (la malva) con un valor de 40.5%, seguida de *Oenothera rosea* (hierba del golpe), *Taraxacum officinale* (diente de león), *Lit-*

sea glaucescens (laurel), *Ruta chalepensis* (ruda), *Aloysia triphylla* (cedrón), *Quercus rugosa* (encino quebracho), *Tagetes lucida* (pericón) y *Buddleja cordata* (tepozán); el resto de las especies presentan un valor menor a 20% (Tabla 3).

Promedio de menciones por intervalos de edad: Se consideraron cinco intervalos de edad, desde 15 a 24 años, hasta 65 años y más, se observó que el promedio de menciones en los cinco intervalos fue de 7.9 a 11.6. En el intervalo de 45 a 64 años se presentó el mayor el número promedio de menciones de plantas, que fue de 11.6, en el intervalo de 15-24 años se encontró el menor número de menciones de plantas (Fig. 7).

Promedio de menciones por género: Se observó que el número promedio de especies de plantas medicinales mencionadas por las mujeres entrevistadas fue mayor que el de los hombres (Fig. 8).

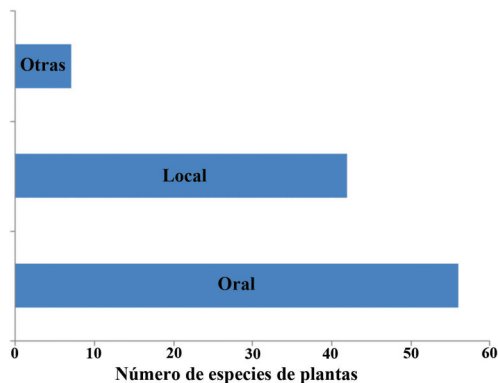


Figura 5. Forma de administración de las plantas medicinales en Omitlán, Hidalgo.

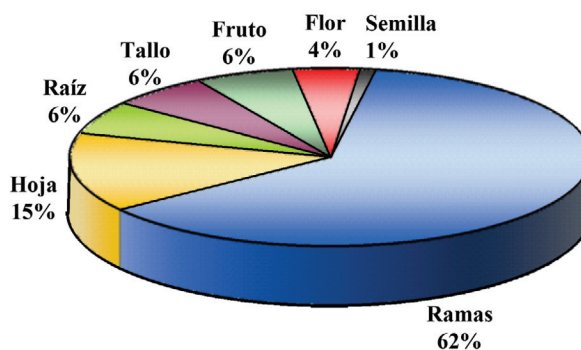


Figura 6. Frecuencia de uso de las distintas partes de las plantas medicinales en Omitlán.

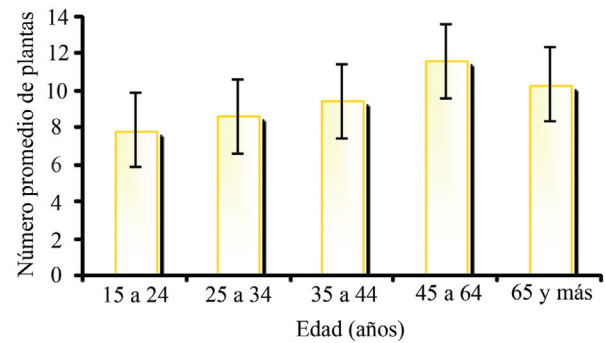
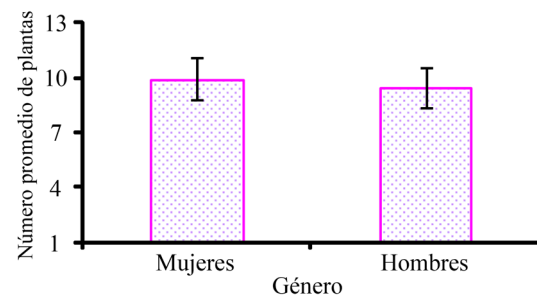
Tabla 3. Especies de plantas útiles con mayor valor de uso en Omitlán

Nombre Común	Valor de Uso %
manzanilla	42.90%
malva	40.50%
hierba del golpe	34.50%
diente de león	33.30%
laurel	32.10%
ruda	29.80%
cedrón	27.40%
jarilla	25.00%
bugambilia	23.80%
hierba de la víbora	23.80%
encino quebracho	22.60%
pericón	22.60%
tepozán	22.60%

Discusión

No se encontraron antecedentes de estudios etnobotánicos realizados en el área de Omitlán. En este contexto, el presente estudio es la primera contribución a la documentación del conocimiento tradicional de las plantas medicinales que tienen los habitantes de esta comunidad y se considera de relevancia ya que las 134 etnoespecies de flora medicinal registradas son un indicio que los habitantes de esta comunidad tienen una alta dependencia de la flora local como satisfactores a sus necesidades fundamentales como lo es mantener o recuperar la salud. Un indicio de esta dependencia es que en el estudio se determinó que las plantas medicinales del área se emplean para tratar 67 padecimientos, y en primer lugar se utilizan para el tratamiento de problemas digestivos, lo cual es un patrón que se observa en las regiones rurales del país (Estrada, 1995).

Asteraceae es la familia de plantas mejor representada en la flora medicinal de Omitlán, lo cual es un reflejo de la situación florística de México, en donde esta familia es la más diversa (Villaseñor, 2003). En lo que respecta a las menciones de plantas medicinales por edad de los informantes, los más jóvenes mencionaron menos especies que los adultos mayores, lo que quizá indique que el conocimiento tradicional no se está transmitiendo, probablemente por desinterés. Otro aspecto de interés es que las especies de plantas medicinales con mayor valor de uso, es decir las más importantes para la comunidad, son *Matricaria recutita* y *Malva parviflora*, que son especies de plantas introducidas, lo que implica que disminuyó el papel que juegan las especies de la flora nativa como fuente de medicinas

**Figura 7.** Número promedio de plantas que se menciona por edad durante de la entrevista.**Figura 8.** Número promedio de plantas que se menciona por género durante de la entrevista.

y están siendo sustituidas por las introducidas; además de que esto posiblemente refleja un proceso de aculturación.

Aún así este estudio es de utilidad pues puede servir de base para contribuir a definir necesidades y prioridades de conservación dentro y fuera de la población estudiada.

Conclusión

Con base en los resultados obtenidos en el estudio de las plantas medicinales, se puede afirmar que la cabecera municipal de Omitlán, es una comunidad en la cual la población aprovecha ampliamente a la flora local para su beneficio.

Literatura citada

- Akerele, O. 1993. Las plantas medicinales: un tesoro que no debemos desperdiciar. Foro Mundial de la Salud 14:390-395.
- Alexiades, M. N.. 1996. Selected guidelines for ethnobotanical research: a field manual. The New York Botanical Garden, New York 306 p.
- Bermúdez, A., M. Oliveira-Miranda y D. Velásquez. 2005. La Investigación etnobotánica sobre plantas medicina-

- les: Una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia* 30:453-459.
- Bye, R. 1998. La intervención del hombre en la diversificación de las plantas en México. *En* Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Comp.). *Diversidad Biológica de México. Orígenes y Distribución*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. pp. 689-714.
- Bye, R. y E. Linares. 1999. Plantas medicinales del México prehispánico. *Arqueología Mexicana* 39:4-13.
- Díaz, J. L. 1992. Plantas mágicas y sagradas de la medicina indígena de México, etnofarmacología y psiquiatría experimental. *En* Estrada, L. E. (Ed.). *Plantas medicinales de México. Introducción a su Estudio*. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco pp. 225-252.
- Estrada, L. E. 1995. El programa de plantas medicinales de la Universidad Autónoma de Chapingo. *En* Estrada, L. E. (Ed.). *Lecturas para el diplomado internacional plantas medicinales de México*. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco pp. 1-27.
- García, R. 1981. Plantas medicinales de la vertiente sur de la sierra de Pachuca. Tesis de Licenciatura en Biología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México 118 p.
- Hersh-Martínez, P. y A. Fierro. 2001. El Comercio de plantas medicinales: algunos rasgos significativos en el centro de México. *En* Rendón, A. B., S. Domínguez, J. Caballero y M. A. Martínez-Alfaro. (Eds.). *Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Semarnap. México, D. F. 53 p.
- INEGI- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. Anuario estadístico. Omitlán, Hidalgo 98 p.
- Linares, E., R. Bye y B. Flores. 1990. Tes curativos de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México 140 p.
- Iwu, M. M., A. R. Duncan y C. O. Okunji. 1999. New antimicrobials of plant origin. *En* Janick, J. (Ed.). *Perspectives on new uses*. ASHS Press. Alexandria pp. 457-462.
- Naranjo, P. 1997. The urgent need for the study of medicinal plants. *En* Schultes, R. E. y von Reis, S. (Eds.) *Ethnobotany. Evolution of a discipline*. Dioscorides Press. Portland pp. 362-368.
- Pérez-Escandón, B. E., A. Juárez, Y. Marmolejo, F. Pérez-Moreno, J. Rodríguez y M. A. Villavicencio-Nieto. 1992. Usos y tradiciones de plantas y animales en la Ranchería del Guajolote del municipio de Epazoyucan, Hidalgo. Instituto Hidalguense de la Cultura, Pachuca 157 p.
- Pérez-Escandón, B. E., M. A. Villavicencio-Nieto y A. A. Ramírez. 2003. Lista de plantas útiles del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo 134 p.
- Ricker-Douglas, M. y D. C. Dalay. 1998. Botánica económica en bisques tropicales. Ed. Diana. México, D.F. 293 p.
- de Rzedowski, G. C., y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª. Ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Michoacán 1406 p.
- Sahagún, B. 1997. Historia general de las cosas de la Nueva España. Editorial Porrúa, México, D.F. 1093 p.
- Soto, N. J. C. y M. Sousa. 1995. Plantas medicinales de la cuenca del Río Balsas. Cuadernos del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 198 p.
- Viesca, T. C. 1999. Uso de las plantas medicinales Mexicanas. *Arqueología Mexicana* 39:30-35.
- Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28:1-9.
- Villavicencio-Nieto, M. A. y B. E. Pérez-Escandón, 1995. Plantas útiles del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca 125 p.
- Villavicencio-Nieto, M. A., B. E. Pérez-Escandón y A. A. Ramírez. 1998. Lista florística del Estado de Hidalgo. Recopilación bibliográfica. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca 147 p.
- WHO- World Health Organization. 1979. The selection of essential drugs. WHO Technical Report Series 641:1-44.
- WHO- World Health Organization. 2002. Traditional medicine strategy 2002-2005. Geneva pp. 7-18.

The University of Nebraska-Lincoln does not discriminate
based on gender, age, disability, race, color,
religion, marital status, veteran's status,
national or ethnic origin,
or sexual orientation.

La Universidad de Nebraska-Lincoln no discrimina
por razones de género, edad, discapacidad, raza, color,
religión, estado civil, condición de veterano,
origen nacional o étnico,
o la orientación sexual.





Los 16 capítulos que conforman este libro son una contribución al conocimiento de la biodiversidad y conservación de los recursos naturales en el estado de Hidalgo, México.

Se aborda el derecho de propiedad intelectual en la biodiversidad, citando algunos ejemplos de México. Así mismo, se presenta un estudio de la biodiversidad y distribución de la herpetofauna en cuatro tipos de vegetación. Desde el punto de vista de la helmintología se presentan dos estudios de los helmintos parásitos de vertebrados silvestres; con nuevos registros de hospederos y localidades de algunas especies de helmintos para Hidalgo. También, se aborda el uso de los índices de biodiversidad en los parásitos, el uso de los helmintos como bioindicadores de calidad ambiental, y el efecto del arsénico en un bioensayo. Desde el punto de vista botánico, se presentan el estudio de tratamientos de germinación y el uso de técnicas de cultivo *in vitro* con fines de conservación de algunas plantas de interés; así mismo, se aborda el estudio del uso tradicional de algunos recursos mico-florísticos de Hidalgo.

Zea Books
Lincoln, Nebraska

UNIVERSITY OF
Nebraska
Lincoln

