

Theryya

Volumen 3

Número 1

Abril 2012



www.mastozoologiamexicana.org
AMMAC

La Portada

En esta ocasión la imagen que se incluye en portada corresponde a un oso hormiguero también conocido como brazo fuerte (*Tamandua mexicana*). Especie que se distribuye desde Michoacán en la vertiente del Pacífico y la Huasteca Potosina en la vertiente del Golfo por las planicies costeras hasta el norte de América del Sur.

El cuerpo del brazo fuerte mide entre 50 y 80 cm de longitud, y su cola prensil entre 40 y 65 cm con un peso entre 3.5 y 7.5 kg. Su coloración es bicolor con el pelaje del tronco negrozco y se ve como una camiseta sisada, y el resto amarillo. Las patas delanteras tienen 4 garras fuertes y largas mientras que las traseras 5 pequeñas. La foto representa un ejemplar descansando. No se considera bajo ninguna categoría de protección por la NOM-059 [Foto tomada por STAC].

Nuestro logo “Ozomatli”

El nombre de “Ozomatli” proviene del náhuatl se refiere al símbolo astrológico del mono en el calendario azteca, así como al dios de la danza y del fuego. Se relaciona con la alegría, la danza, el canto, las habilidades. Al signo decimoprimeros en la cosmogonía mexicana. “Ozomatli” es una representación pictórica de los mono arañas (*Ateles geoffroyi*). La especie de primate de más amplia distribución en México.

“Es habitante de los bosques, sobre todo de los que están por donde sale el sol en Anáhuac. Tiene el dorso pequeño, es barrigudo y su cola, que a veces se enrosca, es larga. Sus manos y sus pies parecen de hombre; también sus uñas. Los Ozomatlin gritan y silban y hacen visajes a la gente. Arrojan piedras y palos. Su cara es casi como la de una persona, pero tienen mucho pelo.”

Therya

Volumen 3, número 1

Abril 2012

Editorial: Investigación mastozoológica y conservación en México: una perspectiva personal. ÓSCAR SÁNCHEZ.	<u>5</u>
Artículos	
Evaluación estacional de fitoestrógenos en heces de machos del murciélago frutero jamaiquino (<i>Artibeus jamaicensis</i> Leich, 1821). SALAME-MÉNDEZ, ARTURO, ALONDRA CASTRO-CAMPILLO, KARINA OLIVERA-OLIVERA, HÉCTOR SERRANO, FERNANDO HUERTA-GARCÍA, JUAN JOSÉ ESQUIVEL-FLORENCIO, JORGE HARO-CASTELLANOS, MIGUEL ÁNGEL BRIONES-SALAS, JOSÉ RAMÍREZ-PULIDO, JOSÉ LUÍS GÓMEZ-OLIVARES, MARÍA DOLORES GARCÍA-SUÁREZ.	<u>13</u>
Patrones de distribución de los Mamíferos en la Provincia Oaxaca-Tehuacanense, México. YANG-QING ESTRADA, RODE A. LUNA Y TANIA ESCALANTE.	<u>33</u>
Conservación de Murciélagos en Campeche. JORGE A. VARGAS-CONTRERAS, GRISELDA ESCALONA-SEGURA, JOAQUÍN ARROYO-CABRALES, JAIME RENDON VON OSTEN Y LAURA NAVARRO	<u>53</u>
Modelación de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del Bajo Balsas, México. CARLOS YAÑEZ-ARENAS, SALVADOR MANDUJANO, ENRIQUE MARTÍNEZ-MEYER, ALEJANDRO PÉREZ-ARTEAGA Y ARTURO GONZÁLEZ-ZAMORA.	<u>67</u>
Presencia del Gato Montés (<i>Lynx rufus</i>) en selvas tropicales del estado de Hidalgo, México. RAÚL VALENCIA-HERVERTH Y JORGE VALENCIA-HERVERTH.	<u>81</u>
Riqueza de Especies y Variabilidad Trófica de Murciélagos en Zonas de Riesgo de Rabia de Origen Silvestre en Izabal, Guatemala. CRISTIAN KRAKER-CASTAÑEDA Y JOSÉ LUIS ECHEVERRÍA-TELLO.	<u>87</u>
Registro de la zorra norteña (<i>Vulpes macrotis</i>) para el sur de Sonora. MARTHA ISELA VERONA-TREJO, ROGELIO BAUTISTA Y MATÍAS MARTÍNEZ-CORONEL	<u>101</u>

fascículo 7

DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS, año 3, No. 7, enero-abril de 2012, es una publicación cuatrimestral editada por la Asociación Mexicana de Mastozología A. C., Moneda 14, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06060, tel. (612) 123-8486, www.mastozologiamexicana.org, therya@cibnor.mx. Editor responsable: Dr. Sergio Ticul Álvarez Castañeda. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2009-112812171700-102, ISSN: 2007-3364 ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la Asociación Mexicana de Mastozología A. C. Dr. Sergio Ticul Álvarez Castañeda, Mar Bermejo 195, la Paz, Baja California Sur, C. P. 23000, Tel 612 1238484, fecha de la última modificación 30 abril 2012.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Asociación Mexicana de Mastozología, A.C.

Therya agradece de manera especial la colaboración de Lic. Gerardo R. Hernández García en la edición gráfica editorial para esta revista.

Therya

El objetivo y la intención de Therya es ser una revista científica para la publicación de artículos sobre los mamíferos. Estudios de investigación original, editoriales, artículos de revisión y notas científicas son bienvenidas.

Sergio Ticul Álvarez Castañeda. Editor general. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Mar Bermejo 195. La Paz, Baja California Sur, México 23090.
E-mail: sticul@cibnor.mx.

Juan Pablo Gallo Reynoso. Editor asociado de artículos. Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo. Laboratorio de Ecofisiología. Carretera a Varadero Nacional km 6.6. Col. Las Playitas. Guaymas, Sonora 85480.
E-mail: jpgallo@ciad.mx.

William Z. Lidicker, Jr. Editor asociado de artículos. Museum of Vertebrate Zoology. University of California. Berkeley, CA 94720 USA.
E-mail: wlidicker@berkeley.edu

Consuelo Lorenzo Monterrubio. Editor asociado de artículos. El Colegio de la Frontera Sur. Área Conservación de la Biodiversidad. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas C.P. 29290.
E-mail: clorenzo@ecosur.mx.

Jesús E. Maldonado. Editor asociado de artículos. Center for Conservation and Evolutionary Genetics. National Zoological Park. National Museum of Natural History. Smithsonian Institution. PO Box 37012 MRC 5503. Washington, DC 20013-7012. E-mail: maldonadoj@si.edu.

Jan Schipper. Editor asociado de artículos. Director, Global Mammal Assessment. IUCN/SSC-CI/CABS Biodiversity Assessment Unit. Center for Applied Biodiversity Science. Conservation International. 2011 Crystal Drive, Ste 500. Arlington, VA 22202, USA. E-mail: jan.schipper@iucn.org.

Gerardo R. Hernández García. Diseño Gráfico y Editorial. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Departamento de Extensión y Divulgación Científica. Mar Bermejo 195. La Paz, Baja California Sur, México 23090. E-mail: ggarcia04@cibnor.mx.

Editorial

Investigación mastozoológica y conservación en México: una perspectiva personal

En las últimas tres décadas el tema de la sustentabilidad de las actividades humanas, especialmente aquellas dirigidas a la productividad económica, ha ido incrementando su presencia como motivo de preocupación. Esta es mucho más notoria en el medio académico donde, gracias a investigaciones de fondo, se ha documentado ampliamente que muchos de los actuales procesos de apropiación de recursos silvestres simplemente no son sustentables.

Aunque un poco más tardíamente, el discurso de la sociedad ha ido transitando poco a poco a dar un perfil más alto a este asunto; distintas autoridades y actores políticos ya tratan de incorporarlo a su quehacer, pero los hechos aún no permiten demostrar que la cuantía y modos de uso de distintos recursos silvestres haya avanzado realmente hacia ser compatible con sus tasas naturales de reposición. El riesgo continúa siendo que la diversas alteraciones de uso del suelo y la cosecha excesiva y desordenada (desde árboles hasta mamíferos silvestres y otras especies) lleguen a afectar irreversiblemente la composición taxonómica de los ecosistemas, la integridad de sus procesos ecológicos y por ello, en última instancia, a comprometer la viabilidad evolutiva de de muy distintas especies silvestres.

Por fortuna, a diferencia de lo ocurrido en el pasado, el papel protagónico de la ciencia como base para la mejora de decisiones sobre la conservación y uso de recursos silvestres sido cada vez más notorio. Sin duda esto obedece a que en el contexto actual de rápida publicación de resultados científicos en Internet, es cada vez más fácil el acceso a hallazgos relevantes para ponderar sus implicaciones. Por otro lado, la rápida socialización de esos resultados, en redes sociales y otros medios informáticos, empieza a mostrar su importancia en el contexto de acciones reales de conservación.

En el caso de la mastozología los avances logrados son notorios, y muy promisorio el futuro. Por ejemplo, la generación de inventarios de mamíferos silvestres locales y regionales en México ha crecido de manera formidable en los años recientes. En buena medida esto ha sido posible por el gran número de mastozoólogos activos hoy día, y por su mejor distribución geográfica en el país, en contraste con un puñado de colegas que en la década de 1980 intentábamos avanzar

en ello. Además, las técnicas disponibles en la actualidad (incluyendo cámaras fotográficas automatizadas, entre muchos otros recursos sofisticados) permiten afinar esos inventarios con los sitios y horas de actividad de los ejemplares registrados, entre otros datos. Para fines de inventario, en la actualidad es tan válido un ejemplar colectado como un registro publicado con base en un fotograma asociado con una serie de datos estándar, lo que ha ensanchado las opciones de registro formal y permite comunicar más oportunamente datos relevantes. Por otra parte el uso de sistemas de información geográfica se ha generalizado, con lo que hoy se dispone de una visión espacial más precisa y de conjunto de los registros; aún más, se continúa experimentando con algoritmos predictivos de la presencia potencial de especies en áreas del país, como el conocido GARP y sus sucesores más avanzados; cuyos resultados estimulan la verificación de campo con los consecuentes beneficios de un mayor y mejor conocimiento de distintas áreas.

Los resultados de actividades científicas como las descritas han puesto progresivamente al alcance de tomadores de decisiones, en todo el país, elementos de juicio sustanciales para decidir acciones que puedan prevenir lesiones severas y permanentes a la riqueza y diversidad mastozoológica de los ecosistemas mexicanos. El trabajo científico en inventarios mastozoológicos es de particular interés, entre otras razones, porque tiene alto potencial para mejorar la producción y evaluación de las manifestaciones de impacto ambiental (MIA), las cuales continúan en necesidad de un mayor rigor.

El creciente conocimiento sobre aspectos de la historia de vida y, sobre todo, del estado que guardan poblaciones de mamíferos silvestres mexicanos, continúa abonando el terreno para avanzar en un análisis integral de la mastofauna mexicana respecto al estado de riesgo de sus distintas especies. En México, la norma oficial NOM-059-Semarnat-2010 enlista aquellos taxones que, una vez analizados mediante el Método de Evaluación de Riesgo (MER), ameritan su inclusión en distintas categorías de riesgo. Este instrumento normativo es de gran utilidad como referencia oficial para ponderar la aceptabilidad de modificaciones al entorno natural, como ejemplo las propuestas en las MIA. Esta norma oficial se ha venido desarrollando desde 1994, cuando solamente se enlistaron especies conforme a las opiniones personales de un número limitado de especialistas. A partir de 2000 se sistematizó el análisis del estado de riesgo de las especies mediante el MER, método que a su vez se ha perfeccionado en los últimos años a partir de su versión inicial. En su versión recientemente afinada, este método puede y debiera aplicarse a la evaluación (y reevaluación donde sea necesario) de todas las especies de mamíferos de México, para robustecer los listados de taxones en la NOM-059. Los insumos que requiere el MER son esencialmente piezas de información originadas por la investigación científica en aspectos como la biogeografía, la genética poblacional, las

historias de vida, las relaciones ecológicas y hasta las vulnerabilidades inherentes de las especies ante distintas actividades humanas. Muchos de estos aspectos hoy están en franco desarrollo para muchas especies nacionales de mamíferos. Sobre aquellas especies aún no estudiadas con suficiencia, parece recomendable fortalecer la investigación de esos temas manteniendo en perspectiva su aplicación en apoyo de las evaluaciones de estado de riesgo.

Por otra parte los resultados de estudios cada vez a mayor detalle sobre las relaciones ecológicas de las especies de mamíferos, entre ellas y con otros componentes de los ecosistemas, hoy proveen buenos datos acerca de los requerimientos de poblaciones silvestres de mamíferos para su conservación. Esto tiene un gran potencial no solamente para mejorar las expectativas de permanencia de mamíferos silvestres en áreas protegidas, sino también para establecer criterios de manejo adecuados en aquellos casos en que emprendedores y gobiernos se han orientado al uso de especies de alto interés económico y social; por ejemplo algunas especies de interés cinegético como el ubicuo venado cola blanca, *Odocoileus virginianus*, cuyas poblaciones se intenta manejar asociadas a predios oficialmente registrados como Unidades de Manejo para la conservación y Aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA). La ciencia mastozoológica ha avanzado en varias facetas relacionadas con este tema: la sistemática de las subespecies presentes en México se está revisando con base en evidencias genéticas; estudios moleculares, por ejemplo en el norte del país, han revelado patrones de diversidad genética que pueden haber resultado de la introducción indiscriminada de la subespecie *O. virginianus texanus* a sitios fuera de su distribución natural, contaminando así el acervo genético natural de otras subespecies. Otros patrones hallados revelan variación genética reducida en algunas poblaciones, que pueden haber resultado del confinamiento de grupos pequeños de *O. virginianus* en UMA cercadas, lo que ha evitado el flujo genético. Datos de esa naturaleza también evidencian que en varios casos se ha ido en contrasentido al propósito original de las UMA, que es mantener la viabilidad de poblaciones silvestres de interés focal mediante el buen manejo del hábitat, buscando efectos a favor de todos los componentes ecológicos locales o regionales, no sólo del interés económico centrado en una especie particular.

Sin duda aportaciones científicas recientes sobre ecología de mamíferos deben ser incorporadas en evaluaciones objetivas de la contribución real de las UMA a la conservación del entorno silvestre local, sobre todo en la revisión del concepto de UMA y su aplicación práctica. Por ejemplo, debe mantenerse en mente la escala de trabajo adecuada para la conservación efectiva de poblaciones –sobre todo de mamíferos silvestres y particularmente aquellas de mayor talla– que como hoy se sabe, frecuentemente excede la extensión de una UMA

particular (con la posible excepción de unidades muy grandes que existen en ambientes áridos del norte del país).

La gestión pública de vida silvestre, especialmente en países excepcionalmente diversos en lo biológico y lo social, plantea muchos otros retos. Entre ellos se encuentran varios cuya correcta atención también puede beneficiarse de los aportes de la mastozoología actual. Como un ejemplo, el comercio nacional de vida silvestre sin duda necesita aprovechar los beneficios de los avances logrados en el estudio genético molecular de los mamíferos de México. Con esa herramienta, el origen geográfico de especímenes particulares puede ser rastreado en la medida en que se avance en disponer de un atlas de código de barras genético georreferido. Esto no solamente podrá proveer algunos de los criterios científico-técnicos necesarios para autorizar o no la comercialización, sino que en el caso de ejemplares comercializados ilícitamente y confiscados puede ayudar a ubicar el linaje que corresponda, en el contexto geográfico, facilitando así la canalización y ordenamiento de poblaciones criadas en cautiverio como una opción realmente útil para eventuales reintroducciones.

Por lo que hace al comercio internacional, regulado básicamente por la Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, mejor conocida por sus siglas: CITES, los avances de la mastozoología mexicana en genética también tienen considerable potencial en el futuro refinamiento de los procedimientos. Por ejemplo, es posible imaginar la colaboración de laboratorios de genética molecular para afinar la certificación de origen de ejemplares para exportación, o aún para determinar si ejemplares presumiblemente mexicanos de alguna de las especies sujetas a regulación lo son realmente. Asimismo, para especies reguladas por la CITES que no son comercializadas como ejemplares vivos o especímenes completos (comercio debe entenderse como intercambio, pues no necesariamente implica compraventa), tales como tejidos de cetáceos para estudio científico enviados de un laboratorio a otro, un atlas internacional de código de barras para especies reguladas por la CITES puede agilizar estos trámites asegurando al mismo tiempo la licitud de esos intercambios.

Recientemente han aparecido otras facetas de la gestión pública en las que la mastozoología actual también puede lograr impactos positivos en el mundo real de la conservación (un mundo por cierto bastante ajetreado, debido a distintas visiones frecuentemente contrapuestas de los actores sociales involucrados). Hace poco más o menos un año, la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) recibió modificaciones que incorporan dos temas de gran importancia: las especies exóticas invasoras y las especies prioritarias para la conservación en México.

Respecto a las especies exóticas invasoras, debe reconocerse que en general no es una buena idea introducir especies en áreas distintas a las de su distribución natural. Pero la naturaleza humana, siempre

pragmática y creativa, desde tiempos muy antiguos ha ejercido esta práctica. Baste citar el traslado de animales africanos a Roma en tiempos del emperador Trajano (98-117 DC) cuando la Legio III Augusta se mantuvo en el norte de África, o el contenido de restos animales de los trópicos de México en ofrendas del Templo Mayor de Tenochtitlan (en general entre los años 1450 y 1500). Actualmente distintas UMA contienen mamíferos africanos, asiáticos o suramericanos, cuya naturaleza exótica a nuestro país exige que estén bajo confinamiento estricto; sin embargo no debe minimizarse el riesgo de fugas, de hecho se han reconocido algunos eventos de escape e introducción accidental.

En otros casos, principalmente en las décadas de 1970 a 1980, algunos interesados en la cinegética, en vista de la depauperación de especies nativas como el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) y el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), introdujeron borregos de Berbería (*Ammotragus lervia*) y jabalíes eurasiáticos (*Sus scrofa*) en calidad de sustitutos “deseables”. Algunos de los introductores inclusive estuvieron preocupados de que sus trasplantes fallaran, pero lejos de eso, en algunos sitios esas especies se establecieron sólidamente, ocupando el lugar que debería haber correspondido, en todo caso, a la reintroducción de las especies nativas. En el caso de los borregos de Berbería, éstos se instalaron mejor que en casa en los subdesiertos de México, que les resultaron vergeles en comparación con el desierto verdaderamente seco del norte de África, y se extendieron localmente. Esto ya era malo, pero aún peor resultó el que algunos de los usufructuarios de esas tierras de caza se opusieran más adelante a la eliminación de esa especie exótica invasora, pues les representaba la recuperación y mantenimiento de ingresos perdidos con la declinación de las especies cinegéticas originales. Por estos efectos, el establecimiento de especies exóticas es un problema y su erradicación un reto muy considerable, que requiere más y mejor investigación científica. Los resultados permitirán valorar no solo la severidad de sus efectos nocivos en el entorno, sino tomar medidas para prevenir su mayor expansión y revertir los impactos causados, al hábitat y a otras especies nativas.

Trato aparte merecen carnívoros como los gatos ferales, cuya presencia por ejemplo en islas mexicanas es producto de introducción deliberada para un pretendido control de roedores por parte de antiguos marinos que establecieron campamentos. Con el tiempo, la presencia de los gatos se tornó en una enorme amenaza para especies de roedores endémicos insulares (además de para innumerables reptiles igualmente endémicos y distintas aves). Varios roedores nativos no resistieron la presión y se han extinguido. Las especies nativas insulares de mamíferos son un invaluable patrimonio natural que debe conservarse sin excepción. México empieza a destacar internacionalmente en la investigación sobre ecología y conservación de mamíferos insulares; pero parece necesario extenderla hacia las otras especies endémicas de

mamíferos del país, especialmente aquellas que son microendémicas, pues su condición como tales puede hacerlas intrínsecamente más vulnerables a la extinción. La fauna endémica mexicana no sólo es un patrimonio biológico único e irremplazable; su conservación es, con mucho, una de nuestras más grandes responsabilidades como país.

En suma, las especies exóticas en México son un riesgo permanente para la diversidad biológica nativa. En el caso de los mamíferos exóticos, sobre todo aquellos que tienen antecedentes como especies altamente invasoras, aún se requiere investigar su estado actual, sus interacciones con mamíferos indígenas y los posibles efectos negativos sobre éstos. Algunos de los temas pendientes en este aspecto incluyen el monitoreo y vigilancia preventiva sobre invasiones de nuevas áreas en regiones donde ya existen mamíferos exóticos. Entre los temas que reclaman investigación están el seguimiento de poblaciones locales de mamíferos exóticos, a fin de conocer de manera oportuna sus mecanismos y tasas de expansión geográfica, sus tendencias poblacionales sus interacciones con plantas y animales locales. Todo ello permitirá diseñar e instrumentar de manera oportuna programas de alerta temprana y erradicación, antes de que ésta última se vuelva imposible o incosteable.

Otro tema de reciente ingreso en la agenda de temas de conservación en México, expresado en una reciente modificación a la LGVS, es la determinación de especies que resulten de alta prioridad para la conservación a escala nacional. El espíritu de la letra de la ley es definir especies (entre otras por supuesto también de mamíferos) que, por sus características, permitan que los beneficios resultantes de eventuales programas para su conservación se extiendan ampliamente a otras especies ecológicamente vinculadas y, aún más, a los ecosistemas donde coexisten. El planteamiento parece sencillo, pero encierra considerable complejidad técnica; para poder evaluar comparativamente el potencial que en este sentido pueden tener una enorme variedad de especie de mamíferos, será necesario reunir el mejor conocimiento científico disponible para evaluar en qué grado la conservación de un taxón dado puede maximizar los esfuerzos y beneficios hacia especies y ecosistemas asociados. A ese análisis deben agregarse criterios de viabilidad social y económica de eventuales programas dirigidos a las especies con mayor potencial.

Hay muchas razones por las cuales una especie puede o no ser considerada prioritaria para la conservación a escala nacional, por lo que debiera aprovecharse la oportunidad para reflexionar sobre el tema en los años venideros. Si nuevos ejercicios orientados a la gestión pública para la conservación como éste, reciben opiniones de manera individual o sólo de pequeños grupos de especialistas, la probabilidad de lograr un consenso a escala nacional es considerablemente baja. Pero afortunadamente es aquí donde las sociedades científicas –

para el caso de los mamíferos la AMMAC- pueden jugar un papel realmente trascendente en la traducción del conocimiento científico hacia recomendaciones prácticas de conservación, en una forma organizada. Por ejemplo, el debate conceptual sobre qué debería entenderse exactamente por especie prioritaria para la conservación en México y la aplicación del concepto resultante en términos de la ley, alcanzaría un alto grado de representatividad y de acuerdo si, por ejemplo, la Asociación promoviera su análisis entre expertos de distintas regiones del país y, con los avances logrados, se produjera un consenso de los especialistas en mastozoología aprovechando el congreso nacional que corresponda. Hecho esto, la interacción efectiva con las autoridades podría mejorar sustancialmente, mediante la fuerza de una opinión científica colegiada.

Considerando el vigoroso crecimiento y actual desarrollo de la comunidad científica mastozoológica, me parece que la AMMAC hoy tiene un potencial inédito para hacer que el conocimiento científico se refleje con mayor efecto en decisiones de conservación. La cualidad esencial se halla en su estructura y organización como comunidad científica. Desde el punto de vista de las autoridades en materia de conservación, en cualquier país, siempre será siempre mejor recibido y más efectivo recibir una opinión/recomendación unificada, que una serie de observaciones a título personal o de grupos de investigación particulares.

La diversificación de campos de investigación en la mastozoología mexicana, con distintos enfoques y en diferentes contextos representa una veta de gran riqueza para alimentar mejores decisiones de conservación y de uso de la diversidad de mamíferos en el país, pero su potencial será capitalizable de manera más contundente para la conservación, en la medida en que la comunidad se manifieste como un colectivo organizado capaz de ser un interlocutor fluido, con autoridad científica y capacidad propositiva, reconocida por las autoridades administrativas de los gobiernos federal y estatales, y llegado el caso, municipales.

El tema de las especies prioritarias para la conservación en México es el más fresco de los capítulos, pero seguramente no el último que abra oportunidades para poner la ciencia mastozoológica al servicio de la conservación. Temas como este pueden recibir un impulso importante por parte de las sociedades científicas; ciertamente no sólo de la AMMAC, sino todas las que existen en México, puesto que por ejemplo en este aspecto la ley se refiere a especies de todos los reinos biológicos. Me parece obligado extender el exhorto de participación a todas las sociedades científicas de México, para llevar al siguiente nivel su papel como concentradoras y unificadoras de opinión científica. El presente es un momento de grandes transiciones y decisiones para la conservación de los mamíferos de México, y de

la biodiversidad en general. Existe amplia oportunidad para intentar que el conocimiento científico, arduamente logrado en las pasadas décadas, alcance su máximo potencial de aplicación.

Habiendo tenido la enorme fortuna de acercarme a practicar la investigación y la conservación en distintas perspectivas, hoy como ex integrante de la comunidad académica, ex servidor público federal en el sector ambiental, como ex presidente y editor de la AMMAC, como consultor en materia de conservación y, a fin de cuentas, como biólogo de vida silvestre, confío en que las ideas vertidas en esta perspectiva personal consigan estimular sobre todo a aquellos jóvenes mastozoólogos interesados en impulsar la conservación.

Para quienes nacimos a mitad del siglo pasado y recibimos educación antes de la existencia de las computadoras personales e Internet y, para abreviar, antes inclusive de la existencia de las hoy obsoletas máquinas de escribir eléctricas, es muy satisfactorio atestiguar el formidable avance actual de la mastozoología mexicana. También resulta estimulante constatar cómo los esfuerzos desarrollados en el último cuarto del Siglo XX –como dije al principio, por parte de un puñado de mastozoólogos entonces en ciernes– para fundar y encaminar la AMMAC, se han visto apoyados por el quehacer de nuevas generaciones dando como resultado un floreciente desarrollo de esta Asociación, ya reconocida como de primera clase mundial.

Óscar Sánchez

Consultor en materia de conservación

Abril de 2012

Evaluación estacional de fitoestrógenos en heces de machos del murciélago frutero jamaicano (*Artibeus jamaicensis* Leich, 1821).

Salame-Méndez, Arturo^{1*}, Alondra Castro-Campillo², Karina Olvera-Olvera², Héctor Serrano³, Fernando Huerta-García⁴, Juan José Esquivel-Florencio², Jorge Haro-Castellanos¹, Miguel Ángel Briones-Salas⁵, José Ramírez-Pulido², José Luís Gómez-Olivares³, María Dolores García-Suárez².

Abstract

Artibeus jamaicensis Leich, 1821, obtains its basic energetic requirements to survive and to reproduce from fruits and leaves, even though some of them may contain harmful phytochemicals that could act as estrogens (phytoestrogens, PTE); thus provoking endocrine disruption in its reproductive physiology. PTE derive from isoflavones, lignans, and coumestans, phenolic fluorescent compounds that can be detected through thin layer chromatography. Here we evaluate the presence of these three groups in the feces of adult males of *A. jamaicensis*, by means of representative analites (genistein, GEN; zearalenone, ZEA; coumestrol, COU, respectively) in order to verify: a) which analites were present, and b) whether they had a temporal pattern or they remained constant along the year. We further examined if we could qualitatively link temporal patterns of phytochemicals with the reproductive activity of males, using the position of their testes. Although we detected neither presence of GEN, ZEA or COU, we did observed stains from unknown phytochemical fluorescent compounds (UPFC), according to annual seasons and to pluvial regimen, as well as to the position of the testes. The finding of these UPFC, together with its temporal coincidence with the reproductive activity of males, elicits more questions about the possible influence that these substances could have on the reproductive activity of *A. jamaicensis*.

Keywords: *Artibeus*, endocrine disruption, feces, frugivory, phytoestrogens, reproduction, testes.

^{1*} Departamento de Biología de la Reproducción E-mail: asam@xanum.uam.mx (ASM), hcja@xanum.unam.mx (JHC).

² Departamento de Biología E-mail: acc@xanum.uam.mx (ACC), tu_especimen@hotmail.com (KOO), cbs201330971@titlani.uam.mx (JJE), jrp@xanum.uam.mx (JRP), luli@xanum.uam.mx (MDGS).

³ Departamento de Ciencias de la Salud E-mail: hser@xanum.uam.mx (HS), gool@xanum.uam.mx (JLGO).

División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco # 186. A. P. 55-535. México, Distrito Federal 09340

⁴ Escuela de Ciencias. Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. Av. Universidad s/n, Ex Hacienda de "Cinco Señores", Oaxaca, Oaxaca 68120, E-mail: biohuertagf@yahoo.com.mx.

⁵ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-Oaxaca), Instituto Politécnico Nacional. Calle Hornos # 1003, Oaxaca. Oaxaca 71230, E-mail: mbriones@ipn.mx.

* Corresponding author

Artibeus jamaicensis Leich, 1821, obtiene los requerimientos energéticos básicos para subsistir y reproducirse a partir de frutos y hojas, aún cuando algunos de ellos podrían contener fitoquímicos nocivos que al actuar como estrógenos (fitoestrógenos, FTE); provocan disrupción endócrina en su fisiología reproductiva. Los FTE derivan de isoflavonas, lignanos y coumestanos, compuestos fenólicos fluorescentes que pueden ser detectados en sus heces, mediante cromatografía en capa fina. Aquí evaluamos la presencia de esos tres grupos en las heces de machos adultos de *A. jamaicensis*, mediante analitos representativos (genisteína, GEN; zearalenona, ZEA; coumestrol, COU, respectivamente) para verificar: a) cuáles analitos estaban presentes y b) si tenían un patrón temporal o se mantenían constantes a lo largo del año. También relacionamos cualitativamente la presencia de fitoquímicos con la actividad reproductiva de los machos, mediante la posición de sus testículos. Aunque no constatamos la presencia de GEN, ZEA o COU, sí observamos manchas de compuestos fitoquímicos fluorescentes desconocidos (CFFD) que se relacionan con la estación del año y el régimen pluvial, así como con la posición de los testículos. El hallazgo de estos CFFD y su coincidencia temporal con la actividad reproductiva de los machos, libera más preguntas acerca de la posible influencia que estas sustancias podrían ejercer sobre la actividad reproductiva de *A. jamaicensis*.

Palabras clave: *Artibeus*, disrupción endocrina, frugivoría, fitoestrógenos, heces, reproducción, testículos.

Introducción

La ingesta de plantas es la base para la subsistencia espacio-temporal de diversas especies y por ello el estudio de la relación trófica entre planta-animal, o herbivoría, es uno de los paradigmas en las ciencias biológicas, tanto por sus implicaciones evolutivas como fisiológicas (Granados-Sánchez *et al.* 2008). Al respecto, las plantas producen fitoquímicos que participan en sus procesos fisiológicos y que además pueden actuar sobre sus consumidores; *v. gr.*, algunos metabolitos secundarios actúan dándoles protección a las plantas contra sus depredadores o como atrayentes para sus polinizadores (Krasov y Martínez del Río 2007). Uno de los grupos más extensos entre esos metabolitos secundarios es el de los compuestos fenólicos, los cuales al oxidarse primero ellos, inhiben la oxidación de otras sustancias en la planta, protegiéndola contra tal proceso, pero además forman quinonas que confieren las tonalidades azul, azul-rojo o violeta, características de algunos frutos (Chasquibol *et al.* 2003). En conjunto, los compuestos fenólicos también pueden actuar como defensas en las plantas contra algunos organismos patógenos, plagas y herbívoros (Ramos *et al.* 1998; Granados-Sánchez *et al.* 2008). En los mamíferos herbívoros, algunos compuestos fitoquímicos fenólicos actúan a modo de cofactores metabólicos, mientras que otros alteran su proceso reproductivo. Sobre lo último, esos fitoquímicos fenólicos pueden unirse a los receptores α y/o β estrogénicos de las hormonas esteroideas sexuales (Morito *et al.* 2002) y como al hacerlo trastornan procesos endocrinos de la reproducción en esos mamíferos, han sido llamados fitoestrógenos (Palacios 2002).

La alteración reproductiva producida por fitoestrógenos también se presenta tanto en

mamíferos omnívoros como carnívoros, aún cuando estos últimos sean relativamente estrictos como son los cánidos (Pérez-Rivero *et al.* 2009), además de que también ha sido verificada de manera experimental en murciélagos hematófagos (Serrano *et al.* 2007a). La capacidad que tienen los fitoestrógenos para alterar procesos bioquímicos y fisiológicos de la reproducción en estas especies, junto con otras evidencias experimentales, ha hecho que se les considere como disruptores endocrinos (Pérez-Rivero *et al.* 2007).

Por sus características químicas, los fitoestrógenos se agrupan en isoflavonas, lignanos y cumestanos, cuyos principales representantes son genisteína, enterolactona y coumestrol, respectivamente (Pérez-Rivero *et al.* 2007). A éstos se añade en el grupo de los lignanos, la zearalenona, micotoxina y metabolito estrogénico producido por hongos del género *Fusarium* (Minervini y Dell'Aquila 2008). Las isoflavonas, lignanos y cumestanos son sustancias comunes en las plantas que tienen la característica fisicoquímica de emitir luz (fluorescencia) cuando son expuestas a radiación ultravioleta (Serrano *et al.* 2007b). Las isoflavonas y flavonas forman parte de los flavonoides que son compuestos antioxidantes (Chasquibol *et al.* 2003; Serrano *et al.* 2006). Los lignanos se encuentran en frutas, verduras y semillas; forman parte de la lignina de la pared celular, además de que participan en el crecimiento de las plantas y son antioxidantes (Coley y Barone 1996; Chasquibol *et al.* 2003). Los coumestanos derivan de la coumarina, compuesto volátil de fragancia agradable, muy abundante en algunos frutos como la vainilla. La coumarina puede ser biotransformada por hongos en el anticoagulante dicumerol o quimiotransformada en el anticoagulante warfarina, la cual fue muy utilizada para combatir plagas del vampiro *Desmodus rotundus* (Flores-Crespo 1978; Flores-Crespo *et al.* 1979), pero actualmente está prohibida (Romero-Almaraz *et al.* 2006). En general, estos tres grupos de fitoestrógenos pueden ser eliminados en la orina y/o las heces intactos o como metabolitos sulfatados.

Aunque los fitoestrógenos presentes en las plantas podrían actuar como disruptores endócrinos en los mamíferos herbívoros silvestres que los consumen, también es cierto que la reproducción de éstos últimos está ajustada espacio-temporalmente con la accesibilidad, abundancia y calidad de los recursos alimenticios (Sadleir 1969; van Tienhoven 1983; Bronson y Heideman 1994). Por eso, para examinar el posible efecto disruptor de los fitoestrógenos sobre la reproducción de herbívoros silvestres, primero debemos responder si los consumen, por ejemplo, evaluando si se presentan compuestos del tipo de las isoflavonas, lignanos y coumestanos en sus heces fecales. Asimismo, también debemos determinar si su presencia muestra un patrón temporal (*i. e.*, por estaciones del año o por régimen pluvial) que pudiera estar asociado con algún aspecto de la reproducción de la especie en cuestión.

Es por eso que elegimos al murciélago frutero jamaicano (*Artibeus jamaicensis* Leich, 1821), especie relevante en el mantenimiento y regeneración de la vegetación en su hábitat tropical, ya que dispersa y poliniza de plantas pioneras en el neotrópico (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes 1985; Galindo-González 1998, 2004; Flores-Martínez *et al.* 1999-2000; Mancina y Sánchez 2001; Acosta y Aguanta 2006). La especie es muy adaptable y resistente a las transformaciones del ambiente a lo largo de su distribución geográfica, ya que habita en zonas preservadas, fragmentadas o transformadas de vegetación tropical, así como en vegetación riparia, secundaria y en arbustos aislados de los pastizales (Galindo-González 2004). Como en estos ambientes,

A. jamaicensis consume varios tipos de frutos silvestres y cultivados, se le considera una especie frugívora generalista (Morrison 1978a y b, 1980; Bonaccorso 1979; Flores-Martínez *et al.* 1999-2000; Rodríguez-Durán y Vázquez 2001; Ortega y Steers 2005; Acosta y Aguanta 2006). La especie consume principalmente higos del género *Ficus* (*F. insípida*, *F. mexicana*, *F. obtusifolia*, *F. padifolia*, *F. trigonata*, *F. yoponensis*), pero también frutos de chancarro (*Cecropia obtusifolia*), naranjilla (*Solanum hirtum*), plátano (*Musa paradisiaca*), guayaba (*Psidium guajava*), ramón (*Brosimum alicastrum*), mururé (*B. lactescens*), ciruelo (*Spondias purpurea*), zapote (*Manilkara zapota*), mango (*Mangifera* spp.), guanandí (*Calophyllum brasiliense*), mara (*C. longifolium*), almendro de montaña (*Dipteryx panamensis*), almendro indio (*Terminalia catappa*) y de aguacate (*Persea americana*), así como diversas moras de la familia Moraceae. A esos frutos se añaden hojas (Kunz y Diaz 1995) de búcare ceibo (*Erythrina poeppigiana*), jagüey blanco (*Ficus citrifolia*), higuera sagrada (*F. religiosa*), amate (*F. máxima*), santa maría o mamey falso (*Calophyllum calaba*) y de berenjenita cimarrona o prendejera (*Solanum torvum*).

La reproducción de este filostómido frugívoro parece estar relacionada con la disponibilidad de alimento, el cual a su vez depende de la temporalidad de las lluvias a lo largo de su distribución. En selvas tropicales perennes o caducifolias, la especie se comporta como poliéstrica estacional con un primer pico de nacimientos al final de la transición entre las temporadas de secas y de lluvias (abril-mayo) y un segundo pico a la mitad de la temporada lluviosa (julio-septiembre), cuando la precipitación se mantiene abundante constante y la vegetación ofrece sus frutos (Bonaccorso 1979; Ortega y Castro-Arellano 2001; Ortega y Arita 2005; Ortega y Steers 2005). Cabe señalar que durante los meses anteriores al pico de nacimientos, los machos presentan testículos escrotales (Ortega y Arita 1999). La especie aparenta estar reproductivamente quiescente, al final de la temporada de lluvias (octubre a diciembre), ya que no muestra signos externos de actividad reproductiva (*v. gr.*, testículos inguinales en los machos); sin embargo, las hembras están preñadas y pueden experimentar retraso en el desarrollo embrionario (Fleming 1971).

Como a lo anterior se suma que algunas especies y géneros de plantas en la dieta *A. jamaicensis* contienen fitoestrógenos (Arthan *et al.* 2002; Thompson *et al.* 2006; Khoo y Ismail 2008; Kuhnle *et al.* 2009; Watcho *et al.* 2009), decidimos realizar un análisis preliminar, a través de cromatografía en capa fina, para verificar si las heces de machos adultos contenían genisteína, zearalenona y / o coumestrol, usando éstos fitoestrógenos como analitos representativos de isoflavonas, lignanos y cumestanos, respectivamente. Luego verificamos si su presencia mostraba un patrón temporal. Finalmente, determinamos la proporción de machos capturados con testículos escrotales (reproductivamente activos) o inguinales (reproductivamente inactivos) para agruparlos por estaciones del año y régimen pluvial, de manera que pudiésemos asociar cualitativamente su actividad reproductiva con la presencia temporal de fitoquímicos fluorescentes.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Las colectas de *A. jamaicensis* se hicieron en el interior del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-Oaxaca), ubicado en el Municipio de Santa Cruz

Xoxocotlán y a una altitud de 1,563 msnm, entre los 17.0139' N — 96.4311 W. El clima de Oaxaca, Oaxaca, (Manzanero y Flores 2000, CONABIO s/a, PMD 2011-2013 s/a) es el menos seco de los secos áridos (cociente P/T > 22.9): régimen pluvial, de verano-otoño con el 5% al 10.2% anual e intervalo de 600 – 700 mm, siendo los meses de junio a septiembre los más lluviosos; semicálido: temperatura media anual > 22 °C e isotermal con marcha de temperatura tipo Ganges, pues el mes más cálido se presenta en el solsticio de verano, siendo la temperatura del mes más frío > 18 °C. En la figura 1a se muestra el comportamiento promedio de la temperatura (T°) y de la humedad relativa (Hr), conforme a las fechas en que se desarrolló el estudio y de acuerdo a datos obtenidos de la estación Xoxocotlán International (<http://www.tutiempo.net>).

La conformación territorial que exhibe el área de estudio corresponde a una zona conurbana con disturbio ecológico por actividades antropogénicas; el uso de suelo que predomina es el agrícola de riego, ocupando el 48.4% de la superficie municipal con plantíos de maíz, frijol y alfalfa (INEGI, 2010), pero en donde se pueden encontrar frutales como níspero (*Eriobotrya japonica*), guayaba (*Psidium guajava*), ciruela (*Spondias mombin*), higo (*Ficus carica*) y dátiles (*Phoenix dactylifera*). En general, debido a la urbanización y a los consecuentes cambios climatológicos regionales hacia un régimen más cálido y seco, la vegetación natural del Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán (CONABIO 2010), que correspondía a bosques templados de coníferas y encinos en las partes altas de las serranías y a selva baja caducifolia en las partes bajas, tiende a desaparecer. Esta vegetación original es sustituida por vegetación xerófila de tipo chaparral en los lomeríos, mientras que en las partes más bajas predominan pequeñas hierbas, pastos y arbustos como el huizache (*Acacia fornesiana*), el guamúchil (*Pithecelobium dulce*) y el tehuixtle (*A. milibekii*), algunas leguminosas y magueyes de los tipos “tovasiche” (*Agave karwinskii*) y “manso” (*A. atrovirens*), respectivamente (INEGI 2010).

Captura y selección de individuos

Para la captura mensual de los quirópteros, se colocaron dos redes de niebla de 12 x 2.6 m y con una luz de malla de 2 x 2 cm, donde los murciélagos solían alimentarse o hidratarse (Kunz et al. 1996), incluyendo los meses de marzo a mayo en el año 2008 y de enero a septiembre en el 2009. Las redes fueron revisadas cada 30 minutos, desde el ocaso hasta la madrugada (19:30 – 2:30 hrs), permaneciendo abiertas durante este periodo de siete horas que corresponde al máximo de actividad de los murciélagos de la familia Phyllostomidae (Heithaus y Fleming 1978). El esfuerzo de captura fue calculado considerando los metros totales sumados de red, multiplicados por el número total de horas en que las redes permanecieron abiertas por período de muestreo en los siete meses con captura efectiva (Medellín 1993). Los *A. jamaicensis* se identificaron *in situ*, mediante claves dicotómicas (Medellín et al. 1997), se liberó a las hembras y sólo se retuvo a los machos adultos (*i. e.*, con las epíffisis metacarpales fusionadas por osificación). Finalmente, se registró la posición de los testículos (escrotales / inguinales) en estos machos adultos, para luego graficar su frecuencia por estación y por régimen pluvial (Fig. 1b y c).

Colecta de muestras fecales

Los murciélagos fueron introducidos en bolsas de tela y anestesiados con éter dietílico hasta morir, ya que fueron usados para este y otros estudios. De cada uno de ellos también se recogieron las muestras fecales que fueron dejadas en la bolsa o que se extrajeron por disección del último cuarto del intestino grueso. Las heces de cada animal fueron depositadas en tubos Eppendorf a los que se les agregaron 500-600 μL de etanol al 70%.

Evaluación de fitoestrógenos

La evaluación en las heces de la presencia de los fitoestrógenos (FTE) se hizo mediante cromatografía en capa fina (TLC por convención del inglés), utilizando como muestras de referencia (Sigma-Aldrich, San Louis, MO) coumestrol (COU), zearalenona (ZEA) y genisteína (GEN). Cada tubo conteniendo las heces se agitó en vortex (Thermolyne®) y posteriormente se centrifugaron a 1,500 rpm por 1 min a temperatura ambiente. Del sobrenadante se tomó una alícuota de 100 μL que se transfirió a otro tubo Eppendorf al que se le agregó una mezcla de éter:cloroformo (2:1 v/v). Los tubos se agitaron en vortex y la disolución se transfirió a otro tubo para evaporar hasta sequedad. Este procedimiento se realizó dos veces. Una vez evaporada la disolución de extracción, a los tubos se les agregaron 50 μL de acetato de etilo:cloroformo (7:3, v/v), luego se agitaron en vortex y de esta disolución se tomó una alícuota de 1.5 μL que se aplicó a cromatoplasmas de vidrio (20 x 10 cm) cubiertas con gel de sílice e indicador para absorción de radiación ultravioleta de 254 nm (Merck®). Las cromatoplasmas con los estándares de los tres FTE (GEN, ZEA y COU) y las muestras a analizar se introdujeron a una cámara cromatográfica, previamente saturada con acetato de etilo:cloroformo (7:3 v/v) como fase móvil. La resolución de los compuestos se realizó a 25 °C con humedad relativa del 35% por un lapso de 30 min. Concluida la cromatografía, las placas se sacaron de la cámara, dejándolas a temperatura ambiental hasta evaporar los disolventes orgánicos. La presencia de manchas fluorescentes en las cromatoplasmas secas fue observada con una lámpara de UV (UVGL-25. UVP, Inc. San Gabriel, Cal.) en un cuarto oscuro. Enseguida se calculó el R_f (*Retention factor* o factor de retención) de cada mancha fluorescente, dividiendo el recorrido de los analitos desde el punto de aplicación, entre la distancia que se deja desplazar la fase móvil (frente de solventes) en la cromatoplasma. El resultado adimensional (sin unidades) de este cociente, o R_f , quedó entre 0 (alta polaridad, punto de aplicación) y 1 (baja polaridad, frente de solventes) en todos los casos.

Obtención del patrón temporal de compuestos fluorescentes

La presencia o ausencia de fitoquímicos fluorescentes, se documentó para cada macho adulto en las cromatoplasmas (patrón individual). Luego se compararon los patrones individuales de los que fueron capturados en el mismo mes y si las manchas individuales tenían el mismo R_f , se representaron como una sola mancha en un mes en particular (patrón mensual). Los patrones mensuales de manchas fluorescentes con el mismo R_f también fueron acumulados para obtener el patrón estacional, conforme a las tres estaciones del año incluidas en el trabajo como sigue: primavera: marzo-mayo; verano: julio y agosto; otoño: septiembre. La acumulación de manchas fluorescentes con el

mismo Rf en los patrones mensuales también se siguió para obtener el patrón del régimen pluvial, considerando que la temporadas de secas incluye los meses de marzo-mayo y que la temporada de lluvias abarca los meses de julio-septiembre (Fig. 1a). Los patrones de los compuestos fluorescentes agrupados por patrón estacional y patrón del régimen pluvial se representan en la figura 2.

Resultados

El esfuerzo de captura fue de 5,040 horas/red para recolectar 30 machos adultos de *A. jamaicensis* (tres animales por mes en el 2008, mientras que en el 2009, se atraparon tres en abril, seis en julio, siete en agosto y cinco en septiembre). De estos individuos, 12 correspondieron a la primavera (marzo-mayo), 13 al verano (julio-agosto) y cinco al otoño (septiembre). Por cuanto al régimen pluvial, se capturaron 18 machos durante la temporada de lluvias y 12 en la de secas (Fig. 1). Con la excepción de uno, todos los machos de marzo presentaron testículos inguinales, mientras que la totalidad de los individuos capturados en los dos siguientes meses de la primavera (abril y mayo) tuvieron testículos inguinales, por lo que el 94.12% de los machos adultos mostraron testículos inguinales durante la temporada de secas (Fig. 1 b y c). En cambio, la mayoría (84%) de los atrapados en la época de lluvias, la cual incluye los meses del verano-otoño (julio-septiembre), tenían los testículos en el escroto, con la excepción de dos individuos atrapados en julio (Fig. 1 b y c).

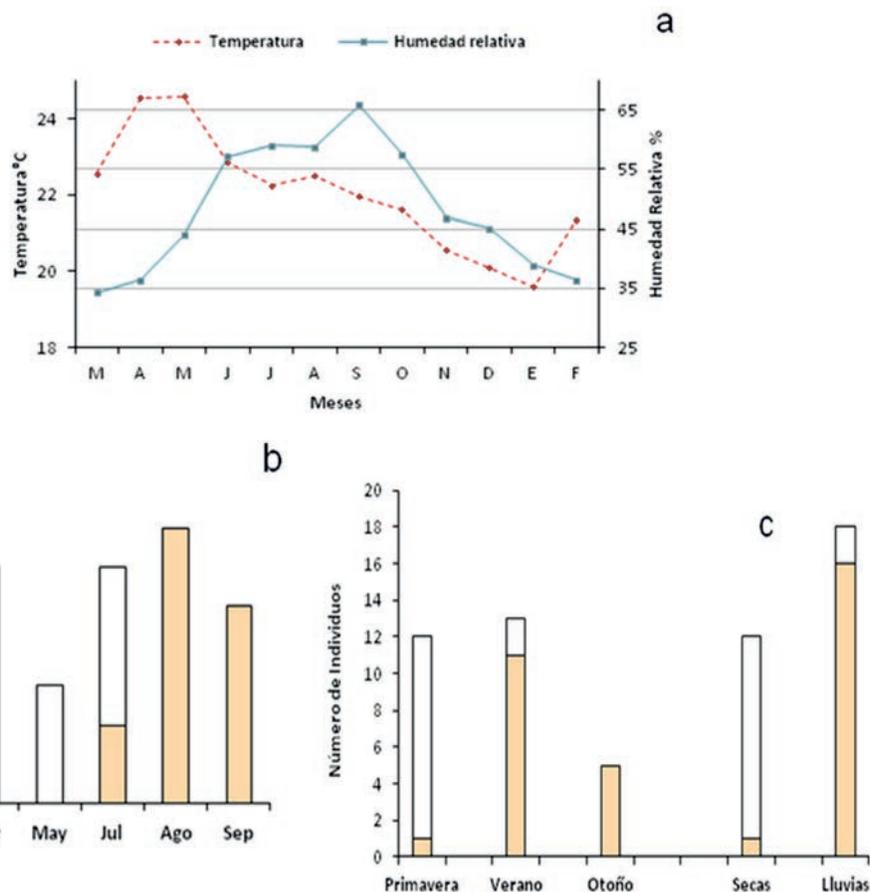


Figura 1. Comportamiento promedio del clima en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca y posición de los testículos en machos adultos de *Artibeus jamaicensis* examinados. (a) Patrón promedio de la temperatura y de la humedad relativa en los años 2008 y 2009 (<http://www.tutiempo.net>). Cuento de individuos con sus testículos en posición inguinal (barras blancas) o dentro del escroto (barras grises), conforme a los meses en que fueron capturados (b), así como a las estaciones del año o al régimen pluvial (c). Ver texto.

Los fitoestrógenos de referencia (FTER: GEN, ZEA y COU), utilizados en las cromatoplasmas como estándares de comparación, presentaron Rf característicos y constantes entre 0.65 y 0.8. Sin embargo, no se recuperaron manchas fluorescentes en ese intervalo en ninguna de las heces de los 30 machos examinados (Fig. 2). En cambio, sí se obtuvieron manchas correspondientes a compuestos fitoquímicos fluorescentes desconocidos (CFFD) a partir de las heces de los machos, cuyos Rf se ubicaron por abajo y arriba del intervalo de los FTER (Fig. 2). Tanto la presencia de los CFFD como sus Rf fueron consistentes en los dos patrones temporales examinados (Fig. 2), permitiendo obtener un escenario acumulado de las manchas correspondientes tanto al patrón de las tres estaciones del año (primavera = 3 manchas; verano = 1; otoño = 2) analizadas como al del régimen pluvial (temporada de secas = 3; temporada de lluvias = 2).

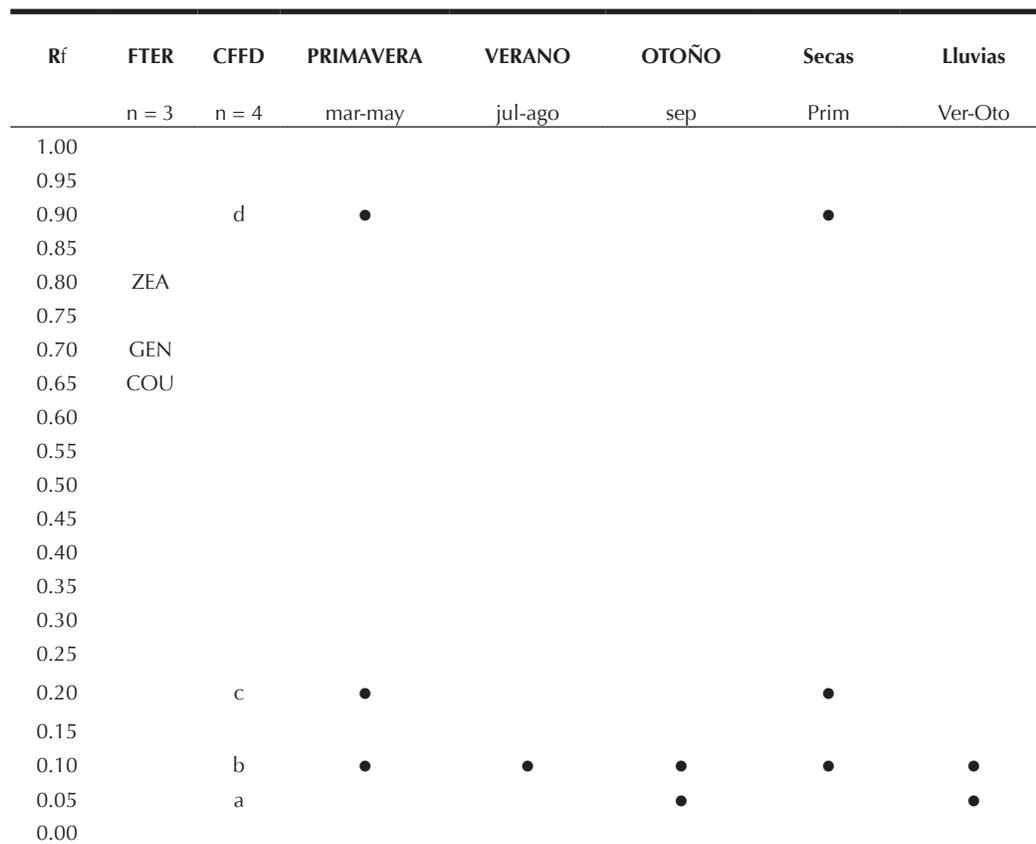


Figura 2. Patrón temporal, conforme a la estación del año y al régimen pluvial, de fitoquímicos fluorescentes, obtenidos en las heces de 30 machos adultos de *Artibeus jamaicensis*. Se representa una cromatoplasma típica, sintetizando la información de 60 cromatografías en capa fina. Los valores de Rf (distancia recorrida por el fitoquímico, respecto del frente de la fase móvil) indican las posiciones relativas de los fitoestrógenos de referencia (FTER) valorados (ZEA = Zealalenona, GEN = Genisteína, COU = Coumestrol), así como de los compuestos fitoquímicos fluorescentes desconocidos (CFFD), en donde las letras a-d asocian las manchas (•) con el mismo Rf. Se señalan las abreviaturas de los meses y estaciones incluidos en los patrones temporales correspondientes. Ver texto.

En el caso de las estaciones (Fig. 2), se encontraron cuatro CFFD con Rf diferentes (a-d en Fig. 2). El CFFD con la mayor polaridad sólo se encontró en el otoño (a, Rf = 0.05), mientras que el segundo CFFD con mayor polaridad, que fue el único en ser recuperado durante el verano (b, Rf = 0.1), se obtuvo también en las otras dos estaciones. En cambio, los dos CFFD obtenidos en la primavera exhibieron polaridades muy diferentes. Uno de ellos se mantuvo más cercano a la mayoría de los otros CFFD, aunque ligeramente por

encima de ellos (c , $R_f = 0.2$). El segundo CFFD de primavera (d , $R_f = 0.9$) fue el compuesto menos polar, superando notoriamente el recorrido alcanzado por la mayoría de los otros CFFD y, aunque se ubicó más cercanamente a los FTER, tuvo menor polaridad. Cuando los resultados fueron agrupados con base al régimen pluvial se encontraron tres CFFD en la temporada de secas ($b-d$ en Fig. 2) que incluye los meses de la primavera (marzo-mayo), así como dos más ($a-b$ en Fig. 2) durante la temporada de lluvias que incluye los meses del verano – otoño (julio – septiembre).

Discusión

Este es un estudio preliminar en el que nos propusimos verificar si podíamos detectar, mediante un método cualitativo y preparativo como la TLC, la presencia de FTE en las heces fecales de *A. jamaicensis*, asumiendo que si algunas de las frutas (cultivadas y silvestres) que consumen estos murciélagos los contienen en altas cantidades, podrían ser detectados en sus heces fecales. Nuestros análisis no apoyaron la presencia concreta de GEN, ZEA y COU en las heces de *A. jamaicensis* y la probable ausencia de estos tres FTER puede deberse, entre otras razones a: i) que los FTER efectivamente se encuentran presentes en el alimento del murciélago, pero sus concentraciones no fueron detectables en sus excretas (partes por millón), mediante el método analítico utilizado (TLC); ii) que quizá *A. jamaicensis* sí los consume, pero los metaboliza para inactivarlos como algunos roedores (Bosinovic y Novoa 1997) o se vale de microorganismos para hacerlo (Miyazawa et al. 2006; Karasov y Martínez del Río 2007), evitando así un efecto disruptor, o iii) que definitivamente no había este tipo particular de FTER en el alimento consumido por los individuos analizados, lo cual no implica que no hubiese otros FTE de los grupos de isoflavonas, lignanos y coumestanos, ya que se ha descrito una gran variedad en más de 16 órdenes de plantas que incluyen unas 63 familias (Ososki y Kennelly 2003; Mackova et al. 2006).

Por cuanto al método, la TLC ha sido usada en otros estudios con el mismo propósito (Pelissero et al. 1991; Lapěík et al. 1998; Pearce et al. 2003; Matseliukh et al. 2005; Miyazawa et al. 2006) en donde también se ha buscado la presencia de COU, ZEA y GEN, FTE que provocan disrupción endocrina en la biología reproductiva de otras especies (v.gr., Adams 1995; Romero et al. 1997; Muñoz-Mendoza et al. 2002). Sin embargo, aunque la TLC permite detectar compuestos con diferente polaridad (Pelissero et al. 1991; Lapěík et al. 1998; Pearce et al. 2003; Matseliukh et al. 2005; Miyazawa 2006), también es un método preparativo para realizar otros análisis cuantitativos *a posteriori* de los analitos separados (Mazur et al. 1996; Griffith y Collison 2001; Wu et al. 2003). En esa siguiente fase se usan técnicas con mayor sensibilidad, tales como la cromatografía líquida de alta resolución en combinación con luz ultravioleta (HPLC-UV por convención del inglés); cromatografía líquida junto con espectrometría de masas (LC-MS); la dilución de isótopos por cromatografía de gases y espectrometría de masas (ID-GC-MS).

Para discernir entre las otras dos posibilidades (ii, iii), es necesario abordar estudios más específicos sobre: a) la dieta del murciélago frutero jamaicano en el área de estudio y en la vegetación natural aledaña; b) el contenido de estos FTER en las plantas que efectivamente consume y c) el metabolismo de estos FTER en la especie, así como su posible efecto en la biología reproductiva de la misma. Con base en nuestros resultados,

tampoco podemos descartar del todo que *A. jamaicensis* no consuma los FTER porque se menciona su presencia, especialmente de GEN y de COU en higos (Lansky y Paavilainen 2011) y sus usos medicinales corresponden al comportamiento de estos compuestos (Watcho *et al.* 2009). No olvidemos que los higos son un componente sumamente importante en la dieta de *A. jamaicensis* a lo largo de su distribución (Morrison 1978a y b, Ortega y Arita 1999; Ortega y Castro-Arellano 2001; Rodríguez-Duran y Vázquez 2001). Además, estos compuestos han sido encontrados en todas las especies de frutales cultivados en el CIIDIR-Oaxaca: níspero (Kim *et al.* 2009), guayaba (Thomson *et al.* 2006), ciruela (Igwe *et al.* 2011), higo (Lansky and Paavilainen, 2011; Kuhnle *et al.* 2009) y dátiles (Ososki y Kennelly 2003; Kuhnle 2009), así como en plátanos (Thompson *et al.* 2006; Kuhnle *et al.* 2009), aguacate (Kuhnle *et al.* 2009) y mango (Khoo e Ismail 2008; Kuhnle *et al.* 2009), frutales presentes en los huertos de la zona aledaña al CIIDIR-Oaxaca. Sin embargo, no se ha realizado hasta ahora ningún estudio que confirme si la cantidad de FTE en estas frutas es suficientemente deleznable para no producir efectos disruptivos en la fisiología reproductiva del murciélago frutero jamaicano; de hecho, tampoco se sabe qué cantidad de FTE sería necesaria para producir una disrupción en la especie, o bien, si alguno de estos FTER (COU, ZEA y GEN) realmente le provocan disrupción endócrina. Pero es importante recordar que en otro filostómido sí producen alteraciones en su fisiología reproductiva (Serrano *et al.* 2007a).

Por otro lado, la presencia diferencial de manchas fluorescentes (a-d) en las heces, tanto por estaciones del año como por temporadas de lluvias y de secas (Fig. 2), tampoco permite descartar la presencia de isoflavonas, lignanos y/o cumestanos en las heces *A. jamaicensis*, compuestos de los cuales derivan los fitoestrógenos (Ososki y Kennelly 2003). El Rf y la fluorescencia de las diferentes manchas detectadas nos permiten suponer que pudiera tratarse de: a) precursores de FTE; b) otros FTE diferentes a los analitos de referencia y/o, c) formas modificadas (glucosiladas, sulfatadas o metiladas) de esos fitoquímicos que son más fácilmente eliminadas por la orina y las heces. Sobre esto, se menciona (http://cot.food.gov.uk/cotwg/wg_phyto) que las isoflavonas, lignanos y coumestanos son compuestos hidrofóbicos que requieren de cambios en su estructura antes de poder ser solubles en agua: i) las isoflavonas, al conjugarse con grupos de glucosa, glucuronatos o sulfatos, aumentan su solubilidad en agua, mientras que la acetilación o malonilación de los conjugados de glucosa y la metilación de la mitad de la isoflavona pueden alterar su solubilidad: bajo condiciones ácidas, las gluconas pueden desconjugarse para transformarse en agluconas, mientras que bajo condiciones ácidas o básicas, los grupos acetilo y malonilo pueden ser removidos; además, los grupos malonilo se pueden descarboxilar, dando lugar a grupos acetilo; en el cuerpo, las enzimas del intestino y del hígado pueden llevar a cabo estas reacciones durante el metabolismo; ii) la presencia de grupos prenilo hace que los coumestanos sean menos solubles que las isoflavonas; iii) los lignanos se presentan como polímeros de largas cadenas, por lo que sólo después de tratamiento químico pueden ser vistos como agluconas o glucósidos (Liggins *et al.* 2000); los lignanos son convertidos en los FTE enterolactona y enterodiol por la microflora (Axelson *et al.* 1982; Setchell y Adlercreutz 1988). Se han propuesto diferentes modelos por los que los organismos pueden estar metabolizando los FTE (Forbey *et al.* 2009) y, aunado a eso, la solubilidad de los FTER es importante, ya que nuestra especie modelo engulle la pulpa de la fruta o forma una masa

foliar en su boca, extrae los líquidos y expelle la mayor parte al vuelo, lo cual le permite obtener las proteínas suficientes de su alimento y le evita cargar prácticamente su peso al desplazarse (Morrison 1978b, 1980; Herrera et al. 2001).

En cualquier caso, las manchas de los CFFD obtenidas de las heces de *A. jamaicensis* en las cromatoplasmas, también sugieren que los insumos nutrimentales que conforman la dieta de este quiróptero filostómido, efectivamente contienen diferentes tipos de sustancias fluorescentes con un perfil particular, los cuales podrían corresponder a fitoquímicos del tipo FTE (Serrano et al. 2007b). En este orden de ideas, el hecho de que el CFFD b tenga un patrón independiente de la estación o del régimen pluvial (Fig. 2), libera la pregunta de si se trata de algún fitoquímico presente en frutos y hojas de plantas residentes en el ámbito hogareño del murciélago y que, por ende, suelen ser consumidas con mayor frecuencia por él. Tal es el caso de higos del género *Ficus* sp. en Panamá, Costa Rica y México (Morrison 1978a y b, 1980; Bonaccorso 1979; Flores-Martínez et al. 1999-2000; Rodríguez-Durán y Vázquez 2001; Ortega y Steers 2005; Acosta y Aguanta 2006), o de las hojas del búcare ceibo, *Erythrina poeppigiana* (Kunz y Diaz 1995), en Puerto Rico. Por su parte, la estacionalidad de los CFFD a y d para la temporada seca y del CFFD c para la temporada lluviosa, sugiere la presencia de fitoquímicos que sólo se encuentran en la primavera y el verano-otoño, respectivamente. Considerando el ámbito hogareño que se ha mencionado para el murciélago frutero jamaicano en su búsqueda de alimentos (Morrison 1978a y b, 1980), es posible que las plantas silvestres que pudieran contener estos compuestos se localicen en un radio de 3 km a 10 km, o más, y que muestren cambios fenológicos entre las temporadas de secas y de lluvias. De hecho, el bajo éxito de captura en este trabajo indica que sólo algunos individuos se aventuran alimentarse de los frutales en los huertos del CIIDIR-Oaxaca, mientras que la mayoría aparentemente permanece buscando sus alimentos en las zonas aledañas de vegetación conservada o alterada, en donde están presentes plantas como las mencionadas.

Lo que también resulta evidente de nuestro estudio, es que el patrón temporal de la presencia de CFFD en las heces de *A. jamaicensis* bien puede estar asociado a sus eventos reproductivos en la zona de estudio. Las variaciones en el perfil de los CFFD, detectados en las heces de los machos adultos del murciélago frutero jamaicano coinciden claramente con el cambio en la posición de sus testículos. Así, mientras que los tres CFFD de la temporada de secas (a, b y d), que corresponde a la primavera, están asociados con la posición inguinal de los testículos en la mayoría de los machos adultos, los dos CFFD (b y c) de la temporada de lluvias, que integra los meses de verano y otoño incluidos, lo hacen con la posición escrotal de los testículos en casi todos los machos adultos. Si se considera la posición de los testículos como indicativa de su estado reproductivo (Montiel et al. 2011), se podría derivar que en la zona del estudio, los machos se encuentran sexualmente activos durante las lluvias e inactivos en la época seca, respectivamente. En otra población de *A. jamaicensis* en una selva caducifolia, alterada por cultivos, en Yucatán (Ortega y Arita 1999; 2005), también los machos reproductores presentan los testículos en el escroto, tanto durante la transición de la época seca a la de lluvias como en el momento en que las lluvias son más copiosas. Es en estas condiciones cuando precisamente también ocurren el apareamiento y los nacimientos, ya que coinciden con el reverdecimiento de las hojas y la presencia de frutos

(Ortega y Arita 1999; 2005). En Panamá, la especie que corresponde al dosel arbóreo de selva tropical, también tiene un comportamiento poliéstrico estacional con su actividad reproductiva sincronizada con la fluctuación del régimen pluvial (Bonaccorso 1979). En cambio, la presencia de *A. intermedius*, en un humedal costero marcadamente estacional al NW de Yucatán, parece condicionar que el patrón poliéstrico del murciélago frutero jamaiquino sea independiente del régimen pluvial (Montiel *et al.* 2011). Nuestros datos sobre la posición de los testículos, sugieren que en la zona de este estudio, *A. jamaicensis* tendría un patrón monoéstrico estacional, pero además de contar con información más precisa de los machos tales como la producción y/o contenidos de hormonas sexuales, así como la presencia de espermatozoides en epidídimo y testículos (Salame-Méndez *et al.* 2004, 2008), es necesario obtener la información respectiva de las hembras para poder concluir definitivamente sobre esto.

Finalmente, aún cuando nuestros resultados son preliminares y, por lo mismo, no permiten establecer una respuesta concreta a las interrogantes planteadas en un inicio con base en los FTER, en cambio sí dan pauta a que se continúen otros estudios que aborden preguntas como estas: ¿habrá FTE en el alimento de *A. jamaicensis*? Y de ser el caso ¿qué procesos bioquímicos son los “encargados” de inactivarlos? (Forbey *et al.* 2009). Al igual que en otras especies de herbívoros, ¿será determinante la participación de los microorganismos de su flora intestinal para catabolizar a los FTE (Rowland 1988; Karazov y Martínez del Río 2007)? O bien, ¿será posible que la forma de comer de la especie (Morrison 1978a) evite que, aún de haber FTE en las plantas que consume, no entre en contacto con ellos, ya que si éstos no son solubles, se quedan en los restos de alimento que expele el animal? Además, de ser el caso, ¿cuáles podrían ser los efectos de los FTE sobre *A. jamaicensis*? Ya que los FTE pueden afectar desde la conducta hasta la morfo-fisiología como es el impactante caso de la lactancia en machos del megamurciélago frutero *Dyacopterus spadiceus* (Fackelmann 1994; Francis *et al.* 1994; Kunz y Hosken 2009). La solución a este tipo de preguntas con un enfoque bioquímico y/o microbiológico permitirá conocer otros aspectos relevantes de la ecofisiología de los quirópteros frugívoros, para entender cómo se establece el balance adaptativo obligatorio para que se cumplan sus necesidades alimentarias, por un lado, y para que se lleve a cabo su perpetuación, por el otro. Vistos como adaptación, ambos procesos (metabolismo de fitoquímicos y reproducción) son centrales al tema particular de la herbivoría y al tema más general de la relación planta-animal, ya que la variación de la accesibilidad, del tipo, la calidad y la cantidad de nutrientes vegetales disponibles para los herbívoros está relacionada con los cambios fenológicos de la vegetación a lo largo del tiempo en sus zonas de forrajeo; por ende, esta variación de los recursos alimenticios repercute en los procesos fisiológicos de los herbívoros, involucrados ya sea con su capacidad para soportar las épocas de secas, o que coadyuvan a desarrollar sus eventos reproductivos (McNab 2002). Como a su vez, la cantidad y calidad de los insumos de nutrientes y minerales cambian tanto estacionalmente como a lo largo del día (Weller y Cooper 2001; Moya Rodríguez *et al.* 2002; Ceconil *et al.* 2008), debido a variaciones metabólicas en las plantas, los herbívoros deben ser muy eficientes para obtener los nutrientes necesarios, pero también para inactivar las sustancias nocivas que pueden ingerir (Karazov y Martínez del Río 2007); es decir, que los herbívoros requieren de plasticidad espacio-temporal adaptativa para mantener su homeostasis,

de tal manera que puedan evitar disrupciones fisiológicas, asociadas a diversos tipos de estrés (McNab 2002), lo cual puede estar relacionado con su metabolismo y/o con su conducta (Fackelmann 1994; Francis et al. 1994; Kunz y Hosken 2009).

Agradecimientos

Queremos reconocer la asistencia de G. M. Valdez Gómez en la captura de los animales, así como el apoyo recibido en el laboratorio por L. Zamora Torres y en la elaboración de la figura 1 por A. R. Jiménez Gutiérrez. Este trabajo involucró la formación de recursos humanos (KOO y JJEJ), a través de dos servicios sociales de la Licenciatura en Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud (DCBS), UAM, Unidad Iztapalapa (UAM-I); asimismo, los ejemplares fueron capturados para otros estudios desarrollados en un proyecto de tesis de posgrado (FHG) en la Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales. Especialidad en Biodiversidad del Neotrópico, CIIDIR-Oaxaca, IPN. Este trabajo fue parcialmente financiado por la DCBS, UAM-I, a través del proyecto 1440318 (ASM), así como por la Secretaría de Investigación y Posgrado del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Oaxaca, IPN, a través del proyecto 20080575 (MABS). MABS agradece al SNI y a la COFAA y EDI del IPN por el apoyo brindado.

Referencias

- ACOSTA, L., Y F. AGUANTA. 2006. Un nuevo aporte al conocimiento de la dieta de los murciélagos frugívoros *Artibeus lituratus* y *A. jamaicensis*. *Kemppifiana* 2:127–133.
- ADAMS, N. R. 1995. Detection of the effect of phytoestrogens on sheep and cattle. *Journal of Animal Science* 73:1509–1515.
- ARTHAN, D., J. SVASTI, P. KITTA KOOP, D. PITTAYAKHACHONWUT, M. TANTICHAROEN, Y Y. THEBTARANONTH. 2002. Antiviral isoflavonoid sulfate and steroidal glycosides from the fruits of *Solanum torvum*. *Phytochemistry* 59:459–463.
- AXELSON, M., J. SJOVALL, B. E. GUSTAFSSON, Y K. D. SETCHELL. 1982. Origin of lignans in mammals and identification of a precursor from plants. *Nature* 298:659–660.
- BONACCORSO, F. J. 1979. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences Series* 24:359–408.
- BOSINOVIC, F., AND F. F. NOVOA. 1997. Metabolic costs of rodents feeding on plant chemical defenses: a comparison between an herbivore and an omnivore. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular and Integrative Physiology* 117A:511–514.
- BRONSON, F. H., Y P. D. HEIDEMAN. 1994. Seasonal regulation of reproduction in mammals. Pp. 541–583 in *The Physiology of Reproduction* (Knobil, E., y J. D. Neil, eds.). Segunda edición Raven Press, New York, EE.UU.
- CECONIL, I., J. C. ELIZALDE, Y M. G. AGNUSDEI. 2008. Variación diurna de los componentes de la materia seca de raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.) en tres ciclos de crecimiento. *Agromercado* 143:37–38.
- CHASQUIBOL, S. N., L. LENGUA-C., I. DELMÁS, D. RIVERA-C., D. BAZÁN, R. AGUIRRE-M., Y M. BRAVO-A. 2003. Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación e importancia. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* 5:9–20.

- COLEY, P. D., y J. A. BARONE.** 1996. Herbivore and plant defenses in tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27:305–335.
- CONABIO. S/A.** RTP 130 en Regiones Terrestres Prioritarias. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_130.pdf).
- CONABIO.** 2010. Vegetación del estado de Oaxaca, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (<http://www.conabio.gob.mx/>).
- FACKELMANN, K. A.** 1994. Real males that lactate: A batty story. *Science News* 10:145–148.
- FLEMING, T. H.** 1971. *Artibeus jamaicensis*: delayed embryonic development in a Neotropical bat. *Science* 171:402–404.
- FLORES-CRESPO, R.** 1978. La rabia, los murciélagos y el control de los hematófagos. *Ciencia Veterinaria* 2:38–70.
- FLORES-CRESPO R., S. SAID-FERNÁNDEZ, D. DE ANDA-LÓPEZ, F. IBARRA-VELARDE, y R. M. ANAYA-DÁVILA GARIBI.** 1979. Nueva técnica para el combate de los vampiros: Warfarina por vía intramuscular al ganado bovino. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana* 87:283–297.
- FLORES-MARTÍNEZ, J. J., J. ORTEGA, y G. IBARRA-MANRÍQUEZ.** 1999-2000. El hábito alimentario del murciélago zapotero (*Artibeus jamaicensis*) en Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología* 4:22–39.
- FORBEY, J. S., A. L. HARVEY, M. A. HUFFMAN, F. D. PROVENZA, R. SULLIVAN, y D. TASDEMIR.** 2009. Exploitation of secondary metabolites by animals: A response to homeostatic challenges. *Integrative and Comparative Biology* 49:314–328.
- FRANCIS, C. M., E. L. P. ANTHONY, J. A. BRUNTON, y T. H. KUNZ.** 1994. Lactation in male fruit bats. *Nature* 367:691–692.
- GALINDO-GONZÁLEZ, J.** 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 73:57–74.
- GALINDO-GONZÁLEZ, J.** 2004. Clasificación de los murciélagos de la región de los Tuxtlas, Veracruz, respecto a su respuesta a la fragmentación del hábitat. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 20:239–243.
- GÓMEZ-POMPA, A., y C. VÁZQUEZ-YANES.** 1985. Estudios sobre la regeneración de selvas en regiones cálido-húmedas de México. Pp. 191–239 in: *Investigaciones sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz* (Gómez-Pompa, A., y S. del Amo, eds.). Alhambra Mexicana, Ciudad de México, México.
- GRANADOS-SÁNCHEZ, D., P. RUIZ-PUGA, y H. BARRERA-ESCORCIA.** 2008. Ecología de la herbivoría. *Revista Chapingo* 14:51–63.
- GRIFFITH, A. P., y M. W. COLLISON.** 2001. Improved methods for the extraction and analysis of isoflavones from soy-containing foods and nutritional supplements by reverse phase high-performance liquid chromatography and liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 913:397–413.
- HEITHAUS, E. R., y T. H. FLEMING.** 1978. Foraging movements of a frugivorous bat *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae). *Ecological Monographs* 48:127–143.

- HERRERA M., G., L., K. A. HOBSON, L. MIRÓN M., N. RAMÍREZ P., G. MÉNDEZ C., Y V. SÁNCHEZ-CORDERO.** 2001. Sources of protein in two species of phytophagous bats in a seasonal dry forest: Evidence from stable-isotope analysis. *Journal of Mammalogy* 82:352–361.
- HTTP://WWW.TUTIEMPO.NET.** AirForceDatsav3stationnumber(USAF):767755;International Civil Aviation Organization (ICAO) call sign: MMOX, +17.000, -96.717, 1521 msnm (http://www.tutiempo.net/clima/Oaxaca_Xoxocotlan/2008/767755.htm). Página consultada, enero 2012.
- HTTP://COT.FOOD.GOV.UK/COTWG/WG_PHYTO/.** Grupo de Trabajo para Fitoestrógenos del Comité sobre Toxicidad de Químicos (COT del inglés) en los productos consumidos por el consumidor y el ambiente del Reino Unido.
- INEGI.** 2010. La vegetación en el Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca (<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/oax/default.aspx?tema=me&e=20>).
- IGWE, C. U., V. A. ONWULIRI, G. O. C. ONYEZE, Y C. G. OSUAGWU.** 2011. Spasmogenic activity of ethanolic leaf extract of *Spondias Mombin* Linn on isolated uterine muscle strips of rat: possible hormonal mechanism of action. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 7:228–233.
- KARASOV, W. H., Y C. MARTÍNEZ DEL RÍO.** 2007. *Physiological Ecology. How Animals Process Energy, Nutrients, and Toxins.* Princeton University Press. New Jersey, EE.UU.
- KHOO, H. E., Y A. ISMAIL.** 2008. Determination of daidzein and genistein contents in *Mangifera* fruit. *Malaysian Journal of Nutrition* 14:189–198.
- KIM, M. S., M. K. YOU, D. Y. RHUY, Y. J. KIM, H. Y. BAEK, Y H. A. KIM.** 2009. Loquat (*Eriobotrya japonica*) extracts suppress the adhesion, migration and invasion of human breast cancer cell line. *Nutrition Research and Practice* 4:259–264.
- KUHNLE, G. G. C., C. DELL'AQUILA, S. M. ASPINALL, S. A. RUNSWICK, A. M.C.P. JOOSEN, A. A. MULLIGAN, Y S. A. BINGHAM.** 2009. Phytoestrogen content of fruits and vegetables commonly consumed in the UK based on LC–MS and ¹³C-labelled standards. *Food Chemistry* 116:542–554.
- KUNZ, T. H., Y C. A. DIAZ.** 1995. Folivory in Fruit-Eating Bats, with new evidence from *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Biotropica* 27:106–120.
- KUNZ, T. H., Y D. J. HOSKEN.** 2009. Male lactation: why, why not and is it care? *Trends in Ecology and Evolution* 24:80–85.
- KUNZ, T. H., C. WEMMER, Y V. HAYSEN.** 1996. Sex, age, and reproduction. Pp. 279–290 in *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals* (Wilson, D. E., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Pudran y M. S. Foster, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, EE.UU.
- LANSKY, E. P., Y H. M. PAAVILAINEN.** 2011. *Figs. The Genus Ficus. Traditional Herbal Medicines for Modern Times.* CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Ratón, EE.UU.
- LAPĚÍK, O., M. HILL, R. HAMPL, K. WÄHÄLÄ, Y H. ADLERCREUTZ.** 1998. Identification of isoflavonoids in beer. *Steroids* 63:14–20.

- LIGGINS, J., L. J. C. BLUCK, S. RUNSWICK, C. ATKINSON, W. A. COWARD, Y S. A. BINGHAM. 2000. Daidzein and genistein content of fruits and nuts. *Journal of Nutritional Biochemistry* 11:326–331.
- MACKOVA, Z., R. KOBLOVSKA, Y O. LAPĚIK. 2006. Distribution of isoflavonoids in non-leguminous taxa. An update. *Phytochemistry* 67:849–865.
- MANCINA, C., Y J. SÁNCHEZ. 2001. Efecto de la actividad trófica de *Artibeus jamaicensis* (Mammalia: Chiroptera) sobre la dispersión de *Andira inermis* (Leguminosae). *Revista Biología* 15:81–86.
- MANZANERO, M. G. I., Y A. M. FLORES. 2000. La colección del Jardín Botánico Regional “Casiano Conzatti” del CIIDIR-IPN-Oaxaca. *Avances en Ciencia y Tecnología* 5:32–41.
- MATSELIUKH, B. P., L. V. POLISHCHUK, V. V. LUTCHENKO, O. I. BAMBURA, Y O. P. KOPIYKO. 2005. Synthesis of daidzein and genistein by streptomycetes and their effect on production of antibiotics. *Mikrobiolohichnī Zhurnal* 67:12–21.
- MAZUR, W. M., T. FOTSIS, K. WÄHÄLÄ, S. OJALA, A. SALAKKA, Y H. ADLERCREUTZ. 1996. Isotope-dilution gas-chromatographic mass-spectrometric method for the determination of isoflavonoids, coumestrol and lignans in food samples. *Journal of Analytical Biochemistry* 233:169–180.
- MCNAB, B. K. 2002. *The Physiological Ecology of Vertebrates*. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press, Ithaca, EE.UU.
- MEDELLÍN, R. A. 1993. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo mexicano. Pp. 333–354 in *Avances en el Estudio de los Mamíferos de México* (Medellín, R. A., y G. Ceballos, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Ciudad de México, México.
- MEDELLÍN, R. A., H. T. ARITA, Y O. SÁNCHEZ. 1997. Identificación de los Murciélagos de México. Clave de Campo. Publicaciones Especiales Núm. 2. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Ciudad de México, México.
- MINERVINI, F., Y M. E. DELL’AQUILA. 2008. Zearalenone and reproductive function in farm animals. *International Journal of Molecular Sciences* 9:2570–2584.
- MIYAZAWA, M., K. TAKAHASHI, Y H. ARAKI. 2006. Biotransformation of daidzein ditiglate by microorganisms. *Natural Product Research* 20:311–315.
- MONTIEL, S., A. ESTRADA, Y P. LEON. 2011. Reproductive seasonality of Fruit-Eating Bats in northwestern Yucatan, Mexico. *Acta Chiropterologica* 13:139–145.
- MORITO, K., T. AOMORI, T. HIROSE, J. KINJO, J. HASEGAWA, S. OGAWA, S. INOUE, M. MURAMATSU E, Y Y. MASAMUNE. 2002. Interaction of phytoestrogens with estrogen receptors alfa and beta (II). *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 25:48–52.
- MORRISON, D. W. 1978a. Foraging ecology and energetics of the frugivorous bat *Artibeus jamaicensis*. *Ecology* 59:716–723.
- MORRISON, D. W. 1978b. Influence of habitat on the foraging distances of the Fruit Bat, *Artibeus jamaicensis*. *Journal of Mammalogy* 59:622–624.
- MORRISON, D. W. 1980. Efficiency of food utilization by fruit bats. *Oecologia* 45:270–273.
- MOYA RODRÍGUEZ, J. G., R. G. RAMÍREZ LOZANO, R. FOROUGHBAKHCH P., L. HÁUAD MARROQUÍN, Y H. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ. 2002. Variación estacional de minerales en las hojas de ocho especies arbustivas. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León* 5:59–65.

- MUÑOZ-MENDOZA, R., A. L. MURILLO-MEDINA, J. F. PÉREZ-GUTIÉRREZ, Y A. CÓRDOVA-IZQUIERDO. 2002. Parámetros reproductivos en vacas Holstein alimentadas con alfalfa alta en cumestrol. *Archivos de Zootecnia* 51:373–376.
- ORTEGA, J., Y H. ARITA. 1999. Structure and social dynamics of harem groups in *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Mammalogy* 80:1173–1185.
- ORTEGA, J., Y H. ARITA. 2005. Estructura social y movimientos de los murciélagos zapoteros (*Artibeus jamaicensis*) en un ambiente poligínico. Pp. 373–384 in *Contribuciones Mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa* (Sánchez-Cordero, V., y R. A. Medellín, eds.). Instituto de Biología e Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Ciudad de México, México.
- ORTEGA, J., Y I. CASTRO-ARELLANO. 2001. *Artibeus jamaicensis*. *Mammalian Species* 662:1–9.
- ORTEGA, R. J., Y G. STEERS. 2005. *Artibeus jamaicensis* (Leich, 1821). Pp. 228–230 in *Los Mamíferos de México* (Ceballos, G., y G. Oliva, coords.). Fondo de Cultura Económica, Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ciudad de México, México.
- OSOSKI, A. L., Y E. J. KENNELLY. 2003. Phytoestrogens: a review of the present state of research. *Phytotherapy Research* 17:845–869.
- PALACIOS, S. 2002. Fitoestrógenos. Ed. Harcourt Elsevier Science. Madrid, España.
- PEARCE, V., Z. NAWAZ, W. XIAO, D. WIEDENFELD, N. BOYLE, Y D. SMITH. 2003. 4-ethoxymethylphenol: a novel phytoestrogen that acts as an agonist for human estrogen receptors. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 84:431–439.
- PELISSERO, C., B. BENNETAU, P. BABIN, F. LE MENN, Y J. DUNOGUES. 1991. The estrogenic activity of certain phytoestrogens in the Siberian sturgeon *Acipenser baeri*. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 38:293–299.
- PÉREZ-RIVERO, J. J., A. AGUILAR-SETIÉN, J. J. MARTÍNEZ-MAYA, M. PÉREZ-MARTÍNEZ, Y H. SERRANO. 2007. Los fitoestrógenos y el efecto de su consumo en diferentes órganos y sistemas de animales domésticos. *Agricultura Técnica* 67:325–331.
- PÉREZ-RIVERO, J. J., J. J. MARTÍNEZ-MAYA, M. PÉREZ-MARTÍNEZ, A. AGUILAR-SETIÉN M. D. GARCÍA-SUÁREZ, Y H. SERRANO. 2009. Phytoestrogen treatment induces testis alterations in dogs. Potential use in population control. *Veterinary Research Communications* 33:87–95.
- PMD 2011-2013. Plan Municipal de Desarrollo de Santa Cruz Xoxocotlán 2011-2013 (<http://es.scribd.com/doc/75010047/XOXOCOTLAN-PMD-2011-2013>).
- RAMOS, G., P. FRUTOS, F. J. GIRADÉZ, Y A. R. MANTECÓN. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Archivos de Zootecnia* 47:597–620.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A., Y R. VÁZQUEZ. 2001. Ecology of an Antillean population of Jamaican fruit-eating bats: Seasonal variations in diet, patterns of activity, and response to disturbance caused by hurricanes. *Acta Chiropterologica* 3:53–61.
- ROMERO, C., R. TARRAGÓ, R. MUÑOZ, R. ARISTA, Y A. ROSADO. 1997. Síndrome estrogénico en vacas lecheras por consumo de alfalfas con grandes cantidades de coumestrol. *Veterinaria México* 28:25–30.

- ROMERO-ALMARAZ, M. L., A. AGUILAR-SETIÉN, Y C. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ.** 2006. Murciélagos benéficos y vampiros: características, importancia, rabia, control y conservación. AGT Editor, S. A., Ciudad de México, México.
- ROWLAND, I. R (ED.).** 1988. Role of the Gut Flora in Toxicity and Cancer. Academic Press Ltd., San Diego, EE.UU.
- SADLEIR, R. M. F. S.** 1969. The Ecology of Reproduction in Wild and Domestic Mammals. Methuen and Co. Ltd. London. Reino Unido.
- SALAME-MÉNDEZ, A., R. M. VIGUERAS-VILLASEÑOR, L. ALTAMIRANO-LEÓN, J. HERRERA-MUÑOZ, Y A. CASTRO-CAMPILLO.** 2004. Análisis histológico del epitelio seminífero y del contenido de testosterona en testículos del *Peromyscus diffcilis* (Rodentia: Muridae) de diferentes edades. Pp. 149–160 in: Homenaje a la Trayectoria Mastozoológica de José Ramírez Pulido (Castro-Campillo, A., y J. Ortega, eds.). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Ciudad de México, México.
- SALAME-MÉNDEZ, A., R. M. VIGUERAS-VILLASEÑOR, L. ALTAMIRANO-LEÓN, J. HERRERA-MUÑOZ, Y A. CASTRO-CAMPILLO.** 2008. Production of testosterone in the testes of two species of *Peromyscus* (Rodentia: Muridae) during lowered sexual activity. Pp. 311–321 in Avances en el Estudio de los Mamíferos de México (Lorenzo, C., E. Espinoza, y J. Ortega, eds.). Publicaciones Especiales, Vol. II, Asociación Mexicana de Mastozoolología, A. C., Ciudad de México, México.
- SERRANO, D., M. E., M. LÓPEZ LÓPEZ, Y T. S. SAINZ ESPUÑES.** 2006. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas 37:58–68.
- SERRANO, H., J. J. PÉREZ-RIVERO, A. AGUILAR-SETIÉN, O. DE PAZ, Y A. VILLA-GODOY.** 2007a. Vampire bat reproductive control by a naturally occurring phytoestrogen. Reproduction Fertility and Development 19:470–472.
- SERRANO, H., J. J. PÉREZ-RIVERO, J. J. MARTÍNEZ MAYA, A. AGUILAR SETIÉN, M. PÉREZ MARTÍNEZ, Y M. D. GARCÍA-SUÁREZ.** 2007b. Fluorescence and immunohistological detection of estrogen receptors in dog testis and epididymis after oral coumestrol administration. Neuroendocrinology Letters 29:977–980.
- SETCHELL, K. D. R., Y H. ADLERCREUTZ.** 1988. Mammalian lignans and phyto-estrogens recent studies on their formation, metabolism and biological role in health and disease. Pp. 315–345 in: Role of the Gut Flora in Toxicity and Cancer (Rowland, I. R ed.). Academic Press Ltd., San Diego, EE.UU.
- THOMPSON, L. U., B. A. BOUCHER, Z. LIU, M. COTTERCHIO, Y N. KREIGER.** 2006. Phytoestrogen content of foods consumed in Canada, including isoflavones, lignans, and coumestan. Nutrition and Cancer 54:184–201.
- VAN TIENHOVEN, A.** 1983. Reproductive Physiology of Vertebrates. Cornell University Press. Ithaca, EE.UU.
- WATCHO, P., E. NGADJUI, N. E. P ALANGO, N. T. BENOÎT, Y A. KAMANYI.** 2009. Reproductive effects of *Ficus asperifolia* (Moraceae) in female rats. African Health Sciences 9:49–53.
- WELLER, R. F., Y A. COOPER.** 2001. Seasonal changes in the crude protein concentration of mixed swards of white clover/perennial ryegrass grown without fertilizer N in an organic farming system in the United Kingdom. Grass and Forage Science 56:92–95.

WU, Q, M. WANG, Y J. E. SIMON. 2003. Determination of isoflavones in red clover and related species by high performance liquid chromatography combined with ultraviolet and mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography A* 1016:195–209.

Sometido: 31 de octubre de 2011

Revisado: 4 de enero de 2012

Aceptado: 16 de febrero de 2012

Editor asociado: Juan Pablo Gallo

Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández

Patrones de distribución de los Mamíferos en la Provincia Oaxaca-Tehuacanense, México

Yiang-Qing Estrada¹, Rode A. Luna² y Tania Escalante^{2*}

Abstract

We analyzed the biogeographical patterns of diversity and endemism of the Mexican mammals, into a quadrat between 15° 30' - 21° 00' N latitude and 94° 00' - 100° 00' W longitude, in order to identify the Oaxaca-Tehuacanense province as a natural area. We analyzed the records of 133 mammalian species in databases and we modeled their distributions. Using the potential distribution models, we built a diversity map and performed an endemism analysis. The diversity map shows an important latitudinal gradient of species richness, where the highest diversity is in boundaries of Oaxaca and Veracruz, and it can be due to the boundaries of provinces and a probable biogeographic node. The analysis of endemism identified an area (area of consensus No. 14) with three endemic species (*Habromys simulatus*, *Microtus quasiater* and probably *Megadontomys nelsoni*) as biogeographic province, with boundaries wider than the Ramírez-Pulido and Castro-Campillo's (1990) Oaxaca-Tehuacanense province. We concluded that the Oaxaca-Tehuacanense province, given its pattern of richness of mammals, probably has high number of biological groups, some of them are species with restricted distribution and evolutive importance, which can be used as criteria to prioritize with efficiency the conservation strategies.

Key words: biogeography, diversity, endemism, Neotropics, regionalization.

Resumen

Se analizan los patrones biogeográficos de diversidad y endemismo de la mastofauna mexicana, dentro en un cuadrante comprendido entre los 15° 30' y 21° 00' de latitud N y 94° 00' y 100° 00' de longitud W, con el objetivo de identificar a la provincia Oaxaca-Tehuacanense como una unidad natural. Se analizaron los registros de 133 especies de mamíferos en bases de datos y se modelaron sus distribuciones potenciales. Usando los modelos de distribución potencial, se generó un mapa de diversidad y se llevó a cabo un análisis de endemismo. El mapa de diversidad presenta un gradiente latitudinal de riqueza de especies, donde la mayor diversidad se ubica en los límites

¹Facultad de Biología, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte-Poniente s/n, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 29000. E-mail: yiang_qing@hotmail.com

²Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, Distrito Federal 04510. E-mail: rodheangela_lun@hotmail.com (RAL), tee@ibunam2.ibiologia.unam.mx (TE)

* Corresponding author

de los estados de Oaxaca y Veracruz, debido probablemente a que es un área límite entre provincias y nodo biogeográfico. El análisis de endemismo identificó un área (área de consenso No. 14) compuesta por tres especies endémicas (*Habromys simulatus*, *Microtus quasiater* y *Megadontomys nelsoni*), como provincia biogeográfica, cuyos límites son más amplios a los propuestos por Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990) para la Oaxaca-Tehuacanense. Se concluye que la Oaxaca-Tehuacanense es una provincia biogeográfica que, dado el patrón de diversidad de mamíferos, probablemente cuenta con un alto número de otros grupos biológicos, entre los cuales existen especies de distribución restringida e importancia evolutiva, los cuales pueden ser criterios que permiten priorizar más eficientemente las estrategias de conservación.

Palabras clave: biogeografía, diversidad, endemismo, Neotrópico, regionalización.

Introducción

La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los seres vivos en el espacio y a través del tiempo; sus objetivos principales son comprender los patrones de distribución geográfica de las especies y taxones supraespecíficos (Morrone 2001a). Algunos de los principales patrones que se intentan identificar y descubrir son los patrones de diversidad, disyunción y endemismo (Espinosa-Organista *et al.* 2001).

Un patrón de distribución de riqueza de especies o diversidad alfa, se entiende como la existencia de una tendencia geográfica general que afecta al número de especies que existen en un determinado territorio (Real 1992). El cual es un lugar con determinado compromiso espacio-estructura-tiempo (Halffter y Moreno 2005). Tal tendencia geográfica de diversidad puede cambiar gradualmente a lo largo de un gradiente o zonificación de factores físicos (Odum y Barret 2008).

Por otro lado, el endemismo fue uno de los primeros patrones biogeográficos reconocidos. De Candolle (1820) reconoció que la distribución de las especies no es azarosa, pues muchas de ellas tienen las mismas distribuciones, a estas especies las llamó aborígenes o endémicas y le dan identidad a las regiones (Espinosa-Organista *et al.* 2001). En términos de patrón biogeográfico y de acuerdo con esta definición, el endemismo está basado no sólo en la exclusividad a un área geográfica, sino también en la congruencia de las distribuciones de dos o más taxones (Escalante 2009), y se le considera un término relativo a la escala geográfica de la que se esté hablando, sin relación con los límites geopolíticos.

La identificación de un área de endemismo se basa en el reconocimiento de patrones de homopatría (congruencia en las áreas de distribución) que se observan en la distribución de las especies (Morrone 2004), analizadas con alguna metodología como el Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE, Rosen 1988) o el análisis de endemidad (Szumik *et al.* 2002; Szumik y Goloboff 2004). El algoritmo del éste último (NDM/VNDM) evalúa mediante un índice cuantos y cuán endémicos son los taxones para un área dada (Szumik *et al.* 2002; Szumik y Goloboff 2004), de tal forma que las áreas mejor apoyadas por los datos serán entonces seleccionadas como áreas de endemismo (Szumik *et al.* 2006).

Con base en los endemismos, la Tierra ha sido dividida en regiones biogeográficas, las cuales son grandes extensiones de territorio en las que habita una biota característica

(Ron 2000). Tal biota se encuentra limitada por barreras físicas, ecológicas y climáticas o combinaciones de éstas (Álvarez y Lachica 1974). Las distintas categorías que son contempladas en un sistema jerárquico de clasificación biogeográfica incluyen, de mayor a menor tamaño: reinos, regiones, dominios, provincias y distritos (Cabrera y Willink 1973; Brown y Lomolino 1998), aunque también pueden distinguirse categorías intermedias, tales como subregiones y subdominios (Escalante 2009). La unidad básica de la jerarquía biogeográfica es la provincia, la cual se encuentra definida por el área de endemismo mínima identificable (Escalante 2009), aunque algunos autores consideran la existencia de distritos como sub-unidades de las provincias.

Existen pocas regionalizaciones biogeográficas propuestas para México con base en mamíferos. Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990) dividieron el territorio de México en 20 provincias mastofaunísticas, mediante un análisis multivariado de agrupamiento de 121 unidades taxonómicas operacionales (cuadrantes) y los registros de 449 especies de mamíferos desde 1758 hasta 1988. Dentro de éstas 20 provincias propusieron la existencia de una provincia llamada Oaxaca-Tehuacanense en el sur de México (Fig. 1). Arriaga *et al.* (1997) generaron un esquema biogeográfico de consenso mediante la sobreposición de cuatro regionalizaciones (provincias de rasgos morfotectónicos, florísticas, herpetofaunísticas y mastofaunísticas), en el que también reconocieron una provincia en esta parte del país, llamada provincia de Oaxaca. Posteriormente, Escalante *et al.* (2003) identificaron un área de endemismo con Análisis de Parsimonia de Endemismos, basada en las distribuciones de tres especies de mamíferos en el sur de México, a la que llamaron Istmo. Escalante *et al.* (2007a) confirmaron la existencia de esta área de endemismo, nombrada como provincia del Istmo de Tehuantepec, pero sugirieron mayores estudios para definirla y refinar sus límites. Recientemente, Escalante *et al.* (2007b; 2009) y Gámez *et al.* (2012) reconocieron un área de endemismo ubicada al Este de la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana, que podría corresponder a un distrito (es decir, a una unidad más pequeña que la provincia, delimitada por variantes ambientales dentro de la provincia). Pero que también pudiera ser evidencia de otra provincia biótica, por su presencia de endemismos y su continuidad hacia el sureste de Puebla y el norte de Oaxaca.

La provincia Oaxaca-Tehuacanense (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo 1990) o del Istmo de Tehuantepec (Escalante *et al.* 2007b) no ha sido reconocida por otros sistemas de clasificación biogeográficos modernos basados en otros grupos biológicos, como los de Morrone (2001b; 2005; 2006) y Morrone *et al.* (2002). Los que la sinonimizan o parcialmente la incluyen dentro de la provincia de la Sierra Madre del Sur.

En este trabajo se analizan los principales patrones biogeográficos de diversidad y endemismo de la mastofauna para evaluar la existencia de la provincia Oaxaca-Tehuacanense como una unidad natural, representando una hipótesis de homología biogeográfica primaria (Morrone 2004).

Material y Métodos

Se estableció un área de estudio de un cuadrante conformado con las coordenadas extremas comprendidas entre los 15° 30' y 21° 00' de latitud N y entre los 94° 00' y 100° 00' de longitud W, en México (Fig. 1). El cual incluye totalmente a la provincia Oaxaca-

Tehuacanense (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo 1990), la del Istmo de Tehuantepec (Escalante *et al.* 2007b) y el distrito Este *sensus* Escalante *et al.* (2007b; 2009) y Gámez *et al.* (2012). Esta área de estudio comprende la totalidad de los estados de Morelos, Tlaxcala, Puebla y Distrito Federal; y casi toda la extensión del estado de Oaxaca. El 50% de los estados de Guerrero y Estado de México, el 80% de Hidalgo y 70%, Veracruz, 30% de Querétaro y el 10% de Chiapas (Fig. 1).

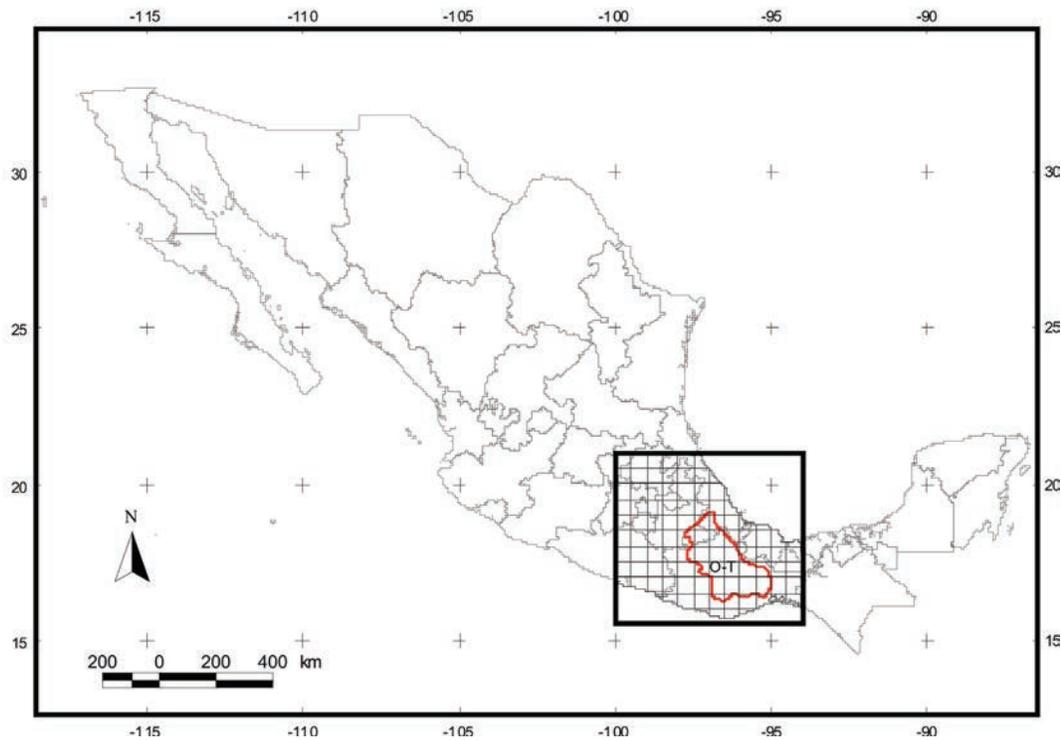


Figura 1. Área de estudio en México. Se muestra el cuadrante de estudio dividido en cuadros de 0.5 grados de latitud-longitud, los estados de México y la provincia Oaxaca-Tehuacanense (O-T) de Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990).

Modelos de distribución de las especies.

Se obtuvieron los registros georreferidos de 133 especies de mamíferos dentro del área de estudio (cada especie con un mínimo de cinco localidades de registro diferentes, siendo el mínimo necesario para generar los modelos de distribución), haciendo una revisión en bases de datos de colecciones científicas y bibliográficas, obteniendo los datos de las siguientes bases de datos: Global Biodiversity Information Facility (GBIF, www.gbif.org), Mammal Networked Information System (MaNIS, www.manisnet.org), Unidad Informática para la Biodiversidad (UNIBIO, www.unibio.unam.mx), Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO, www.conabio.gob.mx), y Mamíferos de México (Mammex, Escalante *et al.* datos no publicados). Se eliminaron los puntos que no pudieron ser georreferidos, y se corrigieron errores de nomenclatura y georreferencia.

Para obtener los mapas de distribución, se modelaron las distribuciones potenciales de las 133 especies de mamíferos mediante uno de los algoritmos de modelado disponibles que se ha demostrado es de los que predicen mejor la distribución potencial de las especies, particularmente cuando se cuenta con pocas localidades (Maxent v. 3.3.1; Elith *et al.* 2006; Hernández *et al.* 2006; Phillips *et al.* 2006; Pearson *et al.* 2007). Este algoritmo consiste en encontrar relaciones no aleatorias entre la presencia de la especie

y los parámetros ambientales. Los datos ambientales los conformaron 19 variables bioclimáticas (Hijmans *et al.* 2005; <http://www.worldclim.org/>: temperatura media anual, intervalo medio diurno, isotermas, estacionalidad de la temperatura, temperatura máxima del mes más caluroso, temperatura mínima del mes más frío, temperatura media de la estación más húmeda, temperatura media de la estación más seca, temperatura media de la estación más calurosa, temperatura media de la estación más fría, precipitación anual, precipitación del mes más húmedo, precipitación del mes más seco, precipitación por estación del año, precipitación de la estación más húmeda, precipitación de la estación más seca, precipitación de la estación más calurosa, y precipitación de la estación más fría), y cuatro variables topográficas (<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>: elevación, índice de composición topográfica, aspecto y pendiente) a una resolución de aproximadamente 2 km. Se elaboraron 1,000 iteraciones, y se utilizó el 25% de los puntos para las pruebas (test), para determinar la validez del modelo. El umbral seleccionado para generar los modelos binarios (presencia/ausencia) a partir de los modelos generados en Maxent, con el fin de eliminar sobrepredicción que pudiera oscurecer los patrones de distribución, fue el percentil 10 de presencia de entrenamiento. Lo cual implica un 10% de omisión de los datos con los que fue generado el modelo. Finalmente algunos mapas fueron refinados mediante literatura y mapas publicados en línea (Hall 1981; North American Mammals del Smithsonian Institution, <http://www.mnh.si.edu/mna/>; Infonatura, <http://www.natureserve.org/infonatura>; y IUCN, <http://www.iucnredlist.org/>).

Mapa de riqueza

Para obtener el patrón de riqueza, todos los mapas de distribución de las especies fueron sumados con la finalidad de obtener un mapa de riqueza del cuadrante.

Áreas de endemismo

El cuadrante de estudio fue dividido en una cuadrícula de 11 filas y 12 columnas con cuadros de 0.5 grados de latitud-longitud (Fig. 1), donde a cada cuadro se le asignó la presencia o ausencia de las especies, con lo que se generó una matriz binaria de datos. El análisis de endemismo se llevó a cabo con esta matriz en el software NDM/VNDM (Szumik *et al.* 2002; Szumik y Goloboff 2004; Goloboff 2005), el cual calcula el índice de endemismo expresado mediante un puntaje del ajuste de cada especie a cierta área, siendo el valor mínimo de 2.0 para que un área sea candidata a ser un área de endemismo. El índice de endemismo se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$IE = (p+(i \times Fi)+(a \times Fa))/(t+(o \times 1/Fo)+(d \times 1/Fd)+(Fn))$$

Donde:

P = número de celdas del área donde el taxón está presente

I = número de celdas del área donde el taxón está inferido, esto significa que se infiere que el taxón está presente de acuerdo con el número de celdas que rodeen dicha celda donde se infiere, la cual no contiene el taxón pero contiene los otros taxones que se están compartiendo en las otras celdas

a = celdas del área donde el taxón está asumido

- t = total de celdas que tiene el área
 o = celdas adyacentes al área donde el taxón está presente
 d = celdas adyacentes al área donde el taxón está asumido
 n = celdas no-adyacentes al área donde el taxón está asumido
 Fi = factor de presencias inferidas (0.5)
 Fa = factor de presencias asumidas dentro del área (0.75)
 Fo = factor para presencias observadas del área (0.5)
 Fd = factor de presencias asumidas adyacentes (2.0)
 Fn = factor de presencias asumidas no adyacentes (0.5)

Se realizó una búsqueda heurística con un porcentaje de 30% de similitud, reteniendo sólo aquellas áreas que cuenten con un índice de endemidad igual o mayor a 2, y los demás comandos se aceptaron por defecto. Se realizaron 100 iteraciones eligiendo el resultado que presentara el número más alto de áreas de endemismo obtenidas. Se elaboró un consenso estricto del 50% (donde un área individual forma parte del consenso siempre y cuando comparta el 50% de especies endémicas con todas las áreas que componen dicho consenso). Se identificó el o las áreas de endemismo que pudieran representar a la provincia Oaxaca-Tehuacanense por su ubicación geográfica y superposición con el mapa de Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990); y los mapas de sus especies endémicas fueron superpuestas en un único mapa para delimitar la provincia mediante el área de homopatría que presentan. Finalmente se reflexiona sobre la importancia del uso de los patrones biogeográficos obtenidos en este trabajo para establecer prioridades de conservación.

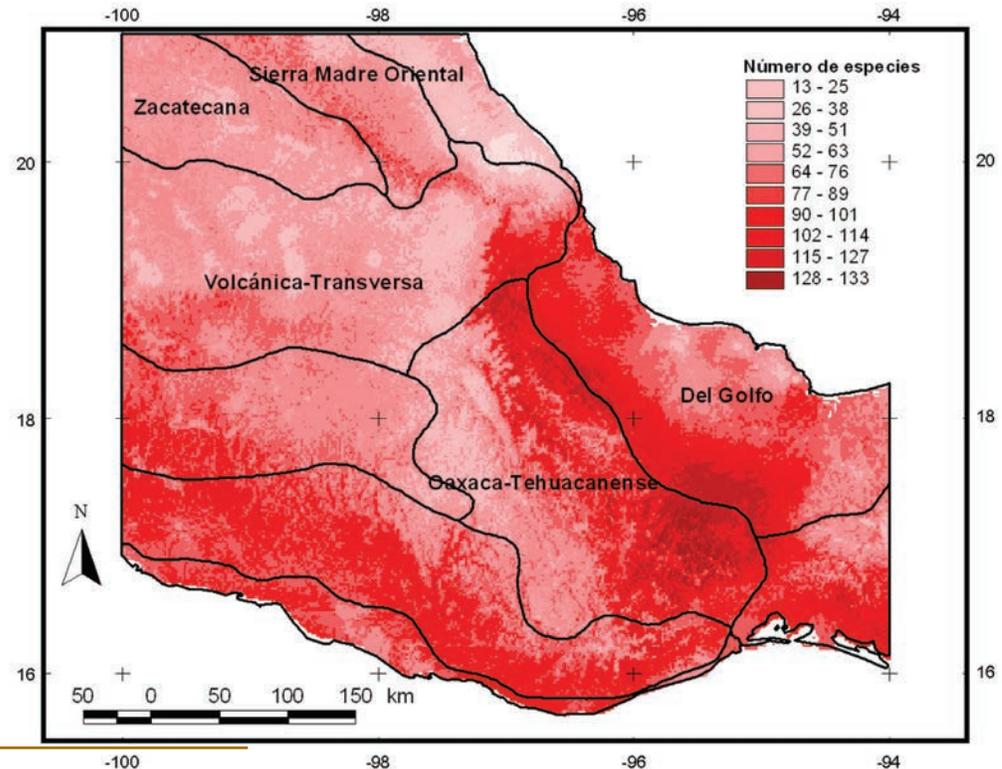
Resultados y Discusión

Se obtuvo un mapa representativo del patrón de riqueza en el área de estudio (Fig. 2), en el que se observa un gradiente de riqueza de especies de mamíferos en la zona que se delimitó como la provincia Oaxaca-Tehuacanense. La mayor diversidad se ubica en los límites de los estados de Oaxaca y Veracruz. Esta sección de alta riqueza coincide con el límite este de las provincias Volcánica-Transversa, del Golfo y Oaxaca-Tehuacanense (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo 1990). La condición de ser un área de alta diversidad en el límite entre provincias, puede ser debida principalmente a la complejidad geobiótica, característica de las áreas donde se ubican nodos panbiogeográficos (Heads 2004). Así, se han descrito nodos para esta área de alta diversidad con otros grupos taxonómicos, como aves (Álvarez-Mondragón y Morrone 2004; nodo 7), mamíferos (Escalante *et al.* 2004, nodos 6 y 7; García-Marmolejo *et al.* 2008, nodo 14), coleópteros (Corona *et al.* 2009), y otros taxa (Torres-Miranda y Luna-Vega 2006; nodos 14 y 15).

Se obtuvieron 25 áreas de endemismo, a partir de las cuales se generaron 19 áreas de consenso que se describen en el Tabla 1. La mayoría de las áreas consenso de endemismo corresponden al patrón neotropical, y se encontró un área de endemismo (el área No. 14, Tabla 1) que correspondería a la ubicación geográfica de la provincia Oaxaca-Tehuacanense. Esta área de endemismo está identificada por tres especies endémicas (Fig. 3): *Habromys simulatus*, *Microtus quasiater* y *Megadontomys thomasi*. *Habromys*

simulatus es un roedor que se distribuye en la Sierra Madre Oriental y Sierra Mazateca, en los estados de Oaxaca, Hidalgo y Veracruz; y probablemente se encuentra en peligro de extinción (León-Paniagua y Romo 2005; León-Paniagua *et al.* 2007). *Microtus quasiater* se ha registrado en los estados de Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz, en una estrecha franja de la Sierra Madre Oriental; y se le considera vulnerable (Castro-Campillo *et al.* 2005).

Figura 2. Mapa de diversidad del área de estudio. Se muestra el número de especies por cada pixel de aproximadamente 2 km² y los límites de la provincia Oaxaca-Tehuacanense (O-T) de Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990), así como otras provincias adyacentes.



Finalmente, *M. thomasi* tiene la distribución más al sur dentro del área de endemismo, con un área adicional hacia la Sierra Madre del Sur. Esta especie es considerada rara y que sólo habita en las montañas del centro de Guerrero (Peña y Domínguez 2005). Sin embargo, en el modelo de distribución de *M. thomasi* se observaron áreas de alta probabilidad de presencia dentro de la Sierra Madre Oriental, ocupando gran parte del área de endemismo (Fig. 3). De esta especie existen registros dentro del área de endemismo en las base de datos consultadas, pero que podrían estar perteneciendo a ejemplares mal identificados o georreferencias incorrectas. A este respecto, existe otra especie relacionada a *M. thomasi* a la que es posible correspondan las localidades conocidas en la Sierra Madre Oriental: *M. nelsoni* se distribuye en el sur de esta cadena montañosa en el estado de Veracruz y se considera amenazada (Peña y Hernández 2005). Es posible que las áreas de alta probabilidad de presencia de *M. thomasi* en la Sierra Madre Oriental estén ocupadas por *M. nelsoni*, ya que estas especies se encuentran muy relacionadas y sólo se distinguen genéticamente (Peña y Hernández 2005). Por lo tanto, es posible que más bien *M. nelsoni* pertenezca al área de endemismo, y no *M. thomasi* como muestran los datos originales.

Adicionalmente, nosotros no pudimos elaborar un modelo de distribución para *M. nelsoni*, debido a que carecíamos de los registros para generarlo. La información que

proporcionan los modelos de distribución de especies, puede llegar a ser muy relevante en términos de dirigir futuros esfuerzos de muestreo y de revisión de ejemplares de colecciones, ya que pueden predecir áreas probables donde las especies no han sido recolectadas. También pueden ser útiles para detectar localidades conocidas de ejemplares de especies que podrían estar mal identificados en las colecciones, como en el caso de *M. thomasi*. Sin embargo, es necesario reconocer que las áreas de sobre predicción podrían estar oscureciendo o cambiando las áreas de endemismo, por lo que es necesario seleccionar con detalle los umbrales para las áreas consideradas como presencia en el mapa binario. Al respecto, existen pocas comparaciones y recomendaciones en la literatura (Liu *et al.* 2005; Jiménez-Valverde y Lobo 2007; Freeman y Moisen 2008; Escalante *et al.* 2010). En este trabajo, el percentil 10 recuperó de manera eficiente las áreas de distribución conocidas de los mamíferos, ya que coincidieron con mapas de bibliografía (Hall 1981), y permitió recuperar patrones reconocidos como los límites entre las regiones Neártica y Neotropical (Escalante *et al.* 2010; Escalante *et al.* datos no publicados).

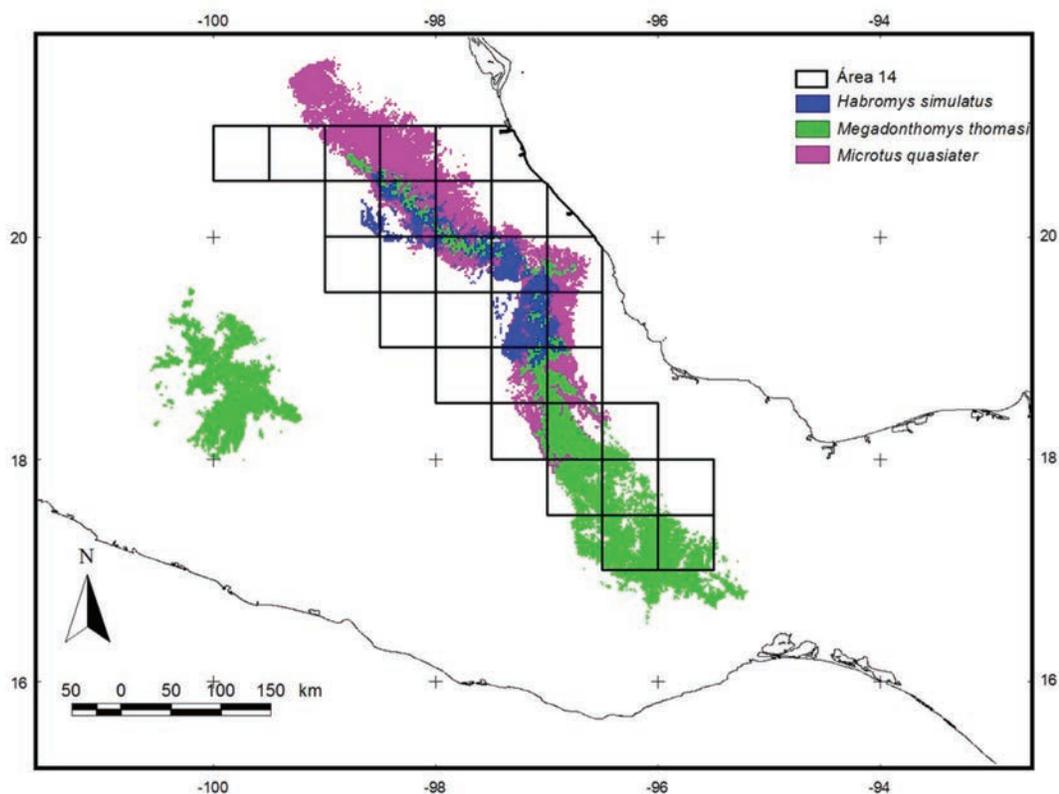


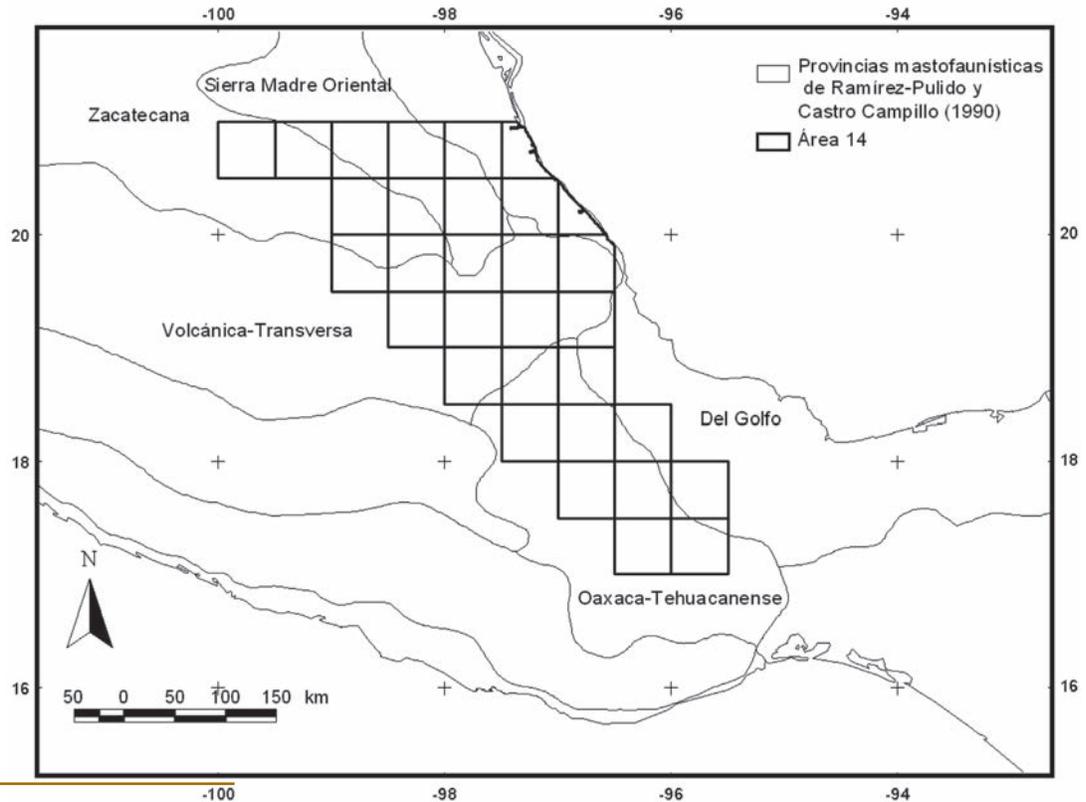
Figura 3. Área de consenso 14 con el patrón de homopatría de sus especies endémicas (*H. simulatus*, *M. thomasi* y *M. quasiater*).

La regionalización mastofaunística realizada por Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990) coincide en buena parte con las 19 áreas consenso de endemismo obtenidas; siendo el área No. 14 la que presenta un patrón que incluye el extremo sur de la provincia de la Sierra Madre Oriental, la parte noreste de la Volcánica-Transversa, en su mayoría a la Oaxaca-Tehuacanense y una pequeña parte noreste del Golfo (Fig. 4). Esta área de homopatría y coincidencia geográfica probablemente sustenta la existencia de la provincia mastozoológica propuesta por Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990).

El área de endemismo No. 14 no mostró ninguna coincidencia al contrastarla con las

provincias biogeográficas propuestas por Morrone *et al.* (2002) y Morrone (2005, 2006); aunque estas regionalizaciones están basadas en análisis panbiogeográficos y biogeográficos cladísticos de distintos taxones animales y vegetales. El área de endemismo 14 incluye parte de la Sierra Madre Oriental, el Altiplano Mexicano en la parte sur, el este-centro del Eje Volcánico Transmexicano (ahora llamada provincia de la Faja Volcánica Transmexicana), el Golfo de México y una porción suroeste de la Sierra Madre del Sur propuestas por Morrone (2005; Fig. 5).

Figura 4. Área de consenso 14 comparada con las provincias mastofaunísticas de Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990).



El resto de las áreas de endemismo resultantes en este trabajo presentan patrones que se pueden asignar a dos regiones: la región Neártica y la región Neotropical, y a la Zona de Transición Mexicana (Tabla 1; Fig. 6). Escalante *et al.* (2005) describieron que el Componente Mexicano de Montaña es equivalente a la Zona de Transición Mexicana; está es un área de alta diversidad. Lo que es resultado de importantes procesos de especiación que se llevaron a cabo cuando hibridaron las regiones Neártica (representada en este análisis por el área 1 y área 11) y Neotropical (el área 3, área 6, área 7, área 9, área 12, área 17 y área 18). Estos autores determinaron que la Zona de Transición Mexicana (área 2, área 4) está compuesta por la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Faja Volcánica Transmexicana, Depresión del Balsas, y Sierra Madre del Sur (Escalante *et al.* 2005), coincidiendo con las áreas de alta diversidad reportadas en este trabajo.

Los patrones de distribución simpátrida encontrados en este trabajo que definen al área 14 como provincia biogeográfica, proponen límites más amplios a los propuestos por Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990) para la Oaxaca-Tehuacanense. Se sugiere que estos límites abarcan la provincia mastofaunística Oaxaca-Tehuacanense (Ramírez-

Pulido y Castro-Campillo 1990) en su totalidad, más una parte de la Faja Volcánica Transmexicana (Morrone 2006). La porción Este de la Faja Volcánica Transmexicana (Escalante *et al.* 2007a; 2009; Gámez *et al.* (2012) está incluida en los límites propuestos por el área 14. También es posible distinguir que otra porción de los límites del área 14 forma parte de la Sierra Madre del Sur (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo 1990).

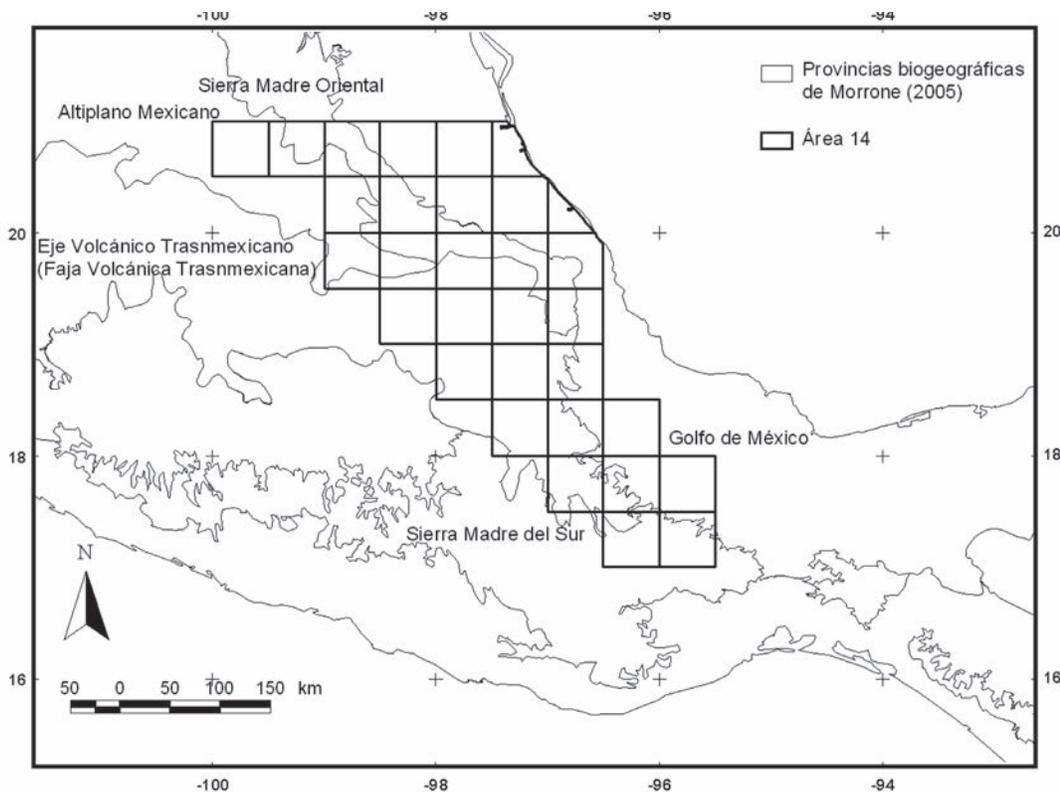


Figura 5. Área de consenso 14 comparada con las provincias biogeográficas de Morrone (2005).

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, y la hipótesis de homología primaria (historia compartida) que implica la existencia de la provincia Oaxaca-Tehuacanense, es posible postular que esta área de endemismo probablemente cuenta con un alto número de grupos biológicos, puesto se espera que los patrones de diversidad en los nodos biogeográficos y endemismo presentados por los mamíferos se repitan para otros taxones, entre los cuales habrá especies de distribución restringida con importancia evolutiva.

Una aplicación importante de los esquemas de regionalización biogeográfica es la conservación. La biogeografía de la conservación ha sido definida como la aplicación de métodos biogeográficos a los problemas de la conservación de la biodiversidad (Whittaker *et al.* 2005; Whittaker y Ladle 2011). El establecimiento de prioridades de conservación consiste en ordenar una serie de lugares con base en el contenido de la biodiversidad presente (Margules *et al.* 1988; Margules y Pressey 2000; Sarkar y Margules 2002; Sarkar 2005). El criterio más utilizado para esto ha sido, en ocasiones, la riqueza específica, pero ésta representa sólo una medida de la biodiversidad y no necesariamente refleja la abundancia de especies raras, o en peligro de extinción (Csuti *et al.* 1997; Sarkar 2005) o los patrones de endemismo.

Tabla 1. Áreas consenso del análisis de endemidad. Se muestra el número del área, el intervalo del puntaje de sus áreas de endemismo, número y nombres de sus especies endémicas y afinidad geográfica.

Área	Puntaje	Especies endémicas	Afinidad*
0	7.25-7.50	9: <i>Alouatta palliata</i> , <i>Balantiopteryx io</i> , <i>Caluromys derbianus</i> , <i>Centronycteris maximiliani</i> , <i>Cyclopes didactylus</i> , <i>Dasyprocta mexicana</i> , <i>Dermanura watsoni</i> , <i>Eumops bonariensis</i> y <i>Lonchorhina aurita</i> .	Neotropical, transicional
1	2.71-2.96	3: <i>Antrozous pallidus</i> , <i>Dipodomys ordii</i> y <i>Eumops perotis</i> .	Neártica
2	4.51-4.76	6: <i>Atibeus inopinatus</i> , <i>Choeronycteris mexicana</i> , <i>Cryptotis goldmani</i> , <i>Dermanura azteca</i> , <i>Peromyscus melanophrys</i> , y <i>Reithrodontomys sumichrasti</i> .	Distribución amplia
3	2.41-2.66	3: <i>Ateles geoffroyi</i> , <i>Diaemus youngi</i> y <i>Eira barbara</i> .	Neotropical
4	5.79-6.04	8: <i>Alouatta palliata</i> , <i>Bauerus dubiaquercus</i> , <i>Caluromys derbianus</i> , <i>Centronycteris maximiliani</i> , <i>Chrotopterus auritus</i> , <i>Dasyprocta mexicana</i> , <i>Lampronnycteris brachyotis</i> y <i>Philander oposum</i> .	Neotropical, transicional
5	5.55-6.05	9: <i>Carollia brevicauda</i> , <i>C. perspicillata</i> , <i>Diphylla ecaudata</i> , <i>Galictis vittata</i> , <i>Marmosa mexicana</i> , <i>Myotis keaysi</i> , <i>Peromyscus leucopus</i> , <i>Pipistrellus subflavus</i> y <i>Sciurus deppei</i> .	Neotropical, transicional
6	2.18-4.04	7: <i>Chiroderma salvini</i> , <i>Choeronycteris godmani</i> , <i>Eumops glaucinus</i> , <i>Glossophaga commissarisi</i> , <i>G. morenoi</i> , <i>Hylonycteris underwoodi</i> y <i>Liomys pictus</i> .	Neotropical
7	4.40-4.65	6: <i>Bauerus dubiaquercus</i> , <i>Carollia perspicillata</i> , <i>Chrotopterus auritus</i> , <i>Conepatus semistriatus</i> , <i>Lampronnycteris brachyotis</i> y <i>Philander oposum</i> .	Neotropical
8	2.42-2.67	4: <i>Cratogeomys tylosinus</i> , <i>Dipodomys phillipsii</i> , <i>Lepus californicus</i> y <i>Sciurus oculatus</i> .	Distribución amplia
9	2.17-2.42	4: <i>Dasyprocta punctata</i> , <i>Eumops auripendulus</i> , <i>Micronycteris schmidtorum</i> y <i>Reithrodontomys gracilis</i> .	Neotropical
10	3.40-3.90	5: <i>Carollia subrufa</i> , <i>Chiroderma villosum</i> , <i>Dermanura phaeotis</i> , <i>Diclidurus albus</i> y <i>Eumops glaucinus</i> .	Neotropical, transicional
11	2.33-2.58	3: <i>Choeronycteris mexicana</i> , <i>Lasiurus xanthinus</i> y <i>Peromyscus melanophrys</i> .	Neártica
12	2.43-2.68	4: <i>Bassariscus sumichrasti</i> , <i>Centurio senex</i> , <i>Leopardus pardalis</i> y <i>Molossus rufus</i> .	Neotropical
13	2.84-3.09	5: <i>Galictis vittata</i> , <i>Habromys simulatus</i> , <i>Marmosa mexicana</i> , <i>Megadontomys thomasi</i> y <i>Pipistrellus subflavus</i> .	Distribución amplia
14	2.33-2.58	3: <i>Habromys simulatus</i> , <i>Microtus quasiater</i> y <i>Megadontomys thomasi</i> .	Oaxaca-Tehuacanense
15	2.36-8.71	16: <i>Anoura geoffroyi</i> , <i>Canis latrans</i> , <i>Conepatus leuconotus</i> , <i>Cryptotis goldmani</i> , <i>Dermanura tolteca</i> , <i>Eptesicus fuscus</i> , <i>Lasiurus borealis</i> , <i>L. cinereus</i> , <i>Leptonycteris curasoae</i> , <i>Lynx rufus</i> , <i>Micronycteris microtis</i> , <i>Microtus oaxacensis</i> , <i>Reithrodontomys fulvescens</i> , <i>R. mexicanus</i> , <i>R. sumichrasti</i> y <i>Urocyon cinereoargenteus</i> .	Distribución amplia
16	2.13-2.38	4: <i>Leptonycteris nivalis</i> , <i>Liomys irroratus</i> , <i>Lynx rufus</i> y <i>Reithrodontomys megalotis</i> .	Distribución amplia
17	2.24-2.49	4: <i>Cryptotis mexicana</i> , <i>Microtus oaxacensis</i> , <i>Oligoryzomys fulvescens</i> y <i>Reithrodontomys mexicanus</i> .	Neotropical
18	2.01-2.26	4: <i>Cryptotis mexicana</i> , <i>Eira barbara</i> , <i>Molossus rufus</i> y <i>Oligoryzomys fulvescens</i> .	Neotropical

*La afinidad se refiere a la ubicación geográfica preferente del área de endemismo y especies endémicas. Una distribución amplia abarca las regiones Neártica, Neotropical y Zona de Transición Mexicana (regiones según Morrone 2005).

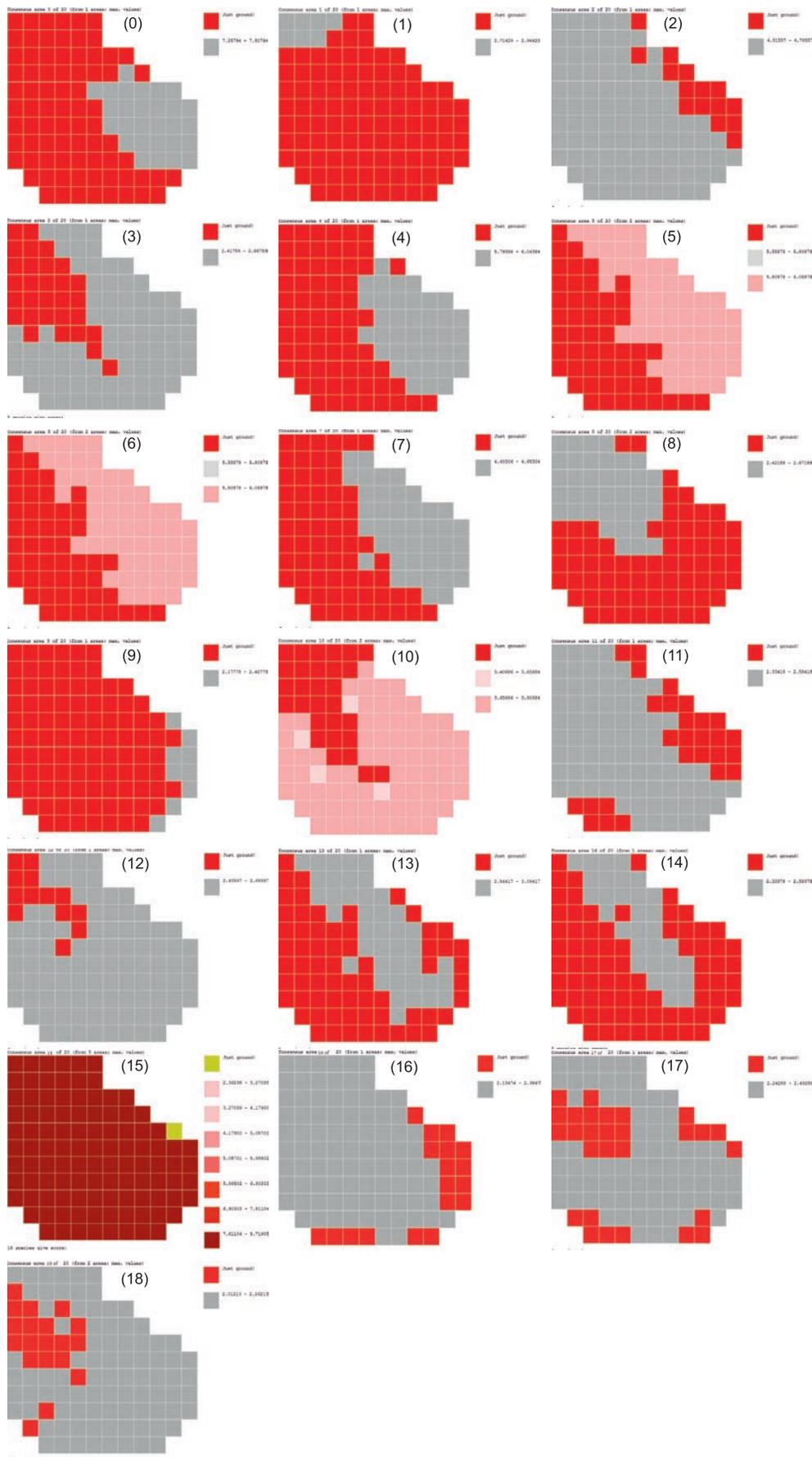


Figura 6. Todas las áreas consenso obtenidas en el análisis (áreas numeradas del 0 al 18, según Tabla 1). En tonos de gris y rosa se muestra el área consenso y en rojo el resto de los cuadros que no pertenece al área de endemismo.

Al ser casi imposible lograr conservar el total de la biodiversidad, las medidas de conservación generalmente se enfocan en escoger algunos aspectos de un ecosistema que funcionen como “estimadores” (*surrogates*) de la manera más eficiente posible y, a partir de ellos, priorizar los lugares (Margules y Pressey 2000; Garson *et al.* 2002; Kelley *et al.* 2002; Sarkar y Margules 2002). Sin embargo, el uso de los patrones biogeográficos de endemismo como “estimadores” o *surrogates* aún no ha sido explorado.

La provincia biogeográfica Oaxaca-Tehuacanense cuenta con algunas Áreas Naturales Protegidas que al superponerlas geográficamente, coinciden con la distribución de las tres especies endémicas y el área de mayor riqueza: la cuenca hidrográfica del Río Necaxa, Cofre de Perote, Cañón de Río Blanco y Pico de Orizaba, pero aún es necesario evaluar si están protegiendo adecuadamente los patrones de diversidad y endemismo. Por lo anterior sugerimos que nuestros resultados pueden ser tomados como una guía indicativa en donde podría ser más eficiente invertir en la creación de nuevas Áreas Naturales Protegidas, con la finalidad de conservar los procesos generadores de los patrones biogeográficos que exhiben las biotas.

Conclusiones

Se encontró evidencia para identificar el área de endemismo que sustenta a la provincia mastofaunística Oaxaca-Tehuacanense (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo vv1990), conformada por la homopatría de tres especies (*Habromys simuatus*, *Microtus quasiater* y probablemente *M. nelsoni*) que la sustentan como un área natural. Esta provincia es más amplia que la descrita por Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990), y abarca a la provincia biogeográfica Oaxaca-Tehuacanense en su totalidad, la parte este de la Faja Volcánica-Transmexicana y una parte de la Sierra Madre del sur. Las acciones de conservación de los mamíferos de la provincia biogeográfica Oaxaca-Tehuacanense deben incluir los patrones de distribución de todas sus especies, pero principalmente las que la conforman como área de endemismo, así como los límites entre provincias que representan zonas de alta diversidad biológica; sin embargo, es necesario realizar estudios con otros grupos taxonómicos para verificar la naturalidad de la provincia.

Agradecimientos

El proyecto Conacyt 80370 financió esta investigación. Reconocemos la importante labor de todas las colecciones científicas que aportan datos a los portales de internet consultados. Agradecemos los valiosos comentarios de dos revisores anónimos.

Referencias

- ÁLVAREZ, T., y F. LACHICA. 1974. Zoogeografía de los vertebrados de México. Pp. 219-302 in El escenario geográfico (González, T. A., T. Álvarez, y F. Lachica, eds.). Vol. II, Recursos Naturales, Secretaría de Educación Pública – Instituto Nacional de Antropología e Historia. Ciudad de México, México.
- ÁLVAREZ-MONDRAGÓN, E., y J. J. MORRONE. 2004. Propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. *Interciencia* 29:112-120.

- ARRIAGA, L., Z. C. AGUILAR, O. D. ESPINOSA, Y R. JIMÉNEZ.** 1997. Regionalización ecológica y biogeográfica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- BROWN, J. H., Y M. V. LOMOLINO.** 1998. Biogeography, 2a. ed. Sinauer Associates, Sunderland.
- CABRERA, A. L., Y A. WILLINK.** 1973. Biogeografía de América Latina. Monografía 13, Serie de Biología, organización de Estados Americanos. Washington, EE.UU.
- CASTRO-CAMPILLO, A., J. MARTÍNEZ, F. A. CERVANTES, Y J. RAMÍREZ-PULIDO.** 2005. *Microtus quasiater*. Pp. 662-663 in Los mamíferos silvestres de México (Ceballos, G., y G. Oliva, eds.). Fondo de Cultura Económica-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- Corona, A. M., V. H. Toledo, y J. J. Morrone.** 2009. Track analysis of the Mexican species of Buprestidae (Coleoptera): testing the complex nature of the Mexican Transition Zone. *Journal of Biogeography* 36:1730-1738.
- CSUTI, B., S. POLAVSKY, P. H. WILLIAMS, R. L. PRESSEY, J. D. CAMM, M. KERSHAW, A. R. KIESTER, B. DOWNS, R. HAMILTON, M. HUSO, Y K. SAHR.** 1997. A comparison of reserve selection algorithms using data on terrestrial vertebrates in Oregon. *Biological Conservation* 80:83-97.
- DE CANDOLLE, A.** 1820. Geographie botanique. Pp. 359-422 in Dictionnaire des Sciences Naturelles, vol. 18. Treuttel and Würtz. Estrasburgo, Francia.
- ELITH, J, C. H., P. R. GRAHAM, M. ANDERSON, S. DUDÍK, A. FERRIER, J. GUISAN, Y J. ROBERT.** 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29:129-151.
- ESCALANTE, T.** 2009. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:551-560.
- ESCALANTE, T., D. ESPINOSA, Y J. J. MORRONE.** 2003. Using Parsimony Analysis of Endemicity to analyze the distribution of Mexican land mammals. *The Southwestern Naturalist* 48:563-578.
- ESCALANTE, T., G. RODRÍGUEZ, Y J. J. MORRONE.** 2004. The diversification of nearctic mammals in de Mexican transtition zone. *Biological Journal of the Linnean Society* 83:327-339.
- ESCALANTE, T., G. RODRÍGUEZ, Y J. J. MORRONE.** 2005. Las provincias biogeográficas del Componente Mexicano de Montaña desde la perspectiva de los mamíferos continentales. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:199-205.
- ESCALANTE, T., V. SÁNCHEZ-CORDERO, J. J. MORRONE, Y M. LINAJE.** 2007a. Areas of endemism of Mexican terrestrial mammals: A case study using species' ecological niche modeling, parsimony analysis of endemism and Golobof fit. *Interciencia* 32:151-159.
- ESCALANTE, T., G. RODRÍGUEZ, N. GÁMEZ, L. LEÓN, O. BARRERA, Y V. SÁNCHEZ-CORDERO.** 2007b. Biogeografía y conservación de los mamíferos de la Faja Volcánica Transmexicana. Pp. 485-502 in Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana (Luna, I., J. J. Morrone, y D. Espinosa, eds.). Universidad Nacional Autónoma de México -Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.

- ESCALANTE, T., G. RODRÍGUEZ-TAPIA, M. LINAJE, P. ILLOLDI, Y R. GONZÁLEZ-LÓPEZ.** 2010. La identificación correcta de las áreas de endemismo y los umbrales de presencia en los modelos de distribución potencial. Pp. 68. Memorias de la IX Reunión Argentina de Cladística y Biogeografía, La Plata, Argentina.
- ESCALANTE, T., C. SZUMIK, Y J. J. MORRONE.** 2009. Areas of endemism of Mexican mammals: Re-analysis applying the optimality criterion. *Biological Journal of the Linnean Society* 98:468-478.
- ESPINOSA-ORGANISTA, D., C. AGUILAR, Y T. ESCALANTE.** 2001. Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. Pp. 31-35 in *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones* (Llorente, J., y J. J. Morrone, eds.). Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- FREEMAN, E.A., Y G.G. MOISEN.** 2008. A comparison of the performance of threshold criteria for binary classification in terms of predicted prevalence and kappa. *Ecological Modelling* 217:48-58.
- GÁMEZ, N., T. ESCALANTE, G. RODRÍGUEZ, M. LINAJE, Y J. J. MORRONE.** 2012. Patrones biogeográficos de la mastofauna de la Faja Volcánica Transmexicana. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:258-272.v
- GARCÍA-MARMOLEJO, G., T. ESCALANTE, Y J. J. MORRONE.** 2008. Establecimiento de prioridades para la conservación de mamíferos terrestres neotropicales de México. *Mastozoología Neotropical* 15:41-65.
- GARSON, J., A. AGGARWAL, Y S. SARKAR.** 2002. ResNet Manual. Ver. 1.2. 30 Octubre, 2002.
- GOLOBOFF, P.** 2005. NDM/VNDM v. 2.5. Programs for identification of areas of endemism. Programa y documentación disponible en: www.zmuc.dk/public/phylogeny/endemism
- HALL, R.** 1981. *The mammals of North America*. Vol. I-IV. 2a ed. John Wiley & Sons. New York, EE.UU.
- HALFFTER, G., Y C. E. MORENO.** 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. Pp. 5-18 in *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma* (Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff, y A. Melic, eds.). Monografías Tercer Milenio, vol. 4, S. E.A. Zaragoza, España.
- HEADS, M.** 2004. What is a node? *Journal of Biogeography* 31:1883-1891.
- HERNÁNDEZ, P. A., C. H. GRAHAM, L. L. MASTER, Y D. L. ALBERT.** 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29:773-785.
- HIJMANS, R.J., S.E CAMERON, J. L. PARRA, P. G. JONES, Y A. JARUIS.** 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- JIMÉNEZ –VALVERDE, A., Y J. M. LOBO.** 2007. Threshold criteria for conversion of probability of species presence to either-or presence-absence. *Acta Oecologica* 31:361-369.
- KELLEY, C., J. GARSON, A. AGGARWAL, Y S. SARKAR.** 2002. Place prioritization for biodiversity reserve network design: a comparison of the SITIES and ResNet software packages for coverage and efficiency. *Diversity and Distributions* 8:297-306.

- LEÓN-PANIAGUA, L., Y E. ROMO.** 2005. *Habromys simulatus*. Pp.675 in Los mamíferos silvestres de México (Ceballos, G., y G. Oliva, eds.). Fondo de Cultura Económica-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ciudad de México, México.
- LEÓN-PANIAGUA, L. A. G. NAVARRO-SIGÜENZA, B. E. HERNÁNDEZ-BAÑOS, Y J. C. MORALES.** 2007. Diversification of the arboreal mice of the genus *Habromys* (Rodentia: Cricetidae: Neotominae) in the Mesoamerican highlands. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 42:653-662.
- LIU, C., BERRY, M., DAWSON, T. P., Y R. G. PEARSON.** 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28:385-393.
- MARGULES, C. R., A. O. NICHOLLS, Y R. L. PRESSEY.** 1988. Selecting networks for reserves to maximize biological diversity. *Biological Conservation* 43:63-76.
- MARGULES, C. R., Y R. L. PRESSEY.** 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405:243-253.
- MORRONE, J. J.** 2001a. Sistemática, biogeografía, evolución; los patrones de la biodiversidad en tiempo y espacio. Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- MORRONE, J. J.** 2001b. Biogeografía de América Latina y el Caribe. Manuales y Tesis SEA, no. 3., Zaragoza, España.
- MORRONE, J. J.** 2004. Homología biogeográfica: Las coordenadas espaciales de la vida. Cuadernos del Instituto de Biología 37, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- MORRONE, J. J.** 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:207-252.
- MORRONE, J. J.** 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology* 51:467-94.
- MORRONE, J. J., D. ESPINOSA-ORGANISTA, Y J. LORENTE-BOUSQUETS.** 2002. Mexican biogeographic provinces: preliminary scheme, general characterizations and synonymies. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 85:83-108.
- ODUM, E. P., Y G. W. BARRET.** 2008. Fundamentos de Ecología. Quinta edición. Thomson, Ciudad de México, México.
- PEARSON, R. G., C. J., RAXWORTHY, M. NAKAMURA, Y T. PETERSON.** 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34:102-117.
- PEÑA, L. A., Y B. HERNÁNDEZ.** 2005. *Megadontomys nelsoni*. Pp.678 in Los mamíferos silvestres de México (Ceballos, G., y G. Oliva, eds.). Fondo de Cultura Económica-CONABIO, Ciudad de México, México.
- PEÑA, L. A., Y Y. DOMÍNGUEZ.** 2005. *Megadontomys thomasi*. Pp.679 in Los mamíferos silvestres de México (Ceballos, G., y G. Oliva, eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, Ciudad de México, México.
- PHILLIPS, S. J., P.P. ANDERSON, Y R. E. SCHAPIRE.** 2006. A maximum entropy modelling of species geographic distribution. *Ecology Modelling* 190:231-259.

- RAMÍREZ-PULIDO, J., Y A. CASTRO-CAMPILLO.** 1990. Provincias Mastofaunísticas 1:4000000 Mapa IV.8.8A. Atlas Nacional de México. Vol. 2. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- REAL, R.** 1992. Las tendencias geográficas de la riqueza específica. *Monographic Herpetologica* 2:85-94.
- RON, S. R.** 2000. Biogeographic area relationships of Neotropical lowland rainforest based on raw distributions of vertebrate groups. *The Biological Journal of the Linnean Society* 71:379-402.
- ROSEN, B. R.** 1988. From fossils to earth history: Applied historical biogeography. Pp. 437-481 in *Analytical biogeography: An integrated approach to the study of animal and plant distributions* (Myers, A. A., y P. Giller, eds.). Chapman and Hall, Oxford, Reino Unido.
- SARKAR, S.** 2005. *Biodiversity and environmental philosophy: An introduction*. Cambridge University Press, Cambridge, EE.UU.
- SARKAR, S., Y C. MARGULES.** 2002. Operationalizing biodiversity for conservation planning. *Journal of Bioscience* 27:299-308.
- SZUMIK C., F., CUEZZO, P. GOLOBOFF, Y A. CHALUP.** 2002. An optimality criterion to determine areas of endemism. *Systematic Biology* 51:806-816.
- SZUMIK, C. A., Y P. A. GOLOBOFF.** 2004. Areas of endemism: An improved optimality criterion. *Systematic Biology* 53:968-977.
- SZUMIK, C., D. CASAGRANDA, Y S. ROIG-JUÑENT.** 2006. *Manual de NDM/VNDM: Programas para la identificación de áreas de endemismo*. Instituto Argentino de estudios Filogenéticos. Buenos Aires, Argentina.
- TORRES-MIRANDA, A., E I. LUNA-VEGA.** 2006. Análisis de trazos para establecer áreas de conservación en la Faja Volcánica Transmexicana. *Interciencia* 31:849-855.
- WHITTAKER, R. J., M. B. ARAÚJO, P. JEPSON, R. J. LADLE, J. E. M. WATSON, Y K. J. WILLIS.** 2005. Conservation Biogeography: Assessment and prospect. *Diversity and Distributions* 11:3-23.
- WHITTAKER, R. J., Y R. J. LADLE.** 2011. 2010. The roots of conservation biogeography. Pp. 3-12 in *Conservation biogeography* (Ladle, R. J., y R. J. Whittaker eds.). Wiley-Blackwell, Oxford, Reino Unido.

Sometido: 11 de noviembre de 2011

Revisado: 13 de diciembre de 2011

Aceptado: 3 de febrero de 2012

Editor asociado: Consuelo Lorenzo

Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández

Número de localidades por especie utilizadas en los análisis.

<i>Alouatta palliata</i> - 73	<i>Dasyprocta mexicana</i> - 53
<i>Anoura geoffroyi</i> - 366	<i>Dasyprocta punctata</i> - 83
<i>Antrozous pallidus</i> - 667	<i>Dasypus novemcinctus</i> - 380
<i>Artibeus aztecus</i> - 254	<i>Desmodus rotundus</i> - 1089
<i>Artibeus hirsutus</i> - 178	<i>Diaemus youngi</i> - 14
<i>Artibeus inopinatus</i> - 9	<i>Didelphus albus</i> - 22
<i>Artibeus jamaicensis</i> - 1262	<i>Didelphis virginiana</i> - 916
<i>Artibeus lituratus</i> - 864	<i>Diphylla ecaudata</i> - 112
<i>Artibeus phaeotis</i> - 555	<i>Dipodomys ordii</i> - 2316
<i>Artibeus toltecus</i> - 704	<i>Dipodomys phillipsii</i> - 200
<i>Artibeus watsoni</i> - 85	<i>Eira barbara</i> - 56
<i>Ateles geoffroyi</i> - 148	<i>Eptesicus furinalis</i> - 145
<i>Baiomys musculus</i> - 715	<i>Eptesicus fuscus</i> - 2030
<i>Baiomys taylori</i> - 844	<i>Eumops auripendulus</i> - 15
<i>Balantiopteryx io</i> - 72	<i>Eumops bonariensis</i> - 15
<i>Balantiopteryx plicata</i> - 465	<i>Eumops glaucinus</i> - 48
<i>Bassariscus sumichrasti</i> - 68	<i>Eumops perotis</i> - 102
<i>Bauerus dubiaquercus</i> - 28	<i>Eumops underwoodi</i> - 48
<i>Caluromys derbianus</i> - 61	<i>Galictis vittata</i> - 33
<i>Canis latrans</i> - 819	<i>Glossophaga commissarisi</i> - 284
<i>Carollia brevicauda</i> - 386	<i>Glossophaga morenoi</i> - 128
<i>Carollia subrufa</i> - 279	<i>Glossophaga soricina</i> - 1052
<i>Carollia sowelli</i> - 425	<i>Habromys chinanteco</i> - 13
<i>Centronycteris maximiliani</i> - 7	<i>Habromys delicatulus</i> - 1*
<i>Centurio senex</i> - 183	<i>Habromys ixtlani</i> - 1*
<i>Chiroderma salvini</i> - 121	<i>Habromys lepturus</i> - 39
<i>Chiroderma villosum</i> - 108	<i>Habromys lophurus</i> - 24
<i>Choeroniscus godmani</i> - 61	<i>Habromys schmidlyi</i> - 1*
<i>Choeronycteris mexicana</i> - 440	<i>Habromys simulatus</i> - 9
<i>Chrotopterus auritus</i> - 38	<i>Heteromys desmarestianus</i> - 311
<i>Conepatus leuconotus</i> - 262	<i>Hylonycteris underwoodi</i> - 102
<i>Conepatus semistriatus</i> - 40	<i>Idionycteris phyllotis</i> - 81
<i>Cratogeomys gymnurus</i> - 49	<i>Lampronnycteris brachyotis</i> - 19
<i>Cratogeomys tylorhinus</i> - 107	<i>Lasiurus borealis</i> - 765
<i>Cryptotis goldmani</i> - 12	<i>Lasiurus cinereus</i> - 706
<i>Cryptotis magna</i> - 56	<i>Lasiurus intermedius</i> - 229
<i>Cryptotis mexicana</i> - 179	<i>Lasiurus xanthinus</i> - 114
<i>Cryptotis nigrescens</i> - 44	<i>Leopardus pardalis</i> - 101
<i>Cryptotis parva</i> - 567	<i>Leopardus wiedii</i> - 81
<i>Cuniculus paca</i> - 128	<i>Leptonycteris curasoae</i> - 522
<i>Cyclopes didactylus</i> - 42	<i>Leptonycteris nivalis</i> - 178
<i>Cynomops greenhalli</i> - 13	<i>Lepus californicus</i> - 608

<i>Lepus flavigularis</i> - 25	<i>Oryzomys melanotis</i> - 244
<i>Liomys irroratus</i> - 1686	<i>Peromyscus grandis</i> - 12
<i>Liomys pictus</i> - 1342	<i>Peromyscus leucopus</i> - 2621
<i>Lonchorhina aurita</i> - 56	<i>Peromyscus mekisturus</i> - 5
<i>Lynx rufus</i> - 530	<i>Peromyscus melanocarpus</i> - 503
<i>Macrophyllum macrophyllum</i> - 18	<i>Peromyscus melanophrys</i> - 428
<i>Macrotus waterhousii</i> - 234	<i>Philander opossum</i> - 225
<i>Marmosa mexicana</i> - 124	<i>Perimyotis subflavus</i> - 381
<i>Megadontomys cryophilus</i> - 39	<i>Platyrrhinus helleri</i> - 197
<i>Megadontomys thomasi</i> - 74	<i>Procyon lotor</i> - 931
<i>Micronycteris microtis</i> - 105	<i>Promops centralis</i> - 30
<i>Micronycteris schmidtorum</i> - 20	<i>Pteronotus parnellii</i> - 741
<i>Microtus oaxacensis</i> - 24	<i>Reithrodontomys bakeri</i> -1*
<i>Microtus quasiater</i> - 143	<i>Reithrodontomys fulvescens</i> - 1613
<i>Molossus rufus</i> - 365	<i>Reithrodontomys gracilis</i> - 81
<i>Molossus sinaloae</i> - 93	<i>Reithrodontomys megalotis</i> - 2850
<i>Musonycteris harrisoni</i> - 61	<i>Reithrodontomys mexicanus</i> - 219
<i>Mustela frenata</i> - 428	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> - 480
<i>Myotis keaysi</i> - 181	<i>Sciurus aureogaster</i> - 903
<i>Nyctinomops aurispinosus</i> - 53	<i>Sciurus deppei</i> - 430
<i>Odocoileus virginianus</i> - 690	<i>Sciurus oculatus</i> - 33
<i>Oligoryzomys fulvescens</i> - 415	<i>Sigmodon hispidus</i> - 2606
<i>Orthogeomys cuniculus</i> - 6	<i>Sorex macrodon</i> - 17
<i>Oryzomys couesi</i> - 857	<i>Urocyon cinereoargenteus</i> - 651

*Especies incluidas sin modelo.

Conservación de Murciélagos en Campeche

Jorge A. Vargas-Contreras^{1*}, Griselda Escalona-Segura²,
Joaquín Arroyo-Cabrales³, Jaime Rendon Von Osten⁴ y Laura Navarro⁵

Abstra

The Campeche state harbors 55 species of bats and it has sites with high multispecific abundance such as the cave called “El Volcán de los Murciélagos” in natural protected areas known as “Zona Sujeta a Conservación Ecológica Balam-Kú” in Calakmul Municipality, Campeche. This paper aims to provide an overview of the field work that has been developed in relation with the quiroptero fauna of Campeche, give a study case, and propose conservation strategies for the “El Volcán de los Murciélagos” cave in Calakmul, Campeche. In this cave, it is required to establish short-term multidisciplinary actions for conservation: including the management and conservation program, studies on population dynamics, environmental education, animal health, and impact of pesticides on food chains such as the crop-insect-bats-raptors (or wildlife in general), and agriculture-human chains.

Key words: Balam-Kú, Conservation, impacts, multispecific roost, pesticide, quiroptero fauna.

Resumen

El estado de Campeche es diverso en murciélagos con 55 especies reportadas hasta el momento, posee sitios multiespecíficos de alta abundancia como la cueva “El Volcán de los Murciélagos”, en el área natural protegida conocida como “Zona Sujeta a Conservación Ecológica Balam-Kú” en el Municipio de Calakmul, Campeche. La investigación tiene como objetivos proporcionar un panorama general sobre el trabajo de campo que se ha realizado respecto a la quiroptero fauna campechana, dar un caso de estudio y señalar las estrategias de conservación propuestas para la cueva “El Volcán de los Murciélagos” en Calakmul, Campeche. En esta cueva se requiere de establecer acciones multidisciplinarias a corto plazo para su conservación, incluyendo la elaboración del programa de conservación y manejo, estudios sobre la dinámica de las poblaciones,

¹Facultad de Ciencias Químicas y Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche. Av. Agustín Melgar s/n entre Juan de la Barrera y Calle 20, Campeche, Campeche 24039 E-mail: jalbino64@hotmail.com, javargas@uacam.mx

²El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche. Av. Rancho Polígono 2-A, Lerma, Campeche 24500. E-mail: gescalon@ecosur.mx

³Laboratorio de Arqueozoología, Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Moneda #16, México, Distrito Federal 06060 E-mail:aromatu5@yahoo.com.mx.

⁴Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, Universidad Autónoma de Campeche. Av. Agustín Melgar s/n entre Juan de la Barrera y Calle 20, Campeche, Campeche 24039 E-mail: jarendon@uacam.mx

⁵Programa para la Conservación de Murciélagos Mexicanos. Bioconciencia Bioconservación, Educación y Ciencia A.C. Calle Ocotepéc L-10, esq. Poza Rica, México, Distrito Federal 10400 E-mail: laura.murcielaga@gmail.com.

*Corresponding author

educación ambiental, salud animal e impacto de plaguicidas sobre las cadenas tróficas involucradas como ejemplo: cultivos-insectos-murciélagos-aves rapaces (o fauna silvestre en general) y cultivo-humano.

Palabras claves: Balam-Kú, Conservación, impacto, plaguicidas, quiropteroфаuna, refugio multiespecífico.

Introducción

Debido a los grandes cambios globales que se están dando sobre el ambiente y que repercute sobre los organismos, es importante unificar esfuerzos para proteger y recuperar la diversidad biológica. En este sentido, los murciélagos son un grupo de mamíferos con vínculos profundos y cruciales en nuestro bienestar que contribuyen significativamente a mantener una alta calidad de vida, pero son tratados injustificadamente a nivel mundial. Así, la Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias (CMS) y el Acuerdo para la Conservación de las Poblaciones de Murciélagos Europeos (EUROBATS) pusieron en marcha el Año del Murciélago 2011 – 2012, apoyado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), para promover la conservación, la investigación y la educación sobre los únicos mamíferos voladores del mundo (Medellín y Streit 2010).

El presente documento tiene tres objetivos: 1) Proporcionar un panorama general sobre el quehacer en el estudio de la quiropteroфаuna campechana, 2) Citar el caso de la cueva “El Volcán de los Murciélagos” en Calakmul, Campeche y 3) Señalar las estrategias para su conservación.

Diversidad de murciélagos

Los murciélagos son el único grupo de mamíferos voladores y ellos han sido estudiados de diversas maneras (Vargas Contreras *et al.* 2008). Por ejemplo, en términos taxonómicos a nivel mundial se han descrito alrededor de 1,116 especies (Simmons 2005), de las cuales cerca de 140 se distribuyen en México (Medellín 1993; Ceballos *et al.* 2005; Medellín *et al.* 2008). Sin embargo, hace 45 años Bernardo Villa Ramírez, a la edad de 55 años, publicó la obra “Los Murciélagos de México” donde reportó 154 especies (Villa Ramírez 1966). La obra corresponde a uno de los estudios básicos más importantes para el conocimiento de este grupo en el país. Ello muestra el nivel detallado de la revisión taxonómica de que han sido objeto los murciélagos.

A nivel estatal, Campeche se ubica entre los 10 primeros estados con alta riqueza de murciélagos con 55 especies (Vargas Contreras *et al.* 2008; Guzmán Soriano *et al.* en evaluación). Esta quiropteroфаuna está integrada por cuatro especies de embalonúridos, cinco especies de mormópidos, una especie de noctiliónido, 27 especies de filostómidos, una especie de natálido, nueve especies de vespertiliónidos y ocho especies de molósidos (Anexo 1). Considerando los registros potenciales sugeridos en Medellín *et al.* (2008), se espera que la quiropteroфаuna se incremente de 55 a 63 especies; es decir, se considera que al menos falta por registrar dos especies de embalonúridos, una especie de tiroptérido, dos de filostómidos, dos de vespertiliónidos y una de molósido.

Otro aspecto importante de la diversidad de murciélagos, es considerar la amplia gama de recursos alimenticios que utilizan; caracterizándose en frugívoros, folívoros,

nectarívoros, carnívoros, insectívoros, omnívoros y hematófagos (Wilson 1973; Smith 1976; Gardner 1977; Wetterer *et al.* 2000; Van Cakenberghe *et al.* 2002). En este sentido, en Campeche se encuentran representados todos los gremios tróficos, siendo los insectívoros los más ricos con 35 especies, seguido por los frugívoros (13), carnívoros (4), hematófagos (2) y nectarívoros (1). De acuerdo a la NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT 2010), aproximadamente el 25% de la quiropterofauna campechana se encuentra bajo algún estado de protección, pero a nivel local representan el 33%, con miembros de las familias Emballonuridae (2 especies), Mormoopidae (1), Phyllostomidae (11), Vespertilionidae (2) y Molossidae (2). La familia Phyllostomidae presenta ocho especies en la categoría amenazada, una especie en protección especial (*Artibeus watsoni*) y una en peligro (*Vampyrum spectrum*). Adicionalmente, la UICN (2011) incluye dos especies más en la categoría casi amenazado (*Vampyrum spectrum* y *Bauerus dubiaquercus*; Anexo 1).

Caso de estudio

Los murciélagos ocupan una amplia variedad de refugios naturales o de estructuras hechas por el hombre, como cuevas, minas, grietas de rocas, árboles (truncos huecos y follaje), nidos, termiteros, alcantarillas, casas, edificios y puentes. Dichos sitios son importantes porque pueden ser usados para el apareamiento, la crianza y la hibernación (Kunz 1982; Kunz y Lumsden 2003). Algunos murciélagos son solitarios o también pueden ser encontrados en grandes colonias estimadas en más del millón. Aparentemente hay pocos refugios que albergan grandes colonias de murciélagos en alguna parte del Mundo. Por citar algunos ejemplos, McCracken (2003) expresa datos históricos entre los años 50's y 60's sobre la abundancia de murciélagos insectívoros (*Tadarida brasiliensis*) de 17 cuevas al suroeste de los Estados Unidos que fue estimada en más de 150 millones de individuos con el empleo de diferentes técnicas, como conteos de salida, extrapolación de las densidades en el refugio, marca-recaptura y varios índices de abundancia. Sin embargo, Betke *et al.* (2008), con el uso de la tecnología de las imágenes térmicas que permite tener una mejor estimación de las poblaciones de seis grandes colonias de las reportadas por McCracken, encontraron una reducción de la población estimada en 54 millones en 1957 a 4 millones entre el 2000-2006.

En México, con respecto a las especies cavernícolas, existen pocos estudios sobre la conservación de las mismas. Arita (1993) clasificó los refugios multiespecífico con base en la incidencia como el uso de las cuevas compartidas con otras especies (integracionistas, segregacionistas e indiferentes) y la abundancia (baja <1,000 individuos; alta >1,000 y muy alta >10,000) destacando 13 cuevas del país y cita que sólo el 10% de los refugios incluyen más de seis especies. Sin embargo, hay varios refugios que eran desconocidos o se disponía de poca información como es el caso de la cueva "El Volcán de los Murciélagos" que se ubica al sur del estado de Campeche, dentro del área de influencia o sitio especial para la conservación de murciélagos en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Balam-Kú (Secretaría de Ecología 2009; Fig. 1).

En esta cueva se han identificado al menos nueve especies de murciélagos, de las cuales una es nectarívora (*Glossophaga soricina*) y las restantes son insectívoras (*Pteronotus davyi*, *P. gymnonotus*, *P. parnellii*, *P. personatus*, *Mormoops megalophylla*, *Natalus stramineus*, *Myotis keaysi* y *Nyctinomops laticaudatus*). Además, con la

grabación de la salida de los quirópteros se hizo una estimación de la población que va entre 80,000 a 100,000 murciélagos (Escalona-Segura *et al.* 2002) o casi de 1 a 2.3 millones de murciélagos (Escobedo Cabrera y Calmé 2005). Hasta el momento no hay otros trabajos formales publicados sobre la estimación de la población de los murciélagos en esta cueva, por lo que el uso de la técnica propuesta por Betke *et al.* (2008) podría permitirnos tener una mejor estimación del número de murciélagos que se albergan en este sitio. Así, la cueva “El Volcán de los Murciélagos” deberá formar parte de los planes de conservación (Fig. 2).

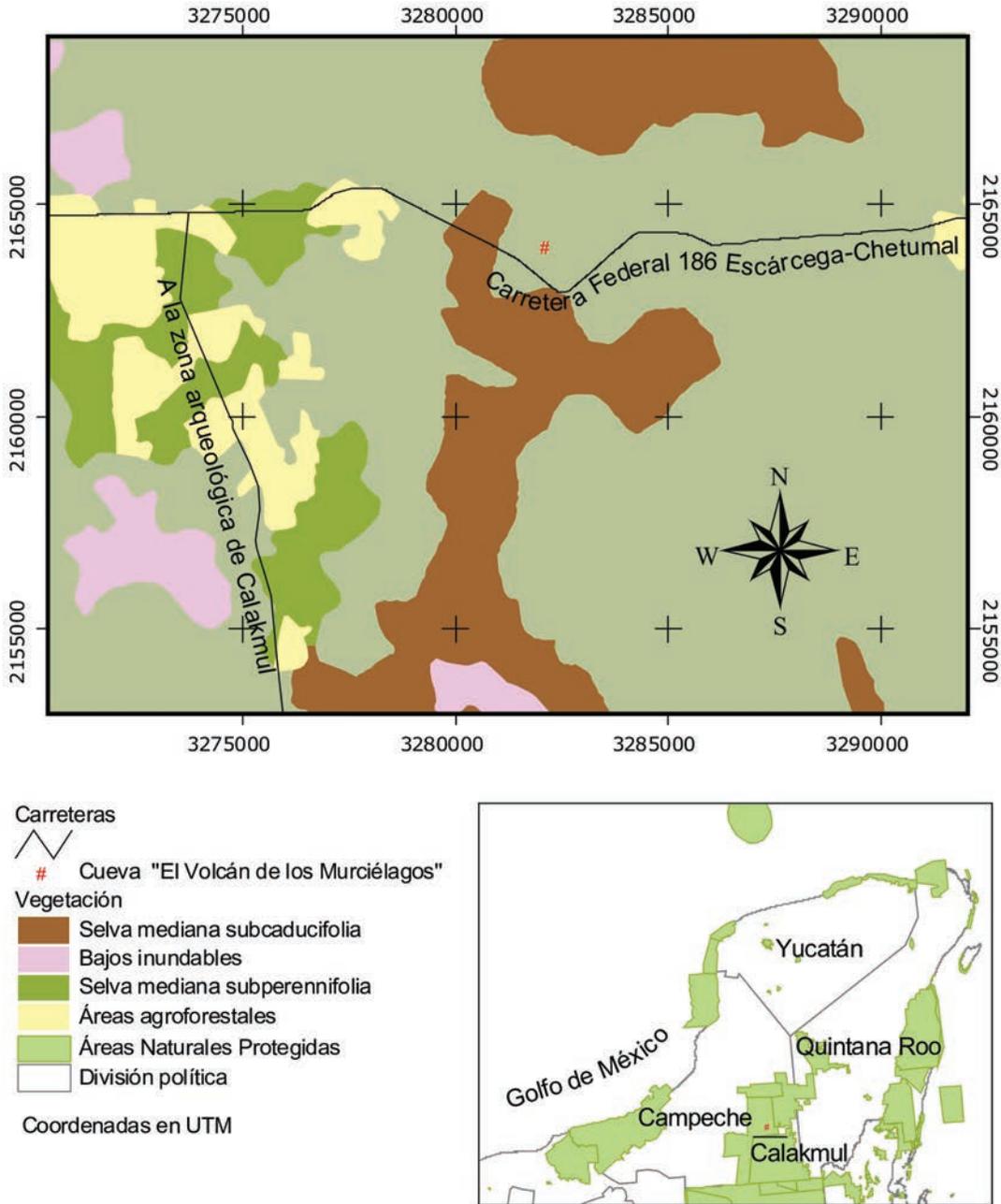


Figura 1. Localización de la cueva “El Volcán de los Murciélagos” en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Balam-Kú, Calakmul, Campeche, México.

Los murciélagos insectívoros proporcionan un servicio ambiental al reducir las poblaciones de insectos, muchas de las cuales constituyen plagas agrícolas. Si un murciélago consume casi 10 g de insectos cada noche (Hill y Smith 1984), se espera que

en aquellos sitios que alberguen, por mencionar un ejemplo, un millón de murciélagos, éstos consuman 10 toneladas de insectos cada noche. Por citar un caso con los molosidos, existen reportes sobre su dieta donde mayormente incluyen coleópteros y lepidópteros más que dípteros y hemípteros (Freeman 1979, 1981). Aunque en la cueva “El Volcán de los Murciélagos” no se cuenta aun con una estimación precisa, el dato más conservador es de un millón de murciélagos que contribuyen potencialmente a disminuir la población de insectos cada noche con aproximadamente 10 toneladas en los alrededores de Calakmul, de esta forma demuestran su función como plaguicida natural. Sin embargo, esto puede cambiar; hasta antes de mayo de 2010, las estimaciones del tamaño de la población de murciélagos en esta cueva se realizaron con videocámaras digitales y lámparas de luz infrarroja que captaron la emergencia de la salida de los murciélagos en aproximadamente 30 ó 40 minutos. En cambio usando la cámara térmica en mayo del 2010 se detectó que la salida fue de 90 minutos, lo que implica un incremento multiplicado de las estimaciones poblacionales (Fig. 3).

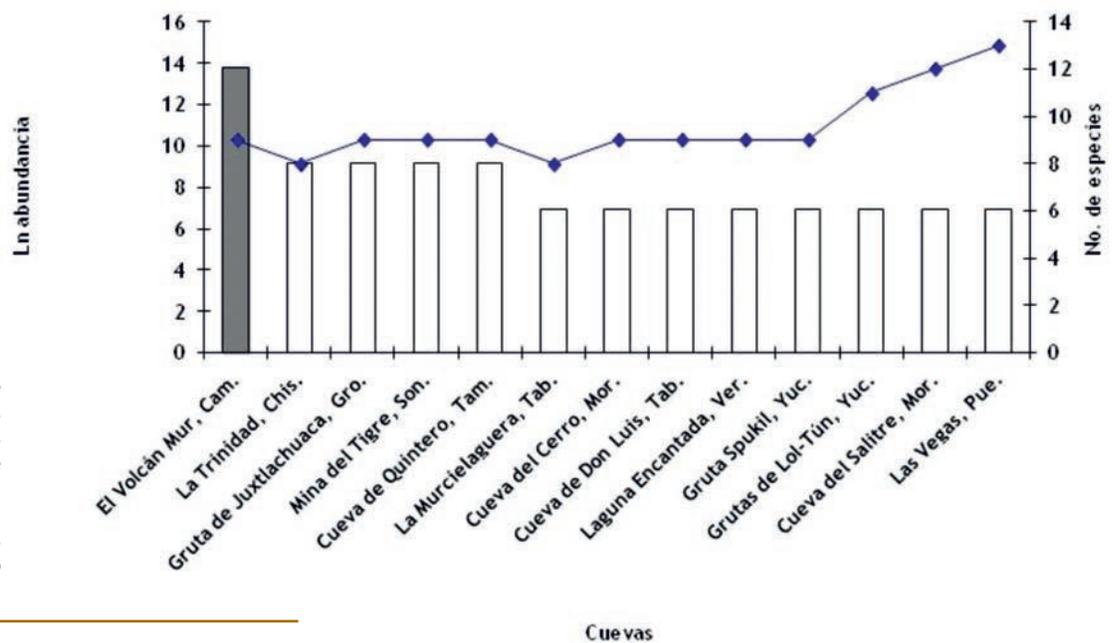


Figura 2. Comparación de diversidad de murciélagos en diferentes cuevas mexicanas principalmente indicadas por Arita (1993, barras blancas) versus El Volcán de los Murciélagos en Campeche, México (barra gris).

En términos agrícolas, la zona de Calakmul está diversificada en cultivos de maíz, frijol, chile, chihua y una variedad de verduras, entre otros (Secretaría de Ecología 2009) y el uso de los plaguicidas, particularmente en el cultivo de chile por su alta producción y valor económico (Mendicuti Luna 2003), pondrían en riesgo a la población de murciélagos si no se definen las estrategias de conservación como concientizar el no uso de plaguicidas por la salud tanto humana como del ecosistema. Preliminarmente se han realizado análisis del guano obtenido en la cueva de interés, detectándose varios plaguicidas organoclorados, como pp DDE (1.48), pp DDT (0.28) y pp DDD (0.50), con mayores concentraciones de lo reportado para el norte de México (0.99, 0.03 y 0.01, respectivamente; Clark *et al.* 1995). Asimismo, se han realizado análisis de plaguicidas organoclorados del guano obtenido en la cueva, en el cual se detectaron p,p'-DDT (0.28 mg/g) y sus productos de degradación p,p'-DDE (1.48 mg/g) y p,p'-DDD (0.50 mg/g) con mayores concentraciones de lo

reportado para el norte de México (0.03, 0.99 y 0.01 mg/g, respectivamente; Clark *et al.* 1995). Las concentraciones determinadas en este estudio tal vez no afecten a corto plazo la salud de los murciélagos expuestos; sin embargo, se pueden presentar efectos a largo plazo ya que estudios en campo indican una correlación entre PCBs, un compuesto organoclorado semejante al DDT, y su efecto en la reproducción del murciélago café (*Eptesicus fuscus*) y en el murciélago pequeño café (*Myotis lucifugus*, Clark y Lamont 1976; Clark y Krynitsky 1978). En otros sitios, se ha observado que bajas concentraciones de DDT pudieron haber afectado la población de murciélagos *Tadarida brasiliensis* de la cueva de Carlsbad, Nuevo México (Clark 2001).

Es importante mencionar que además de los compuestos organoclorados, existe un gran número de plaguicidas que se emplean en el sureste de Campeche, predominando los organofosforados y los carbámicos, los cuales tienen efectos tóxicos agudos en los organismos expuestos.

Este refugio multiespecífico se encuentra dentro de un área protegida que día a día en el crepúsculo es abandonado por una gran cantidad de murciélagos para conseguir su alimento. Sin embargo, estas poblaciones se ven severamente amenazadas por plaguicidas provenientes del exterior del área al ingerir insectos contaminados con plaguicidas no permitidos internacionalmente. De igual forma poblaciones de aves rapaces y charas que consumen murciélagos contaminados, se ven amenazados, presentando un efecto biomagnificador. A la larga, las cadenas tróficas en la región pueden verse afectadas por el uso de estos plaguicidas provocando daños psicomotores, neurológicos o hasta la muerte de los organismos involucrados, incluyendo al humano.

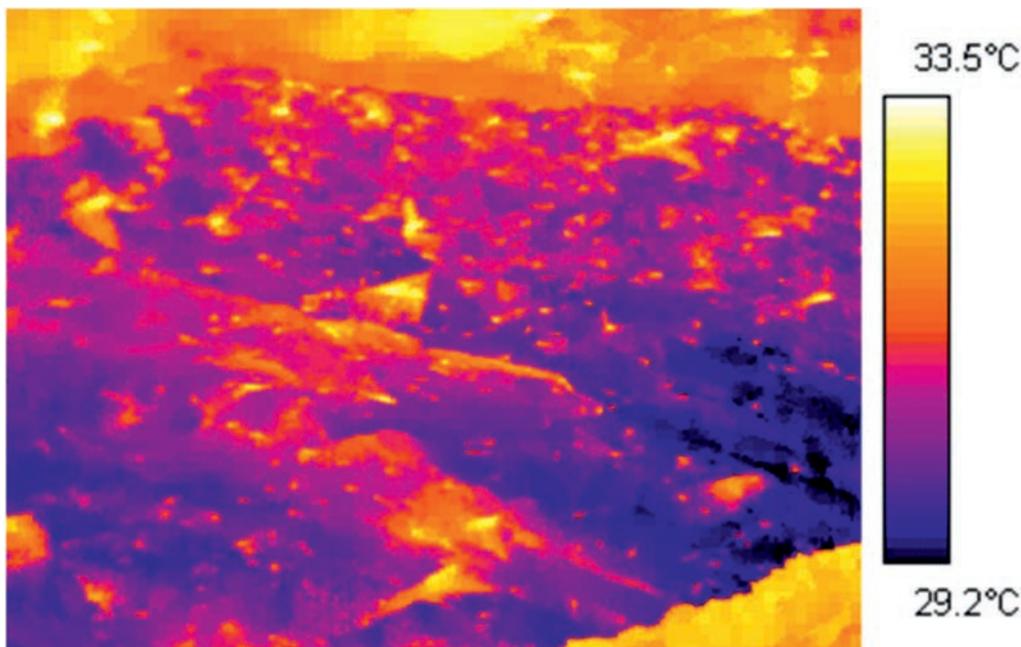


Figura 3. Representación de la emergencia de murciélagos de la cueva “El Volcán de los Murciélagos” en Campeche, México, usando una cámara FLIR ThermoVision®SC4000. Los colores amarillo-anaranjados corresponden a murciélagos en movimiento.

Conservación

La cueva “El Volcán de los Murciélagos” es un ejemplo para ser considerada en los esquemas de la biología de la conservación al requerirse la interacción entre las disciplinas sociales, naturales y de manejo para su conservación (Meffe *et al.* 2006;

Primack 2006; Fig. 4). La cueva como muchos otros sitios sigue recibiendo presiones humanas de diversas índoles como visitas no reguladas, modificaciones ambientales injustificadas y atropellamiento de murciélagos por automóviles en exceso de velocidad en la vía de comunicación más inmediata a ella. Al mismo tiempo, representa un objeto de conservación y de manejo para la región de Calakmul, lo que produce un conflicto que requiere una acción inmediata, como generar su plan de manejo para establecer las estrategias de conservación; donde los diferentes actores de la sociedad (e. g. turistas, asociaciones civiles, lugareños, gobernantes y académicos, entre otros) no tienen idea clara de su futuro, pero sí de la necesidad de su manejo responsable y su conservación.

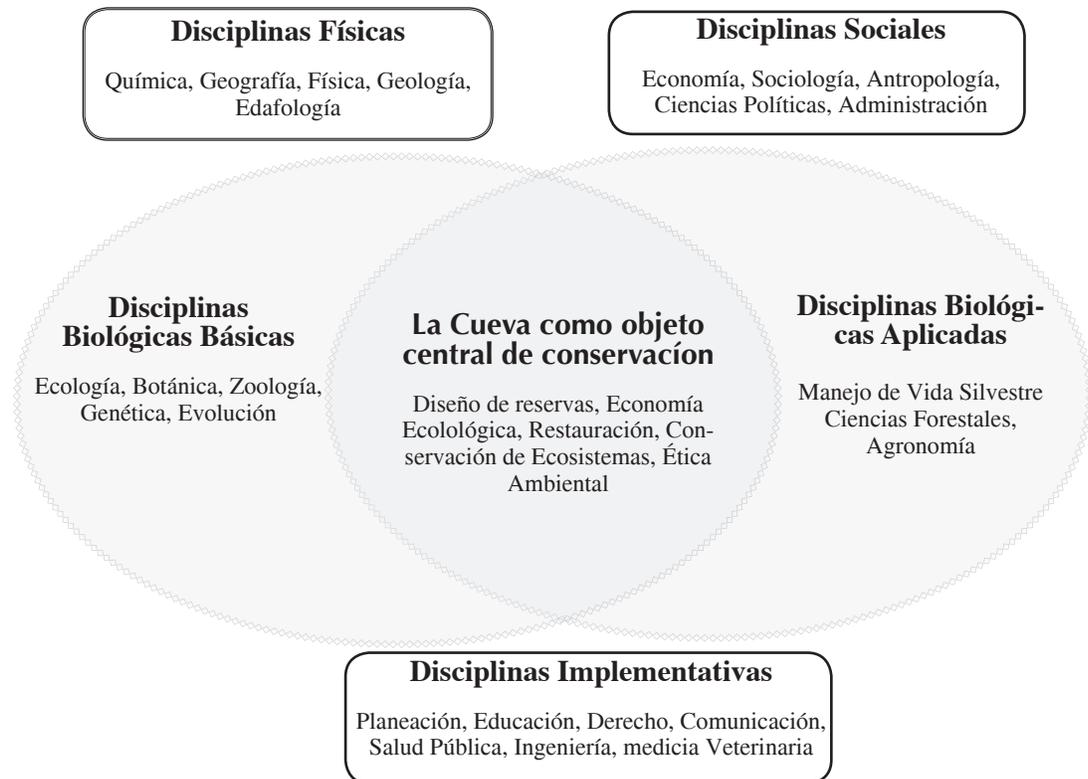


Figura 4. El modelo citado por Meffe *et al.* (2006) y Primack (2006) es un enfoque interdisciplinario a seguir para desarrollar estrategias de conservación regional tomando a la cueva “El Volcán de los Murciélagos”.

La cueva en cuestión es promovida a formar parte de un corredor turístico como sendero y mirador ecológico por el gobierno campechano. Como estrategia se planea desarrollar una infraestructura amigable con el ambiente, para hacer de las visitas no planeadas al sitio un paseo formal, con un número de visitantes limitado que reciban información sobre la observación, las implicaciones de la visita y el respeto al sitio. Sin embargo, aunque el proyecto está en ejecución, se desconoce el estudio de impacto sobre manejo y conservación del sitio especial de murciélago de la región de Calakmul, lo cual justifica nuestra labor en pro del lugar y su contenido en la generación del dicho documento.

La superstición domina la opinión que la gente tiene sobre los murciélagos, sin reconocer que su coexistencia proviene desde muchos años atrás formando parte en su folklore, en sus leyendas, en el sentimiento religioso y en el mal (Villa Ramírez 1966; Navarro y Arroyo-Cabrales 2011). Fuera de México, hay similitudes en las leyendas sobre los murciélagos: en tanto para unos son de buena suerte como es el caso en la República Popular de China, para otros son desfavorables como la leyenda de Drácula,

el vampiro humano, que surgió mucho antes que los murciélagos hematófagos fueran descubiertos en América.

Las personas en general no conocen a los murciélagos, debido a que muy pocas veces tienen contacto directo con ellos. La información que tienen acerca estos mamíferos proviene, por una parte, de los mecanismos que utilizamos para clasificar las cosas, de allí el hecho de que en muchas culturas se les considere como ratones alados o viejos, simplemente por su parecido a simple vista o el que se les asocie a la oscuridad, el mal o al inframundo sólo por ser nocturnos. Además, de su asociación con la creación artística de Bram Stoker quien creó la figura del vampiro que impactó en la mente de las personas. Esta asociación ha generado información que poco tiene que ver con verdadera historia natural de las diferentes especies de murciélagos.

A lo largo de la historia se puede ver cómo los murciélagos han despertado el interés de artistas y científicos que los han estudiado y gracias a esto han creado obras de artes maravillosas o desarrollados aviones, instrumentos para ciegos o más recientemente medicinas para disolver los coágulos. En las culturas prehispánicas tampoco pasaron inadvertidos pues se encuentra una gran cantidad de representaciones de estos animales en piezas de cerámica y códices. Particularmente en la cultura maya se hallan piezas en las que se distinguen claramente las características anatómicas de estos animales.

Si se quiere lograr que las personas se relacionen con los murciélagos de otra manera y que no los maltraten injustamente es necesario que los conozcan, que tengan acceso a la información científica de primera mano, que tengan la oportunidad de verlos de cerca y que establezcan un vínculo afectivo con ellos. Por ello, es necesario realizar actividades de educación ambiental que permitan lograr este objetivo. En este sentido la Cueva “El Volcán de los Murciélagos” representa una gran oportunidad para acercar a las personas al fascinante mundo de los murciélagos. Además, evitar como lo documentado en abril 3 del 2006 en el periódico Tribuna, de circulación local en Campeche, un artículo intitulado “Pretendía atacar a funcionarios, cazan murciélago desconocido” ofreciendo información vaga y que nada tenía que ver con los vampiros, ya que se trataba de una especie piscívora (*Noctilio leporinus*).

A pesar de que hay documentación formal sobre los beneficios que aportan los murciélagos al ecosistema y considerando lo antes mencionado, poco se realiza con la educación ambiental necesaria para sensibilizar acerca de la conservación de estos mamíferos voladores. En este sentido, con logros por más de 15 años de trabajo, el Programa de Conservación de Murciélagos Mexicanos y Bat Conservation International son dos organizaciones con estrategias definidas sobre la conservación de murciélagos a nivel nacional e internacional, sensibilizando a comunidades cercanas a cuevas. Entre sus programas educativos formales incluyen y apoyan a la investigación; por lo que se debe continuar con esta tarea, a la par de generar información biológica relevante, para minimizar el impacto sobre las poblaciones de murciélagos.

Conclusiones

El legado que nuestro gran amigo y maestro, Bernardo Villa Ramírez, dejó a la sociedad humana ha permitido penetrar al mundo de los murciélagos sin temor alguno. Ahora, es importante que la generación del conocimiento permita establecer buenas decisiones en la conservación de los murciélagos mexicanos.

Aún con toda la nueva tecnología desarrollada y el uso del principio precautorio, es imperativo el incremento del esfuerzo en el campo de la conservación de los quirópteros. En Campeche, urge la necesidad de generar el plan de manejo y de conservación de los murciélagos que habitan un refugio ("El Volcán de los Murciélagos"), catalogado multiespecífico de alta abundancia, pero no integrado en las estrategias de conservación de cuevas mexicanas.

El impacto antropogénico no tiene límites, ni los murciélagos en su distribución y en la selección de los micronutrientes si están o no contaminados con plaguicidas. El humano es responsable de lo que vierte al medio, pero desconoce las consecuencias en el ecosistema y en su misma salud. Es por ello que los futuros estudios que se lleven a cabo sobre la salud de los murciélagos puedan incluir el uso de biomarcadores de efecto y de toxicidad de los xenobióticos ambientales. En suma, las acciones a corto plazo a implementarse son: elaboración del programa de conservación, estudios sobre la dinámica de las poblaciones, educación ambiental, salud animal e impacto de plaguicidas sobre las cadenas tróficas involucradas como ejemplo cultivos-insectos-murciélagos-aves rapaces (o fauna silvestre en general) y cultivo-humano.

Agradecimientos

Al CONACyT por las becas 42017 y 21467 del Sistema Nacional de Investigadores a JAVC y GES. A Fomix-Campeche por el apoyo del proyecto con clave 125406. A la Secretaría de Medio Ambiente y Aprovechamiento Sustentable del Gobierno del Estado de Campeche por las facilidades para ingresar y permitir desarrollar actividades de investigación en la cueva "El Volcán de los Murciélagos". A dos revisores anónimos que ayudaron en la mejora del manuscrito.

Referencias

- ARITA, H. T. 1993. Conservation biology of the cave bats of Mexico. *Journal of Mammalogy* 74:693-702.
- BETKE, M., D. E. HIRSH, N. C. MAKRES, G. F. MCCracken, M. PROCOPIO, N. I. HRISTOV, S. TANG, A. BAGCHI, J. D. REICHARD, J. W. HORN, S. CRAMPTON, C. J. CLEVELAND, Y T. H. KUNZ. 2008. Thermal imaging reveals significantly smaller Brazilian free-tailed bat colonies than previously estimated. *Journal of Mammalogy* 89:18-24.
- CEBALLOS, G., J. ARROYO-CABRALES, R. A. MEDELLÍN, Y Y. DOMÍNGUEZ-CASTELLANOS. 2005. Lista actualizada de los mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 9:21-71.
- CLARK, D. R., JR., Y T. G. LAMONT. 1976. Organochlorine Residues and Reproduction in Big Brown Bat. *Journal of Wildlife Management* 40:249.
- CLARK, D. R., JR., A. MORENO-VALDEZ, Y M. A. MORA. 1995. Organochlorine residues in bat guano from nine Mexican caves. *Ecotoxicology* 4:258-265.
- CLARK, D. R., JR. 2001. DDT and the Decline of Free-Tailed Bats (*Tadarida brasiliensis*) at Carlsbad Cavern, New Mexico. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 40:537-543.
- CLARK, D. R., JR., Y A. KRYNITSKY. 1978. Organochlorine residues and reproduction in the little brown bat, Laurel, Maryland--June 1976. *Pestic Monit Journal* 12:113-116.

- ESCOBEDO CABRERA, E., y S. CALMÉ.** 2005. Subproyecto Murciélagos. Pp. 1 – 39 en Uso y Monitoreo de los Recursos Naturales en el Corredor Biológico Mesoamericano (Áreas Focales Xpujil-Zoh Laguna y Carrillo Puerto, Pozo, C. y S. Calmé, Responsables). Clave BJ002. Reporte Técnico. El Colegio de la Frontera Sur - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (ECOSUR-CONABIO).
- ESCALONA-SEGURA, G., J. A. VARGAS-CONTRERAS, y L. INTERIÁN-SOSA.** 2002. Registros importantes de mamíferos para Campeche, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 6:166-170.
- FREEMAN, P. W.** 1979. Specialized insectivory: Beetle-eating and moth-eating molossid bats. *Journal of Mammalogy* 60:467-479.
- FREEMAN, P. W.** 1981. Correspondence of food habits and morphology in insectivorous bats. *Journal of Mammalogy* 62:166-173.
- GARDNER, A. L.** 1977. Feeding habits. Pp. 293-350 in *Biology of bats of the New World Family Phyllostomidae* (Baker, R. J., Jones, J. K., Jr., y Carter, D. C., eds.). Part II. Special Publication 13, The Museum, Texas Tech University. Lubbock, EE.UU.
- GUZMÁN-SORIANO, D., J. A. VARGAS-CONTRERAS, J. D. CÚ-VIZCARRA, G. ESCALONA SEGURA, O. G. RETANA GUIASCÓN, A. GONZÁLEZ CHRISTEN, J. A. BENÍTEZ TORRES, J. ARROYO-CABRALES, J. C. PUC CABRERA, y E. VICTORIA CHÁN.** Sometido. Registros notables de mamíferos para Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.).
- HILL, J. E., y J. D. SMITH.** 1984. *Bats, a natural history*. British Museum (Natural History), London, Inglaterra.
- IUCN** 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 8 March 2012.
- KUNZ, T.** 1982. Roosting Ecology. Pp. 1-56 in *Ecology of bats* (Kunz, T. H., ed.). Plenum Press, New York, EE.UU.
- KUNZ, T. H., y L. F. LUMSDEN.** 2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. Pp. 3-89 in *Bat ecology* (Kunz, T. H., y M. B. Fenton, eds.). The University of Chicago Press, Chicago, EE.UU.
- MCCRACKEN, G. F.** 2003. Estimates of population sizes in summer colonies of Brazilian free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*). Pp. 21–30 in *Monitoring trends in bat populations of the U.S. and territories: problems and prospects* (O’Shea, T. J., y M. A. Bogan, eds.). United States Geological Survey, Biological Resources Discipline, Information and Technology Report, USGS/BRD/ITR-2003-003:21–30.
- MEDELLÍN, R. A.** 1993. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo mexicano. Pp. 333-354 in *Avances en el estudio de los mamíferos de México* (Medellín, R. A., y G. Ceballos, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Ciudad de México, México.
- MEDELLÍN, R. A., H. T. ARITA, y O. SÁNCHEZ.** 2008. Identificación de los murciélagos de México, clave de campo, segunda edición. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México – Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- MEDELLÍN, R. A., y A. STREIT.** 2010. Todos juntos ya: El Año del Murciélago 2011 – 2012. Boletín de la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos 1:1-2.

- MEFFE, G. K., C. R. CARROL, Y M. J. GROOM.** 2006. What is conservation biology? Pp. 3-26 in Principles of conservation biology (Groom, M. J., G. K. Meffe, y C. R. Carroll, eds.). Tercera edición. Sinauer Associates, Massachusetts, EE.UU.
- MENDICUTI LUNA, V. T.** 2003. Evaluación financiera del cultivo del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) en el NCPE Ricardo Payro Jene, Municipio de Calakmul, Campeche. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.
- NAVARRO, L., Y J. ARROYO-CABRALES.** 2011. Los murciélagos y los hombres en la historia prehispánica de los mayas. Pp. 61-76 en Los murciélagos de Calakmul. Guía ilustrada (Arroyo Cabrales, J., A. González Christen, D. Canales Espinoza, F. León Burgos, M. L. Franco Morales, L. Navarro Noriega, y J. A. Vargas Contreras, Coords.). Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. Ciudad de México, México.
- PRIMACK, R.** 2006. Essentials of Conservation Biology. Cuarta edición. Sinauer Associates, Sunderland, EE.UU.
- SECRETARÍA DE ECOLOGÍA.** 2009. Programa de conservación y manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Balam-Kú. Gobierno del Estado de Campeche. San Francisco de Campeche, México.
- SEMARNAT.** 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, jueves 30 de diciembre 2010. Ciudad de México.
- SIMMONS, N. B.** 2005. Orden Chiroptera. Pp. 312-529 in Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference (Wilson, D. E., y D. M. Reeder, eds.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, EE.UU.
- SMITH, J. D.** 1976. Chiroptera evolution. Pp. 49 – 70 in Biology of bats of the New World Family Phyllostomidae (Baker, R.J., J. K. Jones Jr., y D. C. Carter, eds.). Part I. Especial Publications No. 10, The Museum, Texas Tech University. Lubbock, EE.UU.
- VAN CAKENBERGHE, V., A. HERREL, Y L. F. AGUIRRE.** 2002. Evolutionary relationships between cranial shape and diet in bats (Mammalia: Chiroptera). Pp. 205-236 in Topics in functional and ecological vertebrate morphology (Aerts, P., K. D'Aoút, A. Herrel, y R. Van Damme, eds.). Shaker Publishing, Maastricht, Holanda
- VARGAS CONTRERAS, J. A., G. ESCALONA SEGURA, J. D. CÚ VIZCARRA, J. ARROYO CABRALES, Y R. A. MEDELLÍN.** 2008. Estructura y diversidad de los ensambles de murciélagos en el centro y sur de Campeche, México. Pp. 551-577 en Avances en el Estudio de los Mamíferos de México II (Lorenzo, C., E. Espinoza, y J. Ortega, eds.). Publicaciones Especiales Vol. II. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., Ciudad de México, México.
- VILLA RAMÍREZ, B.** 1966. Los murciélagos de México. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- WETTERER, A. L., M. V. ROCKMAN, Y N. B. SIMMONS.** 2000. Phylogeny of Phyllostomid bats (Mammalia: Chiroptera): data from diverse morphological systems, sex chromosomes, and restriction sites. Bulletin of the American Museum of Natural History 248:1-200.

WILSON, D. E. 1973. Bat Faunas: A Trophic Comparison. Systematical Zoology 22:14-29.

Sometido: 4 de diciembre de 2011
Revisado: 9 de diciembre de 2011
Aceptado: 5 de marzo de 2012
Editor asociado: Miguel Briones
Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández

ANEXO 1

Clasificación y estatus de conservación de la quiroptero fauna del estado de Campeche, México. Los estatus de conservación fueron tomados del SEMARNAT (2010): A = amenazada, E = endémico, Pr = protección especial y P = en peligro; y de IUCN (2011): NT = casi amenazado.

FAMILIA	ESPECIE	Hábitos Alimentarios	Estatus
Emballonuridae	<i>Rhynchonycteris naso</i>	Insectívoro	Pr
Emballonuridae	<i>Saccopteryx biliniata</i>	Insectívoro	
Emballonuridae	<i>Peropteryx kappleri</i>	Insectívoro	Pr
Emballonuridae	<i>Peropteryx macrotis</i>	Insectívoro	
Noctilionidae	<i>Noctilio leporinus</i>	Carnívoro	
Mormoopidae	<i>Pteronotus davyi</i>	Insectívoro	
Mormoopidae	<i>Pteronotus gymnotus</i>	Insectívoro	A
Mormoopidae	<i>Pteronotus parnellii</i>	Insectívoro	
Mormoopidae	<i>Pteronotus personatus</i>	Insectívoro	
Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	Insectívoro	
Phyllostomidae	<i>Glyphonycteris sylvestris</i>	Insectívoro	
Phyllostomidae	<i>Micronycteris microtis</i>	Insectívoro	
Phyllostomidae	<i>Micronycteris schmidtorum</i>	Insectívoro	A
Phyllostomidae	<i>Lampronnycteris brachyotis</i>	Insectívoro	A
Phyllostomidae	<i>Lophostoma brasiliense</i>	Insectívoro	A
Phyllostomidae	<i>Lophostoma evotis</i>	Insectívoro	A
Phyllostomidae	<i>Mimon cozumelae</i>	Insectívoro	A
Phyllostomidae	<i>Mimon crenulatum</i>	Insectívoro	A
Phyllostomidae	<i>Chrotopterus auritus</i>	Carnívoro	A
Phyllostomidae	<i>Trachops cirrhosus</i>	Carnívoro	A
Phyllostomidae	<i>Vampyrum spectrum</i>	Carnívoro	P, NT
Phyllostomidae	<i>Glossophaga soricina</i>	Nectarívoro	
Phyllostomidae	<i>Carollia sowelli</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Carollia perspicillata</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Sturnira lilium</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Uroderma bilobatum</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Platyrrhinus helleri</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Vampyressa thylene</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Chiroderma salvini</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Chiroderma villosum</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Artibeus lituratus</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Dermanura phaeotis</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Dermanura watsoni</i>	Frugívoro	Pr
Phyllostomidae	<i>Centurio senex</i>	Frugívoro	
Phyllostomidae	<i>Desmodus rotundus</i>	Sanguinívoro	
Phyllostomidae	<i>Diphylla ecaudata</i>	Sanguinívoro	

FAMILIA	ESPECIE	Hábitos Alimentarios	Estatus
Natalidae	<i>Natalus mexicanus</i>	Insectívoro	
Vespertilionidae	<i>Myotis elegans</i>	Insectívoro	
Vespertilionidae	<i>Myotis keaysi</i>	Insectívoro	
Vespertilionidae	<i>Myotis nigricans</i>	Insectívoro	
Vespertilionidae	<i>Eptesicus furinalis</i>	Insectívoro	
Vespertilionidae	<i>Rhogeessa tumida</i>	Insectívoro	
Vespertilionidae	<i>Lasiurus blossevillii</i>	Insectívoro	
Vespertilionidae	<i>Lasiurus ega</i>	Insectívoro	
Vespertilionidae	<i>Lasiurus intermedius</i>	Insectívoro	
Vespertilionidae	<i>Bauerus dubiaquercus</i>	Insectívoro	NT
Molossidae	<i>Cynomops mexicanus</i>	Insectívoro	Pr
Molossidae	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	Insectívoro	
Molossidae	<i>Eumops glaucinus</i>	Insectívoro	
Molossidae	<i>Eumops underwoodi</i>	Insectívoro	
Molossidae	<i>Promops centralis</i>	Insectívoro	
Molossidae	<i>Molossus molossus</i>	Insectívoro	
Molossidae	<i>Molossus rufus</i>	Insectívoro	
Molossidae	<i>Molossus sinaloae</i>	Insectívoro	

Modelación de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del Bajo Balsas, México

Carlos Yañez-Arenas¹, Salvador Mandujano^{2*}, Enrique Martínez-Meyer³, Alejandro Pérez-Arteaga⁴ y Arturo González-Zamora¹

Abstract

White-tailed deer *Odocoileus virginianus* and collared peccary *Pecari tajacu* are the two native ungulates species present in the Bajo Balsas region. Both are very important from an ecological, social and economical perspective. Therefore, evaluate the effects of changes in land use on their distribution is basic for conservation and management proposes. In this paper we used the ecological niche modeling to generate an hypothetical scenario about the potential distribution of these two species in this region, then using geographic information systems we obtained some landscape metrics to evaluate how changes in land use affects these distributions; finally, we analyzed the protection provided by the Biosphere Reserve of Zicuirán-Infiernillo (RBZI) to these ungulates. The potential distribution of white-tailed deer covered an area of 5,321 km² and the collared peccary of 5,762 km². As a result of changes in land use both species lose in their potential distribution an area of 1,011 km² and 1,303 km², respectively. The RBZI protects approximately 36% of the distributions of these ungulates in Bajo Balsas. Considering the small patches sizes to maintain minimum viable populations, We suggest that the best strategy for the conservation of these species in this region is a scheme based on source-sink dynamics, taking as a source the RBZI and as a sink the management units (UMA) that are already established in the area.

Key words: collared peccary, ecological niche modeling, land cover changes, minimum viable population, patch size, ungulates, white tailed deer, Zicuirán-Infiernillo Biosphere Reserve.

Resumen

El venado cola blanca *Odocoileus virginianus* y el pecarí de collar *Pecari tajacu* son dos especies de ungulados silvestres de gran importancia ecológica, social y económica en

¹ División de Posgrado, Instituto de Ecología A. C., km 2.5 Camino Antiguo a Coatepec 351, Xalapa, Veracruz 91070. E-mail: carlos.yanez@posgrado.inecol.edu.mx (CY-A)

² Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología A. C., km 2.5 Camino Antiguo a Coatepec 351, Xalapa, Veracruz 91070. E-mail: salvador.mandujano@inecol.edu.mx. (SM)

³ Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Tercer Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, Distrito Federal 04510. E-mail: emm@ibunam2.ibiologia.unam.mx (EM-M)

⁴ Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Av. Francisco J. Múgica, Morelia, Michoacán 58030. E-mail: arturo.gonzalez@posgrado.inecol.edu.mx (AG-Z)

*corresponding author.

el Bajo Balsas. Estimar el efecto que tiene el cambio de uso de suelo en la distribución de ambas resulta básico para un adecuado manejo para su conservación y aprovechamiento. En este trabajo utilizamos la modelación de nicho ecológico para generar un escenario hipotético sobre la distribución potencial de estas dos especies en la región, luego utilizando herramientas de sistemas de información geográfica calculamos algunos métricos del paisaje y analizamos el efecto del cambio de uso de suelo sobre estas distribuciones. Finalmente evaluamos la protección que ofrece la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo (RBZI) a estas dos especies. La distribución potencial del venado cola blanca cubrió un área de 5,321 km² y la del pecarí de collar de 5,762 km². Como consecuencia del cambio de uso de suelo ambas especies pierden en su distribución un área aproximada de 1,011 km² y 1,303 km², respectivamente. La RBZI sólo protege 36% de las distribuciones de estos ungulados. Finalmente, debido a que estas distribuciones resultaron estar altamente fragmentadas y son pocos los parches de tamaño suficiente para mantener posibles poblaciones mínimas viables, sugerimos como mejor estrategia para la conservación de estas dos especies un esquema basado en la dinámica fuente-sumidero, tomando como fuente la RBZI y como sumidero las UMA que se encuentran ya establecidas en la zona.

Palabras clave: cambio en la cobertura del suelo, modelación de nicho ecológico, pecarí de collar, poblaciones mínimas viables, Reserva de Biosfera Zicuirán-Infiernillo, tamaño de parches, ungulados, venado cola blanca.

Introducción

En el Bajo Balsas habitan los ungulados silvestres con mayor área de distribución geográfica en el continente Americano, el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* y el pecarí de collar *Pecari tajacu* (Hall 1981; Eisenberg 1989). La conservación de estas dos especies es importante ya que como grandes herbívoros desempeñan un papel ecológico fundamental en los ecosistemas que habitan, además son ampliamente aprovechadas por grupos indígenas y poblaciones rurales para complemento de su dieta, comercio de carne, piel y en algunos sitios se les aprovecha como trofeos cinegéticos (Mandujano y Rico-Gray 1991; Escamilla *et al.* 2000; Naranjo *et al.* 2004). Por lo que es importante conocer las áreas de distribución de estos ungulados y el efecto que tiene el cambio de uso de suelo sobre éstas, resulta básico para desarrollar estrategias adecuadas de manejo para su conservación y aprovechamiento.

En la última década se ha producido un avance muy importante en los métodos aplicados a la generación de modelos que predicen la distribución potencial de las especies, gracias a la amplia oferta de lenguajes de programación, la amplia difusión de información geoespacial y el desarrollo de las técnicas de sistemas de información geográfica (Scott *et al.* 2002). Uno de éstos métodos es la modelación del nicho ecológico (MNE, Peterson, 2001). De acuerdo con Hutchinson (1957) el nicho ecológico de cualquier especie puede ser representado cuantitativamente en términos de un hipervolumen *n*-dimensional de las variables bióticas y abióticas requeridas para su supervivencia y reproducción, por lo que este método hace uso de estas variables y las combina con registros de presencia de la especie para modelar sus requerimientos ecológicos (Anderson *et al.* 2003). Los resultados de la MNE sugieren distribuciones

hipotéticas debido a que están condicionados por los datos de entrada y a que existen factores bióticos e históricos que por lo general no son considerados al momento de generar los modelos (Illoldi-Rangel *et al.* 2008). La MNE ha sido ampliamente usada con fines de conservación para evaluar el impacto provocado por el cambio de uso de suelo sobre la distribución de mamíferos y aves endémicos o en riesgo (Sánchez-Cordero *et al.* 2005; Peterson *et al.* 2006; Ríos-Muñoz y Navarro-Sigüenza, 2009; López-Arévalo *et al.* 2011). Sin embargo, son escasos los estudios orientados a la conservación de especies silvestres con potencial de aprovechamiento como el venado cola blanca y el pecarí de collar (López-Arévalo *et al.* 2011).

En el presente estudio usamos la MNE para predecir la distribución potencial hipotética de estas dos especies en el Bajo Balsas y evaluar la disminución de ésta como consecuencia del cambio en la cobertura del suelo. En el proceso también validamos estadísticamente los modelos, analizamos la superficie de distribución de cada especie que se encuentra protegida por la RBZI y calculamos algunos métricos de paisaje para cuantificar el número y área de los parches resultantes de distribución que pueden soportar poblaciones mínimas viables a largo plazo de estas dos especies. Discutimos los resultados desde una perspectiva de manejo para la conservación y el uso sustentable de estas dos especies en la región. En particular, abordamos este aspecto en un posible esquema basado en la dinámica fuente-sumidero considerando a la RBZI como fuente y como sumidero las UMA extensivas que se encuentran ya establecidas en la zona.

Área de estudio

La región del Bajo Balsas se encuentra en el estado de Michoacán y comprende los municipios de La Huacana, Múgica, Churumuco y Arteaga. Se ubica entre los paralelos 19° 11' Norte y 18° 08' Sur y los meridianos 102° 86' Oeste y 101° 42' Este (Fig. 1). Su superficie es de 6,904.93 km² y representa un 11.73% de la superficie estatal (INEGI, 1985). En la región se presentan diversas topoformas como valles, mesetas, lomeríos y sierras (Rzedowski 1978; INEGI 1985). Las topoformas dominantes son los lomeríos bajos y lomeríos altos, aunque también se pueden encontrar valles fluviales, planicies acumulativas, piedemonte y sierra (Bocco *et al.* 1999). Las altitudes fluctúan desde los 100 msnm en las partes más bajas hasta los 1,800 msnm en las zonas más altas.

De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1981) en la región se presentan los siguientes tipos de climas: cálido subhúmedo (A(w)), semiseco cálido (BS1(h')), seco cálido (BS(h')) y Semicálido subhúmedo con lluvias en verano (ACw). La precipitación promedio anual fluctúa entre los 600 y los 900 mm en la mayor parte del Bajo Balsas, sin embargo en ciertas zonas es menor a 530 mm mientras que en algunas otras alcanza los 1,300 mm. Las temperaturas oscilan entre los 13 y los 45 °C (INEGI 1985). En lo que respecta a la cobertura vegetal y al uso de suelo, de acuerdo al Inventario Nacional Forestal (2.000) y al mapa "Coberturas de suelo de México, 2005, a 250 metros" en la región se presentan diversos tipos de vegetación, de los cuales el más ampliamente distribuido es la selva baja caducifolia, seguido por la selva mediana subcaducifolia, los bosques mixtos y el matorral templado (Velázquez *et al.* 2002; Centro Canadiense de Teledetección *et al.* 2010). Cabe señalar que 2,651.68 km² del Bajo Balsas están protegidos por la RBZI (DOF 2007).

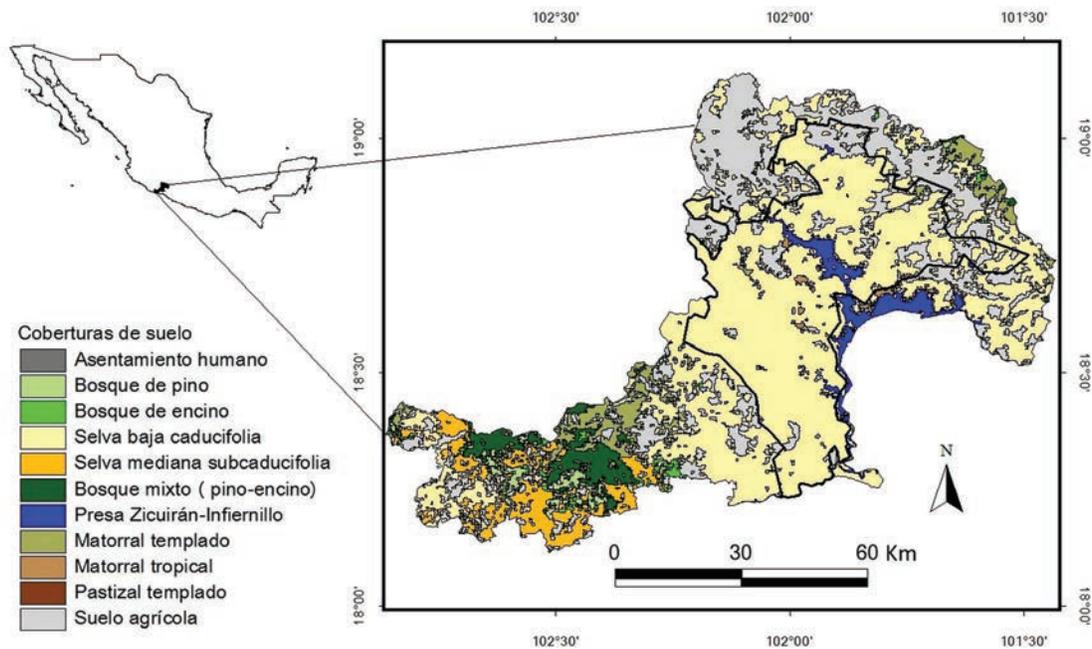


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio. Se presentan los tipos de vegetación y coberturas del suelo. La línea negra representa la delimitación de la RBZI.

Métodos

Para la obtención de los registros de presencia realizamos muestreos en los cuatro municipios que conforman el Bajo Balsas (La Huacana, Churumuco, Artega y Mujica) de Agosto de 2007 a Agosto de 2008. También incluimos datos históricos analizando la información disponible en la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMI; <http://www.conabio.gob.mx/remib/>), en el *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF; <http://www.gbif.org/>) y en el *Mammal Network Information System* (MaNIS; <http://manisnet.org/>). Con estos registros se generó una base de datos que se depuró para obtener registros válidos de cada especie y que fueran espacialmente independientes entre sí.

Como capas de información ambiental utilizamos seis variables climáticas que descargamos de la base WorldClim (<http://www.worldclim.org/>) y que representan las condiciones de un período de tiempo de 50 años (1959-2000, Hijmans *et al.* 2005). También usamos tres variables topográficas derivadas del modelo de elevación SRTM (<http://srtm.csi.cgiar.org/>). Seleccionamos estas capas de información con base en pruebas de correlación de Pearson entre pares de variables. Cuando algún par estuvo altamente correlacionado ($r_p > 0.7$), entonces una de las variables fue eliminada (Gormley *et al.* 2011). Las variables climáticas usadas fueron la temperatura promedio anual (bio1), el rango diurno de la temperatura (bio2), la precipitación anual (bio12), la precipitación del mes más seco (bio14), la estacionalidad de la precipitación (bio15) y la precipitación del cuarto del año más frío (bio19). Las topográficas fueron la elevación, la pendiente y la orientación de las laderas categorizada en noreste, noroeste, sureste y suroeste. Manejamos todas las variables en formato raster con una resolución espacial de 0.01 grados (que es equivalente aproximadamente a 1 km²) por pixel en coordenadas geográficas (Datum WGS-84).

Con los registros de presencia y las variables ambientales mencionadas modelamos la distribución potencial hipotética del venado cola blanca y el pecarí de collar con el algoritmo de Máxima Entropía automatizado en el software Maxent 3.3.3a (Phillips *et*

al. 2006). Decidimos utilizar este algoritmo debido a que su aplicación en trabajos previos ha dado buenos resultados (Elith et al. 2006; Phillips et al. 2006) inclusive con pocos datos (Hernández et al. 2006; Wisz et al. 2008) lo cual resulta ser nuestro caso. Normalmente en Maxent los datos se dividen en dos conjuntos, uno para la generación del modelo y otro para su validación (Pearson et al. 2007). Sin embargo, con pequeños tamaños de muestra este procedimiento no es aplicable ya que se pierde información importante dentro de los datos que se establecen como de validación (Pearson et al. 2007). Para solucionar este problema, generamos 10 modelos por especie aplicando la técnica de replicación *bootstrapping*. De esta manera se realizan particiones aleatorias de los datos en cada replicación y cada modelo se valida con un porcentaje definido por el usuario (en nuestro caso 20%). En el *bootstrapping* el muestreo es con reemplazo, lo que significa que los registros de presencia se pueden utilizar más de una vez en el conjunto de datos de validación para cada réplica (Phillips et al. 2008). La evaluación de cada modelo se realizó mediante el valor de área bajo la curva (AUC, *Area Under the Curve*) que se genera mediante la técnica ROC (*Receiver Operating Characteristic*) que realiza el mismo Maxent (Hanley y McNeil 1983). Por consiguiente para cada especie obtuvimos un valor AUC promedio \pm su desviación estándar.

Los modelos que generamos con Maxent por defecto están expresados en términos probabilísticos de condiciones adecuadas. Entonces, para obtener la distribución potencial reclassificamos en ArcGIS 10 (ESRI 2011) los modelos promedio para cada especie tomando como presencia a partir del valor mínimo de probabilidad de condiciones adecuadas que se presentó en los registros. El resultado final fue un mapa binario de distribución potencial del venado cola blanca y otro del pecarí de collar (1-0; presencia-ausencia). Una vez obtenidos y evaluados los dos modelos de distribución potencial, utilizando ArcGIS 10 generamos una capa de información con dos categorías (hábitat y no hábitat). Esta capa la elaboramos con base en el mapa "Cobertura del suelo de México, 2005, a 250 metros" (Centro Canadiense de Teledetección et al. 2010; <http://www.cec.org/atlasambiental/>) clasificando como hábitat todas las cubiertas de suelo y tipos de vegetación que los expertos y la literatura consideran adecuados para la presencia de las especies (selva baja caducifolia, bosque de pino-encino, bosque de encino entre otros) y como no hábitat donde no se distribuyen o es sumamente raro verlos (pastizales, ciertos cultivos, zonas urbanas entre otros, SOWLS 1984; Mandujano et al. 2004; March y Mandujano 2005; Gallina et al. 2009).

Para analizar la pérdida de hábitat y la fragmentación en el área de distribución de estos dos ungulados le recortamos a la distribución potencial hipotética todo lo que consideramos como no hábitat. Al mapa resultante de este corte le llamamos distribución efectiva. Para calcular la pérdida aproximada de distribución potencial del venado cola blanca y el pecarí de collar como consecuencia del cambio de uso de suelo hicimos una resta de mapas (distribución potencial menos distribución efectiva).

Finalmente utilizando Patch Analyst 5 para ArcGIS 10 (Rempel et al. 2012) analizamos la superficie de distribución potencial, la efectiva y la que actualmente se encuentra protegida por la RBZI. También calculamos el número de parches de hábitat, el área promedio de éstos y el número y área de parches de hábitat con tamaño óptimo para soportar poblaciones mínima viables de estas dos especies a largo

plazo (167 km² para el venado cola blanca, Mandujano y González-Zamora 2009; 117 km² para el pecarí de collar, Redford y Robinson 1991).

Resultados

Obtuvimos un total de 32 registros de presencia para el venado cola blanca y 37 para el pecarí de collar (Fig. 2). La mayor parte de los registros estuvieron localizados en los municipios de Arteaga y La Huacana en selva baja caducifolia y bosque mixto (pino-encino). Las dos especies pierden una considerable área de su distribución potencial debido al efecto del cambio en la cobertura del suelo.

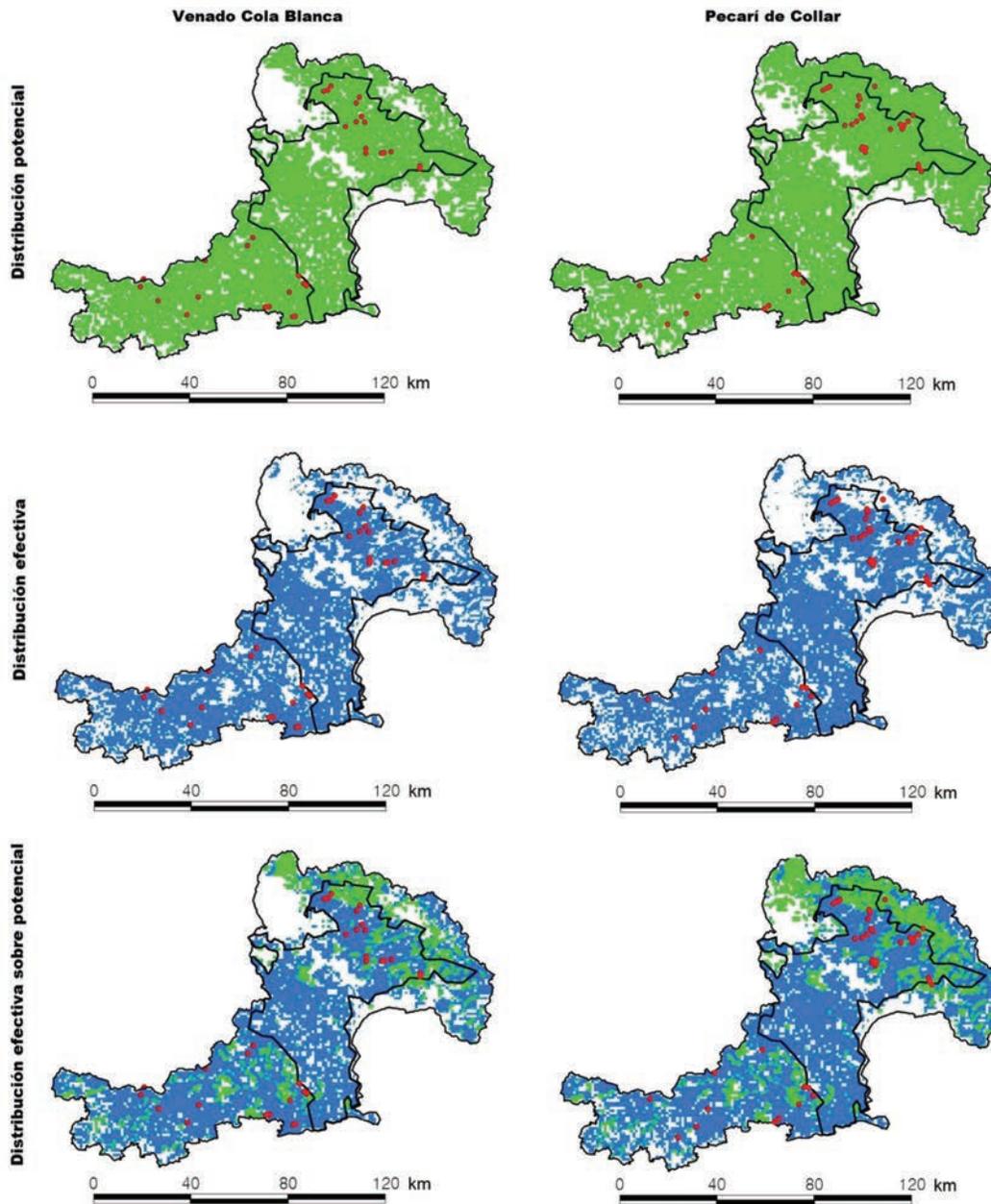


Figura 2. Distribuciones potencial (verde) y efectiva (azul) del venado cola blanca y pecarí de collar en el Bajo Balsas, Michoacán, México. Se presentan los registros de presencia como puntos rojos y la línea negra representa la delimitación de la RBZI.

La distribución potencial y efectiva del pecarí de collar se estimó en mayor extensión geográfica en comparación a la del venado cola blanca. Sin embargo, la distribución

efectiva tuvo una extensión más parecida entre ambas. La RBZI protege el 36% de la distribución efectiva de éstas dos especies (Cuadro 1; Fig. 2). El valor promedio de AUC para los modelos de distribución del venado cola blanca fue de 0.865 (\pm 0.013) y para el pecarí de collar fue de 0.882 (\pm 0.023, Fig. 3).

Cuadro 1. Estimaciones de las áreas de distribución potencial, efectiva, perdida y protegida por la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo para el venado cola blanca y el pecarí de collar en el Bajo Balsas, Michoacán, México.

variable	Venado Cola Blanca	Pecarí de Collar
Distribución potencial (km ²)	5,321	5,762
Distribución efectiva (km ²)	4,311	4,458
Distribución perdida (km ²)	1,011	1,303
Distribución perdida (%)	19.0	22.6
Distribución protegida por la RBZI (km ²)	1,950	2,076
Distribución protegida por la RBZI (%)	36.6	36.0

Como consecuencia de la fragmentación y el cambio en la cobertura del suelo las distribuciones efectivas quedaron reducidas a parches de hábitat potencial de los cuáles la RBZI protege el 30.6% para el venado cola blanca y el 26.2% para el pecarí de collar. No obstante, la mayoría de estos parches no poseen el área suficiente para soportar poblaciones mínimas viables a largo plazo para estas dos especies. En ambos casos, sólo tres parches resultaron grandes y de éstos sólo dos se encuentran protegidos por la RBZI (Cuadro 2).

Discusión

En el presente trabajo se utilizó la MNE para predecir la distribución potencial de dos especies de ungulados silvestres y evaluar la disminución de las superficies de distribución como consecuencia del cambio de uso de suelo, la pérdida y la fragmentación de hábitat. Estudios previos han evaluado estos fenómenos sobre la distribución de algunas especies endémicas de mamíferos y aves (Sánchez-Cordero *et al.* 2005; Peterson *et al.* 2006; Ríos-Muñoz y Navarro-Sigüenza 2009). En esos trabajos los autores generaron modelos de distribución y los recortaron con base en mapas de vegetación sin considerar el impacto humano (Rzedowski 1978, 1990) y después los recortaron nuevamente con mapas de vegetación basados en los inventarios nacionales forestales de 1996 y 2000, que consideran el cambio de uso de suelo (Velázquez *et al.* 2002). Nuestro procedimiento fue un tanto más sencillo ya que sólo recortamos con respecto al mapa “Cobertura del suelo de México, 2005, a 250 metros” (Centro Canadiense de Teledetección *et al.* 2010). Esto nos permitió evaluar la pérdida en el hábitat de venado cola blanca y pecarí de collar como consecuencia del cambio de uso de suelo, sin embargo no nos permite visualizar como ocurre esto a través del tiempo.

Consideramos la distribución potencial como la distribución histórica que tendrían estas dos especies sin influencia humana en el Bajo Balsas, ya que incluimos algunos registros de presencia de las especies tomados en décadas pasadas y además las capas

climáticas que utilizamos representan las condiciones de 1950 al 2000 (Hijmans *et al.* 2005). No realizamos un recorte previo de la distribución potencial debido a que al observar los mapas de vegetación sin impacto humano en el Bajo Balsas (Rzedowski 1978, 1990) consideramos que todos los tipos de vegetación que estaban presentes son considerados hábitat potencial para el venado cola blanca y el pecarí de collar (Sowls 1984; Mandujano *et al.* 2004; March y Mandujano 2005; Gallina *et al.* 2009). No obstante consideramos importante remarcar que estas distribuciones potenciales son hipótesis y deben ser puestas a prueba (Illoldi-Rangel *et al.* 2008). En este estudio, los modelos de distribución potencial del venado cola blanca y el pecarí de collar generados con Maxent tuvieron una discriminación promedio razonable (Swets 1988). Esto coincide con lo señalado por Hernández *et al.* (2006) quienes mencionan que Maxent se desempeña adecuadamente prediciendo la distribución de especies con requerimientos ambientales poco específicos.

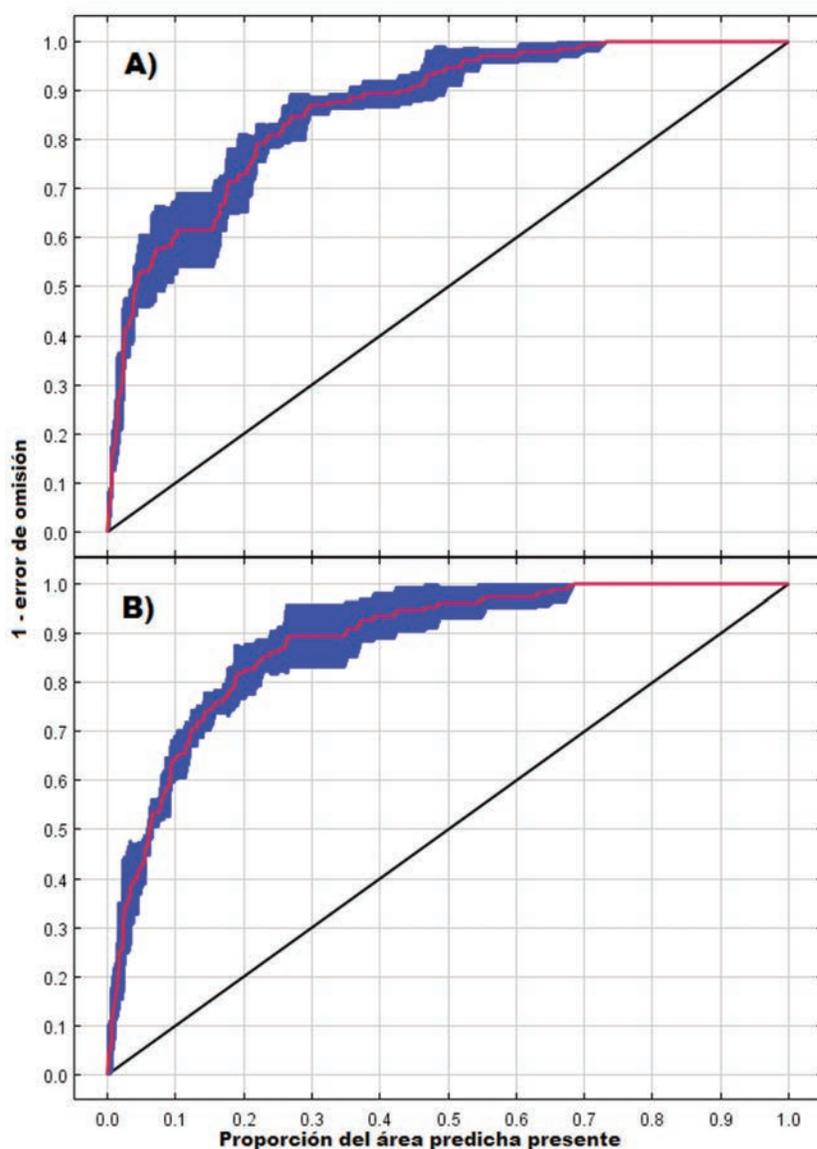


Figura 3. Curvas ROC generadas a partir de la replicación de los modelos de distribución del venado cola blanca y el pecarí de collar en el Bajo Balsas, Michoacán, México. La línea roja representa el promedio, la franja azul la desviación estándar (\pm) y la diagonal negra representa la línea esperada si el modelo no fuese mejor que uno al azar. A) Venado cola blanca y B) pecarí de collar.

Cuadro 2. Métricos de las distribuciones efectivas (en kilómetros cuadrados) del venado cola blanca y el pecarí de collar en el Bajo Balsas, Michoacán, México. \pm D.E = Desviación estándar.

Variable	Venado Cola Blanca		Pecarí de Collar	
	Total	RBZI	Total	RBZI
Parches de hábitat	271	83	282	74
Área promedio (km ²) de los parches de hábitat (\pm D.E)	15.9 (\pm 172.4)	23.4 (\pm 144.0)	15.8 (\pm 173.8)	28.0 (\pm 164.3)
Parches de hábitat óptimos que pueden soportar poblaciones viables a largo plazo	3	2	3	2
Área mínima y máxima (km ²) de los parches que potencialmente podrían sostener poblaciones mínimas viables	304 - 2,714	704 - 1,127 - 1,126.6	449 - 2,766 - 2,765.8	740 - 1,228

Las modificaciones que sufren los ecosistemas por actividades antropogénicas inciden directamente en la sobrevivencia de las especies. Para algunas, estas modificaciones pueden resultar benéficas al representar una fuente de alimento seguro (e.g. especies capaces de explotar agroecosistemas) o existir una menor abundancia de depredadores y así incrementar sus tasas reproductivas (Sánchez-Cordero y Martínez-Meyer 2000). Sin embargo, la gran mayoría se pueden ver afectadas debido a la reducción y degradación de condiciones de hábitat disponible (Herkert 1997; Galicia *et al.* 2007; Jackson y Gaston 2008). El venado cola blanca y el pecarí de collar son dos especies que pueden hacer uso de ciertos hábitats alterados (Jesús y Bello 2004; Peres 1996) pero que necesitan de bosques o selvas para buscar refugio y protección, por lo que la pérdida o transformación de estos ecosistemas en cultivos o pastizales puede afectar a sus poblaciones y por consiguiente su distribución (Sowls 1984; Mandujano *et al.* 2004; March y Mandujano 2005; Gallina *et al.* 2009).

Nuestros análisis nos dan una idea aproximada del área en la distribución potencial que han perdido estas dos especies de ungulados silvestres como consecuencia de la deforestación. Esta área es considerable (1,011 km² para el venado cola blanca y 1,303 km² para el pecarí de collar) y además es importante mencionar que la información sobre el cambio de uso de suelo en el cual nos basamos se elaboró hace siete años (Centro Canadiense de Teledetección *et al.* 2010), y siendo realistas es posible que el cambio de uso de suelo a estas alturas sea aún mayor en muchas regiones de México incluyendo el Bajo Balsas. En este sentido, el papel de la RBZI se vuelve fundamental para disminuir el cambio de uso de suelo y proteger a la fauna silvestre. Sin embargo, para el caso del venado cola blanca y el pecarí de collar, la RBZI protege apenas el 36% de su área de distribución, lo que significa que posiblemente existen varias subpoblaciones no protegidas. Además es posible notar que gran parte de la distribución de las dos especies que se encuentra dentro de la RBZI está altamente fragmentada y muchos de los parches de distribución efectiva no tienen el área suficiente para mantener poblaciones mínimas viables a largo plazo.

Como consecuencia del panorama que observamos en la distribución efectiva de estas dos especies sugerimos un esquema de conservación basado en la dinámica fuente-sumidero, tomando como fuente la RBZI y como sumidero las UMA que se encuentran ya establecidas en la zona (Mandujano y González-Zamora 2009). Para lograr esto es necesario hacerle frente al cambio de uso de suelo para ganadería extensiva y agricultura mediante el fomento de alternativas productivas como la creación de UMA extensivas con especies de fauna con potencial de aprovechamiento. También es importante realizar vedas en la zona núcleo de la RBZI para permitir que funja como población fuente y establecer tasas de aprovechamiento sustentables en las UMA extensivas actualmente establecidas.

Finalmente, consideramos importante mencionar que la MNE nos permitió obtener información regional sobre la distribución del venado cola blanca y el pecarí de collar. Sin embargo, también es necesario analizar aspectos como el tamaño poblacional, calidad de hábitat, capacidad de carga, estructura y proporción de sexos así como el flujo de individuos para poder desarrollar mejores estrategias de manejo para la conservación de estas dos especies.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado y apoyado por Fondos Mixtos del COECYT, FOMIX, CONACYT y el Estado de Michoacán. La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y La Red de Biología y Conservación de Vertebrados del Instituto de Ecología, A. C. Brindaron apoyo adicional logístico así como Conservación y Manejo Ambiental de la Costa de Michoacán A.C. En particular agradecemos a M. Romero Tinoco, A. González-Zamora, V. Tapia, L. A. Escobedo-Morales, A. Vázquez, D. Ponce y los guías del Bajo Balsas por su apoyo y colaboración para realizar el trabajo de campo, a N. Corona, T. Pérez-Pérez y K. Rodríguez-Medina por su ayuda con las bases de datos y a O. Rojas, S. Gallina, V. Arroyo-Rodríguez, César Arroyo, C. Ríos-Muñoz y los dos revisores anónimos por sus revisiones, comentarios y sugerencias que mejoraron la calidad de este trabajo. El presente trabajo también es resultado del programa de Retiros Académicos del INECOL.

Referencias

- ANDERSON, R. P., D. LEW, Y A. T. PETERSON. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: Criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162:211-232.
- BOCCO, V. G., M. E. MENDOZA, A. VELÁZQUEZ, Y A. TORRES. 1999. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. *Investigaciones Geográficas* 40:7-22.
- CENTRO CANADIENSE DE TELEDETECCIÓN, SECTOR CIENCIAS DE LA TIERRA, MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES (CANADA CENTRE FOR REMOTE SENSING [CCRS], EARTH SCIENCES SECTOR, NATURAL RESOURCES CANADA), COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO), COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR), INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI), SERVICIO GEOLÓGICO DE ESTADOS UNIDOS (U.S. GEOLOGICAL SURVEY, USGS). 2010. Cobertura de suelo de México, 2005, a 250 metros. Ontario, Canadá.

- DOF (Diario Oficial de la Federación).** 2007. Decreto por el que se declara área natural protegida, con la categoría de reserva de la biosfera, la región conocida como Zicuirán-Infiernillo, localizada en los municipios de Arteaga, Churumuco, La Huacana y Tumbiscatío, en el estado de Michoacán, México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México, México.
- Eisenberg, J. F.** 1989. Mammals of the neotropics: The northern neotropics. The University of Chicago Press, Chicago, EE.UU.
- Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. M. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz, y N. E. Zimmermann.** 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29:129-151.
- Escamilla, A., M. Sanvicente, M. Sosa, y C. Galindo-Leal.** 2000. Habitat mosaic, wildlife availability, and hunting in the tropical forest of Calakmul, Mexico. *Conservation Biology* 14:1592-1601.
- Galicia, L., A. García-Romero, L. Gómez-Mendoza, y M. I. Ramírez.** 2007. Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *Ciencia* 58:50-59.
- Gallina, S., S. Mandujano, J. Bello, H. F. López-Arévalo, y M. Weber.** 2009. White-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann 1780). Pp. 101-118 in *Neotropical cervidology: Biology and medicine of Latin American deer* (Duarte, J. M. B., y S. González, eds.). Funep and Gland, Suiza, IUCN, Jaboticabal, Brasil.
- García, E.** 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Gormley, A. M., D. M. Forsyth, P. Griffioen, M. Lindeman, D. S. L. Ramsey, M. P. Scroggie, y L. Woodford.** 2011. Using presence only and presence-absence data to estimate the current and potential distributions of established invasive species. *Journal of Applied Ecology* 48:25-34.
- Hall, E. R.** 1981. The mammals of North America. John Wiley and Sons, New York, EE.UU.
- Hanley, J. A., y B. J. McNeil.** 1983. A method of comparing the areas under receiver operating characteristic curves derived from the same cases. *Radiology* 148:839-843.
- Herkert, J. R.** 1997. Bobolink (*Dolichonyx oryzivorus*) population decline in agricultural landscape in the midwestern USA. *Biological Conservation* 80:107-112.
- Hernández, P. A., C. H. Graham, L. L. Master, y D. L. Albert.** 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29:773-785.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, y A. Jarvis.** 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- Hutchinson, G. E.** 1957. Concluding remarks. *Cold Springs Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22:415-427.

- Iloldi-Rangel, P., T. Fuller, M. Linaje, C. Pappas, V. Sánchez-Cordero, y S. Sarkar.** 2008. Solving the maximum representation problem to prioritize areas for the conservation of terrestrial mammals at risk in Oaxaca. *Diversity and Distributions* 14:493-508.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).** 1985. Síntesis geográfica del estado de Michoacán. Ciudad de México, México.
- Jackson, S. F., y K. J. Gaston.** 2008. Land use change and the dependence of national priority species on protected areas. *Global Change Biology* 14:2132-2138.
- Jesús De La Cruz, A., y J. Bello.** 2004. Estado actual de las poblaciones de venados (Mammalia: Cervidae) en el ejido de Oxolotán, Tabasco. Memoria IX simposio de venados de México. FMVZ-UNAM. ANGADI. UAEH Pachuca, México.
- López-Arévalo, H. F., S. Gallina, R. Landgrave, E. Martínez-Meyer, y L. E. Muñoz-Villers.** 2011. Local knowledge and species distribution models' contribution towards mammalian conservation. *Biological Conservation* 144:1451-1463.
- Mandujano, S., y A. González-Zamora.** 2009. Evaluation of natural conservation areas and wildlife management units to support minimum viable populations of white-tailed deer in Mexico. *Tropical Conservation Science* 2:237-250.
- Mandujano, S., y V. Rico-Gray.** 1991. Hunting, use, and knowledge of the biology of the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus hays*) by the maya of central Yucatan, Mexico. *Journal of Ethnobiology* 11:175-183.
- Mandujano, S., S. Gallina, G. Arceo, y L. A. Pérez-Jiménez.** 2004. Variación estacional del uso y preferencia de los tipos vegetacionales por el venado cola blanca en un bosque tropical de Jalisco. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 20:45-67.
- March, I. J., y S. Mandujano.** 2005. *Tayassu tajacu*. Pp. 524-527 in Los mamíferos silvestres de México (Ceballos, G., y G. Olivas, eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad -Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, México.
- Naranjo, E. J., M. M. Guerra, R. E. Bodmer, y J. Bolaños.** 2004. Subsistence hunting by three ethnic groups of the Lacandon Forest, Mexico. *Journal of Ethnobiology* 24:233-254.
- Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura, y A. T. Peterson.** 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34:102-117.
- Peres, A. C.** 1999. Population status of white-lipped *Tayassu pecari* and collared peccaries *T. tajacu* in hunted and un hunted Amazonian forests. *Biological Conservation* 77:115-123.
- Peterson, A. T.** 2001. Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. *The Condor* 103:599-605.
- Peterson, A. T., V. Sanchez-Cordero, E. Martínez-Meyer, y A. G. Navarro-Sigüenza.** 2006. Tracking population extirpations via melding ecological niche modeling with land-cover information. *Ecological Modelling* 195:229-236.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, y R. E. Schapire.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-236.
- Phillips, S. J., M. Dudik, y R. Schapire.** 2008. A brief tutorial on Maxent. Retrieved from <http://www-2.cs.cmu.edu/afs/cs/user/aberger/www/html/tutorial/tutorial.html>.

- Redford, K. H., y J. G. Robinson.** 1991. Park size and the conservation of forest mammals in Latin America. Pp. 227-234 in Latin America mammalogy: history, biodiversity and conservation (Mares, M. A., y D. J. Schmidly, eds.). University of Oklahoma Press, Norman, EE.UU.
- Rempel, R.S., D. Kaukinen, y A.P. Carr.** 2012. Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario, Canada.
- Ríos-Muñoz, C. A., y A. G. Navarro-Sigüenza.** 2009. Efectos del cambio de uso de suelo en la disponibilidad hipotética de hábitat para los psitácidos de México. *Ornitología Neotropical* 20:491-509.
- Rzedowski, J.** 1978. Vegetación de México. Limusa, Ciudad de México, México.
- Rzedowski, J.** 1990. Vegetación potencial. Iv.8.2. Atlas nacional de México. Vol II. Escala 1:4,000,000. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Sánchez-Cordero, V., P. Illoldi-Rangel, M. A. Linaje, S. Sarkar, y A. T. Peterson.** 2005. Deforestation and extant distributions of mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126:465-473.
- Sánchez-Cordero, V., y E. Martínez-Meyer.** 2000. Museum specimen data predict crop damage by tropical rodents. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97:7074-7077.
- Sánchez-Rojas, G., y S. Gallina.** 2007. Metapoblaciones, el reto en la biología de la conservación: el caso del venado bura en el bolsón de Mapimí. Pp. 115-124 in *Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos* (Sánchez-Rojas, G., y A. Rojas-Martínez, eds.). Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Pachuca, México.
- Scott, J. M., P. J. Heglund, M. L. Morrison, J. B. Haufler, M. G. Raphael, W. A. Wall, y F. B. Samson.** 2002. Predicting species occurrences: Issues of accuracy and scale. Island Press, Washington, EE.UU.
- Sowls, L. K.** 1984. The peccaries. University of Arizona Press, Tucson, EE.UU.
- Swets, J. A.** 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240:1285-1293.
- Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra, y J. L. Palacio.** 2002. Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62:21-37.
- Villarreal, J. G.** 1999. Venado cola blanca: manejo y aprovechamiento cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León, Monterrey, México.
- Wisz, M. S., R. J. Hijmans, J. Li, A. T. Peterson, C. H. Graham, A. Guisan, y NCEAS Predicting Species Distribution Working Group.** 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions* 14:763-773.

Sometido: 14 de marzo de 2011

Revisado: 23 de marzo de 2011

Aceptado: 23 de abril de 2012

Editor asociado: Juan Pablo Gallo

Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández

Presencia del Gato Montés (*Lynx rufus*) en selvas tropicales del estado de Hidalgo, México

Raúl Valencia-Herverth^{1*} y Jorge Valencia-Herverth²

Abstract

We report the presence of the bobcat (*Lynx rufus*) in the northeastern of the state of Hidalgo, in the municipality of San Felipe Orizatlán, at 156 meters of altitude. One individual male of *L. rufus* was run over in a dirty road and donated by local people. This record extends the distribution of this species in Hidalgo approximately 118 km to the southwest of previous records and it is the first evidence of the presence of the species in semievergreen tropical forest in the state of Hidalgo, Mexico.

Key words: bobcat, Hidalgo, *Lynx rufus*, semievergreen tropical forest.

Resumen

Se documenta la presencia del gato montés (*Lynx rufus*) al noreste del estado de Hidalgo, en el municipio de San Felipe Orizatlán, a 156 m de altitud. Un individuo macho de *L. rufus* fue atropellado en una carretera de terracería y donado por pobladores locales. Este registro amplía la distribución de la especie en Hidalgo aproximadamente 118 km al suroeste de registros previos y es la primera evidencia de la presencia de la especie en selva mediana subperennifolia del estado de Hidalgo, México.

Palabras clave: Gato montés, Hidalgo, *Lynx rufus*, selva mediana subperennifolia.

Introducción

El lince o gato montés (*Lynx rufus* Schreber 1777) tiene una distribución continua desde el sur de Canadá, Estados Unidos hasta el sur de Oaxaca en la República Mexicana (Hall 1981; Larivière y Walton 1997). Ocupa varios hábitats desde el nivel del mar hasta los 3,600 msnm, incluyendo zonas montañosas templadas (matorrales, bosques de pino, pino-encino, oyamel y encino), zonas áridas (matorral xerófilo) y pantanos subtropicales, sin tener registros de esta especie en selvas tropicales (Hall 1981; Leopold 2000; Romero 2005). Su pelaje es pardo rojizo ligeramente moteado con tonos grises y negros en las partes superiores, llega a ser más claro lateralmente y en la región ventral, tiene las

¹Instituto Tecnológico de Huejutla, km 5.5 Carretera Huejutla-Chalahuiyapa, A.P. 94, Huejutla de Reyes, Hidalgo 43000, México. E-mail: tigrillo_huasteco@yahoo.com.mx.

²Laboratorio de Ecología de Poblaciones, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, A.P. 69, Pachuca, Hidalgo 42001, México. E-mail: valencia_herverth@yahoo.com.mx.

*Corresponding author

patas largas, orejas puntiagudas, la cola presenta bandas y con la punta negra. Su peso y volumen corporal varía geográficamente (Larivière y Walton 1997; Villa y Cervantes 2003; Romero 2005), y por su tamaño mediano se considera el tercer felino más grande que habita en México (Romero 2005). El género *Lynx* presenta dos premolares en la parte superior, a diferencia de *Felis* sp. que tiene tres (Larivière y Walton 1997).

El gato montés es muy abundante en el norte de la República Mexicana, mientras que en el centro y sur es poco común (Rodríguez-Martínez *et al.* 2007). Sin embargo, ha sido pobremente estudiado (Aranda *et al.* 2002), para el noreste del país se tienen datos de esta especie principalmente en zonas áridas de Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí (Dalquest 1953; Jiménez *et al.* 1997; Moreno-Valdez y Vásquez-Farías 2005). La localidad más cercana sobre la vertiente del Golfo de México al registro que se presenta en este trabajo está próximo a Ciudad Mante, Tamaulipas, donde se colectó un ejemplar que fue depositado en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA 8182; UNIBIO 2005). Para el estado de Hidalgo se tienen dos registros recientes a través de fotografías y excretas, en localidades del Parque Nacional El Chico (Hernández-Flores y Rojas-Martínez 2010), ésta área natural protegida es una zona montañosa templada dominada principalmente por bosque de oyamel (*Abies religiosa*) y se ubica a 118 km aproximadamente al suroeste de la nueva localidad que reportamos (Fig. 1).

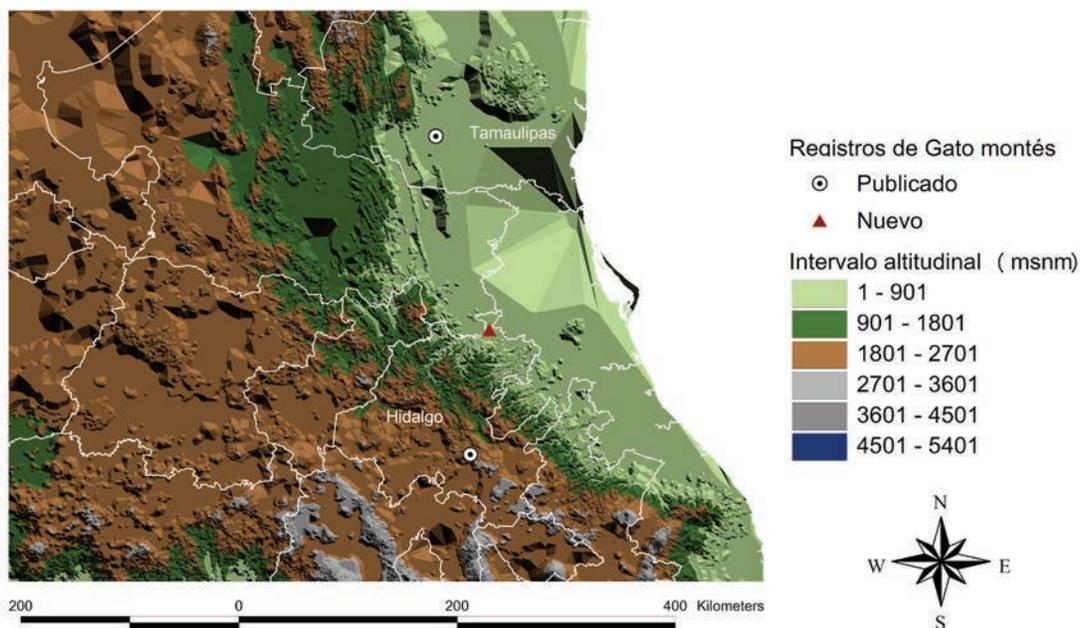


Figura 1. Puntos de colecta de *Lynx rufus*. El modelo digital de elevación se generó a partir de las curvas de nivel (cada 200 m) de la CONABIO.

El 26 de diciembre de 2010, Sergio y Elisandro Huerta Serna donaron un individuo macho juvenil de *L. rufus escuinapae* (Hall 1981), que encontraron atropellado en una carretera de terracería a 156 m de altitud y a 250 m aproximadamente de la comunidad de Taxiscoatitla (21.2300 N, -98.5697 O) que se ubica en la porción central del municipio de San Felipe Orizatlán, Hidalgo. El tipo de vegetación circundante es selva mediana subperennifolia perturbada (Challenger 1998), con presencia de árboles de *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Spondias mombin*, *Guazuma ulmifolia* y cultivos de naranjo (*Citrus sinensis*).

La piel y cráneo (Fig. 2) del ejemplar macho, se depositaron en la Colección de Mamíferos del Instituto Tecnológico de Huejutla (HMAM-597). Las medidas somáticas tomadas (en mm), fueron las siguientes: longitud total 785, longitud de la cola vertebral 210, longitud de la pata trasera 125, longitud de la oreja desde la escotadura 50; peso 3,900 g. Las medidas de longitud total y de la cola de la especie, están entre los intervalos que mencionan Villa y Cervantes (2003): 725-940 y 125-210 mm, respectivamente. Las medidas craneales del espécimen son (en mm): ancho del cráneo 41.5; anchura interorbital mínima 17.8; constricción postorbital 51.2; anchura mastoidea 40.0; anchura nasal 15.0; anchura cigomática 67.5; longitud mayor del cráneo 96.5; longitud de la sutura nasal 21.0; longitud de la hilera dentaria del maxilar 31.3; longitud basal 81.5; longitud cóndilo canina 83.5; longitud cóndilo basal 88.0; longitud de la bula timpánica 18.2; anchura de la bula timpánica 12.5; altura del foramen magnum 11.7; anchura del foramen magnum 13.0; anchura condilar 21.0; anchura paraoccipital 39.3; longitud de la mandíbula 63.1; longitud de la hilera dentaria mandibular 21.4.

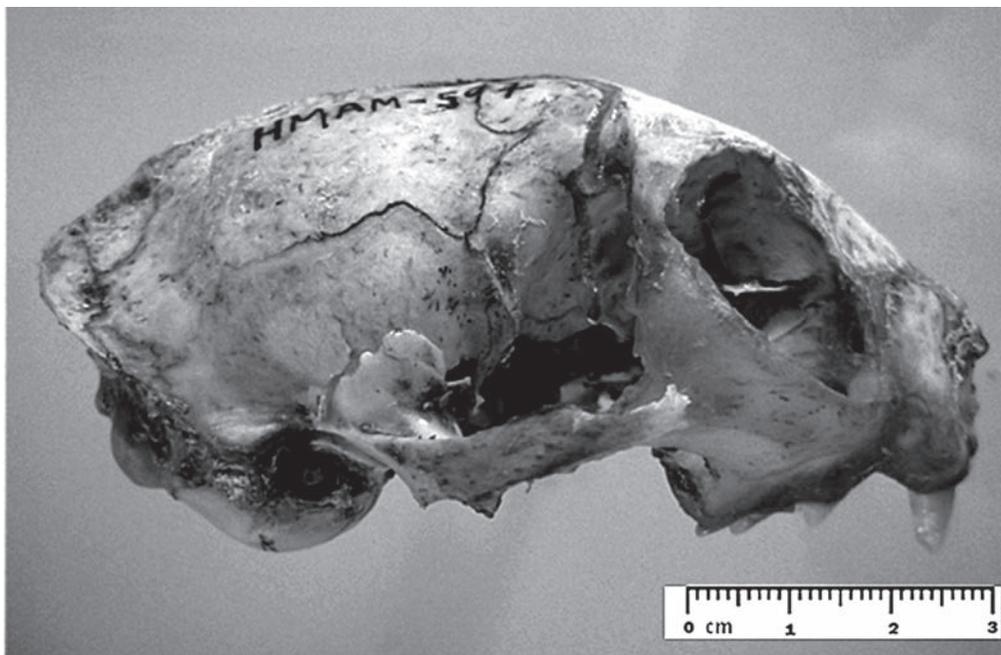


Figura 2. Vista lateral del cráneo del individuo juvenil de *Lynx rufus* depositado en la Colección de Mamíferos del Instituto Tecnológico de Huejutla (Foto: S. M. A. Mejenes-López).

Debido a que el gato montés atropellado no presentaba la barba típica del adulto, la especie fue corroborada, por F. Cervantes Reza y J. Vargas Cuenca, curador y técnico respectivamente, de la Colección Nacional de Mamíferos, del Instituto de Biología, UNAM. El cráneo fue comparado con tres ejemplares depositados en esa Colección (CNMA 11196, 11197, 11198).

Los trabajos sobre mamíferos en Hidalgo proporcionan escasos registros para la región Huasteca que incluye la parte tropical en el noreste del estado. De las seis especies de felinos que se distribuyen en México, sólo se ha corroborado la presencia de *Puma concolor*, *P. yagouaroundi*, *Leopardus pardalis* y *L. wiedii* en esa región, siendo notoria la ausencia de registros de *Panthera onca* y *Lynx rufus* (Mejenes-López et al. 2010). Dada la carencia de registros de felinos en varios municipios de Hidalgo, este reporte es importante debido a que incrementa el área de distribución conocida de *L. rufus* para Hidalgo, ya que no se contaba con ningún registro para el noreste del estado,

además de la relevancia a nivel nacional por la falta de evidencia en zonas tropicales de la vertiente del Golfo de México.

Mediante proyectos de investigación que comprendan un muestreo de campo planificado, es posible encontrar más registros de *L. rufus* en la región, principalmente en el sur de San Luis Potosí y norte de Veracruz, ya que son zonas con poca información mastofaunística. El registro que presentamos en esta nota no es evidencia contundente de la existencia de una población de gato montés residente en la zona, ya que Romero (2005) menciona que los juveniles llegan a dispersarse cientos de kilómetros de su sitio de nacimiento.

Agradecimientos

A S. M. A. Mejenes López por su ayuda en la medición del cráneo. A F. Cervantes Reza y J. Vargas por la verificación de la especie. A CONACyT por la beca de doctorado # 250632 otorgada a J. Valencia-Herverth. A los revisores por sus valiosos comentarios.

Referencias

- ARANDA, M., O. ROSAS, J. J. RÍOS, Y N. GARCÍA.** 2002. Análisis comparativo de la alimentación del Gato Montés (*Lynx rufus*) en dos diferentes ambientes de México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 87:99-109.
- CHALLENGER, A.** 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México y Sierra Madre. Distrito Federal, México.
- DALQUEST, W. W.** 1953. Mammals of the Mexican state of San Luis Potosi. Louisiana State University Studies, Biological Sciences Series 1:1-229.
- HALL, E. R.** 1981. The Mammals of North America. John Wiley and Sons, New York, EE.UU.
- HERNÁNDEZ-FLORES, S. D., Y A. E. ROJAS-MARTÍNEZ.** 2010. Lista actualizada y estado de conservación de los mamíferos del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 26:563-583.
- JIMÉNEZ, A., M. A. ZÚÑIGA, Y J. A. NIÑO.** 1997. Lista anotada de mamíferos de Nuevo León. Revista Mexicana de Mastozoología 2:132-141.
- LARIVIÈRE, S., Y L. R. WALTON.** 1997. *Lynx rufus*. Mammalian Species 563:1-8.
- LEOPOLD, A. S.** 2000. Fauna Silvestre de México. Segunda Edición. Ed. Pax, Ciudad de México, México.
- MEJENES-LÓPEZ, S. M. A., M. HERNÁNDEZ-BAUTISTA, J. BARRAGÁN-TORRES, Y J. PACHECO.** 2010. Los mamíferos en el estado de Hidalgo, México. Therya 1:161-188.
- MORENO-VALDEZ, A., Y E. P. VÁSQUEZ-FARÍAS.** 2005. Los Mamíferos Terrestres de Tamaulipas. Pp. 213-219 in Biodiversidad Tamaulipeca Vol. 1 (Barrientos-Lozano, L., A. Correa-Sandoval, J. V. Horta-Vega y J. García-Jiménez, eds.). Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, México.
- RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, L., J. VÁZQUEZ, Y A. BAUTISTA.** 2007. Primer registro del Gato Montés (*Lynx rufus*) en el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala, México. Revista Mexicana de Mastozoología 11:80-84.

- ROMERO, F. R.** 2005. *Lynx rufus* (Schreber, 1777). Pp. 362-364 in Los Mamíferos Silvestres de México (Ceballos G., y G. Oliva, eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México.
- UNIBIO.** 2005. *Lynx rufus escuinapae* - IBUNAM: CNMA:IB8182. INSTITUTO DE BIOLOGÍA (en línea). Colecciones Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. <http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:CNMA:IB8182> (consultado 26 de julio de 2011).
- VILLA, B. R., y F. A. CERVANTES.** 2003. Los mamíferos de México. Iberoamericana/Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Disco compacto.

Sometido: 23 de enero de 2012

Revisado: 17 de febrero de 2012

Aceptado: 16 de abril de 2012

Editor asociado: Consuelo Lorenzo

Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández

Riqueza de Especies y Variabilidad Trófica de Murciélagos en Zonas de Riesgo de Rabia de Origen Silvestre en Izabal, Guatemala

Cristian Kraker-Castañeda^{1*} y José Luis Echeverría-Tello¹

Abstract

Izabal, Guatemala, is considered a high-risk region of bovine paralytic rabies and also has documented cases of common vampire bat attacks to humans in villages in marginal conditions. Measures to control vampire bat populations are commonly undertaken, however, when not properly supervised, they often ignore selective techniques and result in the killing of harmless species. In order to document species richness and to compare the proportion of other guilds, bats were captured using mist nets in farms with cattle that were recurrently injured by common vampire bats. A total of 280 bats belonging to 13 genera and 18 species were documented, with *Artibeus*, *Sturnira*, *Desmodus* and *Glossophaga* being the most common genera in order of abundance. For a sample size of 40 individuals a variation of seven to 11 species was calculated for all sites. The proportion of common vampire bats in contrast to other guilds present was significantly lower ($\chi^2 = 18.379$, d. f. = 3, $P = 0.0004$). The bats documented along with the common vampire bat might be providing important ecosystem services that can be suppressed as a consequence of their decreasing population sizes or the disappearance of their colonies.

Key words: *Chiroptera*, *Desmodus rotundus*, ecosystem services, Izabal, trophic guilds.

Resumen

Izabal, Guatemala, es considerada una región de alto riesgo de rabia parálitica bovina y además se tienen documentados casos de agresiones de murciélago vampiro común a humanos en aldeas en condiciones de marginación. Ocasionalmente se llevan a cabo controles del murciélago vampiro común (*Desmodus rotundus*), sin embargo, cuando no son supervisados pasan por alto técnicas selectivas y son sacrificadas especies inofensivas. Se capturaron murciélagos utilizando redes de niebla con el objetivo de documentar la riqueza de especies de murciélagos en zonas con alta incidencia de agresiones al ganado, y comparar la proporción de murciélagos hematófagos con respecto a otros gremios tróficos. Un total de 280 murciélagos de 13 géneros y 18

¹ Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Avenida Reforma, 0-63, Zona 10, Guatemala, Guatemala E-mail: cristiankraker@hotmail.com (CK-C), echeverriatello@gmail.com (JLE-T).

Programa para la Conservación de los Murciélagos de Guatemala (PCMG), <http://sites.google.com/site/pcmguatemala>

* Corresponding author

especies fueron documentados, siendo predominantes en orden de abundancia *Artibeus*, *Sturnira*, *Desmodus* y *Glossophaga*. Para un tamaño de muestra de 40 individuos se estimó una riqueza de siete a 11 especies entre todos los sitios, con superposición de los intervalos de 95% de confianza. La proporción de murciélago vampiro común fue significativamente menor al resto de gremios ($\chi^2 = 18.379$, d. f. = 3, $P = 0.0004$). Las especies documentadas junto con el murciélago vampiro común posiblemente proveen importantes servicios ecosistémicos en la región, que pueden ser suprimidos como consecuencia de la disminución o desaparición de sus colonias o poblaciones.

Palabras clave: *Chiroptera*, *Desmodus rotundus*, gremios tróficos, Izabal, servicios ecosistémicos.

Introducción

En Guatemala están registradas dos de las tres especies de murciélagos vampiros (hematófagos): *Diphylla ecaudata* (murciélago vampiro de patas peludas) y *Desmodus rotundus* murciélago vampiro común, (MacCarthy y Pérez 2006). Se tiene documentado que el murciélago vampiro de patas peludas se alimenta de sangre de aves, mientras que el murciélago vampiro común, en adelante denominado murciélago vampiro, se alimenta de sangre de mamíferos (Mayen 2003). Este último se ha beneficiado de la introducción de animales domésticos desde la colonización de América Latina, y puede alcanzar proporciones plaga en áreas ganaderas donde su principal alimento son los bovinos, aunque en su dieta se han reportado otras especies en menor proporción (Greenhall 1971; Greenhall *et al.* 1983). El murciélago vampiro provoca en el ganado debilitamiento por desangramiento, infecciones secundarias y puede potencialmente transmitirle el virus de la rabia (Dantas-Torres *et al.* 2005), constituyendo una importante causa de muerte de bovinos en la región (Greenhall 1971). Además se tienen documentadas agresiones de murciélago vampiro a humanos, y en casos extremos brotes de rabia (Schneider *et al.* 2009). El primer brote diagnosticado de rabia humana transmitida por murciélago vampiro, junto con un brote de rabia parálitica bovina que causo la muerte de millares de bovinos, fue en Trinidad entre 1925 y 1935 (Greenhall 1971; Schneider *et al.* 2009); éste fue el primer país en emprender un programa gubernamental de lucha contra el murciélago vampiro ensayando con distintas técnicas (Greenhall 1971). Hasta el año 2006 se tienen documentados 637 casos de humanos víctimas mortales de rabia humana transmitida por el murciélago vampiro en América Latina (Schneider *et al.* 2009).

Los murciélagos han sido objeto de actividades de control, muchas veces de forma indiscriminada, por parte de los pobladores que residen en las áreas afectadas, y en el pasado tuvieron como consecuencia matanzas numerosas inclusive impulsadas por los gobiernos locales (Mayen 2003). Dos ejemplos son el primer programa extensivo de control iniciado por el Instituto Nacional de Investigación de Ganado de México en 1968, que propició la eliminación de una gran cantidad de murciélagos, y el caso de Brasil en la década de 1960, donde más de 8,000 cuevas con murciélagos fueron dinamitadas por granjeros (Mayen 2003). Actualmente en las áreas rurales de la región, cuando no hay supervisión adecuada, siguen utilizándose técnicas inapropiadas para contrarrestar el problema, poniendo en peligro colonias importantes de murciélagos inofensivos.

El murciélago vampiro comparte el hábitat con otras especies, e incluso llegan a ocupar los mismos refugios (Greenhall *et al.* 1983; Wohlgenant 1994; Asprilla-Aguilar *et al.* 2007). Se tiene documentado en cuevas con aproximadamente 45 especies de murciélagos a lo largo de su área de distribución geográfica (Greenhall *et al.* 1983). De las especies presentes en Guatemala según McCarthy y Pérez (2010) pueden potencialmente compartir refugio con las siguientes: *Trachops cirrhosus*, *Chrotopterus auritus*, *Phyllostomus discolor*, *P. hastatus*, *Rhogeessa tumida*, *Molossus molossus*, *Saccopteryx bilineata*, *Uroderma bilobatum*, *Noctilio albiventris*, *Sturnira* spp., *Carollia* spp., *Artibeus* spp., *Glossophaga* spp. y *Micronycteris* spp. (Greenhall *et al.* 1983; Da C. Campanha 1993; Wohlgenant 1994; Asprilla-Aguilar *et al.* 2007). Asimismo hay otras especies que aunque no comparten refugio, utilizan los mismos hábitats para transitar o alimentarse de otros recursos como insectos, polen, néctar y/o frutos carnosos de una amplia variedad de plantas.

En Guatemala la Unidad de Normas y Regulaciones (UNR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) es la encargada del control poblacional del murciélago vampiro, y ésta considera a Izabal de tener un alto riesgo de rabia parálitica bovina (MAGA 2011). Este departamento presenta una alta densidad de bovinos y se han reportado brotes que se sospecha han sido a causa de mordeduras de murciélago vampiro infectados con el virus de la rabia (Martínez 1980). Además en esta región se han identificado agresiones de murciélago vampiro a humanos, principalmente en aldeas en condiciones de marginación (Kraker-Castañeda y Echeverría-Tello 2011). Para un período de 10 años hasta el 2010, se tienen documentadas 101 personas agredidas, algunas en eventos numerosos; 91% de las víctimas no recibió tratamiento profiláctico post exposición, sin embargo no se ha reportado ningún caso mortal (Kraker-Castañeda y Echeverría-Tello 2011). Este departamento, como otros en Guatemala, está incluido en el Sistema de Vigilancia Zoonosaria (MAGA 2001), cuyos esfuerzos se enfocan específicamente en el control del murciélago vampiro, de tal manera que no hay información disponible que describa de forma más completa los ensambles de especies en los sitios donde la problemática está presente. El objetivo de este estudio es documentar el número y la identidad de las especies de murciélagos presentes en cuatro fincas con ganado agredido recurrentemente por el murciélago vampiro en Izabal, Guatemala. Se compara la riqueza específica de las fincas y la proporción de los distintos gremios tróficos de murciélagos.

Material y Métodos

El departamento de Izabal se encuentra localizado en la región Noreste de Guatemala, colinda al Norte con el departamento de Petén, la República de Belice y el mar Caribe, al Este con la República de Honduras, al Sur con el departamento de Zacapa y al Oeste con el departamento de Alta Verapaz (IGN 1999). En la región, para un período de 26 años, los registros indican una temperatura media anual de 28.2 °C, absoluta mínima de 13.1 °C y absoluta máxima de 43.1 °C (IGN 1999). El total de precipitación es de 3,074 mm, con 174 días de lluvia y humedad relativa media de 84% (IGN 1999). En el departamento se presentan dos zonas de vida según la clasificación de Holdridge: bosque muy húmedo tropical (bmh-T) hacia el área Noreste (Castañeda 2008), cuyas

especies indicadoras son *Acacia cookii*, *Cordia gerascanthus*, *Zanthoxylum belicense*, *Basiloxylon excelsa*, *Crudia* spp. y *Podocarpus* spp., y bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-Sc) hacia el área Suroeste (Castañeda 2008), cuyas especies indicadoras son *Scheelea preussii*, *Terminalia oblonga*, *Enterolubium cyclocarpum*, *Sickingia salvadorensis*, *Triplaris melaenodendrum*, *Cybistax donnell-smithii* y *Andira inermis*.

En este departamento extensiones amplias de tierra están dedicadas a la producción pecuaria, principalmente de ganado bovino, siendo una de las principales actividades económicas de la región. Las áreas de muestreo fueron seleccionadas inicialmente evaluando en mapas los tipos de uso del suelo, de tal manera que estuvieran inmersas en zonas predominantemente ganaderas en cada uno de los cinco municipios de Izabal. Posteriormente se hizo reconocimiento de campo y se llevaron a cabo entrevistas en las asociaciones ganaderas locales, y por último a los encargados o propietarios de las fincas. En aquellas fincas donde la entrevista revelara un problema relacionado con el murciélago vampiro, se llevó a cabo inspección del ganado.

Los sitios de captura se seleccionaron con base al porcentaje de animales agredidos de una muestra que varió entre las fincas de un mínimo de 22 a un máximo de 107 individuos, fijando como un límite subjetivo 10% del total examinado, con excepción de la finca en La Ceiba que tuvo la muestra más grande y menor porcentaje de animales agredidos. Las coordenadas de los sitios de muestreo seleccionados son las siguientes: Baltimore (en adelante Bl) 15.790378° N y -88.699215° W, Chichipate (en adelante Ch) 15.475478 N y -89.465278 W, Cucharas (en adelante Cu) 15.540278° N y -88.729167° W, y La Ceiba (en adelante Lc) 15.209722° N y -89.104444° W (Fig. 1).

En cada finca se consideró un punto de muestreo cercano al encierro del ganado agredido por murciélago vampiro, y se colocó un número variable de redes de niebla de 12 m de longitud, 2.5 m de altura y 38 mm de luz de malla, que fueron abiertas a partir del anochecer. El esfuerzo de captura se midió como el producto del área de red desplegada por el número total de horas muestreadas (García-García *et al.* 2010). El esfuerzo mínimo realizado fue de 5 redes de 12 m por 2.5 m durante 12 horas (1,800 m²·h) y el esfuerzo máximo fue de 5 redes de 12 m por 2.5 m durante 24 horas (2,600 m²·h). Los muestreos se llevaron a cabo en noches cercanas a luna nueva para evitar una disminución de las capturas en noches iluminadas (Sosa *et al.* 2008). Para cada murciélago capturado se registraron datos convencionales de peso, longitud del antebrazo y sexo. La edad se determinó con base al grado de fusión de la epífisis metacarpal (juvenil, subadulto y adulto, Anthony 1988). Para identificar a los murciélagos se utilizaron la clave de Medellín *et al.* (1997) y la guía ilustrada de Reid (1997). Para la nomenclatura taxonómica se siguió a Simmons (2005).

Para comparar la riqueza de especies entre fincas se utilizó el procedimiento conocido como rarefacción, debido a que en cada evento de captura varió el esfuerzo y las muestras debían ser estandarizadas a un nivel común de abundancia para una comparación objetiva (Gotelli y Entsminger 2001). Además este análisis es útil cuando la única fuente de datos son listados de especies con sus abundancias o el orden de identificación de los individuos en las muestras no fue registrado (Magurran 2004). Con el programa estadístico EcoSim ver. 7.0 (Gotelli y Entsminger 2001) y por medio de 1,000 iteraciones de la matriz de datos se generaron intervalos de confianza para establecer el grado de significancia entre las estimaciones (Gotelli y Entsminger 2001).

Las especies registradas se clasificaron en los siguientes gremios: frugívoros, hematófagos, nectarívoros, insectívoros y omnívoros. Para la comparación de proporciones solamente se diferenciaron a los hematófagos de los no hematófagos, ya que para cumplir los supuestos de tamaño de muestra fue necesario reagrupar clases (Sokal y Rohlf 1995). Se llevó a cabo una prueba χ^2 de independencia sobre una tabla de contingencia de 2 x 4. Por último los murciélagos se clasificaron con base en la longitud de antebrazo como grandes (> 50 mm) o pequeños (< 50 mm, Pineda *et al.* 2005).

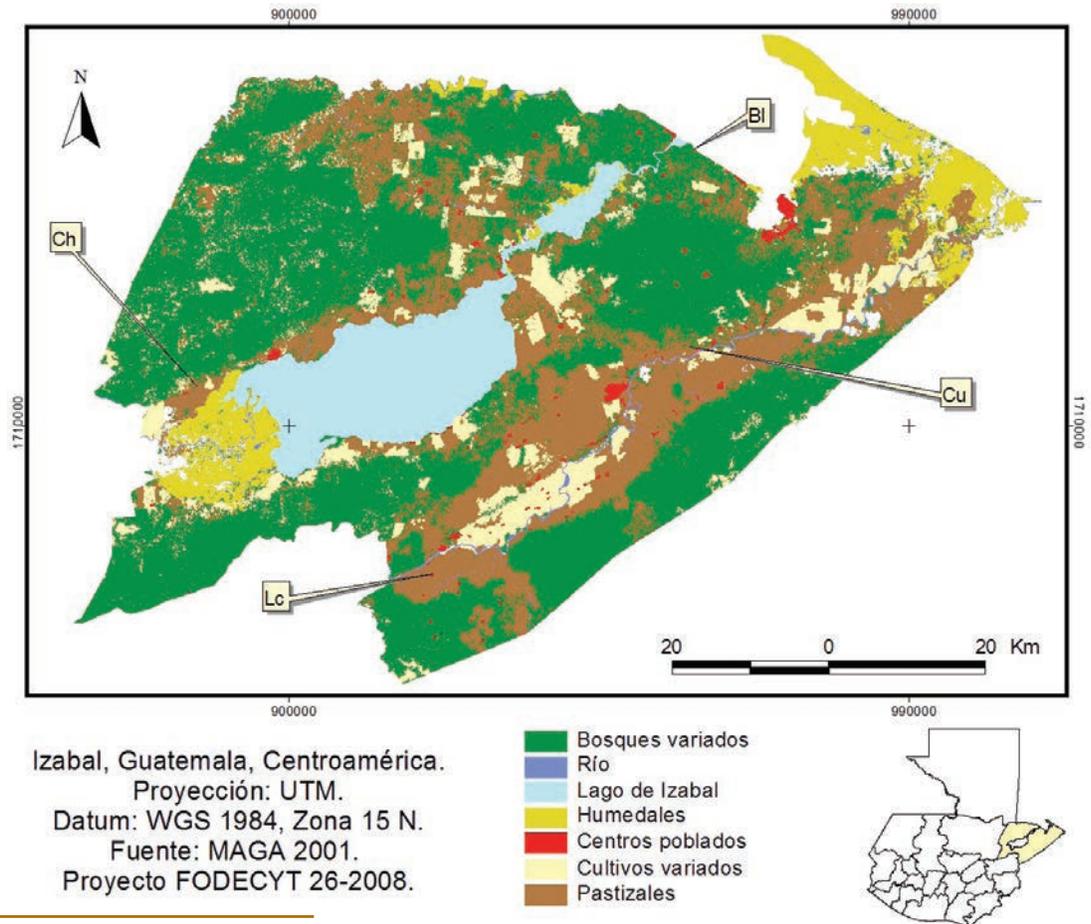


Figura 1. Sitios de muestreo de murciélagos en fincas con ganado bovino agredido recurrentemente por murciélagos vampiro común en Izabal, Guatemala.

Resultados

Se capturaron un total de 280 murciélagos de 13 géneros y 18 especies, de las familias Phyllostomidae y Mormoopidae, siendo predominantes en orden de abundancia *Artibeus*, *Sturnira*, *Desmodus* y *Glossophaga* (Tabla 1). Las especies del género *Glossophaga* no fueron diferenciadas debido a la incertidumbre de su identificación *in situ*, sin embargo según Reid (1997) en la región están potencialmente presentes *G. soricina* y *G. commissarisi*. Solamente tres especies, *Artibeus lituratus*, *A. jamaicensis* y *Desmodus rotundus*, fueron comunes en todos los sitios, y ningún sitio presentó a todas las especies documentadas durante el estudio. Se documentaron 40 individuos y nueve géneros en Bl, 55 individuos y siete géneros en Ch, 78 individuos y nueve géneros en Cu, y 107 individuos y ocho géneros en Lc (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de murciélagos.

Especies	Bl	Ch	Cu	Lc	Total	Tamaño	Gremio
Familia Phyllostomidae							
Subfamilia Stenodermatinae							
<i>Artibeus lituratus</i>	6	12	4	14	36	G	F
<i>Artibeus jamaicensis</i>	20	12	2	18	52	G	F
<i>Artibeus watsoni</i>	1	0	1	4	6	P	F
<i>Artibeus phaeotis</i>	1	0	1	2	4	P	F
<i>Sturnira ludovici</i>	0	0	0	4	4	P	F
<i>Sturnira lilium</i>	0	3	38	6	47	P	F
<i>Chiroderma salvini</i>	0	1	1	0	2	P	F
<i>Chiroderma villosum</i>	0	0	0	0	0	P	F
<i>Uroderma bilobatum</i>	1	0	0	41	42	P	F
<i>Plathyrrinus helleri</i>	1	0	1	13	15	P	F
<i>Vampyressa pusilla</i>	1	1	0	0	2	P	F
<i>Centurio senex</i>	0	1	0	0	1	P	F
Subfamilia Carrollinae							
<i>Carollia perspicillata</i>	0	0	6	1	7	P	F
<i>Carollia sowelli</i>	0	0	2	0	2	P	F
Subfamilia Phyllostominae							
<i>Phyllostomus discolor</i>	1	0	0	0	1	G	O
Subfamilia Glossophaginae							
<i>Glossophaga spp</i>	2	19	1	0	22	P	N
Subfamilia Desmodontinae							
<i>Desmodus rotundus</i>	5	6	18	3	32	G	H
Familia Mormoopidae							
<i>Pteronotus parnellii</i>	0	0	3	0	3	G	I
<i>Pteronotus davyi</i>	1	0	0	1	2	P	I
Total	40	55	78	107	280		

Murciélagos capturados con redes de niebla en fincas con ganado bovino agredido recurrentemente por murciélagos vampiro común en Izabal, Guatemala. G=grande, P=pequeño, F=frugívoro, N=nectarívoro, O=omnívoro y H=hematófago.

Para un tamaño de muestra estandarizado de 40 individuos, que corresponde al tamaño menor al cual convergen el resto de muestras en el análisis de rarefacción, se calcularon entre siete y once especies entre todos los sitios, con el límite inferior de cinco y el superior de 11 especies, y superposición de los intervalos de 95% de confianza (Fig. 2).

El porcentaje total de individuos capturados por gremio en orden de importancia fue el siguiente: 78.6% frugívoros, 11.4% hematófagos, 7.9% nectarívoros, 1.8% insectívoros y 0.4% omnívoros. La proporción de gremios en todos los sitios estuvo dominada por los frugívoros, variando de un máximo de 96.3% en la muestra en Lc a 54.4% en Ch (Fig. 3). En total se capturaron 32 murciélagos vampiros y su proporción fue significativamente menor al resto de gremios en las muestras ($\chi^2 = 17.727$, g. l. = 3, $P = 0.0005$). El mayor número de capturas de murciélagos vampiro se dio en Cu, con 18 individuos en una muestra de 78 murciélagos.

Figura 2. Riqueza de especies de murciélagos para un tamaño de muestra estándar de 40 individuos en fincas con ganado bovino agredido recurrentemente por murciélago vampiro común en Izabal, Guatemala.

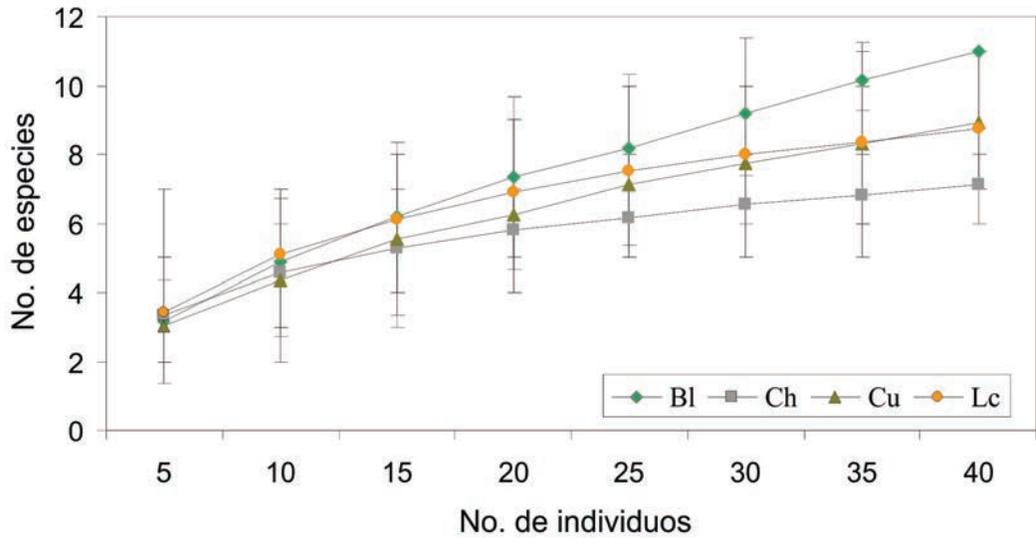
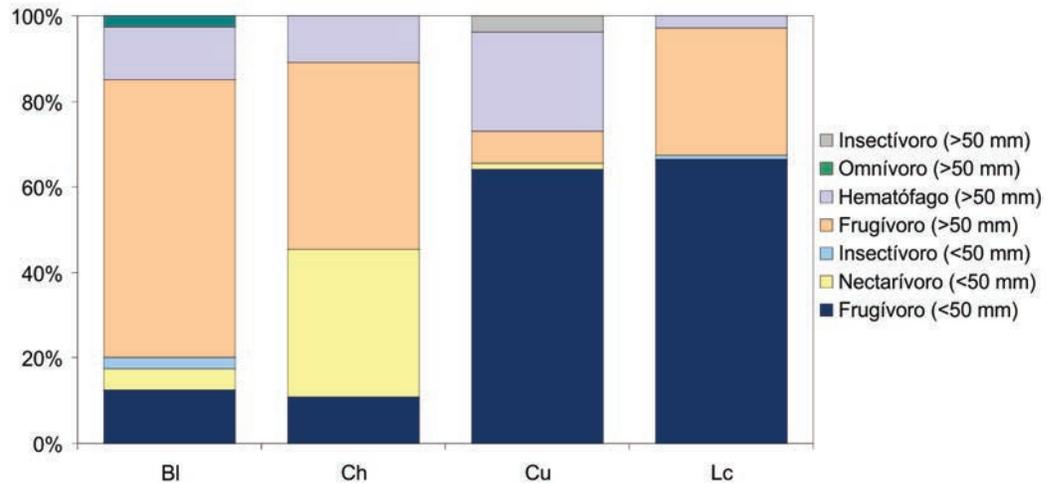


Figura 3. Porcentaje de murciélagos por gremio trófico en fincas con ganado bovino agredido recurrentemente por murciélago vampiro común en Izabal, Guatemala.



Discusión

La lista que se presenta es una descripción conservadora de la riqueza de especies de murciélagos que pueden estar presentes en zonas ganaderas de la región, ya que el método de muestreo está sesgado a las familias Phyllostomidae y Mormoopidae. El número de especies de murciélagos puede incrementarse al complementar métodos de detección (*v. gr.* trampas de arpa y detectores ultrasónicos, Pech-Canche *et al.* 2006). Por ejemplo Pech-Canche *et al.* (2006), incrementaron en un 40% el inventario de murciélagos registrado con métodos de captura convencionales al complementarlo con detectores ultrasónicos en un área de Yucatán, México. También García-García *et al.* (2009), en un sitio con cobertura vegetal poco densa en La Ventosa, México, solamente documentaron un ejemplar con redes de niebla y con el método acústico percibieron siete especies adicionales. Los murciélagos insectívoros representan aproximadamente

58% de la riqueza de especies de este taxón en Guatemala según MacCarthy y Pérez (2006), y pasan desapercibidos al utilizar redes de niebla debido a su característico vuelo a gran altura y evasión de las trampas por medio de su sistema de ecolocalización (Pech-Canche *et al.* 2010).

Las especies documentadas junto con el murciélago vampiro subsisten de recursos que incluyen desde néctar y polen de flores, frutos carnosos de una amplia variedad de plantas, algunas útiles para el humano, hasta insectos que representan plagas agrícolas potenciales. Algunas de estas especies pueden proveer importantes servicios ecosistémicos desapercibidos en la región, que pueden ser suprimidos si sus colonias o poblaciones locales disminuyen ó desaparecen. Por ejemplo, se tiene documentado en un área protegida de Petén, Guatemala, que las especies más abundantes de murciélagos frugívoros, también documentadas en este estudio (*Artibeus lituratus*, *A. jamaicensis*, *Artibeus* spp., *Carollia sowelli*, *C. perspicillata*, y *Sturnira lilium*), se alimentan en conjunto de siete especies de árboles y 12 especies de arbustos, estos últimos de sucesión secundaria (Lou y Yurrita 2005).

Se estima que los murciélagos frugívoros en algunas épocas del año pueden dispersar cada noche un promedio aproximado de nueve semillas por metro cuadrado hacia sitios perturbados, principalmente de especies pioneras, jugando un papel importante en los procesos sucesionales en las selvas tropicales de la región (Medellín y Gaona 1999). Por otro lado en una cueva denominada la Cueva del Silvino, cercana a Cu, se tiene identificada una colonia numerosa de murciélagos insectívoros de la especie *Pteronotus davyi*, además de estar presentes las cuatro especies restantes de la familia Mormoopidae (Cajas *com. pers.*).

Se presume que estas colonias tienen una importante función al consumir insectos que pueden ser perjudiciales para los cultivos agrícolas en el área. Bateman y Vaughan (1974) en un estudio en un sistema cavernoso de Sinaloa, México, estimaron que un grupo de 400,000 a 800,000 murciélagos mormópidos, incluidos *P. davyi* y *P. parnellii*, consumieron de 1,902 a 3,805 kilogramos de insectos cada noche. *P. davyi*, *P. gymnonotus*, *P. personatus* y *Mormoops megalophylla* se encuentran en el Listado de Especies Amenazadas (LEA) de Guatemala (CONAP 2009). Esto le brinda particular importancia a dicha cueva en la región, aunque en el pasado ha sido intervenida sin éxito por particulares con la finalidad de exterminar a los murciélagos. Por último, en tres valles secos de Guatemala se ha encontrado que el 65% de los tipos de polen recuperados del pelaje de los murciélagos es de cactáceas, y entre otras, 10% pertenece a plantas del género *Inga* (Cajas 2005); hay especies de este género de planta que se siembran en distintas regiones del país como cultivo de sombra para el café y los murciélagos posiblemente tienen una función importante en su reproducción.

Entre los sitios de captura hay diferencias en los ensambles de murciélagos y estas distinciones pueden deberse a varios factores, que aunque no fueron evaluados adecuadamente en este estudio, es importante comentarlos. Por ejemplo, la abundancia relativa de los murciélagos está fuertemente influenciada por la perturbación del hábitat y puede ser explicada por la dieta (Medellín *et al.* 2000). Los murciélagos del género *Artibeus* son especialistas de frutos de árboles, mientras que muchas de las especies pequeñas consumen en gran proporción frutos de arbustos que son abundantes en áreas de sucesión secundaria (Medellín *et al.* 2000). Según Galindo-González y Sosa (2003),

la abundancia de murciélagos frugívoros en pastizales disminuye a mayor distancia del fragmento de bosque más cercano, observación hecha a partir de muestreos en árboles aislados dentro de los pastizales, los cuales pueden proveer alimento y refugio. Por otro lado la vegetación ribereña puede proveer una fuente de agua, sitios de abastecimiento y corredores protegidos a través de los cuales los murciélagos se movilizan entre remanentes de bosque y árboles aislados (Galindo-González y Sosa 2003).

La proporción de murciélagos vampiros fue significativamente menor al resto de gremios en los sitios de estudio, contrario a lo que popularmente se piensa cuando los ataques al ganado son recurrentes. Se tiene conocimiento por las complejas relaciones sociales de esta especie, que varios individuos pueden alimentarse de una sola víctima, incluso de la misma herida (Greenhall *et al.* 1971), de tal forma que su abundancia no puede fácilmente ser correlacionada con la frecuencia e intensidad de las agresiones en el ganado.

El murciélago vampiro utiliza refugios en ubicaciones naturales como cuevas pequeñas moderadamente iluminadas, cuevas profundas con grietas angostas y agujeros en árboles (Greenhall *et al.* 1983), aunque también puede utilizar edificaciones humanas. Sus colonias son relativamente pequeñas en comparación con las de otras especies, y pueden variar de 20 a 100 individuos (Greenhall *et al.* 1983). En muchas ocasiones en los refugios donde se encuentra esta especie, principalmente en cuevas, se utilizan técnicas inadecuadas para eliminar sus colonias, como el uso de dinamita, gases tóxicos, fuego, entre otras (Greenhall 1971; Mayen 2003), afectando a las colonias de especies inofensivas. Los murciélagos vampiros generalmente se ubican en la entrada de las cuevas y son los primeros en huir al ser estas perturbadas, afectando principalmente al resto de especies (Cajas *com. pers.*). Otras especies de murciélagos se refugian en edificaciones humanas dentro de las fincas y comúnmente son confundidas con el murciélago vampiro por el hecho de permanecer cerca del encierro del ganado; un indicador de la presencia del murciélago vampiro es la sangre regurgitada con aspecto aceitoso alrededor de su sitio de percha.

Desde hace tiempo se coincide en que el mejoramiento del control de los murciélagos vampiros debe basarse en un enfoque en el que se aúnen todas las técnicas disponibles en un control integrado que no afecte a otras especies de murciélagos (Greenhall 1971), y desde entonces se han desarrollado técnicas de control con especificidad y selectividad (Flores-Crespo 2003). Actualmente las principales técnicas involucran el uso de vampiricidas (compuestos anticoagulantes) ya sea de forma tópica sobre los murciélagos vampiros, sobre las mordeduras en el ganado o de forma sistémica inyectándose intramuscularmente en el ganado (Flores-Crespo 2003).

El vampiricida se puede administrar tópicamente sobre los murciélagos vampiros capturados y posteriormente se liberan; ésta es una sustancia tóxica de lenta acción que permite que los murciélagos retornen a su colonia y contaminen a otros individuos de la misma especie por contacto directo, para que posteriormente mueran por lesiones típicas del anticoagulante (Flores-Crespo 2003). Un solo individuo puede contaminar a 20 más y se reducen las mordeduras en el ganado hasta un 96.4% (Flores-Crespo 2003). Esta técnica tiene la desventaja que implica eventos de captura y es necesario personal capacitado. El vampiricida también es utilizado directamente sobre las mordeduras en el ganado, basándose en el hecho que los murciélagos vampiro regresan a reabrir las

heridas que previamente hicieron; en condiciones de campo esta técnica ha demostrado una efectividad entre 81% y 95% de reducción de mordeduras y es útil para ganaderos con pocos animales, sin requerir el entrenamiento del personal (Flores-Crespo 2003). Otra alternativa para los ganaderos con pocos animales es la iluminación de los encierros con los individuos agredidos. El tratamiento sistémico del ganado se basa en la aplicación vía intramuscular del vampiricida en dosis no tóxicas, para que después de su absorción circule en el torrente sanguíneo, de tal forma que los murciélagos vampiro ingieran el compuesto al alimentarse, causándoles la muerte (Flores-Crespo 2003).

La vacunación antirrábica del ganado bovino ha sido la principal técnica para combatir la rabia paralítica en América Latina desde hace décadas (Greenhall 1971), sin embargo no implica la reducción de las poblaciones de murciélago vampiro y siguen habiendo repercusiones derivadas de las mordeduras. Por otro lado es necesario considerar las agresiones de murciélago vampiro a humanos como un problema de salud pública y establecer programas de vigilancia epidemiológica en la región para prevenir brotes de rabia humana de origen silvestre. En el país se deben promover la participación interinstitucional y de forma multidisciplinaria, vinculando dependencias gubernamentales, asociaciones civiles e instituciones académicas, ya que la problemática no se limita a salud animal y humana, tiene además impactos socioeconómicos y en conservación.

Agradecimientos

Los datos de esta publicación se derivan del proyecto en la línea de financiamiento Fondo para el Desarrollo Científico y Tecnológico (FODECYT) No. 26-2008 y fue otorgado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) de Guatemala. Agradecemos a E. Enríquez, J. Chicas, P. García, E. Solórzano y E. Flores por su apoyo durante el estudio, y a las personas que nos brindaron la oportunidad de trabajar en sus propiedades. Por último se agradece a dos revisores anónimos que permitieron mejorar este manuscrito.

Referencias

- ANTHONY, E.** 1988. Age Determination in Bats. Pp. 47-58 in *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats* (Kunz, T., ed.). Smithsonian Institution Press. Washington, EE.UU.
- ASPRILLA-AGUILAR, A. A., H. MANTILLA-MELUK, Y A. M. JIMÉNEZ-ORTEGA.** 2007. Analysis of the non-hematophagous bat species captured within the plan of eradication of *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy, 1810) in the Colombian Biogeographic Chocó. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó: Investigación, Biodiversidad y Desarrollo* 26:42-48.
- BATEMAN, G. C., Y T. A. VAUGHAN.** 1974. Nightly activities of Mormoopid bats. *Journal of Mammalogy* 55:45-65.
- CAJAS, J. O.** 2005. Polen transportado en el pelo de los murciélagos nectarívoros en cuatro bosques secos de Guatemala. Tesis de Biología. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala.

- CASTAÑEDA, C.** 2008. Diversidad de Ecosistemas de Guatemala. Pp. 181-229 in Guatemala y su Biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico, y económico (Azurdia, C., F. García, y M. M. Ríos, eds.). Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Oficina Técnica de Biodiversidad (OTECBIO). Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- CONAP (CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS).** 2009. Lista de Especies Amenazadas -LEA- y listado de especies de flora y fauna silvestres CITES de Guatemala. Segunda Edición. Consejo Nacional de Areas Protegidas. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- DA C. CAMPANHA, R. A., y H. G. FOWLER.** 1993. Roosting assemblages of bats in arenitic caves in remnant fragments of atlantic forest in southeastern Brazil. *Biotropica* 25:362-365.
- DANTAS-TORRES, F., C. VALENCIA, y G. DE ANDRADE-FILHO.** 2005. First record of *Desmodus rotundus* in an urban area from the city of Olinda, Pernambuco, northeastern Brazil: a case report. *Revista Institucional de Medicina Tropical de Sao Paulo* 47:107-108.
- FLORES-CRESPO, R.** 2003. Técnicas, sustancias y estrategias para el control de murciélagos vampiros. *Bayvet* 6:7-11.
- GALINDO-GONZÁLEZ, J., y V. J. SOSA.** 2003. Frugivorous bats in isolated tress and riparian vegetation associated with human-made pastures in a fragmented tropical landscape. *Southwestern Naturalist* 48:579-589.
- GARCÍA-GARCÍA, J. L., A. SANTOS-MORENO, A. E. HERNÁNDEZ-CRUZ, y M. PÉREZ-LUSTRE.** 2009. Murciélagos de La Ventosa, Oaxaca: comparación entre el muestreo convencional y el muestreo acústico. *Naturaleza y Desarrollo* 7:19-29.
- GARCÍA-GARCÍA, J. L., A. SANTOS-MORENO, y A. RODRÍGUEZ-ALAMILLA.** 2010. Population dynamics of the bat *Dermanura tolteca* (Chiroptera: Phyllostomidae) in a tropical forest in Mexico. *Revista de Biología Tropical* 58:1323-1334.
- GOTELLI, N. J., y G. L. ENTSMINGER.** 2001. EcoSim: Null models software for ecology v. 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kelsey-Bear (<http://garyentsminger.com/ecosim/index.htm>).
- GREENHALL, A. M.** 1971. Lucha contra los murciélagos vampiro. Estudio y proyecto de programa para América Latina. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana* 231-246.
- GREENHALL, A. M., U. SCHMIDT, y W. LOPEZ-FORMENT.** 1971. Attacking behavior of the vampire bat, *Desmodus rotundus*, Under Field Conditions in Mexico. *Biotropica* 3:136-141.
- GREENHALL, A. M., G. JOERMANN, y U. SCHMIDT.** 1983. *Desmodus rotundus*. *Mammalian Species* 202:1-6.
- IGN (INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL).** 1999. Diccionario Geográfico Nacional. Ministerio de Comunicaciones y Defensa. Gobierno de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- KRAKER-CASTAÑEDA, C., y J. L. ECHEVERRÍA-TELLO.** 2011. Ataques de murciélago vampiro común a humanos en el departamento de Izabal, Guatemala. *Boletín de la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos* 2:9-10.

- LOU, S., y C. L. YURRITA.** 2005. Análisis de nicho alimentario en la comunidad de murciélagos frugívoros de Yaxhá, Petén, Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 21:83-94.
- MACCARTHY, T., y S. PÉREZ.** 2006. Land and Freshwater Mammals of Guatemala: faunal documentation and diversity. Pp. 625-674 in *Biodiversidad de Guatemala* (Cano, E., ed.). Universidad del Valle de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- MAGA (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA).** 2011. Vigilancia Epidemiológica Zoonosanitaria. (<http://portal.maga.gob.gt>).
- MAGURRAN, A. E.** 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, Oxford, Reino Unido.
- MARTÍNEZ, J.** 1980. Detección de virus rábico en cerebros de murciélagos de la cuenca del río Polochic y Alta Verapaz e Izabal. Tesis de Medicina Veterinaria. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- MAYEN, F.** 2003. Haematophagous bats in Brazil, their role in rabies transmission, impact on public health, livestock industry and alternatives to indiscriminate reduction of bat population. *Journal of Veterinary Medicine* 50:469-472.
- MEDELLÍN, R. A., H. T. ARITA, y O. SÁNCHEZ.** 1997. Identificación de los murciélagos de México: clave de campo. Talleres Offset Rebosán, S. A. Ciudad de México, México.
- MEDELLÍN, R. A., y O. GAONA.** 1999. Seed Dispersal by Bats and Birds in Forest and Disturbed Habitats of Chiapas, México. *Biotropica* 31:478-485.
- MEDELLÍN, R. A., M. EQUIHUA, y M. A. AMIN.** 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical Rain Forests. *Conservation Biology* 14:1666-1675.
- PECH-CANCHE, J. M., C. MACSWINEY, y E. ESTRELLA.** 2010. Importancia de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos Neotropicales. *Therya* 1:227-234.
- PINEDA, E., C. MORENO, F. ESCOBAR, y G. HALFFTER.** 2005. Frog, bat, and dung beetle diversity in the cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology* 19:400-410.
- REID, F.** 1997. *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press, EE.UU.
- SAMPEDRO, A. C., C. M. MARTÍNEZ, A. M. MERCADO, S. C. OSORIO, Y. L. OTEROY, y L. M. SANTOS.** 2008. Refugios, período reproductivo y composición social de las poblaciones de *Desmodus rotundus* (Geoffroy, 1810) (Chiroptera: Phyllostomidae), en Zonas Rurales del Departamento de Sucre, Colombia. *Caldasia* 30:127-134.
- SCHNEIDER, M. C., P. C. ROMJIN, W. UIEDA, H. TAMAYO, D. F. DA SILVA, A. BELOTTO, J. B. DA SILVA, y L. F. LEANES.** 2009. Rabies transmitted by vampire bats to humans: An emerging zoonotic disease in Latin America? *Revista Panamericana de Salud Pública* 25:260-269.
- SIMMONS, N. B.** 2005. Order Chiroptera. Pp. 312–529 in *Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference* (Wilson, D.E., y D.M. Reeder, eds.). Tercera edición Edición. Johns Hopkins Press, Baltimore, EE.UU.

- SOSA, V. J., E. HERNÁNDEZ-SALAZAR, D. HERNÁNDEZ-CONRIQUE, Y A. CASTRO-LUNA. 2008. Murciélagos (Mammalia: Chiroptera). Pp.: 181-192. in Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación (Manson, R., V. Hernández-Ortíz, S. Gallina y K. Mehltreter, eds.). Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, México.
- SOKAL, R. R., Y F. J. ROHLF. 1995. Biometry. Tercera edición. W. H. Freeman, New York, EE.UU.
- WOHLGENANT, T. J. 1994. Roost interactions between the common vampire bat (*Desmodus rotundus*) and two frugivorous bats (*Phyllostomus discolor* and *Sturnira Lilium*) in Guanacaste, Costa Rica. *Biotropica* 26:344-348.

Sometido: 19 de enero de 2012

Revisado: 15 de abril de 2012

Aceptado: 19 de abril de 2012

Editor asociado: Jesús Maldonado

Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández

Registro de la zorra norteña (*Vulpes macrotis*) para el sur de Sonora.

Martha Isela Verona-Trejo^{1*}, Rogelio Bautista y Matías Martínez-Coronel

Abstract

The kit-fox, *Vulpes macrotis*, was recorded by a camera-trap in southern Sonora, México. The new record extends their distribution range by 174 km to the southeast from the previous known documented locality, in a mountain environment covered by deciduous tropical forest.

Key words: Camera trap, distribution, Mexico, deciduous tropical forest, *Vulpes macrotis*.

Resumen

Mediante el uso de cámaras trampa fue registrada la presencia de la zorra norteña (*Vulpes macrotis*) en el sur de Sonora. El nuevo registro amplía 174 km hacia el sureste el área de distribución conocida, y corresponde a una ladera de montaña cubierta por selva baja caducifolia.

Palabras clave: Cámara trampa, distribución, México, selva baja caducifolia, *Vulpes macrotis*.

Introducción

La zorra norteña, *Vulpes macrotis*, es un habitante característico de las praderas, chaparrales y desiertos del suroeste de Estados Unidos de América y noroeste de México (McGrew 1979). Es un animal básicamente nocturno, que se alimenta principalmente de mamíferos pequeños y medianos de los géneros *Dipodomys*, *Peromyscus*, *Chaetodipus*, *Perognathus*, *Sylvilagus*, *Lepus*, *Otospermophilus* y *Cynomys* (McGrew 1979; White y Ralls 1993; Cotera-Correa 1996; List 1997), así como de insectos, semillas y frutos de algunas cactáceas (Morrell 1972; Servín y Chacón 1998). La zorra del desierto prefiere áreas planas, con pendientes menores a 5° y con suelos arenosos-arcillosos y arcillosos, que facilitan la excavación de las madrigueras. Altitudinalmente ocupa la cota de los 200 a 1,900 m (McGrew 1979; Morell 1972; Warrick y Cypher 1998). Sus poblaciones presentan fluctuaciones anuales contrastantes, a consecuencia de las variaciones que experimentan sus presas, sus competidores y depredadores como el coyote (Arjo *et al.* 2007; IUCN 2012). Esta especie está considerada como amenazada por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

¹ Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186. , México, Distrito Federal. 09340 E-mail: mar_veronat@hotmail.com (MIVT),

* Corresponding author

En México, *V. macrotis* se ha reportado para los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Zacatecas y Durango (McGrew 1979; Álvarez-Castañeda 2002). Y en Sonora sólo se tenían registros para el norte y centro del estado, correspondiendo a las cercanías de Puerto Peñasco y de Hermosillo (Hall 1981; Álvarez-Castañeda 2002; http://mvz.berkeley.edu/Mammal_Collection.html). De esta manera, el siguiente reporte amplía el conocimiento del área de distribución de *V. macrotis* en el estado de Sonora, 174 km en dirección sureste desde San Javier, el sitio más cercano donde previamente se había registrado (http://mvz.berkeley.edu/Mammal_Collection.html). El reporte se basa en una fotografía tomada con una cámara trampa (Moltrie Game ® SPY I-45 IR) a un individuo de *V. macrotis* (Fig. 1) en las cercanías de la Mina "Cobre del Mayo", ubicada a 13 km al noroeste del poblado de Álamos, en el municipio de Álamos, Sonora (698744 W; 3003016 N), 220 msnm.



Figura 1. Ejemplar de zorra del desierto (*Vulpes macrotis*) fotografiado en las cercanías de la Mina "Cobre del Mayo", Álamos, Sonora.

La cámara trampa fue colocada sobre el cauce de un arroyo temporal en la Sierra de Piedras Verdes, a una altura de 50 cm del piso. En el mismo sitio también fue registrada una zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*). La vegetación donde se observó al animal corresponde a una selva baja caducifolia, vegetación dominante en toda la región de acuerdo con el mapa de usos de suelo y vegetación de INEGI agrupado por CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx>), ésta se encuentra compuesta principalmente por leguminosas y saguaro (*Carnegiea gigantea*), así como diversos pastos y herbáceas.

El suelo del área es rocoso en la sierra, y arenoso sobre el cauce del arroyo y zonas planas bajas. Con el mismo sistema de cámaras fueron registrados en sitios cercanos otros mamíferos medianos, como: ocelote (*Leopardus pardalis*) y coyote (*Canis latrans*); mientras que con trampas Sherman fueron capturados diferentes especies de ratones (*Chaetodipus artus*, *C. goldmani* y *Dipodomys merriami*), y avistados ejemplares de *Lepus alleni*, *Sylvilagus audubonii* y *Xerospermophilus tereticaudus*. A pesar de que el tipo de vegetación y sustrato del área que rodea a la mina “Cobre del Mayo” no es el hábitat típico de la zorra norteña, la presencia de mamíferos pequeños que forman parte de su dieta conocida, puede soportar a una población estable. El hecho de que no haya sido reportada con anterioridad posiblemente se deba a su rareza, a sus hábitos nocturnos y a vivir en un ambiente arbolado, muy diferente al tipo de vegetación abierto que ocupan las poblaciones más norteñas. El uso de cámaras trampa, confirma nuevamente su valor como método para registrar especies de hábitos nocturnos o raras (Botello et al. 2006; Ramírez-Bravo 2011).

Agradecimientos

Agradecemos a los dos revisores anónimos por sus observaciones y sugerencias que ayudaron a mejorar la calidad del trabajo.

Referencias

- ÁLVAREZ-CASTAÑEDA, S. T. 2002. Noteworthy record of the kit fox (Mammalia: Canidae: *Vulpes velox macrotis*) in Vizcaino desert, Baja California Sur, México. *Western North American Naturalist*. 62:127-128.
- ARJO, W. M., E. M. GESE, T. J. BENNETT, Y A. J. KOZLOWSKI. 2007. Changes in kit fox-coyote-prey relationships in the Great Basin desert, Utah. *Western North American Naturalist* 67:389-401.
- BOTELLO, F., P. ILLOLDI RANGEL, M. LINAJE, Y V. SÁNCHEZ CORDERO. 2006. Primer registro del tigrillo (*Leopardus wiedii*, Schinz 1821) y del gato montés (*Lynx rufus*, Kerr 1792) en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s) 22:135-139.
- COTERA-CORREA, M. 1996. Untersuchungen zur ökologischen Anpassung des Wüstenfuchses *Vulpes macrotis zinseri* B. in Nuevo León, Mexiko. Ludwig Maximilian Universität, Ph D Thesis. Munich, Alemania..
- HALL, E. R. 1981. *The Mammals of North America*. John Wiley y Sons, New York, EE.UU. [HTTP://MVZ.BERKELEY.EDU/MAMMAL_COLLECTION.HTML](http://mvz.berkeley.edu/mammal_collection.html). Fecha de consulta 27 de enero de 2012.
- [HTTP://WWW.CONABIO.GOB.MX](http://www.conabio.gob.mx). Fecha de consulta 13 de abril de 2012.
- IUCN SCC CANID SPECIALIST GROUP (NORTH AMERICA REGIONAL SECTION). 2008. *Vulpes macrotis*. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Fecha de consulta 16 de enero de 2012.
- MARTÍNEZ, J. I. 1999. Ecología y comportamiento de algunos mamíferos carnívoros del Bolsón de Mapimí, Durango. Instituto de Ecología A. C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H225. Ciudad de México, México.
- MCGREW, J. 1979. *Vulpes macrotis*. *Mammalian Species* 123:1-6.

- MORRELL, S.** 1972. Life history of the San Joaquin kit fox. California Fish and Game 58:162-174.
- RAMIREZ-BRAVO, O. E.** 2011. Nuevos registros de tayra (*Eira barbara* Linnaeus 1758) en Puebla, centro de México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 27:883-886.
- SEMARNAT.** 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México deflora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario oficial. Ciudad de México, México.
- SERVÍN MARTÍNEZ, J. I.** 1999. Ecología y comportamiento de algunos mamíferos carnívoros del Bolsón de Mapimí, Durango. Instituto de Ecología AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H225. Ciudad de México, México.
- WARRICK, G. D., y B. L. CYPHER.** 1998. Factors affecting the spatial distribution of San Joaquin kit foxes. Journal of Wildlife Management. 62:707-717.
- WHITE, P. J. y K. RALLS.** 1993. Reproduction and Spacing patterns of kit foxes relative to changing prey availability. Journal of Wildlife Management 57:861-867.

Sometido: 13 de febrero de 2011

Revisado: 16 de abril de 2011

Aceptado: 24 de abril de 2012

Editor asociado: Jesús Maldonado

Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández

Normas Editoriales Revista Digital THERYA

THERYA es una revista electrónica, órgano oficial de la Asociación Mexicana de Mastozoología, Asociación Civil (AMMAC). El objetivo y alcance de **THERYA** es ser una revista de circulación internacional dedicada a la publicación de artículos sobre todos los aspectos relacionados con los mamíferos. Se acepta el envío de documentos de investigación (artículos de fondo y notas) cuyo objetivo central sea los mamíferos, así como editoriales, comentarios y revisiones de libros enfocados al estudio de mamíferos.

Presentación de manuscritos en línea

THERYA ofrece a los autores, editores y revisores la opción de utilizar un sistema plenamente habilitado para el envío en línea de manuscritos y el análisis de lo mismos. Para mantener la revisión de tiempo tan breve como sea posible (evitando los retrasos del correo), los manuscritos serán enviados en línea al editor general sticul@cibnor.mx. En el subject (asunto) se deberá de poner “manuscrito THERYA”

Nota: Utilizando la presentación de manuscritos en línea no es necesario presentar el manuscrito en copia impresa o disco.

En caso de encontrar cualquier dificultad mientras somete su manuscrito en línea, por favor ponerse en contacto con el editor general (sticul@cibnor.mx).

La revista también publica editoriales, revisiones, comentarios y notas de investigación. Todos los artículos deberán presentarse al editor general de la manera habitual, pero los autores deben indicar claramente en una carta de presentación del manuscrito si se trata de artículos de fondo, comentarios editoriales, revisiones o notas de investigación.

Idioma

THERYA imprime artículos en español e inglés. Apreciamos los esfuerzos para asegurarse de corregir el idioma antes de su presentación. Esto mejorará en gran medida la legibilidad del manuscrito si el inglés no es su primer idioma.

Presentación del Manuscrito

La ortografía del inglés puede ser británica o americana, pero debe seguirse constantemente a lo largo del artículo. Dejar márgenes adecuados (2.5 cm de cada lado) en todas las páginas para permitir que los evaluadores incluyan sus observaciones. Se recomienda que todo los artículos sometidos sean enviados en Times New Roman tamaño 12 puntos a doble espacio con alineación a la izquierda. Asegurarse de que un nuevo párrafo pueda ser identificado claramente, por medio de una sangría de 1 centímetro. Después de cada punto y seguido dejar dos espacios. Presentar tablas, pies de figuras y figuras en páginas separadas al final del texto, las tablas sin colores y en su programa original (microsoft) o insertadas como objeto, es importante que la tabla no este insertada como imagen, en cuanto a las gráficas, insertarlas tambien como objeto o en su defecto como imagen en RGB a 300 dpi o en escala de grises a

450 dpi. Numerar todas las páginas y líneas del manuscrito consecutivamente.

Las notas de investigación serán artículos de investigación cortos de menos de cinco cuartillas y 20 citas bibliográficas. Deberán de incluir un resumen y “abstract” de menos de 50 palabras.

El nombre del archivo sometido estará formado por el apellido del primer autor, guión bajo y una palabra clave del título (e.i. Arroyo_tadarida, Lorenzo_flavigularis, etc.).

La primera página (carátula) deberá contener lo siguiente:

Cabeza de ejecución (título acortado, menos de 30 caracteres)

Título

Autor (es) (nombre (s) con apellidos)

Afiliación(s)

Dirección completa para correspondencia y dirección de e-mail (institución, dirección postal, Ciudad, estado, código postal y E-mail).

Resumen

Se debe presentar un breve “abstract” (inglés) y resumen (castellano) de 100 a 250 palabras. Ambos no deben contener abreviaturas no definidas o referencias no especificadas.

Palabras clave

Se deben proporcionar entre 5 y 10 palabras clave, separadas por coma, ordenadas alfabéticamente. De preferencia, no se deben repetir las palabras utilizadas en el título.

Nomenclatura

Se deben usar los nombres taxonómicos correctos de los organismos conformes con las normas internacionales y en cursivas (no subrayados). Las descripciones de taxa nuevos no deberán ser enviadas a menos que se tenga un ejemplar depositado en una colección reconocida y sea designado como tipo.

Gráficas

Todas las fotografías, gráficos y diagramas deberán remitirse como una ‘figura’ y ellos deben estar numerados consecutivamente (1, 2, etc.). En las gráficas con varias partes, cada una deberá de ser etiquetada con minúsculas (a, b, etc.). Por favor, inserte la barra de escala directamente en las gráficas y evite al máximo colocar las claves dentro de las graficas, es mejor referirlas a la leyenda de la gráfica. Debe evitarse el texto relativamente pequeño y la gran variación de tamaños en el mismo dentro de las figuras, ya que las gráficas se reducen a menudo en tamaño. Proporcionar una leyenda detallada (sin abreviaturas) a cada figura. Todas las figuras deberán de estar citadas en el texto del artículo de manera consecutiva. Coloque las leyendas de las gráficas en el manuscrito en hoja parte y después de las referencias.

Considerar que para el tamaño final de las figuras se deberá ajustar a la caja de impresión de la revista. Es muy importante hacer las pruebas de las líneas y el tamaño del texto en las figuras considerando el tamaño final en la publicación. Las gráficas podrán ser de dos tamaños: a) caja completa, con un ancho obligatorio de 18 cm y hasta 24 cm de largo, y b) media caja, con un ancho obligatorio de 6.6 cm y un largo de 24 cm.

Una vez aceptado el artículo para su publicación, cada una de las gráficas deberá de

enviar en un archivo por separado y haber sido elaboradas en programas que permitan la edición del formato, tales como CorelDraw y Excel. Considerar este punto en la elaboración del manuscrito original.

Gráficas a color

THERYA ofrece opciones para reproducir ilustraciones de color en su artículo.

Tablas

Cada tabla debe estar numerada consecutivamente (1, 2, etc.). Evite el uso de líneas verticales dentro de la tabla y líneas horizontales sólo las necesarias. En las tablas, las notas al pie de página son preferibles a una larga exposición en el encabezado o en el cuerpo de la tabla. Estas notas explicativas, identificadas por letras superíndice, deben colocarse inmediatamente por debajo de la tabla. Proporcione un título (sin abreviaturas) para cada tabla, consulte la tabla en el texto y anote su ubicación aproximada en el margen. Por último, coloque las tablas después de las leyendas de la figura en el manuscrito.

Encabezados de sección

Los encabezados deberán de ser claramente distinguibles pero no numerados. Por ejemplo, Introducción, Materiales y métodos, Resultados, Discusión.

Apéndices

El material complementario debe ser recogido en un apéndice y colocarlo antes de la sección de referencia. Los apéndices deben estar enumerados con números arábigos.

Agradecimientos

Se agradecerá a personas, agencias financiadoras y organizaciones que hayan ayudado a la realización del trabajo. Se incorporará en un párrafo por separado previo a las referencias. No se utilizan los títulos académicos ni los nombre propios de las personas, sino sus iniciales y su apellido.

Referencias

En el texto, una referencia debe escribirse por medio del apellido del autor seguido por la fecha de la referencia entre paréntesis. Cuando existan más de dos autores, sólo debe escribirse el apellido del primer autor, seguido de '*et al.*', no en cursivas. En caso de que un autor citado haya tenido dos o más obras publicadas en ese mismo año, la referencia, tanto en el texto y en la lista de referencia, debe ser identificado como una letra minúscula 'a' y 'b' después de la fecha para distinguir las obras. Al citar dos o más referencias, éstas deben escribirse en orden cronológico y deben estar separadas por punto y coma.

Ejemplos: Winograd (1986)

(Winograd 1986a, b)

(Winograd 1986; Flores *et al.* 1988)

(Bullen and Bennett 1990)

Por favor evite citar tesis, presentaciones en congresos y reportes técnicos.

Artículos de revistas:

Apellido (coma y espacio), iniciales de los nombres seguidas de punto cada una, (coma) “y” o “and” dependiendo del idioma en el que este escrito el manuscrito sometido que se publicará en THERYA, iniciales de nombre del último autor, apellido (punto y dos espacios), año de publicación (punto y dos espacios), título de la publicación (punto y dos espacios), nombre completo de la revista volumen (sin fascículo), dos puntos y número de páginas.

BAKER, R. J., y D. BRADLEY (TIPO DE LETRA VERSALES Y SANGRIA FRANCESA). 2006. Speciation in mammals and the Genetic Species Concept. *Journal of Mammalogy* 87:643–662.

Libros:

HALL, R. E. (TIPO DE LETRA VERSALES) 1981. *The Mammals of North America*. John Wiley and Sons, New York, New York. (NOTA: poner la ciudad y el estado, en nombre complete)

Libros editados (no incluir número del capítulo):

WILSON, D. E., y D. M. REEDER (eds.). 2005. *Mammal Species of the World, a Taxonomic and Geographic Reference*, tercera edición. Johns Hopkins Press, Baltimore, EE.UU.

Capítulos de Libros :

WILLIAMS, D. F., H. H. GENOWAYS, y J. K. BRAUN. 1993. Taxonomy and systematics. Pp. 38–197 in *Biology of the Heteromyidae* (Genoways, H. H., y J. H. Brown, eds.). Special publications No. 10, American Society of Mammalogy, Lawrence, EE.UU.

Mammalian Species:

BEST, T. L., y H. H. THOMAS. 1991. *Dipodomys insularis*. *Mammalian Species* 374:1–3.

Programas de cómputo:

NYLANDER, J. A. A. 2004. MrModeltest v2.2 Program distributed by the author. Evolutionary Biology Center. Uppsala University, Uppsala, Suecia.

Pruebas de galera

Se enviará las pruebas de galera al autor de correspondencia. Una vez corregidas las pruebas de galera se deberán de regresar con el manuscrito original, al editor general (por correo electrónico) en no más de tres días.

Separatas

THERYA al ser una revista electrónica no tendrán separatas.

THERYA no tiene gastos de impresión por página y gráficas **de color**.

Derechos de autor

Se pedirá a los autores, tras la aceptación de un artículo, el transferir el derecho de autor del artículo a la Sociedad (AMMAC). Esto asegurará la difusión más amplia posible de información bajo leyes de derechos de autor.

Permisos

Es la responsabilidad del autor obtener permiso por escrito para citar material no publicado.