

Therya

Volumen 5

Número 3

Diciembre 2014



www.mastozoologiamexicana.org
AMMAC

La Portada

Ejemplar de *Chaetodipus spinatus magdalanae*, subespecie endemica de la Isla Magdalena en Baja California Sur. Esta considerada como especie en peligro de extinción e incluida dentro de la Norma Oficial Mexicana (NOM-Ecol-059). Foto tomada por Sergio Ticul Álvarez Castañeda

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 Ozomatin 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 5, número 3

Diciembre 2014

Contenido

Editorial

“La Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., Nuestra querida AMMAC”, Palabras dichas en conmemoración de los 30 años de la AMMAC, el 31 de Octubre de 2014.

Juan Pablo Gallo-Reynoso 695-699

Artículos

Descripción de una nueva especie de comadreja ratona del género *Marmosops* Matschie, 1916 (Didelphimorphia, Didelphidae)

Franger J. García, Javier Sánchez-Hernández, y Thiago B. F. Semedo 701-723

Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México

Rodrigo García-Morales, Elías José Gordillo-Chávez, Juan de Dios Valdez-Leal, y Coral Jazvel Pacheco-Figueroa 725-736

Análisis demográfico de una especie en estado crítico de conservación: la ardilla de Perote (*Xerospermophilus perotensis* Merriam, 1892)

Sandra Helena Montero Bagatella, y Alberto González Romero 737-749

Análisis filogenético del género *Mimon* Gray, 1847 (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) con énfasis en el subgénero anteriormente llamado *Anthorhina*

Natali Hurtado, y Víctor Pacheco 751-791

Registro de presencia y actividades de algunos mamíferos en el Desierto Chihuahuense, México

Cynthia Elizalde Arellano, Juan Carlos López-Vidal, Lucina Hernández García, John William Laundré, Fernando Cervantes Reza, Fabiola Montserrat Morales Mejía, Mariana Ramírez Vargas, Luis Fernando Dávila Galaviz, Alberto González Romero, y María Alonso Spilsbury 793-816

Influence of trace elements in the epigenetic of mammals

Lia Celina Méndez-Rodríguez, y Sergio Ticul Álvarez-Castañeda 817-829

Notas

Variación del nitrógeno fecal del venado cola blanca: implicaciones de muestreo en regiones tropicales

Salvador Mandujano

 831-838

Leucismo en el coatí de nariz blanca *Nasua narica* (Mammalia: Carnivora), en Quintana Roo, México

Adrián Silva-Caballero, Fernando Montiel-Reyes, Eduardo Sánchez Garibay y Jorge Ortega

 839-843

Primer registro de *Tlacuatzin canescens*, (Mammalia, Didelphimorphia: Marmosidae) en Veracruz, México

Alvar González Christen, y Nallely Verónica Rodríguez Santiago

 845-854

Evaluación de la presencia de mamíferos medianos en dos zonas del municipio de Cuetzalán, Puebla

Lorena Silverio Polo y O. Eric Ramírez-Bravo

 855-860

Seccion THERYA y AMMAC :

La Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. entrega el Premio al Mérito Académico Ticul Álvarez Solórzano 2014 a James L. Patton. Semblanza

Elizabeth Arellano, Francisco X. González, Duke S. Rogers, Ella Vázquez Domínguez, Evelyn Ríos, Mark Hafner, y Sergio Ticul Álvarez Castañeda

 861-879

Corrigendum

 881

fascículo 15 http://www.mastozoologiamexicana.org/doi/10.12933/therya-5_3

DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS, año 5, No. 15, septiembre-diciembre de 2014, es una publicación cuatrimestral editada por la Asociación Mexicana de Mastozoología A. C., Moneda 14, Colonia Centro 06060, Delegación Cuauhtémoc. Telefono (612) 123-8486, www.mastozoologiamexicana.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 Mastozoología A. C. Dr. Sergio Ticul Álvarez Castañeda. Instituto Politécnico Nacional 195. La Paz, Baja California Sur, C. P. 23096. Tel 612 123 8486, fecha de la última modificación 25 diciembre 2014.

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 Mastozoología, A. C.

www.mastozoologiamexicana.org

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. Instituto Politécnico Nacional 195. La Paz, Baja California Sur, 23096. México. E-mail: sticul@cibnor.mx.

Guillermo D'Elía. Editor asociado. Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. E-mail: guille.delia@gmail.com.

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

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

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

Cristina MacSwiney González. Editor asociado. Universidad Veracruzana. Casco de la ExHacienda Lucas Martín. Privada de Araucarias. Xalapa, Veracruz 91019. México. E-mail: cmacswiney@uv.mx.

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

Robert D. Owen. Editor asociado. Department of Biology. Texas Tech University. Lubbock, Texas 79409. Estados Unidos de Norte América. Dr. Raúl Casal 2230 (ex Martín Barrios) c/ Pizarro. C.P. 1371. Barrio Republicano. Asunción, Paraguay. E-mail: rowen@tigo.com.py

Rafael Reyna Hurtado. Editor asociado. El Colegio de la Frontera Sur, unidad Campeche. Avenida Rancho s/n, Lerma Campeche, 24500. México. E-mail: rafaelcalakmul@gmail.com.

Sergio Solari. Editor asociado. Instituto de Biología. Universidad de Antioquia. Calle 67 No53-108 / AA 1226. Medellín, Colombia. E-mail: solari.udea@gmail.com.

Consejo Editorial

Barbara H. Blake. Universidad del Norte de Carolina, Greenboro. P. O. Box 26170. Biology Department. Greenboro, North Carolina 27412-6170. Estados Unidos de Norte América.

Douglas A Kelt. Universidad de California, campus Davis. 1 Shields Ave, Davis, Clifornia 95616. Estados Unidos de Norte América.

Víctor Sánchez Cordero. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Coyoacan, Ciudad de México, México.

Editorial

“La Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., Nuestra querida AMMAC”, Palabras dichas en conmemoración de los 30 años de la AMMAC, el 31 de Octubre de 2014.

Según Ramírez-Pulido y Britton (1981) la mastozoología en México tiene sus orígenes como disciplina durante el siglo pasado. Yo digo que mucho antes, con comienzos inciertos, empieza a tener claridad con el naturalista Alfred Auguste Delsescautz Dugués (que viene siendo mi tatarabuelo por adopción de mi bisabuela) que de Francia llega a México en 1853 y muere en Enero de 1910 además de su trabajo como médico en las minas en Guanajuato se dedicaba a explorar y describir la fauna del centro de México, con viajes tan increíbles como ir de la planicie costera de Veracruz a Querétaro y Guanajuato en mulas, describiendo la fauna.

Después otro naturalista que ha pasado un tanto desapercibido por sus aportaciones fue Fernando Ferrari-Pérez expedicionario y colector-naturalista de la Comisión Geográfico Exploradora desde 1880; en 1909 se crea la Sección de Historia Natural de esta comisión, que entre sus deberes tenían el oficio de colectar y realizar un estudio integral de la fauna y la flora de México. Las aportaciones de Ferrari-Pérez al Museo de Historia Natural cuando estaba en El Chopo, son impresionantes; entre su haberes, participó en expediciones a Cayos triángulos en Campeche a colectar ejemplares vivos y preparados de la extinta foca monje del Caribe. No se sabe mucho de él pero sin duda habrá que escarbar un poquito más para conocer otras aportaciones.

Volviendo a Ramírez-Pulido y Britton, ellos presentan cuatro períodos que caracterizan el desarrollo de la mastozoología en México:

El 1º de 1831 a 1881 destacando Henri Saussure y Spencer Fullerton Baird. Aquí incluiríamos a Alfredo Dugués.

El 2º de 1887 a 1919 en el que comienzan con C. Hart Merriam. Aquí incluiríamos a Ferrari-Pérez; y termina al iniciarse la Revolución Mexicana.

El 3º periodo de 1922 hasta 1942 en que después de la Revolución se renueva el interés por los estudios en México, E.W. Nelson y E. A. Goldman describen el 52 % de los taxa mexicanos, es en este periodo cuando empieza a nacer la mastozoología en México con los primeros trabajos de Bernardo Villa-Ramírez.

El 4º periodo es un tiempo de síntesis y en él destacan de 1943 a 1980. Con la presencia de L. M. Huey, G. G. Goodwin, B. Villa-Ramírez, T. Álvarez, W. Dalquest, C. Hubbs, R. Hall. M. Álvarez del Toro, J. Ramírez-Pulido, K. S. Norris, W. López-Forment, G. Urbano, W. F. Perrin, C. Sánchez-H., Jiménez, B. Le Boeuf y otros más.

Aquí podemos añadir un 5º periodo, el contemporáneo, desde 1980, en el que se ha venido incrementando el número de jóvenes, biólogos, ingenieros forestales, agrónomos y veterinarios interesados en conocer la fauna mastozoológica del país, y que han venido haciendo nuevos estudios en taxonomía, ecología, comportamiento, distribución, así como también se ha denunciado y testificado impotentemente la desaparición de algunas de ellas.

Dentro de este periodo, la influencia de la AMMAC comienza en 1982, en el VI Congreso Nacional de Zoología en Mazatlán, en donde se anuncia por primera vez la intención de conformar la Sociedad Mexicana de Mastozología.

En 1983 un grupo de estudiantes coincidimos por azares del destino en el Laboratorio de Mastozología del Instituto de Biología, algunos con intereses en murciélagos, otros en roedores, otros en mamíferos acuáticos, unos más en ecología, otros en taxonomía, o en paleontología; formamos una red de conocidos que finalmente formó una masa crítica. Éramos egresados de la Facultad de Ciencias de la UNAM, de la UAM (Universidad Autónoma metropolitana) Iztapalapa y Xochimilco, del INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia) y de otras universidades, así nos juntamos: Alondra Castro, Esther Romo, Livia León, María Canela, Rosario Manzanos, Silvia Manzanilla; Álvaro Miranda, Federico Romero, Héctor Arita, Hiram Barrios, Juan Carlos Morales, Juan Pablo Gallo, Rodrigo Medellín; algunos todavía estudiantes, otros ya egresados, algunos estaban en el posgrado en el extranjero como Daniel Navarro, Fernando Cervantes, Gerardo Ceballos y Víctor Sánchez-Cordero; otros cursando el posgrado en la facultad de Ciencias. De todos nosotros surgió la propuesta en firme de ir adelante, de fundar la Asociación Mexicana de Mastozología, ¿por qué no?

Nos juntábamos, teníamos pláticas iniciales, discusiones, dudas, miedos, interrogantes, propuestas de los estatutos, votaciones y después a averiguar ¿cómo se le hacía para conformar una Asociación?, salíamos en grupo a visitar a otras asociaciones como FAUNAM y SOMEMMA; nos decían todos los pasos que había que hacer para lograrlo, que había que registrar el nombre en Relaciones Exteriores para ver si el nombre no estaba ya registrado en algún otro lugar del mundo, después a la Secretaría de Hacienda; tuvimos que cambiar de Notaría, cambiamos a la Notaría No. 58 en Bucareli. Se hicieron viajes a Mazatlán y a Xalapa a los Congresos de Zoología a volantear he inscribir a personas interesadas en la AMMAC les caímos a los colegas para pasar de "invitados" la noche en el suelo de sus habitaciones de hotel, vender camisetas, vender camisetas y proyectar videos. Así en el primer año teníamos una buena lista de personas interesadas en la Asociación ¡y eso que no había correo electrónico!

Traíamos un dinamismo que comenzaba a molestar a los investigadores del Instituto de Biología por la ocupación de casi todo el Laboratorio de Mastozología del Instituto, así que ante la suspicacia de lo que estábamos haciendo y de que los investigadores se preguntaban ¿para qué quieren hacer esto?, nos corrieron del Instituto de Biología (hay que agradecer públicamente a Guille Urbano y Oscar Sánchez que nos mantuvieron ahí por las tardes, y no nos olvidemos de Raúl Martínez "El Trac", que siempre ha sido nuestro cómplice y nos abría el laboratorio a donde nos colábamos a hurtadillas), pero llega la noticia en definitiva en un comunicado del departamento de Zoología del Instituto diciendo que no podíamos seguir haciendo reuniones ahí, entonces comenzamos a juntarnos, primero,

afuera en los patios y jardines del Instituto de Biología, después en las casas, la de Rodrigo Medellín (que por muchos años fungiría como la Dirección Oficial de la AMMAC), en la de Silvia Manzanilla, en la mía o en el Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias. Finalmente, acudimos a Pepe Ramírez Pulido (a quién hay que agradecer mucho su apoyo por creer en nosotros desde un inicio), varias veces nos invitó a un rico restaurante por los rumbos de Iztapalapa y comíamos con él, nos orientó y nos dejó hacer; nos dio el impulso final; no importaba, teníamos ya un objetivo muy claro y era fundar una asociación con la finalidad de: **Promover el desarrollo de la mastozoología en México.** Con los siguientes objetivos (y leo de los Estatutos. Capítulo II: Finalidad. Artículo Tercero):

Estudiar y proponer soluciones conjuntas a problemas y políticas de manejo y conservación de los recursos naturales en México, particularmente de los mamíferos.

Reunir a todas las personas interesadas en mamíferos en México,

Promover y organizar la interacción entre personas y grupos interesados en la Mastozoología en México,

Difundir y estimular las actividades relacionadas con la Mastozoología en México, a través de:

Organizar reuniones y asambleas periódicas (ordinarias y extraordinarias), atendiendo a un programa adecuado de trabajo y a las cuales asistirán los miembros que las constituyan.

Formular programas con objeto de llevar a cabo una labor coordinada de estudio e investigación.

Organizar conferencias o ciclos de éstas sobre mastozoología y ciencias afines.

Mantener un constante intercambio con todas las instituciones que se interesen por la mastozoología en la República Mexicana y en el extranjero y con los investigadores y estudiosos de éstas disciplinas.

Publicar periódicamente un órgano de divulgación científica de las ciencias mastozoológicas y afines.

Iniciar un programa de relaciones con el mayor número de editoriales para obtener la formación de la biblioteca y Hemeroteca de la Asociación.

Mediante los resultados obtenidos por los estudios que se proponen en el primer objetivo de la Asociación, sugerir soluciones a quienes tienen a su cargo la planeación, coordinación y ejecución de las decisiones sobre problemas específicos que conciernen a la fauna mastozoológica de México.

La posibilidad de adquirir o poseer los bienes muebles e inmuebles que sean necesarios, previos los permisos correspondientes.

Además de todo esto, queríamos ser como la American Association of Mammalogists que todos admirábamos por su capacidad de lograr congresos muy enriquecedores e interesantes y por la difusión del conocimiento universal de estos conocimientos en el Journal of Mammalogy.

Primero pusimos los pocos fondos personales que teníamos, después vendimos camisetas, miles de ellas en la Facultad de Ciencias, en el Instituto de Biología y en varios congresos; pero ya no podíamos seguir juntándonos fuera de alguna institución que nos cobijara el momento nos pedía avanzar hacia otra etapa. Así que poco tiempo después informé al Dr. Villa que por común acuerdo de todos los miembros (fundadores) de la AMMAC queríamos nombrarlo Presidente Honorario Vitalicio de la Asociación; recuerdo gratamente su gran sonrisa ante esta noticia, ¡Vaya, esto nos abrió las puertas de nuevo al Instituto!, así volvimos, con la salvedad de que sólo podíamos reunirnos en las tardes, por supuesto sentíamos y confirmábamos que el Laboratorio de Mastozoología era Nuestro.

Así, después de muchos vaivenes el 6 de Diciembre de 1983 queda constituida la Primera Mesa Directiva de la AMMAC en la votación en el Instituto de Biología quedando de la siguiente manera:

Presidente Honorario Vitalicio el Dr. Bernardo Villa-Ramírez.

Presidente, Juan Pablo Gallo Reynoso.

Vicepresidente, Daniel Navarro López.

Tesorera, María Canela Rojo.

Secretario, Rodrigo Medellín Legorreta.

Vocales.

Investigación, Silvia Manzanilla Naim, Livia León Paniagua, Juan Carlos Morales, Gerardo Ceballos y Víctor Sánchez-Cordero.

Difusión, Héctor Arita Watanabe y Fernando Cervantes.

Acervo, Hiram Barrios, Rodrigo Medellín y Álvaro Miranda.

Administración, Rosario Manzanos y Alondra Castro.

Corrían los primeros meses de 1984 y se seguían discutiendo y afinando los estatutos de la Asociación y ante el Notario Público No 58 Mario Daniel Reynoso Obregón (mi Tío por parte de mi madre y padrino de bautizo), el 16 de marzo se firma el Acta Constitutiva que da vida legal a la Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Al fin de ese año, para el 22 de Diciembre de 1984 la AMMAC contaba con un ingreso de cuotas y donativos por \$44,310.00 (viejos pesos) que se comenzaron a usar en la papelería y la difusión de un primer boletín, previo al honroso "Zacatucho".

Para finalizar quiero decir que hace 30 años éramos un conjunto de jóvenes que queríamos hacer algo por conocer más sobre los mamíferos de México, no sabíamos muy bien qué o cómo hacerlo, pero pusimos nuestro empeño en vernos como una sociedad activa, que hoy en día, la opinión de sus miembros asociados ha sido y es muy importante en la toma de decisiones a nivel de nuestro país sobre la conservación, las áreas naturales protegidas y el conocimiento de los mamíferos de México, tanto a nivel nacional como internacional. Solo hay que ver cuántos jóvenes acuden a los Congresos Nacionales de Mastozoología en donde conviven investigadores y estudiantes de todas partes de México, para volver a inspirarse.

Hoy en día se ha logrado esto, somos una asociación viva, muy dinámica, estamos presentes en todo el país; no solo eso, tenemos también nuestra revista "Therya" y un gran compromiso a futuro con la sociedad y con la fauna mastozoológica; así que quisiera decir "Misión cumplida viejo", pero no, lo mejor está por venir...

Felicidades a la AMMAC y a todos los miembros que han dedicado su tiempo y que han fungido en las respectivas mesas directivas de estos 30 años.

¡Gracias!

JUAN-PABLO GALLO-REYNOSO.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Guaymas. Carretera al Varadero Nacional km 6.6. Guaymas 85480, Sonora, México. E-mail jpgallo@ciad.mx

Literatura citada

RAMÍREZ-PULIDO, J., Y M. C. BRITTON. 1981. An historical synthesis of the Mexican mammalian taxonomy. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 91:1-17.

Descripción de una nueva especie de comadreja ratona del género *Marmosops* Matschie, 1916 (Didelphimorphia, Didelphidae)

Franger J. García^{1*} Javier Sánchez-Hernández² y Thiago B. F. Semedo³

Introduction: Within the genus *Marmosops* 17 species are currently recognized. Recent treatment of what has been recognized as the *Marmosops parvidens* group involves the recognition of five species: *M. parvidens*, *M. pinheiroi* [including *woodall*], *M. bishopi*, *M. juninensis*, and *M. pakaraimae*. The two former and the last species occurs in Venezuela, being the identity of the single record of *M. parvidens* north of the Orinoco river placed in doubt by most recent authors.

Methods: External measurements were taken from museum labels; craniodental measurements were taken with a caliper to the nearest 0.01mm. Geographic coordinates of relevant localities were taken from literature and altitudes from museum labels. Reviewed specimens (Appendix) are housed in: Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande (EBRG, Aragua, Venezuela), Museo de Historia Natural La Salle (MHNLS, Distrito Capital, Venezuela), Museo de Zoología de la Universidad de Carabobo (MZUC, Carabobo, Venezuela) and Coleção Zoológica de Mastozoología, Universidad Federal de Mato Grosso (UFMT, Cuiabá, Mato Grosso, Brazil). Relevant characters of taxa unavailable to us were taken from literature.

Results: Recently additional material assignable to *Marmosops pinheiroi* from northern Venezuela was analyzed. Closer examination of these specimens led to the description of a new species herein proposed, which is clearly distinguished from other species of the group by a unique combination of characters, among them, a triangle-shaped carpal tubercle in males; posterior accessory cusps on the upper canines in males and females; maxilla not completely covering the fourth upper molar, and fourth lower molar bicuspid (Table 2; Fig. 2, 3, 4 and 5). Known distribution embraces the Cordillera de la Costa Central and Cordillera de Mérida in Venezuela (Fig. 1), with an elevation span of 50 to 1850 m a.s.l.

Discussion and Conclusions: Before the recognition of *Marmosops pinheiroi* as a distinct species, many authors accepted the presence of *M. p. parvidens* in northern Venezuela and south of the river Orinoco (Amazonas) and *M. p. pinheiroi* in the south (Bolívar, Canaima National Park). More recently, the presence of *parvidens* was referred to the north and south of Venezuela and in sympatry with *M. pinheiroi* at Canaima National Park. However, examination of the specimens of *Marmosops* housed in Venezuelan natural history museums indicates that *M. parvidens* is not present in Venezuela (pending the confirmation of the identity of a single specimen from northern Venezuela housed in Washington). Equally, literature records might be misleading (e. g. the

¹Laboratorio Museo de Zoología, Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología (FACyT), Universidad de Carabobo, Campus Bárbula, municipio Naguanagua, Venezuela, Valencia 2005. E-mail: cormura@yahoo.com (FJG)

²Ministerio del Poder Popular para el Ambiente-MINAMB, Oficina Nacional de Diversidad Biológica, Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande. Apartado Postal 184, Maracay 2101A, Estado Aragua, Venezuela. E-mail: museoebrg@cantv.net (JS-H)

³Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Biociências, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: thiagosemedo@gmail.com (TBFS)

*Corresponding author

sympatry of *M. parvidens* and *M. pinheiroi* at Canaima National Park). So far, records of the new species indicate it is restricted to the mountain ranges of northern and western Venezuela.

Key words: Cordillera de la Costa Central, Cordillera de Mérida, marsupials, taxonomy, Venezuela.

Resumen

Se describe una nueva especie de marsupial perteneciente al complejo *parvidens* del género *Marmosops* a partir de material proveniente de la Cordillera de la Costa Central y Andes de Venezuela. Los caracteres diagnósticos que diferencian a este nuevo taxón del resto de sus congéneres, incluyen un tubérculo carpal pequeño en los machos, con forma de triángulo; mano con almohadilla tenar prominente con respecto al tubérculo carpal; almohadilla hipotenar pequeña y desplazada hacia el ápice de la palma respecto a la tenar; caninos superiores con sólo las cúspides accesorias posteriores, tanto en machos como hembras; forámenes lagrimales dentro de la órbita y orientados hacia la región anterior de ésta; forámenes palatinos posterolaterales grandes y alcanzando el protocono del cuarto molar superior; hueso maxilar no cubriendo completamente la región posterior del cuarto molar superior; cuarto molar inferior con dos cúspides sobre el talónido. Se añade información de historia natural y se discute la distribución actual de las restantes especies de *Marmosops* del grupo *parvidens* en Venezuela.

Palabras clave: Cordillera de la Costa Central, Cordillera de Mérida, marsupiales, taxonomía, Venezuela.

Introducción

Las comadreas del género *Marmosops* Mastchie 1916, pertenecen a un grupo de marsupiales didélfidos (tribu Thylamyini), caracterizados por poseer tamaños pequeños (peso 20 – 140 g), máscaras faciales alrededor de los ojos y colas delgadas, mayores que la longitud cabeza-cuerpo (Voss y Jansa 2009). Estos marsupiales pueden ser considerados semiarborícolas y encontrados en una gran variedad de hábitats en bosques húmedos de tierras bajas, bosques secos y montanos desde el nivel del mar hasta casi 3,000 m. (Voss *et al.* 2004). Aunque son conocidos por tener una dieta insectívora-omnívora, no se cuenta con estudios detallados que justifiquen esta asignación trófica (Voss *et al.* 2004). Gardner y Creighton (2008) y Voss y Jansa (2009), reconocen 15 especies; sin embargo, a esta lista hay que adicionar a *Marmosops caucae* considerada como una especie distinta por Díaz-N. *et al.* (2011) y *Marmosops pakaraimae* de reciente descripción (Voss *et al.* 2013).

En base a caracteres externos y craneales-dentales Voss *et al.* (2001, 2004) y Gardner y Creighton (2008) reconocen el complejo o grupo de especies *parvidens* (*sensu* Pine 1981) compuesto por cinco especies de *Marmosops*: *M. parvidens* (Tate 1931), *M. pinheiroi* (Pine 1981) [incluyendo *woodalli* (Pine 1981)], *M. bishopi* (Pine 1981), *M. juninensis* (Tate 1931) y *M. pakaraimae* (Voss *et al.* 2013). Estas pequeñas comadreas, comparten entre otros caracteres, una expansión de los nasales cerca de la sutura maxilofrontal del cráneo, y un tubérculo carpal que se desarrolla en los miembros anteriores de los machos adultos, el cual varía tanto en forma como tamaño entre distintas especies (Lunde y Schutt 1999; Voss *et al.* 2001, 2004). Para la mayoría de los representantes del complejo *parvidens* (excepto *M. juninensis* y *M. bishopi*), los caninos superiores tienen cúspides accesorias anteriores y

posteriores (Voss *et al.* 2001). Con las singularidades de *M. juninensis* y *M. pakaraimae*, que no poseen en el vientre pelos totalmente blancos desde la base hasta la punta de cada pelo (Voss *et al.* 2001, 2013), en el resto de las especies dentro del complejo *parvidens*, los pelos ventrales suelen ser completamente blancos o amarillentos, flanqueados por otros de base gris, lo que origina una banda medial blanca o amarillenta de extensión variable (en ancho y longitud) entre el área del mentón-garganta y la cloaca (Voss *et al.* 2001).

La distribución actual del complejo *parvidens* incluye Brasil, Bolivia, Colombia, Guayana Francesa, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela (Pine 1981; Voss *et al.* 2001, 2004, 2013; Gardner y Creighton 2008; Díaz-N. 2012; Díaz 2014; Peralta y Pacheco 2014). Tres especies son citadas para Venezuela: *Marmosops parvidens*, *M. pinheiroi* y *M. pakaraimae*; esta última descrita para el escudo Guayanés en el Oeste de Guyana (Voss *et al.* 2013). Tanto *M. pakaraimae* como *M. pinheiroi* están documentadas en Venezuela sólo al sur del río Orinoco, mientras que *M. parvidens* ha sido referida para una localidad al norte de este río y en la Guayana venezolana (Handley 1976; Lim *et al.* 2005; Gardner y Creighton 2008; Lew *et al.* 2009; Ochoa *et al.* 2009; Voss *et al.* 2013). Pérez-Hernández *et al.* (1994), Voss *et al.* (2001) y Gardner y Creighton (2008) sugieren que el individuo asignado a *Marmosops parvidens*, registrado en el norte de Venezuela [“19 Km NO de Urama, Falcón” (Handley 1976; Gardner y Creighton 2008)], podría representar una forma no descrita debido a su aislamiento geográfico, además de una morfología del canino superior y caracteres morfológicos externos que no corresponden con la descripción de *Marmosops parvidens parvidens* (*sensu* Pine 1981).

Recientemente, las colecciones de vertebrados del Museo del Instituto de Zoología Agrícola (MIZA) de la Universidad Central de Venezuela fueron trasladadas al Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande (EBRG), del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. El material fue recatalogado en EBRG y ahí se encuentran ejemplares asignables al grupo *M. parvidens* (*sensu* Pine 1981) del norte de Venezuela, que en conjunto con un ejemplar más depositado en el Museo de Zoología de la Universidad de Carabobo (MZUC), constituyen la base de una nueva especie aquí nominada y descrita.

Material y Métodos

Se analizaron un total de 46 especímenes de ambos sexos (34 machos y 12 hembras, clases de edad 6 - 8, Tribe 1996), provenientes de diferentes localidades en el norte y sur de Venezuela y del estado de Mato Grosso en Brasil (Apéndice 1). Estos individuos están incluidos en tres especies (*M. bishopi*, *M. pinheiroi* y *M. pakaraimae*) de las cinco actualmente reconocidas en el grupo *Marmosops parvidens*, más el nuevo taxón aquí descrito. Las instituciones en donde están depositados y las localidades exactas de colecta se encuentran disponibles en: Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande (EBRG, Aragua, Venezuela), Museo de Historia Natural La Salle (MHNLS, Distrito Capital, Venezuela), Museo de Zoología de la Universidad de Carabobo (MZUC, Carabobo, Venezuela) y Coleção Zoológica de Mastozoología, Universidad Federal de Mato Grosso (UFMT, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil). Para las comparaciones con taxones no disponibles en los museos anteriormente nombrados (*M. parvidens* y *M. juninensis*), se consultaron igualmente los trabajos de Voss *et al.* (2001, 2004, 2013), Gardner y Creighton (2008), Voss y Jansa (2009) y Peralta y Pacheco (2014).

Sólo dos ejemplares de la nueva especie son adultos, evidenciado por la presencia del tercer premolar superior permanente (P3) y todos los molares desarrollados (Voss *et al.* 2001) y corresponden con la clase de edad 6 (Tribe 1990). Uno de éstos, posee las

medidas externas tomadas en el campo (EBRG 29540) y tiene el cráneo roto y el otro posee el cráneo en buenas condiciones pero sin medidas externas. Así, la descripción se basa fundamentalmente en una combinación de caracteres morfológicos externos y craneales observados en ambos individuos. Las coordenadas geográficas de localidades del material de la nueva especie depositado en EBRG fueron tomadas de Anderson (2003) y Anderson y Gutiérrez (2009) y la altitud, de las etiquetas de museo.

Los criterios para las medidas craneales-dentales, así como los caracteres cualitativos seleccionados para la descripción siguen a Voss *et al.* (2001, 2004, 2013) y Voss y Jansa (2009) para otros representantes dentro del género *Marmosops*. Las dimensiones externas fueron tomadas de las etiquetas de los especímenes e incluyen: longitud cabeza-cuerpo (LCC, determinada restando la longitud de la cola de la total); longitud de la cola (LC); longitud de la pata posterior (LP); longitud de la oreja (LO) en milímetros y el peso en gramos. Las medidas craneales-dentales se obtuvieron con un vernier rectilíneo de 0.01 mm de apreciación e incluyen: longitud cóndilo-basal (LCB); ancho de los nasales (AN); ancho interorbital (AIO); ancho postorbital (APO); ancho cigomático (AC); longitud del paladar (LP); ancho del paladar (AP); longitud de la fila de dientes maxilar (LFM); longitud de la fila de dientes molar (LM); longitud del molar 1 superior hasta el molar 3 superior (M1–M3); ancho del molar 3 superior (AM3) y ancho del molar 4 superior (AM4).

Se empleó estadística descriptiva en las medidas seleccionadas y se documentó las variaciones para cada especie cuando fuese el caso. Los estadísticos incluyeron la media y los intervalos inferiores y superiores.

Resultados

Durante el recurado del material proveniente de MIZA y la revisión de material depositado en MZUC (ver Introducción), se encontraron siete individuos que representan una nueva especie de comadreja del Género *Marmosops*, la cual se describe a continuación.

Marmosops ojastii sp. nov.

Comadreja ratona de Ojasti

Ojasti's slender mouse opossum

urn:lsid:zoobank.org:pub:BD5EAD75-0945-4FEF-BFFB-636A6B329EE3

Holotipo: Macho adulto (clase de edad 6), preservado en líquido (etanol 70%, con pérdida de parte del pelaje en la grupa), cráneo extraído (ápice de los nasales roto, el resto en buenas condiciones). Depositado en el Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande, Aragua, Venezuela (EBRG 27474), colectado en un sistema de trampas de caída por Frank Steines el 27 de febrero de 1996 en un bosque nublado.

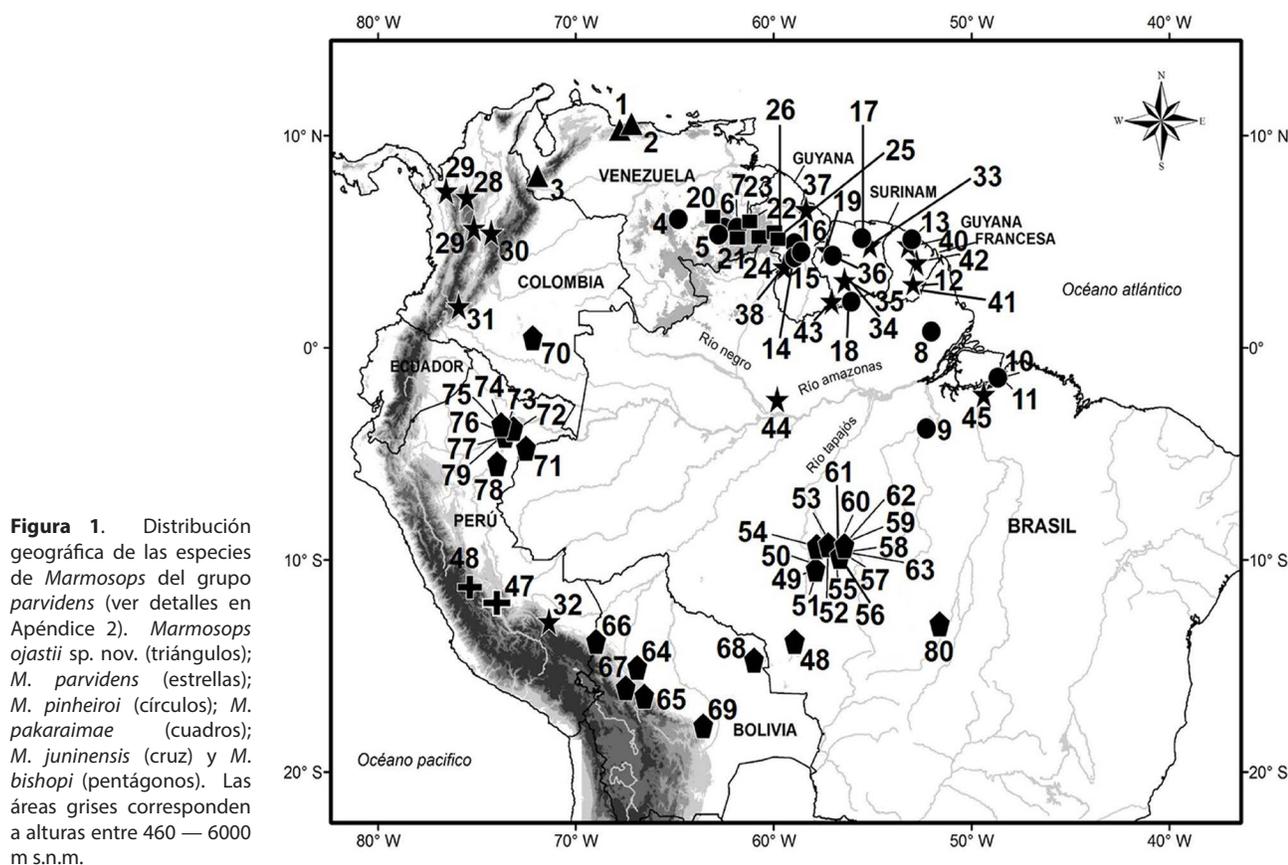
Localidad Tipo: Pico Guacamaya (10° 21' N - 67° 40' O, 1,850 m.), Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, Cordillera de la Costa Central, Venezuela.

Diagnosis: Una comadreja del género *Marmosops* de tamaño pequeño en la longitud cabeza-cuerpo (97 mm); dorso y flancos de coloración marrón rojiza, contrastando con el vientre de pelos enteramente blancos a crema (amarillentos), desde la región del mentón-garganta hasta la cloaca; tubérculo carpal pequeño en los machos, con forma de triángulo; mano con almohadilla tenar prominente con respecto al tubérculo carpal y alineada con éste en machos adultos; almohadilla hipotenar pequeña y desplazada distalmente, no al mismo

nivel de la tenar ni de tamaño similar; almohadillas interdigitales pequeñas, separadas entre sí y ligeramente más grandes que la hipotenar; canino superior sólo con la cúspide posterior (sin cúspide accesoria anterior, tanto en machos como hembras); forámenes lagrimales dentro de la órbita y orientados hacia la región anterior de ésta; m4 con dos cúspides (entocónido e hipocónido), presentes sobre el talónido; forámenes palatinos posterolaterales grandes y alcanzando el protocono del M4; hueso maxilar no cubriendo completamente la región posterior del M4.

Paratipos: Macho adulto (EBRG 29540; clase de edad 6), preservado en líquido (etanol 70 %, cráneo fracturado por la trampa y pérdida de parte del pelaje en grupa y abdomen), colectado por Alecio Solórzano el 10 de noviembre de 1988 en el Complejo Hidroeléctrico Uribante-Caparo (7° 50' N - 71° 57' O, 1,400 m.), Estado Táchira, Andes de Venezuela.

Especímenes adicionales referidos: Dos machos (EBRG 27475, 29566) y dos hembras (EBRG 27476, 29587) juveniles, preservados en etanol (70 %), depositados en el Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande, provenientes del Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, Venezuela. Un macho juvenil (MZUC 869), preservado como piel de estudio y cráneo, depositado en el Museo de Zoología de la Universidad de Carabobo, colectado en el Monumento Natural Pico Codazzi, Estado Aragua, Venezuela.



Distribución: Conocido sólo de la Cordillera de la Costa Central (localidad tipo) y la Cordillera de Mérida en Venezuela, en un gradiente de elevación desde 50 hasta 1,850 m. s.n.m. (Figura 1).

Etimología: El nombre de la especie hace honor a Juhani Ojasti por sus numerosas

contribuciones a la mastozoología venezolana durante su permanencia en el Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande y luego en la Universidad Central de Venezuela, donde dedicó gran parte de su esfuerzo a la formación de talentos que han continuado su labor.

Descripción: Una comadreja de tamaño pequeño en la longitud cabeza-cuerpo (Tabla 1), con los caracteres diagnósticos cualitativos del género (Voss y Jansa 2009: 134 - 137), con una delgada máscara ocular marcada sólo alrededor de los ojos, tenue hacia la base de la almohadilla mistacial y no extendiéndose hacia la base de la oreja. Orejas marrón claro, con pequeños pelos amarillentos interna y externamente, vistos sólo con magnificación. Borde de las orejas densamente pobladas con pelos amarillentos anteriormente que forman una línea blanquecina sobre la misma. Vibrisas mistaciales largas, pero nunca alcanzando el borde superior de la pina. Vibrisas mistaciales y genales marrón claro, con las puntas blanquecinas. Vibrisas, submentales e interramales blancas. Metacarpales y dígitos pálidos (amarillentos) en ejemplares preservados en líquido, rosáceos en vida, con la superficie dorsal densamente cubierta de pelos blanquecinos. Manos con seis almohadillas sobre la palma: una tenar prominente, robusta, de base triangular, más ancha en la porción basal que en la distal (porción distal no tan angosta en EBRG 29540), alineada con el tubérculo carpal en los machos y un poco mayor que éste; una hipotenar diminuta, más pequeña que las interdigitales y desplazada distalmente respecto a la tenar y cuatro interdigitales del mismo tamaño y claramente separadas entre sí. Antebrazo con vibrisas en posición ventro-lateral distal, alineadas con el tubérculo carpal en el caso de los machos, sobre el lado dorsal-medial y lateral-proximal. Tubérculo carpal de los machos adultos pequeño, triangular, de base recta, ancha y punta roma (Figura 5a).

MEDIDAS	<i>M. ojasii</i> sp. nov. ^a	<i>M. pinheiroi</i> ^b	<i>M. pinheiroi</i> ^f	<i>M. pakaraimae</i> ^d	<i>M. pakaraimae</i> ^e
EXTERNAS					
LCC	97.0	103.8 (93 – 109) 2	101.0 (85 – 121) 12	106.0 (105 – 107) 2	109.0 (104 – 116) 7
LC	138.0	139.0 (132 – 145) 2	150.0 (142 – 160) 12	145.0 (140 – 150) 2	161.0 (151 – 169) 7
LP	17.0	15.3 (15 – 17) 2	17.0 (16 – 18) 12	—	18.0 (17 – 19) 7
LO	19.0	18.5 (17 – 21) 2	22.0 (20 – 25) 12	—	22.0 (22 – 23) 7
P (g)	—	29.0 (28 – 30) 2	27.0 (22 – 33) 12	28.5 (26 – 31) 2	30.0 (25 – 33) 6
CRANEANAS					
LCB	26.3	28.3 (27.9 – 29.1) 3	29.1 (28.4 – 29.8) 8	30.1	30.8 (29.8 – 31.9) 7
AN	3.2	3.6 (3.3 – 3.9) 5	3.7 (3.1 – 4.2) 8	3.6	3.8 (3.5 – 4.0) 7
AIO	5.3	5.4 (5.2 – 5.7) 5	5.4 (5.1 – 5.7) 8	5.9	—
APO	5.6	5.9 (5.7 – 6.1) 3	5.6 (5.2 – 5.9) 8	6.1	6.2 (6.0 – 6.6) 7
AC	13.8	13.9 (13.5 – 14.5) 4	15.1 (14.6 – 16.0) 8	15.1	15.2 (14.8 – 15.7) 7
LP	14.7	15.7 (15.5 – 16.6) 4	16.3 (16.0 – 16.7) 8	16.7	17.3 (16.5 – 17.9) 7
AP	8.3	8.5 (8.3 – 8.7) 4	8.6 (8.2 – 8.9) 8	9.3	8.9 (8.2 – 9.4) 7
LFM	10.8	11.5 (11.4 – 11.7) 4	11.6 (11.3 – 12.0) 8	12.2	12.2 (11.9 – 12.6) 7
LM	5.6	5.8 (5.6 – 5.9) 5	5.7 (5.6 – 5.9) 8	6.0	6.1 (6.0 – 6.3) 7
M1-M3	5.0	5.1 (4.9 – 5.1) 5	5.0 (4.8 – 5.2) 8	5.4	5.2 (5.2 – 5.4) 7
AM3	1.8	1.8 (1.8 – 1.9) 5	—	1.9	2.0 (2.0 – 2.1) 7
AM4	1.8	1.9 (1.8 – 1.9) 5	1.9 (1.8 – 2.0) 8	1.9	—

Tabla 1. Medidas externas y craneanas (mm), de individuos machos de tres especies de *Marmosops* del grupo *parvidens*, presentes en Venezuela. Los valores incluyen la media, los intervalos inferiores y superiores en paréntesis y la muestra total.

^a Las medidas externas pertenecen al paratipo adulto (EBRG 29540) y las craneanas al holotipo. ^{b,d} Especímenes medidos en este estudio y depositados en colecciones de Venezuela (EBRG, MHNLS). ^{c,e} Especímenes medidos por Voss *et al.* (2013), para otras localidades del Neotrópico.

Coloración dorsal del cuerpo marrón rojizo, con pelos de 8 a 10 mm de longitud y base gris en casi toda su extensión (cerca 80 %). El pelaje ventral varía de color crema (amarillento) a enteramente blanco, en toda la extensión desde la zona del mentón-garganta hasta la región de la cloaca, con pelos blancos o amarillentos desde la base hasta la punta, contrastando con los flancos y no confinado lateralmente por pelaje de base gris. Miembros posteriores con los metatarsos y dígitos amarillentos, rosáceos en vida, con el dorso densamente cubierto de pelos blanquecinos. Almohadillas tenar e hipotenar alargadas y las cuatro interdigitales un poco más robustas. Cola mayor que la longitud cabeza-cuerpo (Tabla 1) y unicoloreada, con el lado ventral ligeramente más claro que el dorsal. Machos con el escroto pálido, con pelos blancos diminutos y piel no pigmentada. Sin evidencia de glándula gular en los machos y fórmula mamaria desconocida. No se cuenta con hembras adultas entre el material examinado.

Tabla 2. Comparaciones morfológicas entre las especies de *Marmosops* del complejo *parvidens*. La información para *M. parvidens*, *M. juninensis* y parte del material de *M. pinheiroi* y *M. pakaraimae* proviene de Voss et al. (2001, 2004, 2013) y Peralta y Pacheco (2014).

Carácter	<i>parvidens</i>	<i>pinheiroi</i>	<i>pakaraimae</i>	<i>ojastii</i> sp. nov.	<i>bishopi</i>	<i>juninensis</i>
color del pelaje dorsal	usualmente marrón rojizo	usualmente marrón gris	marrón oscuro	marrón rojizo	marrón amarillento o marrón gris totalmente	marrón rojizo
color del pelaje ventral	totalmente blanco o crema	blanco con base gris	blanco con base gris	totalmente blanco o crema	blanco o crema	blanco con base gris
tamaño y forma del tubérculo carpal en machos	grande como "cucharón"	grande como "cucharón"	grande como "cucharón"	pequeño y "triangular"	grande como "cuchilla aplanada"	pequeño sin forma de "cucharón"
forámenes lagrimales	adentro de la órbita	expuestos sobre la órbita	expuestos sobre la órbita	adentro de la órbita	expuestos sobre la órbita	adentro de la órbita
cúspides accesorias sobre el canino superior	dos (anterior y posterior)	dos (anterior y posterior)	dos (anterior y posterior)	una (posterior)	una (posterior)	una (posterior)
aberturas palatinas	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	presentes

Cráneo (Figura 2), con los huesos nasales expandidos cerca de la sutura maxilofrontal. Proceso premaxilar desarrollado, pero no superando la longitud del primer incisivo (I1). Constricciones interorbitarias y postorbitarias débilmente profundas. Márgenes supraorbitarios paralelos. Procesos postorbitarios y cresta sagital ausentes. Cresta lambdoidea incipiente. Forámenes lagrimales dentro de la órbita y ubicados hacia la región anterior de ésta. Foramen infraorbital grande y alargado. Foramen subescamosal elongado en dirección anteroposterior y con una fenestración coclear alargada. Hueso petrosal expuesto por una ventana en la sutura escamosal-parietal. Aberturas maxilopalatinas presentes y palatinas ausentes. Forámenes palatinos posterolaterales grandes y alcanzando el protocono del M4. Coronas de los incisivos superiores (I2-5) de forma romboidal. I5 con una pequeña comisura en la parte posterior (distoestilo). Canino superior (C1), con sólo la cúspide accesoria posterior en machos y hembras. Segundo premolar superior (P2) más largo y alto que P1 y P3. P3 oblicuo, no alineado con la fila C1 - P2. Hueso maxilar no cubriendo completamente la región posterior del M4, observado claramente en vista ventral

del cráneo (Figura 2). Fosa masetérica profunda y delgada. Procesos coronoides, angulares y condilares desarrollados. Caninos inferiores premolariformes. Segundo premolar inferior (p2) más largo y alto que p1 y p3. Cuarto molar inferior (m4), con dos cúspides sobre el talónido (entocónido e hipocónido).

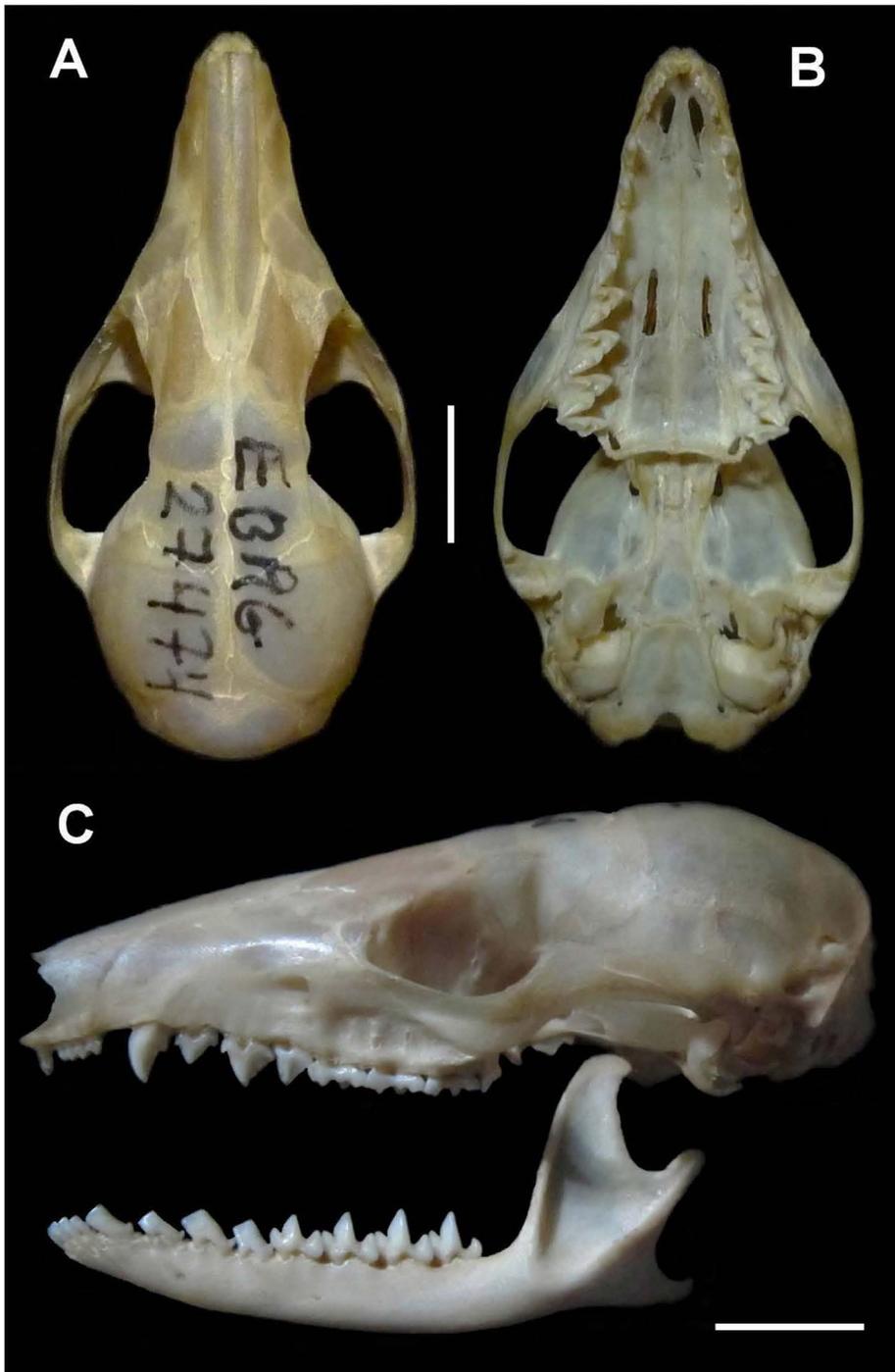


Figura 2. Vista dorsal (a), ventral (b) y lateral del cráneo y mandíbula (c) del holotipo de *Marmosops ojasii* sp. nov. Escala = 5 mm. Notar la ausencia de la cúspide accesoria anterior en el canino superior al igual que en *M. bishopi* y *M. juninensis*. Por el contrario esa cúspide está presente en *M. parvidens*, *M. pakaraimae* y *M. pinheiroi*.

Comparaciones: En la Tabla 2, se presenta un resumen de los caracteres morfológicos que permiten distinguir las especies de *Marmosops* del complejo o grupo *parvidens* (*sensu* Pine 1981). *Marmosops ojasii* sp. nov., puede ser fácilmente diferenciado por la combinación única de caracteres externos, craneales-dentales y medidas referida a continuación:

Marmosops juninensis tiene pelos ventrales enteramente de base gris (Voss *et al.* 2001)

y la franja ventral de pelos distalmente blancos es estrecha (Peralta y Pacheco 2014: Figura 2). Desconocemos la morfología del tubérculo carpal en machos adultos. *M. ojastii* sp. nov., tiene pelos ventrales completamente blancos a crema (amarillentos), contrastando con los flancos. *Marmosops juninensis* posee aberturas palatinas (Voss et al. 2001: figura 26; Peralta y Pacheco 2014: figura 3) y la cúspide posterior sobre el canino superior es incipiente o moderadamente desarrollada (Voss et al. 2001: figura 26; Peralta y Pacheco 2014: figura 4) mientras que *M. ojastii* sp. nov., carece de aberturas palatinas y la cúspide posterior sobre el canino superior es desarrollada y muy evidente (Figura 2c).

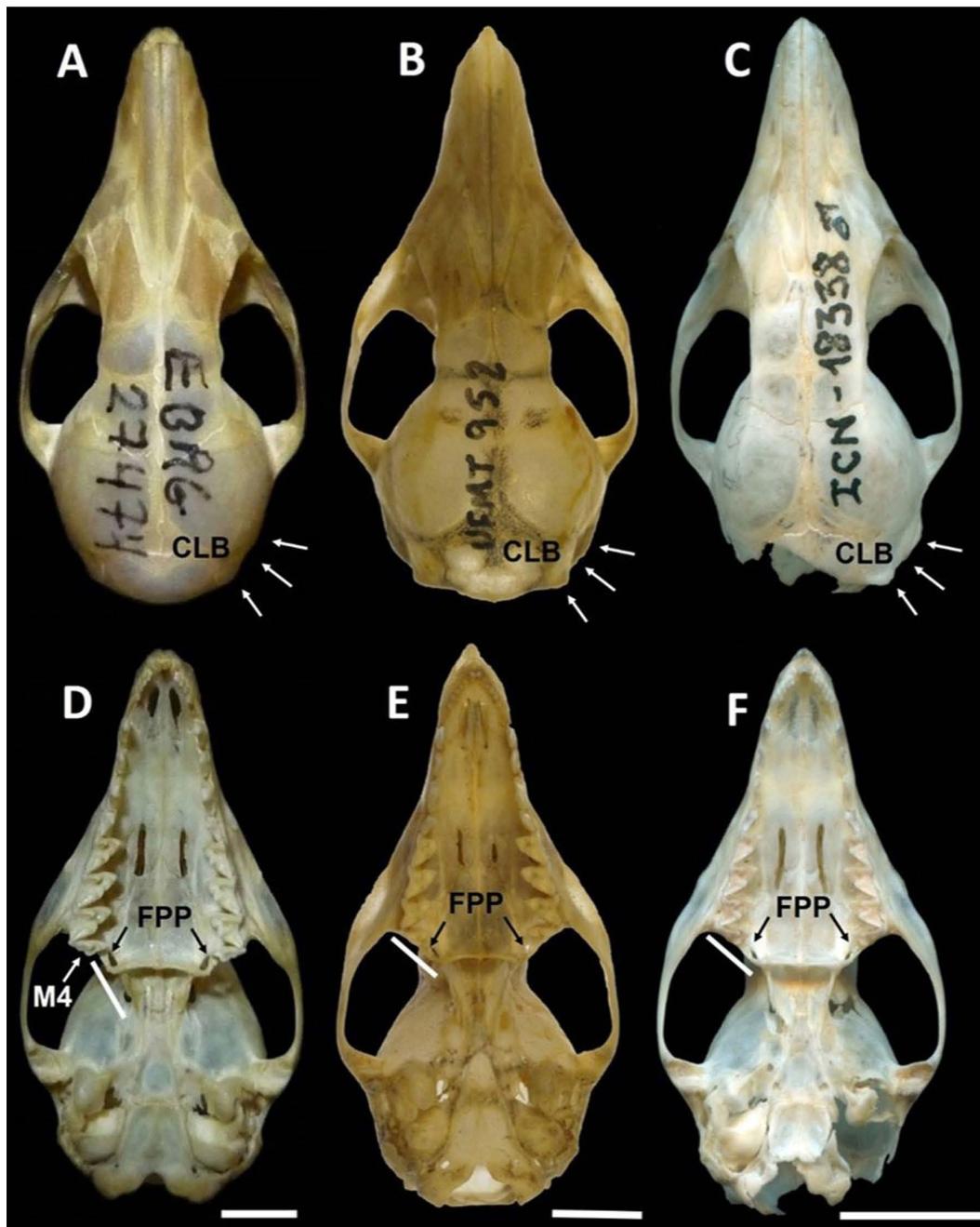


Figura 3. Diferencias en la morfología del cráneo entre *M. ojastii* sp. nov., de Venezuela (a y d) y *M. bishopi* del estado de Mato Grosso, Brasil (b y e) y Colombia (c y f, Díaz-N. 2012). CLB = cresta lamboidea, FPP = forámenes palatinos posterolaterales. La barra posterior en el M4 indica la extensión del hueso maxilar sobre este diente. Escalas = 5 mm y 10 mm respectivamente.

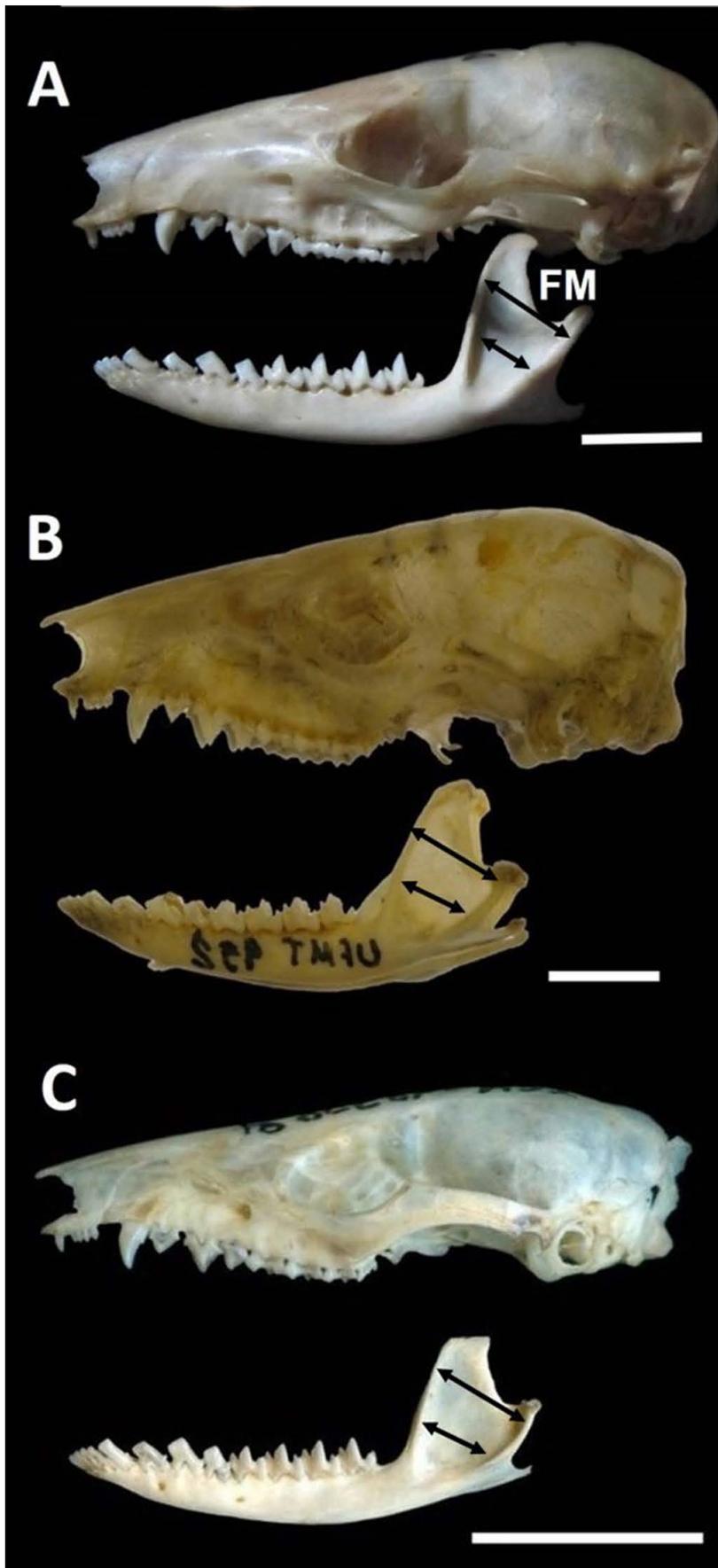


Figura 4. Vista lateral del cráneo y mandíbula de *M. ojastii* sp. nov., de Venezuela (a) y *M. bishopi* del estado de Mato Grosso, Brasil (b) y Colombia (c, Díaz-N. 2012). Las flechas indican la diferencia en el ancho de la fosa masetérica (FM) entre ambas especies. Escalas = 5 mm y 10 mm respectivamente.

Marmosops bishopi tiene la banda ventral de pelos blanquecinos desde la base hasta el ápice confinada lateralmente dentro de bordes de pelaje de base gris (Gardner y Creighton 2008; Díaz-N. 2012), aunque puede no estarlo (Voss et al. 2004); los machos adultos tienen un tubérculo carpal en forma de "cuchilla aplanada" (Voss et al. 2004), con el ápice poco prominente; mano con una almohadilla hipotenar más grande que las interdigitales, de tamaño similar a la tenar y en posición lateral a ésta, con almohadillas interdigitales grandes y cercanas entre sí. En *M. ojastii* sp. nov., la banda ventral de pelos blanquecinos desde la base hasta el ápice abarca todo el vientre, limitando con los flancos; el tubérculo carpal en machos adultos es claramente de forma triangular; la mano tiene una hipotenar pequeña, de menor tamaño que las interdigitales y desplazada apicalmente, con almohadillas interdigitales pequeñas y más distanciadas entre sí. En *M. bishopi* el hueso maxilar cubre completamente al M4, observado claramente en vista ventral del cráneo; la cresta lamboidea es muy desarrollada y los forámenes palatinos posterolaterales son pequeños y no alcanzan el protocono del M4; mientras que en *M. ojastii* sp. nov., el maxilar no cubre completamente la región posterior del M4, la cresta lamboidea está casi ausente y los forámenes palatinos posterolaterales son grandes y alcanzan el protocono del M4 (Figura 3). Adicionalmente, el ancho de la fosa masetérica es diferente en *M. bishopi* con respecto a *M. ojastii* sp. nov. (Figura 4).

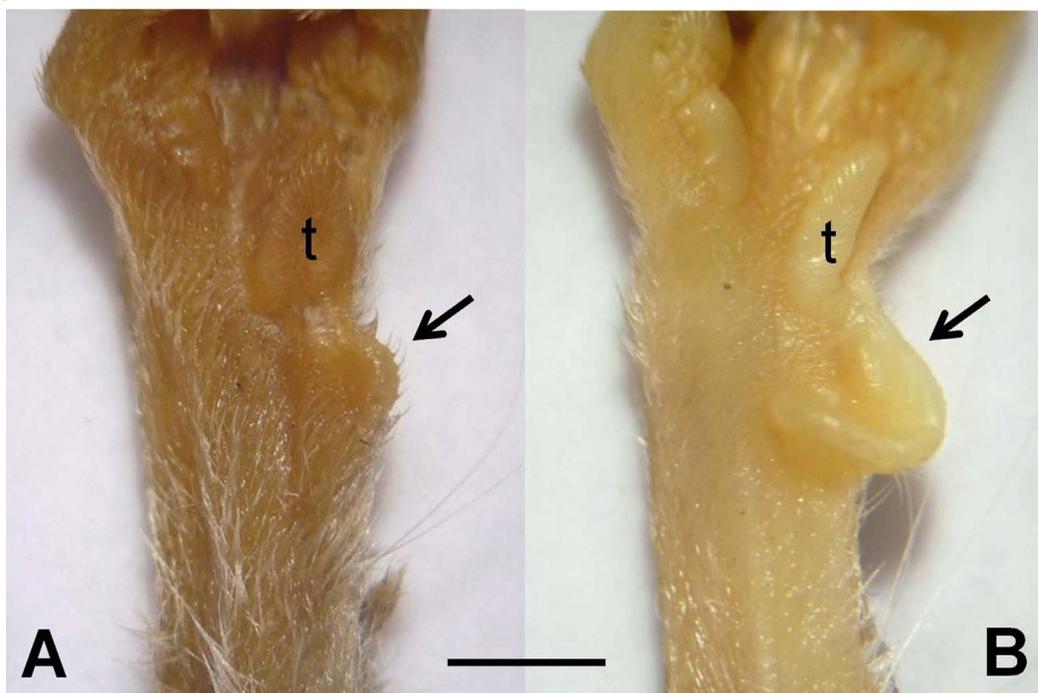


Figura 5. Morfología del tubérculo carpal (flecha) y almohadilla tenar (t), en la región de la muñeca (mano izquierda) de dos machos adultos del género *Marmosops*: *M. ojastii* sp. nov., (a; EBRG 27474) y *M. pakaraimae* (b; MNHLS 11515). *M. pakaraimae*, *M. pinheiroi* y *M. parvidens* comparten la misma morfología del tubérculo carpal. En *M. bishopi* tiene forma de "cuchilla aplanada" y para *M. juninensis* es señalada como "sin forma de cucharón". Escala = 3 mm.

Marmosops parvidens es más grande que *M. ojastii* sp. nov., en la mayoría de las medidas corporales y craneales-dentales señaladas en la literatura (Voss et al. 2001: Tabla 9), presenta un gran tubérculo carpal con forma de cucharón en machos adultos (Voss et al. 2001: figura 20) y la almohadilla tenar de la mano es delgada y más pequeña que el tubérculo carpal (Voss et al. 2001: figura 20). En *M. ojastii* sp. nov., el tubérculo carpal es pequeño y triangular y la almohadilla tenar de la mano es robusta, triangular y un poco mayor que el tubérculo carpal (Figura 5a). En *M. parvidens* el canino superior tiene dos cúspides accesorias (una anterior y una posterior) (Voss et al. 2001: figura 23) y el talónido del m4 tiene tres cúspides (entoncónido, hipoconúlido e hipocónido) (Voss et al. 2013:

Tabla 6). En *M. ojustii* sp. nov., el canino superior posee sólo la cúspide accesoria posterior (Figura 2c) y el talónido del m4 dos cúspides (entocónido e hipocónido).

Marmosops pakaraimae y *M. pinheiroi* se diferencian de *M. ojustii* sp. nov., por su mayor tamaño en todas las dimensiones corporales externas, exceptuando la pata posterior, que es similar en las tres especies (Tabla 1). Igualmente, las medidas craneales-dentales señaladas para *M. pakaraimae* y *M. pinheiroi* muestran diferencias en cuanto al promedio con respecto a *M. ojustii* sp. nov., siendo esta última menor en casi todas las dimensiones (Tabla 1). *M. pakaraimae* y *M. pinheiroi* tienen un pelaje ventral con una clara predominancia de pelos de base gris mientras que *M. ojustii* sp. nov., posee pelaje ventral enteramente blanco a crema (amarillento) en toda la extensión desde la zona del mentón-garganta hasta la región de la cloaca, contrastando con los flancos. La diferencia en morfología del tubérculo carpal en los machos es igual a lo señalado para *M. parvidens* (Figura 5b). *M. pakaraimae* y *M. pinheiroi* tienen la almohadilla tenar de la mano alargada, pequeña y no alineada con el tubérculo carpal en machos adultos. *M. ojustii* sp. nov., tiene la almohadilla tenar de la mano prominente, un poco más grande que el tubérculo carpal y alineada con éste en machos adultos (Figura 5a). *M. pakaraimae* y *M. pinheiroi* poseen cúspides accesorias anteriores y posteriores en los caninos superiores (Voss *et al.* 2013), la primera con tres cúspides sobre el talónido del m4 y la segunda a menudo con dos (Voss *et al.* 2013). *M. ojustii* sp. nov., tiene sólo la cúspide posterior en C1 y el talónido del m4 es bicúspide.



Figura 6. Macho juvenil (tercer premolar deciduo superior presente) de *Marmosops ojustii* sp. nov. (MZUC 869), capturado en el Monumento Natural Pico Codazzi, Estado Aragua, Venezuela. (a): Se evidencia los miembros anteriores y posteriores de color rosado y una máscara ocular que no se extiende a la base anterior de la oreja. (b): Se muestra la extensión amplia de la banda de pelos blancos en el vientre, que incluye una continuidad desde el mentón hasta la cloaca. (Foto Marcial Quiroga-Carmona y Dayana Araujo).

Marmosops cracens (Handley y Gordon 1979), es un enigmático taxón presente en el norte de Venezuela al oriente de la Serranía de San Luís y hasta ahora conocido sólo por tres especímenes de la localidad tipo, uno de ellos repatriado a Venezuela (EBRG 3896, NMNH 418504) [“near La Pastora (11° 12' N - 68° 37' W), 150 m, 14 km ENE Mirimire, Falcón, Venezuela”, Handley y Gordon 1979]. Dado que el “complejo *parvidens*” es un grupo más bien artificial, no respaldado por filogenia alguna, y que *M. cracens* es también de pequeño tamaño, y ha sido señalado por Gardner y Creighton (2008), que son morfológicamente similares, se compara con *M. ojustii* sp. nov. Externamente, el pelaje ventral de *M. cracens* es mayormente de base gris, disimulado por la porción distal blanquecina de los pelos,

con los enteramente blanquecinos confinados a la región de la mandíbula y labios; franja abdominal estrecha y región inguinal [Handley y Gordon 1979; Sánchez, *obs. pers.*; contra Gardner y Creighton (2008: 63) que señalan vientre principalmente con pelaje enteramente blanquecino]. Pelaje dorsal más corto que en *M. ojastii* sp. nov., de 7 mm de longitud. En el ejemplar disponible, la piel deshidratada permite sólo discernir que el tubérculo carpal debe ser de forma triangular, parecido al de *M. ojastii* sp. nov., la almohadilla tenar no de base triangular y la hipotenar no diminuta, de forma más bien alargada y no tan desplazada distalmente sobre la palma de la mano.



Figura 7. Hábitat de *Marmosops ojastii* sp. nov. Vegetación densa de un bosque ombrófilo submontano en el Monumento Natural Pico Codazzi, Estado Aragua, Venezuela. (Foto Dayana Araujo).

El cráneo de *M. cracens* es de mayor tamaño en todas sus dimensiones excepto el ancho de los nasales (AN), con estos huesos no conspicuamente expandidos cerca de la sutura maxilofrontal. Caninos superiores (C1) sin cúspides accesorias anterior (aunque la posterior “débilmente desarrollada en la hembra”; Handley y Gordon 1979). Aberturas palatinas pequeñas, pero presentes (ausentes en *M. ojastii* sp. nov.).

Historia natural: El espécimen MZUC 869 (Figura 6) de *M. ojastii* sp. nov., fue colectado por uno de los autores (FJG) a mano en el Monumento Natural Pico Codazzi (10° 25' 25.4" N - 67° 20' 57" O, 1,445 m.) sobre una liana a aproximadamente 1.50 m de altura. En simpatria con éste se capturaron *Marmosa demerarae*, *Heteromys catopterius* y *Rhipidomys venustus*, dentro de un bosque ombrófilo submontano (Figura 7). El dosel de este bosque puede sobrepasar los 30 m de altura con especies arbóreas como *Gyranthera caribensis* (endémico de la Cordillera de la Costa de Venezuela), *Cedrella montana*, *Prumnopitys harmsiana*, *Inga* sp., *Protium* sp., *Alchornea triplinervia*, *Micropholis crotonoides* y *Sapium* sp. En el estrato medio, destaca la abundancia relativamente alta de palmas (*Wettinia praemosa*, *Ceroxylon interruptum*, *Euterpe precatoria*, *Chamaedorea pinnatifrons*, *Dictyocaryum fuscum*, *Geonoma spinescens*, *Hyospathe pittieri* y *Bactris setulosa*). Dentro de la flora de epífitas se ha documentado la abundancia de *Tillandsia usneoides* y *Masdevallia tovarensis* (esta última

endémica del Monumento Natural Pico Codazzi). En el estrato inferior resaltan los helechos arborescentes (*Cyathea* sp.) y helechos no arborescentes como *Alsophila* sp., *Asplenium* sp., *Blechnum* sp., *Diplazium* sp., y *Polypodium* sp. (Araujo 2009).

Discusión

En el pasado reciente los estudios taxonómicos de marsupiales didélfidos han incorporado el análisis conjunto de evidencia morfológica y molecular (e. g. Chemiskuy y Flores 2012; Solari *et al.* 2012; Martínez-Lanfranco *et al.* 2014), lo que ha permitido realizar pruebas de hipótesis más robustas que aquellas basadas en una sola línea de evidencia. El reconocimiento de *Marmosops ojasii* sp. nov., se basa exclusivamente en análisis cualitativos de evidencia morfológica. Aunque la distinción de esta nueva forma es clara y sin ambigüedades, es deseable en un futuro la puesta a prueba de esta hipótesis taxonómica con el análisis de caracteres moleculares así como de una serie más extensa de especímenes que permitan realizar análisis morfométricos.

En cuanto a la distribución conocida de *Marmosops ojasii* sp. nov., hasta ahora todo indica que es una especie restringida a Venezuela. Sánchez-Hernández y Lew (2012) señalan 30 especies de mamíferos endémicas en el país, de las cuales *Anoura luismanueli*, *Sturnira sorianoi*, *Mazama bricenii* y *Gracilinanus dryas* no lo son (Mantilla y Baker 2006; Sánchez *et al.* 2005; Ojasti y Lacabana 2008; Voss *et al.* 2009 respectivamente). A esta lista de endemismos se añaden tres especies de reciente descripción: un murciélago, *Myotis handleyi* (Moratelli *et al.* 2013) y dos musarañas, *Cryptotis aroensis* (Quiroga-Carmona y Molinari 2012) y *Cryptotis venezuelensis* (Quiroga-Carmona 2013). Así, *Marmosops ojasii* sp. nov., aumenta a 30 especies la lista de mamíferos y a cinco la de didélfidos endémicos de Venezuela.

Antes del reconocimiento de *Marmosops pinheiroi* como una especie plena, diferente de *M. parvidens* (Voss *et al.* 2001), algunos autores señalaban la presencia de dos subespecies de *M. parvidens* para Venezuela (e. g. Pérez-Hernández *et al.* 1994; Linares 1998): *M. p. parvidens* en el norte (19 Km NO de Urama, Estado Falcón) y sur de Venezuela (Capibara, brazo Casiquiare, 106 km SO de la Esmeralda, Estado Amazonas) y *M. p. pinheiroi* en el sur del país en el Estado Bolívar, Parque Nacional Canaima. Posterior a la revisión de Voss *et al.* (2001), se siguió reconociendo la presencia de *M. parvidens* en el norte de Venezuela (e. g. Brown 2004; Gardner y Creighton 2008) y en los Estados Amazonas (e. g. Brown 2004; Lim *et al.* 2005; Gardner y Creighton 2008) y Bolívar (e. g. Brown 2004; Lim *et al.* 2005; Gardner y Creighton 2008; Lew *et al.* 2009); en esta última entidad estatal, simpátrico con *M. pinheiroi* en una localidad cercana a Guyana ("85 Km SSE de El Dorado"; Brown 2004; Gardner y Creighton 2008).

Es necesario aclarar que la localidad "85 Km SSE de El Dorado" en el Estado Bolívar, es señalada para "*Marmosops parvidens*" por Gardner y Creighton (2008) como "Bolívar, Km 125 (Handley 1976)" y es la misma nombrada como "Bolívar, 85 km SSE El Dorado" por Voss *et al.* (2001) para lo reconocido por ellos como *M. pinheiroi* en ese entonces. Esa localidad corresponde al lugar de colecta de dos ejemplares (*Marmosa parvidens*, en Handley 1976; "Bolívar, Km 125, 85 Km SSE El Dorado") originalmente depositados en el National Museum of Natural History, Washington DC (NMNH 385046 y 385045, este último repatriado a Venezuela y depositado en el Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande, recatalogado como EBRG 3945). La misma localidad es señalada de nuevo por Gardner y Creighton (2008: pag.74) para *M. pinheiroi* citando a Voss *et al.* (2001). Siendo esos los dos

únicos especímenes conocidos de ese sitio en ese momento, implica que han sido citados dos veces con dos nombres diferentes. Ya Lim *et al.* (2005) indicaron que los ejemplares de esa localidad podrían tratarse de *M. pinheiroi* y no de *M. parvidens*. Los mismos ahora se refieren a *M. pakaraimae* (Voss *et al.* 2013).

Por otra parte, los resultados de la revisión de especímenes depositados en colecciones venezolanas para este trabajo, sugieren que *Marmosops parvidens* estaría ausente en Venezuela. Por ejemplo, existen tres individuos depositados en el Museo de Historia Natural La Salle (MHNLS), provenientes del Parque Nacional Canaima, Estado Bolívar (Apéndice 1), que corresponden a *M. pinheiroi* y *M. pakaraimae* y no a *M. parvidens* como previamente se les había indicado (Lew *et al.* 2009). Adicionalmente, hay tres registros en MHNLS (números de catálogo: MHNLS 11590 – 11592), igualmente del Parque Nacional Canaima, identificados como *M. parvidens* (Lew *et al.* 2009) que corresponden a *Marmosa murina* (García, *obs. pers.*). Handley (1976), señala dos individuos como *Marmosa parvidens* en el Estado Amazonas (“Capibara, brazo Casiquiare, 106 km SO de la Esmeralda”), que han sido citados como *Marmosops parvidens* por Brown (2004), Lim *et al.* (2005) y Gardner y Creighton (2008). Estos ejemplares no están depositados en el Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande, donde reposa el 30 % del material biológico proveniente del Proyecto Venezolano Smithsoniano (Handley 1976), ni tampoco se encuentran registrados en la base de datos digital disponible del National Museum of Natural History (NMNH, Washington, EE.UU) (<http://collections.mnh.si.edu/search/mammals/>; consultada en noviembre, 2013), que aloja el resto de las muestras derivadas de ese proyecto. Esos registros (Capibara, Amazonas) tampoco se señalan en el apartado de comparaciones de la reciente descripción de *M. pakaraimae* que incluyó material depositado en NMNH proveniente de Venezuela (Voss *et al.* 2013). Se puede asumir y quizás hasta especular que dichos ejemplares pueden estar extraviados y es imposible corroborar su identidad taxonómica, o fueron asignados a otro taxón, así que no son considerados en este trabajo como un registro confiable de *M. parvidens* en Venezuela.

El único reporte al norte de Venezuela referido a *Marmosops parvidens* corresponde a un macho juvenil (NMNH 371299) capturado a 19 km NO de Urama, 25 m., en Falcón (Handley 1976). Ese espécimen ha sido referido a *Marmosa* o a *Marmosops parvidens* (Handley 1976; Pine 1981; Eisenberg 1989; Gardner 1993, 2005; Pérez-Hernández *et al.* 1994; Soriano y Ochoa 1997; Linares 1998; Brown 2004; Gardner y Creighton 2008). Voss *et al.* (2001), mencionan que ese individuo posee sólo la cúspide accesoria posterior en los caninos superiores, tiene un pelaje largo y las vibrisas mistaciales no alcanzan el borde superior de la pina, al igual que en *M. ojustii* sp. nov. Aunque no fue posible revisar el espécimen señalado, se cree que debido a los caracteres morfológicos referidos previamente, sitio y altitud de colecta (Cordillera de la Costa Central), el mismo se trate de un individuo de *M. ojustii* sp. nov., y no de *M. parvidens*.

Conservación

Las localidades conocidas de ocurrencia de *M. ojustii* sp. nov., se encuentran en tres Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAEs): Parque Nacional Henri Pittier (1,078 Km²), Monumento Natural Pico Codazzi (118.5 Km²) y Zona Protectora Sureste del Lago de Maracaibo Uribante-Caparo (4,488 Km²). De manera conservadora, se esperaría también su ocurrencia en el Parque Nacional José Miguel Sanz (San Esteban, 445 Km²), colindante con Henri Pittier (MARNR 1991), más no toda esa superficie representa un hábitat adecuado

para la especie. A ello se añade la pérdida de hábitat por incendios de vegetación, que muchas veces alcanzan hasta la selva nublada. Tentativamente, se podría otorgar a *M. ojustii* sp. nov., la categoría Datos Insuficientes (DD) (IUCN 2001) debido a la escasa información sobre la biología y ecología de la especie, pero podría en un futuro considerarse Vulnerable (VU) (IUCN 2001) ya que la sumatoria de superficies de esas ABRAEs es muy inferior a 20,000 Km² y podría incrementarse la fragmentación y/o disminución de hábitat adecuado.

Agradecimientos

Agradecemos a A. Pérez Sarmiento (Universidad de Carabobo, Departamento de Biología) por su apoyo para el traslado a los respectivos museos. A R. Vieira Rossi (UFMT), A. Ferrer (MHNLS) y F. Bisbal (EBRG) por permitirnos revisar los especímenes depositados en las respectivas instituciones bajo sus responsabilidades. A D. Araujo por facilitarnos fotos de un ejemplar vivo y hábitat en el Monumento Natural Pico Codazzi. A E. Sánchez-González y M. Isabel Delgado-Jaramillo por la ayuda en las diferentes fases del estudio. A E. Gutiérrez, G. D'Elía, G. S. Libardi y tres árbitros anónimos por la revisión crítica y sugerencias para mejorar este trabajo.

Literatura citada

- ANDERSON, R. P.** 2003. Real vs. artefactual absences in species distributions: test for *Oryzomys albigularis* (Rodentia: Muridae) in Venezuela. *Journal of Biogeography* 30: 591-605.
- ANDERSON, R. P., y E. E. GUTIÉRREZ.** 2009. Taxonomy, distribution, and natural history of the genus *Heteromys* (Rodentia: Heteromyidae) in central and eastern Venezuela, with the description of a new species from the Cordillera de la Costa. Pp. 33-93 en *Systematic mammalogy: contributions in honor of Guy G. Musser* (Voss R. S., y M. D. Carleton, eds.). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 331. New York, EE.UU.
- ARAUJO, D.** 2009. Composición de las comunidades de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del Monumento Natural Pico Codazzi (estados Aragua, Miranda y Vargas). Tesis de Licenciatura, Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- BROWN, B. E.** 2004. Atlas of the New World marsupials. *Fieldiana Zoology* 102:1-308.
- CHEMISKUY, M. A., y FLORES, D. A.** 2012. Taxonomy of the southernmost populations of *Philander* (Didelphimorphia, Didelphidae), with implications for the systematics of the genus. *Zootaxa* 3481:60-72.
- DÍAZ, M.** 2014. Marsupiales (Didelphimorphia: Didelphidae) de Iquitos y sus alrededores (Loreto, Perú). *Therya* 5:111-151.
- DÍAZ-N., J. F.** 2012. New records of *Marmosops noctivagus* (Tschudi, 1845) (Didelphimorphia: Didelphidae) and first record of *Marmosops bishopi* (Pine, 1981) for Colombia. *Check List* 8:805-809.
- DÍAZ-N., J. F., M. GÓMEZ-LAVERDE, y C. SÁNCHEZ-GIRALDO.** 2011. Rediscovery and redescription of *Marmosops handleyi* (Pine, 1981) (Didelphimorphia: Didelphidae), the least known Andean slender mouse opossum. *Mastozoología Neotropical* 18:45-61.
- EISENBERG, J. F.** 1989. *Mammals of the Neotropics, volume 1. The Northern Neotropics: Panamá, Colombia, Venezuela, Guyana, Suriname, French Guiana.* Chicago, University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- GARDNER, A. L.** 1993. Order Didelphimorphia. Pp. 15-24 en *Mammals species of the world:*

- a taxonomic and geographic reference (Wilson D. E., y D. M. Reeder, eds.). segunda edición. Smithsonian Institution Press. Washington, EE.UU.
- GARDNER, A. L.** 2005. Order Didelphimorphia. Pp. 3-18 en *Mammals species of the world: a taxonomic and geographic reference* (Wilson D. E., y D. M. Reeder, eds.). Tercera edición, volumen 1. Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- GARDNER, A. L., y G. K. CREIGHTON.** 2008. Genus *Marmosops*. Pp. 61-74 en *Mammals of South America. Volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews and bats* (Gardner A. L., ed.). The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- HANDLEY, C. O. JR.** 1976. Mammals of the Smithsonian Venezuelan Project. Brigham Young University of Science Bulletin of the Biological Service 20: 1-90.
- HANDLEY, C. O. JR., y L. K. GORDON.** 1979. New species of mammals from northern South America: mouse opossums, genus *Marmosa* Gray. Pp. 65-72 en *Vertebrate ecology in the northern Neotropics* (Eisenberg J. F., ed.). The Smithsonian Institution Press. Washington, EE.UU.
- LEW, D., B. A. RIVAS, H. ROJAS, y A. FERRER.** 2009. Capítulo 6. Mamíferos del Parque Nacional Canaima. Pp. 153-179 en *Biodiversidad del Parque Nacional Canaima: bases técnicas para la conservación de la Guayana venezolana* (Señaris J. C., D. Lew y C. Lasso, eds.). Fundación La Salle de Ciencias Naturales y The Nature Conservancy. Caracas, Venezuela.
- LIM, B. K., M. D. ENGSTROM, y J. OCHOA-G.** 2005. Mammals. Pp. 77-92 en *Checklist of the terrestrial vertebrates of the Guiana Shield* (Hollowell, T., y R. P. Reynolds, eds.). Bulletin of the Biological Society of Washington. Washington, EE.UU.
- LINARES, O. J.** 1998. Mamíferos de Venezuela. Sociedad Conservacionista Audobon de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- LUNDE, D. P., y W. A. SCHUTT.** 1999. The peculiar tubercles of males *Marmosops parvidens* and *Marmosa robinsoni* (Didelphidae: Didelphinae). *Mammalia* 63:495-504.
- MANTILLA-MELUK, H., y R. J. BAKER.** 2006. Systematics of Small *Anoura* (Chiroptera: Phyllostomidae) from Colombia, with description of a new species. *Occasional Papers Museum of Texas Tech University* 261:1-20.
- MARTÍNEZ-LANFRANCO, J. A., D. FLORES, P. JAYAT, y G. D' ELÍA.** 2014. A new species of lutrine opossum, genus *Lutreolina* Thomas (Didelphidae), from the South American Yungas. *Journal of Mammalogy* 95:225-240.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (MARNR).** 1991. Áreas bajo régimen de administración especial. Mapa con escala gráfica. Servicio Autónomo Forestal Venezolano, Dirección General Sectorial de Planificación y Ordenación Ambiental. Zomer Publicidad C. A. Caracas, Venezuela.
- MORATELLI, R., A. L. GARDNER, J. A. DE OLIVEIRA, y D. E. WILSON.** 2013. Review of *Myotis* (Chiroptera, Vespertilionidae) from northern South America, including description of a new species. *American Museum Novitates* 3780:1-36.
- OCHOA-G., J., F. J. GARCÍA, S. CAURA, y J. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ.** 2009 ("2008"). Mamíferos de la cuenca del río Caura, Venezuela: listado taxonómico y distribución conocida. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales 170:5-80.
- OJASTI, J., y P. LACABANA.** 2008. Venado matacán candelillo. *Mazama bricenii* Thomas 1908. Pp. 106 en *Libro Rojo de la Fauna Venezolana* (Rodríguez, J. P., y F. Rojas-Suárez, eds.). Tercera edición. Provita y Shell Venezuela, S. A. Caracas, Venezuela.

- PERALTA, M., y V. PACHECO.** 2014. Rediscovery of *Marmosops juninensis* Tate, 1931 (Didelphimorphia: Didelphidae) in the Yungas of Peru. *Check List* 10:436-440.
- PÉREZ-HERNÁNDEZ, R., P. J. SORIANO y D. LEW.** 1994. Marsupiales de Venezuela. Cuadernos Lagoven. Caracas, Venezuela.
- PINE, R. H.** 1981. Reviews of the mouse opossums *Marmosa parvidens* Tate and *Marmosa invicta* Goldman (Mammalia: Marsupialia: Didelphidae) with description of a new species. *Mammalia* 45:55-70.
- QUIROGA-CARMONA, M.** 2013. Una nueva especie de musaraña del género *Cryptotis* (Soricomorpha: Soricidae) de la Serranía del Litoral en el norte de Venezuela. *Mastozoología Neotropical* 20:123-137.
- QUIROGA-CARMONA, M., y J. MOLINARI.** 2012. Description of a new shrew of the genus *Cryptotis* (Mammalia: Soricomorpha: Soricidae) from the Sierra de Aroa, an isolated mountain range in northwestern Venezuela, with remarks on biogeography and conservation. *Zootaxa* 3441: 1-20.
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, J., y D. LEW.** 2012 ("2010"). Lista actualizada y comentada de los mamíferos de Venezuela. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales 173-174:173-238.
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, C., M. L. ROMERO-ALMARAZ y G. D. SCHNELL.** 2005. New species of *Sturnira* (Chiroptera: Phyllostomidae) from Northern South America. *Journal of Mammalogy* 86:866-872.
- SOLARI, S., V. PACHECO, E. VIVAR y L. H. EMMONS.** 2012. A new species of *Monodelphis* (Mammalia: Didelphimorphia: Didelphidae) from the montane forests of central Perú. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 125:295-307.
- SORIANO, P. J., y J. OCHOA-G.** 1997. Lista actualizada de los mamíferos de Venezuela. Pp. 205-227 en *Vertebrados actuales y fósiles de Venezuela*. (La Marca E., ed.). Serie Catálogo Zoológico de Venezuela. Volumen 1. Museo de Ciencia y Tecnología de Mérida. Mérida, Venezuela.
- TRIBE, C. J.** 1990. Dental age classes in *Marmosa incana* and other didelphoids. *Journal of Mammalogy* 71:566-569.
- UICN.** 2001. Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.
- Voss, R. S., y S. A. JANSÁ.** 2009. Phylogenetic relationships and classification of Didelphid Marsupials, an extant radiation of New World metatherian mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 322:1-177.
- Voss, R. S., D. P. LUNDE, y N. B. SIMMONS.** 2001. The mammals of Paracou, French Guiana: a neotropical lowland rainforest fauna part 2. Nonvolant species. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 263:1-236.
- Voss, R. S., T. TARIFA, y E. YENSEN.** 2004. An introduction to *Marmosops* (Marsupialia: Didelphidae), with the description a new species from Bolivia and notes on the taxonomy and distribution of other Bolivian forms. *American Museum Novitates* 3466:1-40.
- Voss, R. S., D. W. FLECK, y J. A. SHANSA.** 2009. On the diagnostic characters, ecogeographic distribution, and phylogenetic relationships of *Gracilinanus emiliae* (Didelphimorphia: Didelphidae: Thylamyini). *Mastozoología Neotropical* 16:433-443.
- Voss, R. S., B. K. LIM, J. F. DÍAZ-NIETO, y S. A. JANSÁ.** 2013. A new species of *Marmosops*

(Marsupialia: Didelphidae) from the Pakaraima Highlands of Guyana, with remarks on the origin of the endemic Pantepui mammal fauna. American Museum Novitates 3778:1-27.

Sometido: 4 de junio de 2014

Revisado: 21 de julio de 2014

Aceptado: 17 de noviembre de 2014

Editor asociado: Guillermo D'Elia

Especímenes examinados en este estudio:

Marmosops ojustii sp. nov.: Pico Guacamaya (localidad tipo), Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, 10° 22' N - 67° 40' O, 1,850 m. (EBRG 27474 – 27476). Rancho Grande, Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, 10° 21' N - 67° 41' O, 1,100 m. (EBRG 29566). La Trilla, Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, 10° 24' N - 67° 45' O, 50 m. (EBRG 29587). Campamento La Trampita, Uribante-Caparo, Estado Táchira, 7° 50' N - 71° 57' O, 1,400 m. (EBRG 29540). Sector Buenos Aires, Monumento Natural Pico Codazzi, Estado Aragua, 10° 25' 25.4" N - 67° 20' 57" O, 1,445 m. (MZUC 869).

Marmosops pinheiroi: Parque Nacional Canaima, 6.9 Km NE Kavanayen, Estado Bolívar, 5° 38' 05" N - 61° 42' 38" O, 1,178 m. (EBRG 27166). Boca del río Nichare, Cuenca del río Caura, Estado Bolívar (EBRG 24148, 24154, 25066, 25067, 27118). Río Atapere, Cuenca alta del río Cucurital, Parque Nacional Canaima, Estado Bolívar (MHNLS 11984, 11985).

Marmosops pakaraimae: 85 Km SSE de El Dorado, Km 121 (= Km 125), Estado Bolívar (EBRG 3945). Sierra de Lema, Km 756, Estado Bolívar, 5° 54' 49" N - 61° 26' 06" O, 1,374 m. (EBRG 26957, 27511 – 27513). Caño en Margen derecha del río Cucurital, aproximadamente 2.5 km sureste de la desembocadura del río Purumay, Parque Nacional Canaima, Estado Bolívar (MHNLS 11515).

Marmosops cracens: 5 km N + 13 km E de Mirimire, cerca de La Pastora, 170 m. (localidad tipo, tomada de la etiqueta; EBRG 3896 – USNM 418504).

Marmosops bishopi: Cachoeirão Juruena, Sapezal, Mato Grosso, 37° 32' S - 58° 48' O; 41° 32' S - 58° 48' O; 47° 32' S - 58° 48' O; 57° 32' S - 58° 48' O; 60° 32' S - 58° 48' O (UFMT 893, 897, 939, 949, 952). PCH São João da Barra, Juara, Mato Grosso, 10° 21' 13.2" S - 57° 39' 33.4" O; 10° 20' 42.4" S - 57° 40' 19.9" O; 10° 19' 55.9" S - 57° 39' 01.8" O (UFMT 1318, 1319, 1321). UHE foz do Apiacas, Paranaita, Mato Grosso, 9° 24' 55.3" S - 57° 05' 03.6" O (UFMT 1391). UHE foz do Apiacas, Apiacas, Mato Grosso, 9° 25' 43.00" S - 57° 7' 29.50" O; 9° 19' 36.2" S - 57° 05' 09.4" O (UFMT 1392, 1394, 1395). Teles Pires, Paranaita, Mato Grosso, 09° 29' 07.0" S - 56° 28' 20.7" O; 09° 29' 40.4" S - 56° 28' 20.4" O; 09° 25' 34.4" S - 56° 33' 53.0" O; 09° 33' 29.4" S - 56° 45' 11.5" O; 09° 34' 24.0" S - 56° 42' 29.9" O; 09° 34' 55.0" S - 56° 42' 39.5" O; 09° 19' 06.5" S - 56° 46' 53.5" O; 09° 19' 33.3" S - 56° 47' 09.6" O; 09° 33' 57.3" S - 56° 46' 08.4" O; 09° 35' 26.5" S - 56° 42' 47.9" O (UFMT 1433, 1435, 1436, 1438, 1439, 1441, 1445, 1446, 1490, 1503, 1504, 1505, 1507).

Apéndice 2

Gacetilla de localidades conocidas para los taxones del grupo de especies de *Marmosops parvidens*. Los números corresponden con los registros mostrados en la Figura 1. En cada registro se señala la fuente de la información.

Marmosops ojastii sp. nov.

1. Pico Guacamaya (localidad tipo), Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, Venezuela, 10° 21' N - 67° 40' O, 1,850 m. Incluye: Rancho Grande 10° 21' N - 67° 41' O, 1,100 m., y La Trilla, 10° 24' N - 67° 45' O, 50 m. (En este estudio).

2. Sector Buenos Aires, Monumento Natural Pico Codazzi, Estado Aragua, Venezuela, 10° 25' N - 67° 21' O, 1,445 m. (En este estudio).

3. Campamento La Trampita, Uribante - Caparo, Estado Táchira, Venezuela, 7° 50' N - 71° 57' O, 1,400 m. (En este estudio).

Marmosops pinheiroi

4. Boca del río Nichare, Cuenca del río Caura, Estado Bolívar, Venezuela, 6° 21' N - 64° 52' O (En este estudio).

5. Río Atapere, Cuenca alta del río Cucurital, Parque Nacional Canaima, Estado Bolívar, Venezuela, 05° 45' N - 62° 32' O (En este estudio).

6. Auyán-tepui, Parque Nacional Canaima, Estado Bolívar, Venezuela, 5° 55' N - 62° 32' O (Voss et al. 2013).

7. Parque Nacional Canaima, 6.9 Km NE Kavanayen 1,178 m., Estado Bolívar, Venezuela, 5° 38' N - 61° 43' O (En este estudio).

8. Amapá, Serra do Navio (localidad tipo), Brasil, 0° 59' N - 52° 03' O (Voss et al. 2013).

9. Pará, 52 km SSW Altamira, Brasil, 3° 39' S - 52° 22' O (Voss et al. 2013).

10. Pará, Belém, Brasil, 1° 27' S - 48° 29' O (Voss et al. 2013).

11. Pará, Utinga, Brasil, 1° 27' S - 48° 29' O (Voss et al. 2013).

12. Les Nouragues, Guayana Francesa, 4° 05' N - 52° 40' O (Voss et al. 2013).

13. Paracou, near Sinnamary, Guayana Francesa, 5° 17' N - 52° 55' O; (Voss et al. 2013).

14. Potaro - Siparuni, Iwokrama Forest, Canopy Walkway, Guyana, 4° 15' N - 58° 55' O (Voss et al. 2013).

15. Potaro - Siparuni, Iwokrama Forest, Turtle Mountain, 10 km NW Kurupukari, Guyana, 4° 44' N - 58° 43' O (Voss et al. 2013).

16. Potaro - Siparuni, Iwokrama Forest, Kabukalli Landing, Guyana, 4° 17' N - 58° 31' O (Voss et al. 2013).

17. Brokopondo, Finisanti, Saramacca River, Surinam, 5° 08' N - 55° 29' O (Pine 1981; Voss et al. 2013).

18. Nickerie, Sipaliwini Airstrip, Surinam, 2° 02' N - 56° 08' O (Voss et al. 2013).

19. Sipaliwini, Bakhuis Transect, Surinam, 4° 29' N - 57° 02' O (Voss et al. 2013).

Marmosops pakaraimae

20. Caño en Margen derecha del río Cucurital, Parque Nacional Canaima, Estado Bolívar, Venezuela, 06° 02' N - 62° 49' O (En este estudio).

21. Churi-tepui, Parque Nacional Canaima, Estado Bolívar, 5° 13' N - 61° 54' O (Voss et al. 2013).

22. Sierra de Lema, Km 756, 1,374 m., Estado Bolívar, 5° 55' N - 61° 26' O (En este estudio).

23. 85 km SSE El Dorado, Km 121 [= "Km 125"], 05° 58' N - 61° 25' O (En este estudio).

24. Cuyuni - Mazaruni, Mount Roraima, (including "Second Camp and Third Camp") (localidad tipo), Guyana, 5° 17' N - 60° 45' O (Voss *et al.* 2013).

25. Potaro - Siparuni, Mount Ayanganna, First Plateau Camp, Guyana, 5° 20' N - 59° 57' O (Voss *et al.* 2013).

26. Potaro - Siparuni, Mount Wokomung, First Plateau Camp, Guyana, 5° 07' N - 59° 49' O (Voss *et al.* 2013).

Marmosops parvidens

27. Antioquia: Uraba, Villa Arteaga, Colombia, 7° 20' N - 76° 26' O (Pine 1981).

28. Valdivia, 9 km S, Colombia, 7° 11' N - 75° 27' O (Pine 1981).

29. Caldas: Samaná, Río Hondo = Quebrada Honda, Colombia, 5° 42' N - 75° 01' O (Pine 1981).

30. Boyacá: Muzo, 5° 30' N - 74° 10' O, Colombia (Pine 1981).

31. Huila: Acevedo, río Aguas Clara, near S. Adolfo, Colombia, 1° 49' N - 75° 52' O (Pine 1981).

32. Cuzco: Cosñipata, Hacienda Villa Carmen, Perú, 12° 52' S - 71° 15' O (Pine 1981).

33. Brokopondo, Brownsberg Nature Park, Jeep Trail, Surinam, 4° 56' N - 55° 12' O (Voss *et al.* 2013).

34. Zuid River, Kaiserberg Airstrip, Surinam, 3° 10' N - 56° 15' O (Pine 1981).

35. Nickerie, Kayser Gebergte Airstrip, E of Zuid River, Surinam, 3° 07' N - 56° 27' O (Voss *et al.* 2013).

36. Sipaliwini, Bakhuis Transect 13, 4° 33' N - 57° 04' O, Surinam (Voss *et al.* 2013).

37. Demarara-Mahaica, Hyde Park, 30 mi [up the] Demarara River (localidad tipo), 6° 30' N - 58° 16' O (Pine 1981; Voss *et al.* 2013).

38. Upper Takuku - upper Essequibo, Karanombo, 3° 45' N - 59° 18' O (Voss *et al.* 2013).

39. Les Nouragues, Guayana Francesa, 4° 05' N - 52° 40' O (Voss *et al.* 2013).

40. Paracou, near of Sinnamary, Guayana Francesa, 5° 17' N - 52° 55' O (Voss *et al.* 2013).

41. River Arataye, Guayana Francesa, 4° 00' N - 52° 40' O (Voss *et al.* 2013).

42. Saint - Eugène, Guayana Francesa, 4° 51' N - 53° 04' O (Voss *et al.* 2013).

43. Amazonas, Faro, Boca Rio Paratucu, Brasil, 1° 59' N - 56° 58' O (Voss *et al.* 2013).

44. Amazonas, MCSE Reserves, 80 km N Manaus, Brasil, 2° 25' S - 59° 50' O (Voss *et al.* 2013).

45. Pará, Rio Tocantins, Ilha do Taiuna, Brasil, 2° 15' S - 49° 30' O (Voss *et al.* 2013).

Marmosops juninensis

46. Junín, Utcuyacu, between Tarma and Chanchamayo, Province of Junín (localidad tipo), Perú, 11° 12' S - 75° 28' O (Pine 1981; Gardner y Creighton 2008; Voss *et al.* 2004).

47. San Antonio, near to the Pampa Hermosa River, Hermosa district, Satipo province, Junín department, Perú, 11° 25' S, 74° 46' O (Peralta y Pacheco 2014).

Marmosops bishopi

48. Mato Grosso, Cachoeirão Juruena, Sapezal, Brasil, 37° 32' S - 58° 48' O (En este estudio).

49. Mato Grosso, São João da Barra, Juara, Brasil, 10° 21' S - 57° 40' O (En este estudio).

50. Mato Grosso, São João da Barra, Juara, Brasil, 10° 20' S - 57° 40' O (En este estudio).

51. Mato Grosso, São João da Barra, Juara, Brasil, 10° 20' S - 57° 39' O (En este estudio).

52. Mato Grosso, foz do Apiacas, Paranaita, Brasil, 9° 24' S - 57° 05' O (En este estudio).

53. Mato Grosso, foz do Apiacas, Apiacas, Brasil, 9° 26' S - 57° 7' O (En este estudio).

54. Mato Grosso, foz do Apiacas, Apiacas, Brasil, 9° 20' S - 57° 05' O (En este estudio).
55. Mato Grosso, Rio Teles Pires, Paranaita, Brasil, 9° 25' S - 57° 05' O (En este estudio).
56. Mato Grosso, Rio Teles Pires, Paranaita, Brasil, 9° 26' S - 57° 8' O (En este estudio).
57. Mato Grosso, Rio Teles Pires, Paranaita, Brasil, 9° 20' S - 57° 05' O (En este estudio).
58. Mato Grosso, Rio Teles Pires, Paranaita, Brasil, 9° 29' S - 56° 28' O (En este estudio).
59. Mato Grosso, Rio Teles Pires, Paranaita, Brasil, 9° 30' S - 56° 28' O (En este estudio).
60. Mato Grosso, Rio Teles Pires, Paranaita, Brasil, 9° 26' S - 56° 34' O (En este estudio).
61. Mato Grosso, Rio Teles Pires, Paranaita, Brasil, 9° 33' S - 56° 45' O (En este estudio).
62. Mato Grosso, Rio Teles Pires, Paranaita, Brasil, 9° 20' S - 56° 47' O (En este estudio).
63. Mato Grosso, Rio Teles Pires, Paranaita, Brasil, 9° 35' S - 56° 43' O (En este estudio).
64. Beni, 1 Km E La Embocada, estancia La Cabaña, Bolivia, 15° 03' S - 66° 58' O (Voss et al. 2004).
65. Cochabamba, Cordillera de Mosetones, Bolivia, 16° 14' S - 66° 25' O (Voss et al. 2004).
66. La Paz, Iturraldi, alto río Madidi [= "Moira camp" or "Moire" in Iturralde province, Bolivia, 13° 35' S - 68° 46' O (Voss et al. 2004).
67. La Paz, La Reserva, Bolivia, 15° 43' S - 67° 31' O (Voss et al. 2004).
68. Santa Cruz, El Refugio, Parque Nacional Noel Kempff Mercado, Bolivia, 14° 46' S - 61° 02' O (Voss et al. 2004).
69. Santa Cruz, San Rafael de Amboró, Bolivia, 17° 36' S - 63° 36' O (Voss et al. 2004).
70. Departamento Amazonas, Leticia, Vereda Peña Roja, Colombia, 0° 41.3' S - 72° 08' O (Díaz-N. 2012).
71. Loreto, Jenaro Herrera, Requena, Perú, 4° 54' S - 73° 40' O (Díaz 2014).
72. 2.9 Km E del Km 28.8 de la carretera Iquitos-Nauta (caserío Palo Seco), Perú, -3.99581667 -73.40598333 (Díaz 2014).
73. Camino a El Paujil, 1.8 Km al O del Km 35 de la carretera Iquitos - Nauta, Perú, -4.02028333 -73.44645 (Díaz 2014).
74. Paujil 0 Km 37.45 de la carretera Iquitos - Nauta, Perú, -4.05878333, -73.44225 (Díaz 2014).
75. Peña Negra, 600 m., al O del Km 10 de la carretera Iquitos - Nauta, Perú, -3.87326667, -73.33555 (Díaz 2014).
76. San Lucas, 0 Km de la carretera Iquitos - Nauta, Perú, -4.10411667, -73.46318333 (Díaz 2014).
77. Varillal, 2 Km O del Km 13.6 de la carretera Iquitos - Nauta, Perú, -3.88003333, -73.36685 (Díaz 2014).
78. caserío del río Tapiche, Perú, -5.49209444, -73.85191389 (Díaz 2014).
79. Estación Biológica Allpahuayo, Perú, -3.94466389, -73.60375278 (Díaz 2014).
80. Mato Grosso, 264 Km N (by road), Xavantina, Serra do Roncador (localidad tipo), Brasil, 12° 51' S - 51° 46' O (Pine 1981; Voss et al. 2004; Gardner y Creighton 2008).

Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México

Rodrigo García-Morales¹, Elías José Gordillo-Chávez^{2*}, Juan de Dios Valdez-Leal² y Coral Jazvel Pacheco-Figueroa²

Introduction: In the last 50 years Tabasco has changed significantly its original vegetation; most of them were converted to pastureland and croplands. These changes have been threatening biodiversity. In response to this problem, system states of protected natural area was created, with the main goal of the conservation of natural systems and save guard the ecosystem. In fact the knowledge about bats in Tabasco is poor and its importance is not known in protected natural areas. This study is to identify and quantify the richness of bats species in each of the protected natural areas in Tabasco.

Methods: The data of the presence of bat species were obtained through the research of literature studies of bats in different protected areas of the state of Tabasco and fieldwork. The literature research was performed in national and international articles. The field surveys were conducted during the period between January 2006 and December 2010. Every natural protected area was sampled one time by three consecutive nights. The bats capture was done through six mist nets.

Results: We registered six families, 35 gender and 55 bat species in eight natural protected areas. The family Phyllostomidae is the one who had the highest number of species (37) and the frugivore e insectivore were the most diversity trophic guild. We recorded 13 bat species that have some categories of protection in the NOM-059-SEMARNAT-2010. The most complementarity sites in natural protected areas were between Parque Estatal Agua Blanca and Reserva Ecológica Río Playa. The state park Agua Blanca and La Sierra are the natural areas with the highest richness in species, this shows the importance of the natural protected area in the conservation of bats.

Discussion and Conclusions: The seven protected natural areas studied harbors 90 % of bat species recorded in the state, most of them in State Parks possibly the most studied ones. Although none is endangered, high percentage are species that live in large continuous forest or forest fragments and are sensitive to changes in coverage of natural vegetation. The diversity of bats reported in this study, is result to the different habitats that are represented in the different protected natural areas. This situation shows the importance of the maintaining of the different habitat types for the conservation of bat diversity in the state. We recommend systematic studies within and outside of protected areas such as inventories, studies on biology and ecology of bats.

Key words: Chiroptera, Complementarity, inventory, Phyllostomidae, State Park

Resumen

En los últimos 50 años, Tabasco ha experimentado una disminución drástica en su vegetación original, transformándose en pastizales con fines ganaderos y terrenos agrícolas, amenazando de esta manera la biodiversidad del estado. En respuesta a ello se creó en sistema estatal de áreas naturales protegidas de Tabasco con el objetivo de proteger

¹Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, Calle del Centenario del Instituto Juárez, S/N. Col. Reforma, C.P. 86080. Villahermosa, Tabasco., Tel. +52 (993) 31 50 61 12 ext: 115. E-mail: r.garciamorales83@gmail.com (RGM)

²División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Dirección para correspondencia: Km 0.5 Carr. Villahermosa-Cárdenas entronque Bosques de Saloya, Villahermosa 86040, Tabasco, México. E-mail: elias.gordillo@yahoo.com.mx (EJGC), pachecoral@yahoo.com.mx (CJPF), jdvaldezleal@yahoo.com.mx (JDVL).

*Corresponding author

la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta nos brinda. Los murciélagos son un grupo abundante y muy diverso, que refleja su diversidad en la variedad de servicios ecosistémicos que desempeña. Actualmente el conocimiento sobre la diversidad de murciélagos en las áreas naturales protegidas de Tabasco es pobre. En este estudio se identifica y cuantifica la riqueza de murciélagos en las diferentes áreas protegidas del estado. Los datos de la presencia de las especies de murciélagos se obtuvieron mediante una búsqueda bibliográfica de estudios realizados con murciélagos en las distintas áreas naturales protegidas del estado, así como de trabajo de campo. Se registró un total de seis familias, 35 géneros y 54 especies de murciélagos. La familia Phyllostomidae fue la que presentó mayor riqueza de especies y los frugívoros e insectívoros fueron los gremios mejor representados. Registramos 13 especies con alguna categoría de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. La mayor complementariedad entre áreas naturales protegidas se registra entre el Parque Estatal de Agua Blanca y la Reserva Ecológica Río Playa. Recomendamos realizar estudios sistemáticos dentro y fuera de las áreas protegidas, como son inventarios y estudios sobre biología y ecología de los murciélagos.

Palabras clave: Chiroptera, Complementariedad, inventario, Parque Estatal, Phyllostomidae

Introducción

El estado de Tabasco ha sufrido una degradación ambiental drástica. Durante los últimos 50 años ha experimentado políticas de desarrollo que lo llevaron a sustituir la vegetación original (selva perennifolia) por zonas de uso agropecuario. La implementación del Plan Chontalpa (agrícola) y el Plan Balancan-Tenosique (ganadero) desencadenó un acelerado proceso de deforestación que ha provocado la pérdida de más del 95 % de la cobertura vegetal original del estado (Tudela 1990; Zavala y Castillo 2002). Además, la industria petrolera de gran auge a partir de los años 70s en el estado ha provocado un deterioro en la calidad del agua, suelo y aire debido a que los residuos generados no tienen un control y manejo adecuados (Sánchez y Barba 2005).

Debido al desarrollo económico del estado muchas especies de plantas y animales han desaparecido o se encuentran amenazadas. Ante esta situación, la conservación de los recursos naturales del estado adquiere cada vez mayor importancia. Como respuesta a esta necesidad se creó el sistema de áreas naturales protegidas del estado de Tabasco (SANPET) cuyos objetivos son la conservación de los ecosistemas naturales y el mantenimiento de los bienes y servicios que estos ofrecen (SEDESPA 2002). Mediante este instrumento de conservación se han decretado 11 áreas naturales protegidas de jurisdicción estatal y dos federales las cuales protegen alrededor del 15 % del territorio tabasqueño (SEDESPA 2002), buscando con ello garantizar la conservación de ecosistemas con alto valor ecológico, biológico, genético y paisajístico.

Los murciélagos son un grupo abundante y muy diverso, principalmente en las regiones tropicales, donde llegan a representar localmente hasta el 50 % de las especies de mamíferos (Patterson *et al.* 2003). Su gran diversidad se refleja en la variedad de servicios ecosistémicos que desempeñan. Los murciélagos insectívoros contribuyen al control de las poblaciones de insectos naturales (Kalka *et al.* 2008), algunos de los cuales pueden

ser plagas de los cultivos (Kunz *et al.* 2011); los murciélagos frugívoros son dispersores de semillas de especies pioneras y de vegetación secundaria que favorecen la regeneración de la vegetación después de algún disturbio natural o antropogénico (García-Morales *et al.* 2012); y las especies nectarívoras son importantes polinizadores de varias plantas con flores, algunas de las cuales son de interés económico para el hombre (Kunz *et al.* 2011).

En México, la riqueza de murciélagos está constituida por 138 especies, las cuales representan la cuarta parte de los mamíferos del país (Ceballos y Arroyo-Cabrales 2012). En el caso particular del estado de Tabasco se tienen registradas 60 especies (Sánchez-Hernández *et al.* 2005). A pesar de esta gran diversidad y su valor ecológico se conoce muy poco sobre los patrones de riqueza de este grupo, particularmente se desconoce el papel que juegan las áreas naturales protegidas (ANPs) en la conservación de los murciélagos en Tabasco (Bello-Gutiérrez 2004). El objetivo principal del presente estudio es identificar y cuantificar la riqueza de especies de murciélagos dentro de cada una de las áreas naturales protegidas del estado, mediante la revisión de la literatura disponible y la obtención de datos complementarios en campo. Lo anterior permitirá en primera instancia actualizar el inventario de las especies de murciélagos registradas en cada ANP, además de establecer las bases para elaborar programas de investigación y conservación de este grupo de mamíferos en el estado.

Material y Métodos

El estado de Tabasco se localiza en región sureste de México, representando el 1.3 % de la superficie total del país (Figura 1). La fisiografía estatal está conformada por dos provincias: la Llanura Costera del Golfo Sur y la provincia de las Sierras de Chiapas y Guatemala. La primera es de origen aluvial con una altura máxima de 30 m., ocupa el 94 % del territorio estatal, mientras que la segunda ocupa el 6 % restante. El 95.5 % de la superficie del estado presenta un clima cálido húmedo, el restante 4.5 % es clima cálido sub-húmedo hacia la parte este del estado. La temperatura media anual en la entidad es de 27 °C, la temperatura máxima promedio es de 36 °C y se presenta en el mes de mayo y la temperatura mínima promedio es de 18.5 °C durante el mes de enero. La precipitación media estatal es de 2,550 mm anuales, las lluvias se presentan todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre (INEGI 2003). Este clima favorece la presencia de varios tipos de vegetación como selva alta y mediana perennifolia, vegetación ribereña, sabana, manglares, pastizales inducidos y agrosistemas (INEGI 2003). Actualmente la vegetación natural se encuentra fragmentada a consecuencia de las actividades productivas como la ganadería, agricultura y la explotación petrolera (Pérez *et al.* 2005).

Con respecto a las ANPs, el estado cuenta con 13 reservas que protegen 376,000 hectáreas del estado (Figura 1). El SANPET incluye las categorías de Reserva de la Biosfera (1), Zona de Protección de Flora y Fauna (1) Parque Estatal (2), Reserva Ecológica (6), Parques Ecológicos (1), Monumentos Naturales (1) y Centros de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza (1) (Figura 1; SEDESPA 2002).

Revisión de literatura. La obtención de los registros bibliográficos para el estado se realizó mediante una búsqueda intensiva de estudios realizados con murciélagos en las distintas áreas naturales protegidas del estado de Tabasco. Dicha búsqueda se realizó de revistas de circulación nacional e internacional incluidas en la base de datos de JStor, SpringerLink, Science Direct y Google Académico. Sólo se consideraron estudios que fueron realizados

posteriores a la fecha de declaratoria como área natural protegida, con la finalidad de valorar con mayor objetividad la importancia que cada ANP para la conservación de los murciélagos del estado. Para la búsqueda en internet se incluyeron palabras claves como "mamíferos", "murciélagos", "Tabasco", "inventarios" y "áreas naturales protegidas". Estas palabras fueron escritas en español e inglés. Adicionalmente se consultó la base de datos de la Biblioteca "Dr. Juan José Beauregard Cruz" de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, con la finalidad de obtener información. Los estudios encontrados incluyeron cuatro artículos científicos: Castro-Luna (1999), Guzmán y Bello (2006), Castro-Luna *et al.* (2007) y García-Morales *et al.* (2011); dos tesis de licenciatura: De la Cruz (2005) y García-Morales (2008); una tesina: Sosa (2003); y un libro: Sánchez-Hernández y Romero-Almaraz (1995).

Trabajo de campo. Los muestreos de campo se realizaron durante el periodo comprendido entre enero del 2006 y diciembre de 2010. Las áreas naturales protegidas en donde se realizaron los muestreos son: Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Zona de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta, Parque Estatal la Sierra, Parque Estatal Agua Blanca, Reserva Ecológica Cascadas de Reforma, Río Playa y Yu-Balcah. Cada ANP se visitó en una ocasión con un esfuerzo de muestreo de 540 mts²/red/hrs. Los murciélagos se capturaron en cada sitio mediante el empleo de seis redes de niebla de 12 mts de largo x 2.5 mts de altura, las cuales permanecieron abiertas por un periodo de 5 hrs a partir del anochecer (aproximadamente 18:30 h). La identificación de las especies se realizó mediante la clave de campo de Medellín *et al.* (2008). De manera general la nomenclatura taxonómica de las especies se basó en la propuesta de Ramírez-Pulido *et al.* (2014).

Los gremios tróficos fueron determinados a partir de la literatura (Ceballos y Navarro 1991; Kalko y Hadley 2001; Giannini y Kalko 2004). Los datos sobre las categorías de riesgo en las que se encuentran las especies a nivel nacional están basados en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). Las categorías de cada ANP fueron tomadas del SANPET (2002).

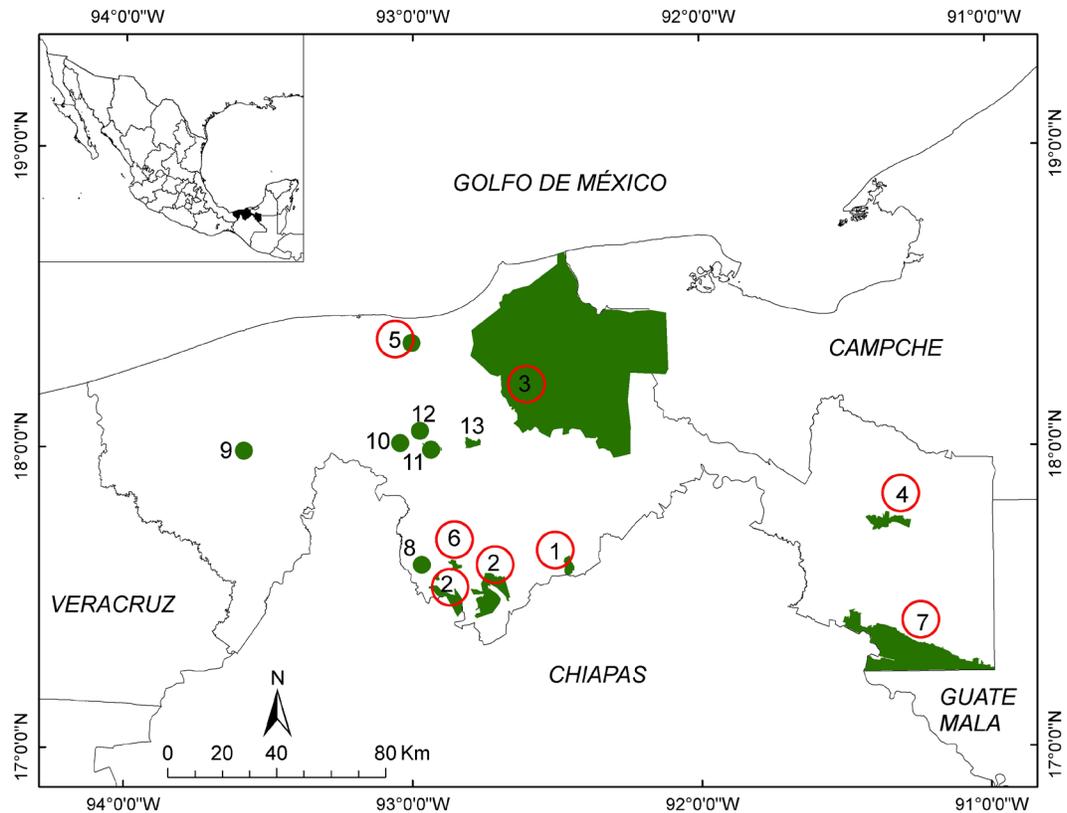
Con la información obtenida se elaboró una base de datos que consistió en los siguientes campos: 1) especie registrada, 2) gremio trófico de acuerdo a la revisión de la literatura para cada una de las especies, 3) categoría de protección de cada especie y 4) categoría del área natural protegida donde se registro la especie. Con esta base de datos se determinó la riqueza y el porcentaje de gremios tróficos de las especies de murciélagos para cada una de las ANPs estudiadas. Para medir la complementariedad en la composición de especies entre las distintas ANPs se calculó el índice de Colwell y Coddington (1994), el cual se expresa en porcentaje y varía desde cero cuando ambos sitios son idénticos hasta 100 cuando ambos sitios son completamente distintos. Finalmente, se determinó el grado de importancia para la conservación de los murciélagos de cada una de las ANPs con base al número de especies registradas que se encuentre dentro de alguna categoría de protección.

Resultados

De la revisión bibliográfica se obtuvieron siete fuentes que abarcan un periodo de 16 años (1995-2011) durante los cuales se han registrado 49 especies de murciélagos. Del trabajo de campo se capturaron 30 especies y 391 individuos. De ambas fuentes se obtuvo un total de seis familias, 35 géneros y 55 especies de murciélagos registradas en ocho áreas naturales protegidas del estado de Tabasco, quedando sin evaluar por falta de información

las ANPs Laguna El Camarón, Laguna de las Ilusiones, La Chontalpa, Laguna La Lima y Centro de interpretación y Convivencia con la Naturaleza YUMKA' (Tabla 1). Las familias mejor representadas en número de especies son Phyllostomidae y Vespertilionidae con 37 y siete especies respectivamente, mientras que las menos representadas son las familias Natalidae y Noctilionidae con una sola especie (Tabla 1). Los géneros más diversos son *Pteronotus* y *Myotis*, ambos con cuatro especies (Tabla 1). Las áreas naturales protegidas en donde se llevaron a cabo las investigaciones se encuentran dentro de cinco categorías: Reserva de la Biosfera (Pantanos de Centla), Zona de Protección de Flora y Fauna (Cañón del Usumacinta), Parque Estatal (Agua Blanca y La Sierra), Reserva Ecológica (Cascadas de Reforma, Río Playa y Yu-Balcah) y Monumento Natural (Grutas de Coconá).

Figura 1. Ubicación geográfica y áreas naturales protegidas decretadas del estado de Tabasco. 1 = Parque Estatal Agua Blanca, 2 = Parque Estatal La Sierra, 3 = Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, 4 = Reserva Ecológica Cascadas de Reforma, 5 = Reserva Ecológica Río Playa, 6 = Reserva Ecológica Yu-Balcah, 7 = Zona de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta, 8 = Monumento Natural Grutas de Coconá, 9 = Parque Ecológico La Chontalpa, 10 = Parque Ecológico Laguna La Lima, 11 = Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones, 12 = Parque Ecológico Laguna el Camarón, 13 = Centro de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza Yumka'. Los círculos en rojo representan las ANPs muestreadas durante el trabajo de campo.



Riqueza y especies con criterio de protección en las áreas naturales protegidas. El Parque Estatal de Agua Blanca y el Parque Estatal La Sierra son las ANPs en donde se tiene la mayor riqueza de especies con 38 y 34 respectivamente, mientras que la Reserva Ecológica Río Playa es el área protegida con el menor número de especies registradas (7; Figura 2). Se encontraron un total de 14 especies de murciélagos con algún criterio de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Figura 2) 10 de las cuales se ubicaron en la categoría de Amenazada (A) y cuatro en la categoría de especie Sujeta a Protección Especial (Pr; Tabla 1). El Parque Estatal de Agua Blanca es el área con el mayor número de especies protegidas (11 especies; Figura 2). La reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y el Monumento Natural Grutas de Coconá registraron el menor número de especies protegidas con dos y una especie respectivamente (Figura 2). Del total de especies con algún criterio de protección tres solo se han registrado en el Parque Estatal Agua Blanca (*Chrotopterus auritus*, *Micronycteris schmidtorum* y *Pteronotus gymnotus*) todas ellas con

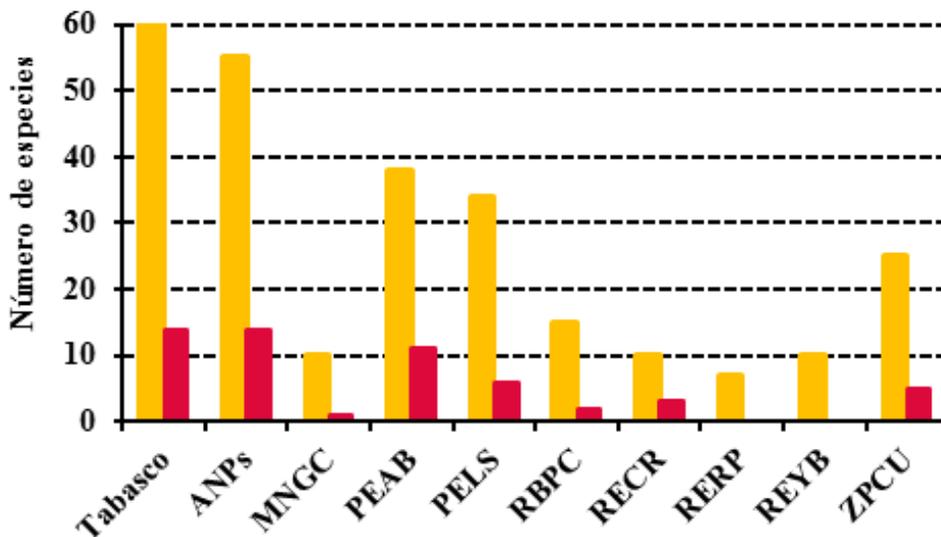
Familia	Especie	Estado de conservación	Gremio trófico	Reserva
Emballonuridae	<i>Balantiopteryx io</i>		la	7
	<i>Rhynchonycteris naso</i>	Protección especial	la	3,4
	<i>Peropteryx macrotis</i>		la	2
	<i>Peropteryx kappleri</i>	Protección especial	la	8
Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>		la	1
	<i>Pteronotus davyi</i>		la	1,7
	<i>Pteronotus gymnonotus</i>	Amenazada	la	1
	<i>Pteronotus parnellii</i>		la	1,2,6,7
	<i>Pteronotus personatus</i>		la	1,2
Natalidae	<i>Natalus stramineus</i>		la	1,2
Noctilionidae	<i>Noctilio leporinus</i>		Pi	1,3,5
Phyllostomidae	<i>Anoura geoffroyi</i>		Ne	2
	<i>Artibeus jamaicensis</i>		Fr	1,2,3,5,6,7
	<i>Artibeus lituratus</i>		Fr	1,2,3,4,5,6,7
	<i>Carollia perspicillata</i>		Fr	1,2,4,6,7
	<i>Carollia sowelli</i>		Fr	1,2,6,7
	<i>Carollia subrufa</i>		Fr	2
	<i>Centurio senex</i>		Fr	1,2,7
	<i>Chiroderma salvini</i>		Fr	1,2
	<i>Chiroderma villosum</i>		Fr	1
	<i>Choeroniscus godmani</i>		Ne	2,7
	<i>Chrotopterus auritus</i>	Amenazada	Ca	1
	<i>Dermanura phaeotis</i>		Fr	1,2,3,4,6,7
	<i>Dermanura tolteca</i>		Fr	1,2
	<i>Dermanura watsoni</i>	Protección especial	Fr	1,2,4,7
	<i>Desmodus rotundus</i>		He	1,2,3,7
	<i>Diphylla ecaudata</i>		He	3
	<i>Glyphonycteris silvestris</i>		Is	3
	<i>Glossophaga commissarisi</i>		Ne	2,7
	<i>Glossophaga morenoi</i>		Ne	1
	<i>Glossophaga soricina</i>		Ne	1,2,3,6,7
	<i>Hylonycteris underwoodi</i>		Ne	1,2
	<i>Lamproncycteris brachyotis</i>	Amenazada	Is	1,7
	<i>Lonchorhina aurita</i>	Amenazada	Is	1,2
	<i>Lophostoma brasiliense</i>	Amenazada	Is	1,2
	<i>Lophostoma evotis</i>	Amenazada	Is	1,2,3
	<i>Micronycteris microtis</i>		Is	1,2,3
	<i>Micronycteris schmidtorum</i>	Amenazada	Is	1
	<i>Micronycteris silvestris</i>		Is	7
	<i>Mimon cozumelae</i>	Amenazada	Is	1,2,7
	<i>Mimon crenulatum</i>	Amenazada	Is	1,7
<i>Phyllostomus discolor</i>		Om	1	
<i>Platyrrhinus helleri</i>		Fr	1,2,4,5,6,7	
<i>Sturnira parvidens</i>		Fr	1,2,3,4,5,6,7	
<i>Sturnira hondurensis</i>		Fr	2,5,6,7	
<i>Trachops cirrhosus</i>	Amenazada	Ca	1,2,4	
<i>Uroderma bilobatum</i>		Fr	1,2,3,7	
<i>Vampyressa thyone</i>		Fr	1,2,3	
Vespertilionidae	<i>Bauerus dubiaquercus</i>		la	2
	<i>Eptesicus furinalis</i>		la	3
	<i>Myotis californicus</i>		la	1
	<i>Myotis carteri</i>	Protección especial	la	4
	<i>Myotis keaysi</i>		la	1,2,4,7
	<i>Myotis nigricans</i>		la	2,7
	<i>Rhogeessa tumida</i>		la	5

Tabla 1. Riqueza de especies, gremios tróficos y estado de conservación de las especies del orden Chiroptera presentes en las áreas naturales protegidas del estado de Tabasco, México. El estado de conservación fue de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Ca = carnívoro, Fr = frugívoro, He = hematófago, la = insectívoro aéreo, Is = insectívoro sustrato, Ne = nectarívoro, Om = omnívoro, Pi = piscívoro. 1 = Parque Estatal Agua Blanca, 2 = Parque Estatal La Sierra, 3 = Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, 4 = Reserva Ecológica Cascadas de Reforma, 5 = Reserva Ecológica Río Playa, 6 = Reserva Ecológica Yu-Balcah, 7 = Zona de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta, 8 = Monumento Natural Grutas de Coconá.

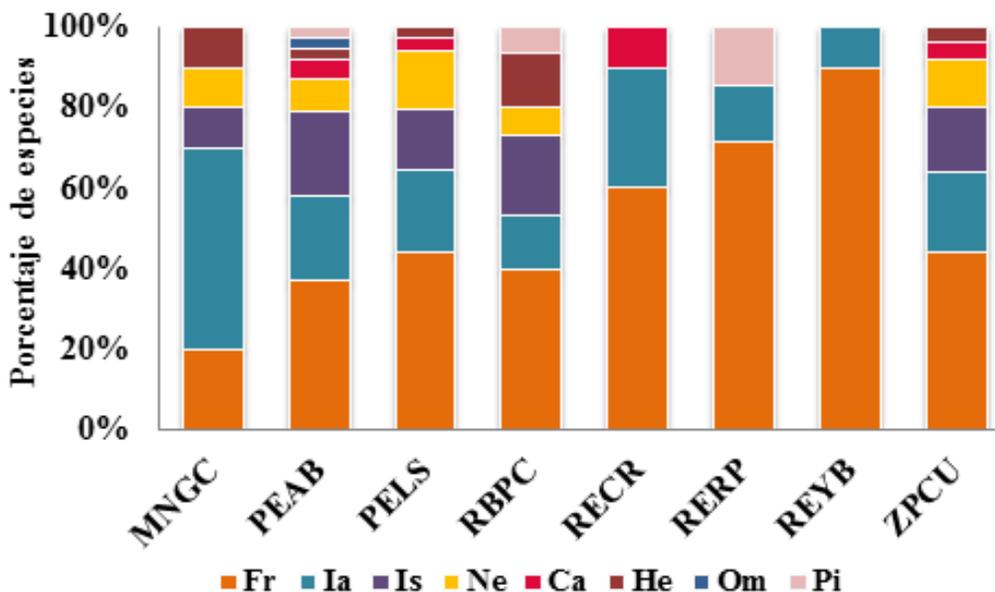
categoría de Amenazada (A) y solo una en el Monumento Natural Grutas de Coconá (*Peropteryx kappleri*) en la categoría de Sujeta a Protección Especial.

Figura 2. Número de especies de murciélagos registradas (barras amarillas) y con criterio de protección (barras rojas) para el estado, en total y para cada una de las áreas naturales protegidas de estudio en Tabasco. PEAB = Parque Estatal Agua Blanca, PELS = Parque Estatal La Sierra, RBPC = Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, RECR = Reserva Ecológica Cascadas de Reforma, RERP = Reserva Ecológica Río Playa, REYB = Reserva Ecológica Yu-Balcah, ZPCU = Zona de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta, MNGC = Monumento Natural Grutas de Coconá.



Gremios tróficos. De acuerdo a la forma de alimentación, los gremios insectívoro y frugívoro agrupan el mayor porcentaje de especies con un 49.1 % y 30.9% respectivamente. Dentro de los insectívoros un 30.1 % son insectívoros aéreos y un 18.9 % son insectívoros de sustrato. Los nectarívoros representan un 9.0 % de las especies, seguido de los gremios hematófago y carnívoro por un 4.0 % y finalmente los omnívoros y piscívoros representados por un 2 % del total de las especies. En el Parque Estatal Agua Blanca se registraron los ocho gremios (Figura 3), mientras que en la Reserva Ecológica de Yu-Balcah solo se registraron dos gremios (Figura 3). En seis de las ocho ANPs evaluadas el gremio frugívoro registra la mayor cantidad de especies. Los gremios menos representados son el omnívoro presente únicamente en el Parque Estatal Agua Blanca y el piscívoro en tres ANPs (Figura 3).

Figura 3. Porcentaje de los diferentes gremios tróficos registrados en cada una de las áreas naturales protegidas estudiadas de Tabasco. PEAB = Parque Estatal Agua Blanca, PELS = Parque Estatal La Sierra, RBPC = Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, RECR = Reserva Ecológica Cascadas de Reforma, RERP = Reserva Ecológica Río Playa, REYB = Reserva Ecológica Yu-Balcah, ZPCU = Zona de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta MNGC = Monumento Natural Grutas de Coconá. Ca= carnívoro, Fr = frugívoro, He= hematófago, Ia = insectívoro o aéreo, Is = insectívoro sustrato, Ne = nectarívoro, Om = omnívoro, Pi = piscívoro.



	MNGC	PEAB	PELS	RBPC	RECR	RERP	REYB	ZPCU
MNGC	–	75	77	80	88	93	75	79
PEAB	(7)	–	42	74	79	88	76	56
PELS	(8)	(26)	–	74	78	86	71	53
RBPC	(4)	(11)	(10)	–	81	78	75	79
RECR	(2)	(8)	(8)	(4)	–	79	67	70
RERP	(1)	(5)	(5)	(4)	(3)	–	58	81
REYB	(4)	(9)	(10)	(5)	(5)	(5)	–	60
ZPCU	(6)	(19)	(20)	(7)	(8)	(5)	(10)	–

PEAB = Parque Estatal Agua Blanca, PELS= Parque Estatal La Sierra, RBPC = Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, RECR= Reserva Ecológica Cascadas de Reforma, RERP= Reserva Ecológica Río Playa, REYB = Reserva Ecológica Yu-Balcah, ZPCU = Zona de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta. Números entre parentesis = especies compartidas.

Tabla 2. Índice de complementariedad y especies compartidas entre las áreas naturales protegidas de Tabasco.

Complementariedad entre áreas naturales protegidas. La mayor complementariedad entre áreas naturales protegidas se registra entre el Monumento Natural Grutas Coconá y la Reserva Ecológica Río Playa con un 93.7 % de disimilitud. La menor completitud en composición de especies son el Parque Estatal de Agua Blanca y Parque Estatal la Sierra (Tabla 2).

Discusión

El presente trabajo es el primero en compilar la información sobre las especies de murciélagos registradas en las diferentes áreas naturales protegidas de Tabasco. De acuerdo con nuestros resultados el sistema de áreas naturales protegidas del estado de Tabasco, resulta un importante instrumento de conservación para este grupo de mamíferos. Las ocho ANPs estudiadas albergan el 83 % de las familias, 85 % de los géneros y el 90 % de las especies de murciélagos registradas en el estado. Además de la alta riqueza de especies, las ANPs también albergan un porcentaje alto de especies con criterios de protección. De las 38 especies protegidas en México, el 33 % (13 especies) de ellas se distribuyen en Tabasco (Sánchez-Hernández *et al.* 2005) y todas ellas han sido registradas en las ANPs, principalmente en los Parques Estatales Agua Blanca y La Sierra. Aunque ninguna está en peligro de extinción, la mayoría de ellas son especies que habitan en selva continua o en grandes fragmentos de selva y son sensibles a cambios en la cobertura de la vegetación natural (Galindo-González 2004; Castro-Luna *et al.* 2007). Por ello el mantenimiento de grandes extensiones de vegetación natural dentro de las ANPs es vital para la conservación de estas especies considerando que fuera de las ANPs los remanentes de vegetación natural extensos son escasos. En el caso de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, el ANP de mayor extensión en el estado, se requieren de más estudios para evaluar su importancia en la conservación de los murciélagos.

La fauna de murciélagos de las ANPs está dominada por la familia Phyllostomidae (74 % de las especies registradas). Esta familia es exclusiva del continente Americano y la de mayor diversidad de especies en las regiones tropicales del continente. Localmente llegan a representar entre el 60 y 70 % de las especies en los ensambles de murciélagos neotropicales (Lim y Engstrom 2005). Se ha demostrado que algunas

especies de la familia Phyllostomidae se benefician de los procesos de fragmentación e incrementan su abundancia cuando la vegetación natural es modificada (Galindo-González 2004). Sin embargo existen otras especies como *Centurio senex*, *Chrotopterus auritus*, *Mimon cozumelae*, *M. crenulatum*, *Trachops cirrosus* y *Vampyressa thuyone* que por sus requerimientos de hábitat tan especializados son sensibles a las modificaciones del hábitat (Galindo-González 2004). Estas especies fueron registradas en las distintas ANPs del estado, de ahí su importancia para la conservación de estos murciélagos.

Se ha demostrado que las redes de niebla están sesgadas hacia la captura de especies pertenecientes a la familia Phyllostomidae (Pech-Canché et al. 2011), por lo que ésta suele estar mejor representada que otras familias en muchos de los estudios realizados en el Neotrópico con este método de captura (Giannini y Kalko 2004). En este trabajo destaca la ausencia de las especies de la familia Molossidae, previamente reportadas para el estado (Sánchez-Hernández et al. 2005). Las especies de la familia Molossidae, suelen estar menos representadas en los estudios que utilizan redes de niebla como método de captura debido a sus hábitos de forrajeo por encima del dosel arbóreo (Pech-Canché et al. 2011).

El gremio trófico dominante es el frugívoro, con el 34 % de las especies registradas. Este patrón ha sido observado en localidades del centro y sur de América (Patterson et al. 2003). Los murciélagos frugívoros son considerados uno de los grupos más efectivos en la dispersión de semillas en regiones tropicales. Las semillas que dispersan los murciélagos son en su mayoría especies pioneras y características de vegetación secundaria como Solanaceae, Piperaceae y Cecropiaceae (García-Morales et al. 2012). Estas especies son claves en los procesos de regeneración de los bosques después de ocurrido un disturbio, ya que son de rápido crecimiento y alta tolerancia a las condiciones ambientales extremas que presentan los espacios deforestados.

De acuerdo al análisis de complementariedad las zonas más similares son Parque Estatal Agua Blanca y Parque Estatal la Sierra (40.4 %) mientras que entre el Monumento Natural Grutas de Coconá y la Reserva Ecológica de Río Playa existe una mayor diferencia en la composición de especies. Esta diferencia puede atribuirse a las diferencias en el tipo de vegetación que existe en ambas ANPs y a las diferencias en el esfuerzo de muestro. En el Monumento Natural Grutas de Coconá la vegetación corresponde a selva mediana perennifolia y en la Reserva Ecológica de Río Playa la vegetación es característica de humedales (SEDESPA 2002). Por otro lado en el Parque Estatal Agua Blanca se registraron dos estudios sistematizados en años distintos, en la Reserva Ecológica Río Playa sólo se tiene un trabajo de campo preliminar de pocos días de duración. La cercanía geográfica y las semejanzas en el tipo de vegetación que existe entre el Parque Estatal La Sierra y Agua Blanca podría ser una de las causas por la cual estas dos reservas presentan una similitud en la composición de especies en comparación con las demás ANPs (Pineda et al. 2005, Montiel et al. 2006).

Con base en los resultados obtenidos proponemos las siguientes recomendaciones: 1) Incrementar los estudios sobre murciélagos en las demás ANPs decretadas, ya que algunas no cuentan con estudios de esta índole y no se conoce con certeza el papel que tienen en la conservación de los quirópteros en el estado; los estudios deben realizarse bajo un esquema metodológico que permita realizar comparaciones en estudios posteriores. 2) Se recomienda el empleo de otras técnicas de captura de murciélagos como redes

de dosel y trampas arpas, así como el empleo de equipos de detección de ultrasonidos para caracterizar de manera más eficiente la comunidad de murciélagos en las ANPs en estudios futuros. 3) Es necesario la realización de estudios ecológicos y biológicos, tales como de reproducción, alimentación, conductuales, uso y preferencia de hábitas, tipos de refugios, papel en la trasmisión de enfermedades emergentes, estado de conservación de las especies y su hábitat. 4) Se recomienda la realización de estudios a largo plazo sobre las dinámicas poblacionales de las especies de murciélagos, sobre todo aquellas que se encuentran dentro de algún criterio de protección. 5) Se propone la evaluación de la quiróptero fauna en las áreas de interés para la gestión de corredores biológicos establecidos por la CONABIO (CAT-CGCRB 2012) para evaluar la conectividad entre las ANPs y el potencial flujo de individuos entre las diferentes poblaciones de murciélagos.

Agradecimientos

El presente trabajo está dedicado a la memoria de J. Bello Gutiérrez (1968-2011) quien fuera un precursor en la conservación de los mamíferos del estado de Tabasco e impulsor en la pasión por la investigación en el manejo y conservación de los dos primeros autores del presente artículo, además de un gran amigo y colaborador. Al Proyecto determinación de la conectividad de fragmentos de vegetación identificados como corredores biológicos en el estado de Tabasco. Clave: TAB-2009 C161277 por el financiamiento para el trabajo de campo.

Literatura citada

- BELLO-GUTIÉRREZ, J.** 2004. Mamíferos del estado de Tabasco: Diversidad y especies amenazadas. *Kuxulkab Revista de Divulgación* 9:5–9.
- CASTRO-LUNA, A. A.** 1999. Composición y abundancia de la comunidad de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del Parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco *Universidad y Ciencia* 15:57–68.
- CASTRO-LUNA, A. A., V. J. SOSA, Y G. CASTILLO-CAMPOS.** 2007. Bat diversity and abundance associated with the degrees of secondary succession in a tropical forest mosaic in south-eastern Mexico. *Animal Conservation* 10:219–228.
- CEBALLOS, G., Y D. NAVARRO.** 1991. Diversity and conservation of American Mammals. Pp. 167-198 en *Latin American mammalogy: History, Biodiversity and Conservation.* (M. A. Mares, y D. J. Schmidly, eds.). University of Oklahoma, Press. Norman, EE.UU.
- COLWELL, R. K., Y J. A. CODDINGTON.** 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 345:101–118.
- DE LA CRUZ, F. K. H.** 2005. Mamíferos en áreas forestales con diferentes historias de incendios en Boca del Cerro, Tenosique, Tabasco. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- 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* 20:239–243.
- GARCÍA-MORALES, R.** 2008. Diversidad alfa, beta y gamma de murciélagos en el Parque Estatal la Sierra, Tabasco. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, México.

- GARCÍA-MORALES, R., C.E., Y J. BELLO GUTIÉRREZ.** 2011. Renovando las medidas para evaluar la diversidad en comunidades ecológicas: el número de especies efectivas de murciélagos en el sureste de Tabasco, México. *Therya* 2:205–215.
- GARCÍA-MORALES, R., L. CHAPA-VARGAS., J. GALINDO-GONZÁLEZ, Y E.I. BADANO.** 2012. Seed dispersal among three different vegetation communities in the Huasteca region, Mexico, analyzed from bat feces. *Acta Chiropterologica* 14:357–367.
- GIANNINI, N.P., Y K.V. KALKO.** 2004. Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. *Oikos* 105:209–220.
- GUZMÁN AGUIRRE, C. C., Y J. BELLO-GUTIÉRREZ.** 2006. Mamíferos de Boca del Cerro Tenosique, Tabasco, México. *Kuxulkab Revista de Divulgación* 11:75–84.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).** 2003. Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco, anexo cartográfico. Editorial Instituto Nacional Estadística, Geografía e Informática. Ciudad de México, México.
- KALKA, M. B., A. R. SMITH, Y E. K. V. KALKO.** 2008. Bats limits arthropods and herbivory in a tropical forest. *Science* 320:71.
- KALKO, E., Y C. O. HANDLEY JR.** 2001. Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure, and implications for conservation. *Plant Ecology* 153: 319–333.
- KUNZ, T. H., E. BRAUN DE TORREZ, D. BAUER, T. LOBOVA, Y T. H. FLEMING.** 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223:1–38
- LIM, B. K., Y M. D. ENGSTROM.** 2005. Mammals of Iwokrama forest. *Proceedings of the Academy of Natural Science of Philadelphia* 154:71–108.
- MEDELLÍN, R., H. T. ARITA, Y O. SÁNCHEZ.** 2008. Identificación de los murciélagos de México, Clave de campo, 2da edición. Instituto de Ecología Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- MONTIEL, S., A. ESTRADA., Y P. LEÓN.** 2006. Bat assemblajes in a naturally fragmented ecosystem in the Yucatan Peninsula, México: species richness, diversity and spatio-temporal dynamisms. *Journal of tropical Ecology*, 22:267-276.
- PATTERSON, B. D., M. R. WILLIG, Y R. D. STEVENS.** 2003. Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. Pp. 536–579 en *Ecology of bats* (Kunz T. H., y M. B. Fenton, eds.). University of Chicago. Chicago, EE.UU.
- PECH-CANCHE, J. M., E. ESTRELLA., D. L. LÓPEZ-CASTILLO., S. F. HERNÁNDEZ-BETANCOURT, Y C. E. MORENO.** 2011. Complementarity and efficiency of bat capture methods in a lowland tropical dry forest of Yucatán, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:896–903.
- PÉREZ, L.A., M. SOUSA., A.M. HANAN., F. CHIANG, Y P. TENORIO.** 2005. Vegetación Terrestre. Pp. 65–110 en *Biodiversidad del Estado de Tabasco* (J. Bueno., F. Álvarez, y S. Santiago eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México–Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- PINEDA, E., C. MORENO., F. ESCOBAR, Y G. HALFTER.** 2005. Frog, Bat and dung beetle diversity in the cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, México. *Conservation Biology* 19:400-410.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., J. ARROYO-CABRALES, Y A. CASTRO-CAMPILLO.** 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 21:21–85.

- RAMIREZ-PULIDO, J., N. GONZALEZ-RUIZ., A.L GARDNER., Y J. ARROYO-CABRALES.** 2014. List of recent land mammals of Mexico, 2014. Special Publications of the Museum of Texas Tech University 63:1-69.
- SÁNCHEZ, A. J., Y E. BARBA.** 2005. Biodiversidad de Tabasco. Pp. 1–16 en Biodiversidad del Estado de Tabasco (Bueno. J., F. Álvarez, y S. Santiago eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México– Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- SÁNCHEZ-HERNANDEZ, C., Y M. DE L. ROMERO-ALMARAZ.** 1995. Murciélagos de Tabasco y Campeche una propuesta para su conservación. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, C., M. DE L. ROMERO-ALMARAZ, Y C. GARCÍA ESTRADA.** 2005. Mamíferos. Pp. 283–304 en Biodiversidad del Estado de Tabasco (Bueno. J. , F. Álvarez, y S. Santiago eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México– Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- SEDESPA** (Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente). 2002. Áreas naturales protegidas del Estado de Tabasco. SEDESPA y Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, México.
- SEMARNAT** (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 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, 30 de diciembre de 2010.
- SOSA, L. M. A.** 2003. Estudio preliminar de la Quiróptero fauna de los Tintales de reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México: “Estructura y Hábitos alimentarios”. Tesis Profesional. Licenciatura en Biología. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, México
- TUDELA, F.** 1990. Recursos naturales y sociedad en el trópico húmedo. Pp. 149–182 en Medio ambiente y desarrollo en México (Leff, E., ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- ZAVALA, C. J., Y O. CASTILLO.** 2002. Cambios de uso de la tierra en el estado de Tabasco. Pp. 38–56 en Plan de uso sustentable de los suelos del Estado de Tabasco (Palma–López, D. J., y A. Triano, eds.). Colegio de Posgraduados. Villahermosa, México.

Sometido: 5 de septiembre de 2014

Revisado: 5 de noviembre de 2014

Aceptado: 30 de noviembre de 2014

Editor asociado: Cristina Macswiney

Análisis demográfico de una especie en estado crítico de conservación: la ardilla de Perote

Sandra H. Montero-Bagatella^{1*} y Alberto González-Romero¹

Introduction: The density and structure of populations are basic demographic parameters to calculate for species with a conservation concern. The endemic Perote ground squirrel (*Xerospermophilus perotensis*) is distributed in the Oriental Basin, in the states of Puebla, Veracruz and Tlaxcala (Mexico). At present, this squirrel is facing serious conservation problems because their habitat has been drastically reduced and transformed, mainly by the conversion to agricultural lands, causing that it only persist in small and isolated populations. The International Union for Conservation of Nature and the Mexican government has classified this species as endangered and threatened respectively. Inasmuch as the species has a restricted distribution, small population and reduced habitat, our aim was to obtain the basic population parameters such as density and population structure.

Methods: From years 2010 to 2011 we captured, marked, and recaptured individuals of *X. perotensis* to determine the age (juveniles and adults), weight, sex ratio and reproductive status (scrotal testes in males or pregnancy and lactation signs in females) in three sites in the Perote Valley, Veracruz, Mexico. The plant associations were the main difference among these sites. All samplings were carried out every two months just including the activity period of the squirrel (April-October).

Results: The population parameters evaluated showed similar values at the three study sites (Figure 1). The densities were higher in April-June (breeding season) with 24 ind/ha and lowest in October (beginning hibernation) with 2 ind/ha. Adults predominated in all sites (Figure 2). Juveniles were more abundant in August. The highest number of individuals with reproductive characters (scrotal testes, pregnancy or lactation signs) was found in June (Figure 3). Densities were higher in April-June (breeding season) with 24 ind/ha and lowest in October (beginning hibernation) with 5 ind/ha. The number of juveniles and adults showed significant differences ($P = 0.002$).

Discussion and Conclusions: The results indicate that the population of the Perote ground squirrel is declining and shows low population recruitment. Also their habitat is being transformed rapidly and offers few opportunities for the development of the species. We suggest that the species should be categorized as an endangered species instead of threatened in Mexico. Also, farmers could allow the establishment of animals when they do not use the land, this action can stimulate the population growth.

Key words: endemic species, density, ground squirrel, population structure, Veracruz.

Resumen

Los parámetros poblaciones permiten conocer la viabilidad de las poblaciones, lo cual es sumamente importante para especies que se pretendan conservar. La ardilla endémica de Perote (*Xerospermophilus perotensis*), se encuentra clasificada a nivel nacional e internacional como una especie vulnerable a la extinción y que enfrenta serios problemas de

¹Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología A. C. Carretera Antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México. E-mail: helena.bagatella@gmail.com (SHMB), alberto.gonzalez@incol.edu.mx(AGR).

*Corresponding author

conservación, ya que su hábitat se ha transformado y reducido drásticamente. Con el fin de obtener conocimiento acerca de las poblaciones de esta especie, entre los años 2010 y 2011 se evaluaron y compararon las densidades y estructuras poblacionales (edades, proporción de sexos y estado reproductivo) en tres sitios con diferente grado de perturbación dentro del Valle de Perote, Veracruz, México. La estructura poblacional y densidad se estudiaron mediante el método de captura-marcaje-recaptura en dos cuadros de una hectárea (por sitio), con un esfuerzo de muestreo total de 3,240 días/trampa. Los parámetros poblacionales evaluados, presentaron valores similares en los tres sitios de estudio. Las densidades fueron mayores en abril-junio (periodo reproductivo) con 24 ind/ha y menor en octubre (inicio de la hibernación) con 2 ind/ha. Respecto a las clases de edades, los adultos predominaron en los tres sitios. Los juveniles fueron más abundantes en agosto. En junio se presentó la mayor cantidad de individuos con características reproductivas (testículos escrotados, estado de preñez o lactancia). Los resultados encontrados aportan conocimiento básico sobre la ecología de esta especie que puede ser utilizado en futuros planes de conservación ya que la especie enfrenta densidades poblacionales bajas.

Palabras clave: ardilla terrestre, densidad, especie endémica, estructura poblacional, Veracruz.

Introducción

La ardilla de Perote (*Xerospermophilus perotensis*, Merriam 1893) es también conocida localmente como moto o chichilote. Es endémica de la zona semiárida poblano-veracruzana, la cual forma parte de la Cuenca de Oriental y se encuentra entre dos cadenas montañosas, la del Cofre de Perote y la Sierra Norte de Puebla, esta ubicación le permite presentar condiciones únicas en las que se desarrollaron varias especies endémicas de plantas y animales (Best y Ceballos 1995; Sánchez-Cordero *et al.* 2005), destacando otros roedores como *Cratogeomys fulvescens*, *Neotoma nelsoni* y *Peromyscus bullatus* (Hafner *et al.* 2005; González-Ruíz *et al.* 2006). El incremento de la agricultura en esta área, la deforestación sistemática, el pastoreo, quema y la erosión de las tierras, ha ocasionado la alteración, reducción y fragmentación del hábitat de la ardilla (Gerez-Fernández 1985; Arriaga *et al.* 2000). Debido a esto, la especie se encuentra clasificada como amenazada dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010) y en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN; Álvarez- Castañeda *et al.* 2008).

La ardilla de Perote es diurna, altamente social, principalmente herbívora y de hábitos semifosoriales, es decir, construye madrigueras en las cuales realizan actividades reproductivas, de cuidado parental y de refugio (Best y Ceballos 1995; Castillo-Castillo 2009; Castillo-Castillo y González-Romero 2010). Esta ardilla tiene una longitud total de 24.3 a 26.1 cm, un peso que varía de 175 a 270 g (Best y Ceballos 1995) y no presenta dimorfismo sexual (Valdez y Ceballos 2003). Su período reproductivo inicia en mayo y finaliza en agosto (Yensen y Sherman 2003; Castillo-Castillo 2009). Su gestación dura de 28 a 30 días y tienen en promedio cuatro crías por camada. Su período de hibernación ocurre de octubre a finales de marzo (Valdez y Ceballos 1997; Castillo-Castillo 2009), en los cuales pueden llegar a tener pequeños intervalos de actividad para la alimentación (Valdez y Ceballos 1997). Prefiere habitar áreas con pastizales cortos (*Stipa ichu*, *Dichondra*

argentea, *Bouteloua scorpioides*, *Aristida divaricata*), lo que les permite estar atentas a los depredadores (Yensen y Sherman 2003; Hannon *et al.* 2006). También habitan en zonas abiertas con algunos matorrales xerófilos, así como en zonas agrícolas de cebada y alfalfa (Best y Ceballos 1995; Mendoza-Carreón 2009).

Las ardillas terrestres son consideradas especies clave, ya que al excavar y construir sus madrigueras proveen a los ecosistemas de beneficios como la infiltración de agua y germinación de semillas. Además son una importante fuente de proteína para aves (aguilillas, halcones), reptiles (serpientes) y otros mamíferos (comadreas y cánidos; Stoddart *et al.* 1975; Valdez 2003; Yensen y Sherman 2003). Son territoriales, lo cual se intensifica en la temporada de apareamiento o de lactancia (Yensen y Sherman 2003). Los machos viven menos ya que son más susceptibles a la depredación durante los movimientos de dispersión y/o por las heridas de peleas, pero pueden llegar a tener una vida media de 6 años (Holekamp y Sherman 1989; Hayssen 2008).

En general, las densidades poblacionales de las ardillas terrestres varían y dependen de la época del año (hibernación), enfermedades, abundancia de depredadores o transiciones del hábitat (calidad de los recursos alimenticios), pero comúnmente se encuentran a más de 20 adultos por hectárea, aunque con la emergencia de los juveniles puede aumentar hasta más de 50 animales por hectárea (Yensen y Sherman 2003).

Estudiando la densidad poblacional se puede conocer la viabilidad de la población y su estado de conservación (Van Horne 1983). La densidad se define como el número total de individuos presentes en un área en un tiempo dado (Caughley 2000) y puede variar a causa de que las poblaciones pueden aumentar y/o disminuir de manera azarosa o estabilizarse por los nacimientos, muertes y movimientos migratorios (Hoffmann *et al.* 2003). Las densidades pueden verse influidas por el uso que los individuos le dan a los recursos ambientales, ya que los requerimientos y habilidades que los organismos presentan difieren con la edad, sexo, estado reproductivo y social (Caughley 2000; Krausman 2001). Dichas características conforman la estructura poblacional, la cual se refiere a la proporción de sexos (número de machos y hembras), categorías de edades (crías, juveniles y adultos) y al estado reproductivo (hembras gestantes, lactantes, etc.) que presentan los individuos (Caughley 2000). Éstos parámetros interactúan dinámicamente con los patrones de sobrevivencia, reproducción y dispersión, por lo que pueden dar indicios sobre el incremento, disminución o estabilidad de las poblaciones a futuro (Caughley 2000).

Una forma de evaluar la densidad y estructura poblacional es por medio del método de captura-marcaje-recaptura, el cual proporciona una estimación del tamaño poblacional a través de los datos de animales capturados y recapturados durante un esfuerzo de muestreo dado (Krausman 2001). Otra manera de evaluar estos parámetros, es la del número mínimo de animales que se saben vivos, la cual consiste en el conteo de los animales capturados durante cada evento de muestreo (Caughley y Sinclair 1994).

Es de importancia obtener conocimiento acerca de las condiciones del hábitat de las especies que presentan problemas de conservación (Krausman 2001). El peso corporal de los adultos puede ser usado como indicador de la calidad del hábitat. Wauters y Dhondt (1989) utilizando ardillas rojas sugieren que el peso corporal tiene una relación positiva en cuanto a la dominancia, éxito reproductivo y sobrevivencia (especialmente durante el período de hibernación), así como puede variar dependiendo de las estaciones del año y al

alimento (Wauters y Dhondt 1989, 1992). El objetivo de este trabajo fue conocer el estado actual que presentan las poblaciones de *X. perotensis*, en tres sitios del Valle de Perote, para lo cual se analizó su densidad y estructura poblacional a lo largo de un año de muestreo.

Material y Métodos

Área de estudio. El estudio se realizó en la zona semiárida del Valle de Perote, ubicado en el municipio de Perote, Veracruz, México. La altitud varía entre 2,300 y 2,700 m. El clima es el más húmedo de los semiáridos, es templado y caracterizado por tener verano cálido y lluvioso. La temperatura media anual es de 14 °C. La precipitación media anual es de 500 mm. El porcentaje de lluvias de verano es del 5 al 10.2 % anual; en el invierno es menor al 5 % (Gerez-Fernández 1985; Medina y Angulo 1990).

Dentro del Valle de Perote se presentan áreas con diversos tipos de vegetación como el bosque de pino encino (*Pinus spp* y *Quercus spp*), bosque de táscate (*Juniperus deppeana*), matorral rosetófilo (*Yucca periculosa*, *Nolina parviflora*, *Agave horrida*), pastizal natural (*Scleropogon brevifolius*, *Erioneuron avenaceum*) e inducido (*Muhlenbergia quadridentata*, *Aristida divaricata*) y vegetación halófila (*Bouteloua scorpioides*, *Atriplex linifolia*) (Gerez-Fernández 1985; Delgadillo 2011).

Sitios de muestreo

Se escogieron tres sitios dentro del Valle de Perote, los cuales se diferenciaron principalmente por sus asociaciones vegetales. Sitio 1: Pastizal Natural, en el que predominaron los pastos cortos y amacollados que no superaron los 20 cm de altura. Fue el sitio más abierto y plano de los tres sitios, en el cual se presentó el pastoreo de ganado ovi-caprino en algunas ocasiones. El sitio 2, Pastizal Abandonado, presenta pastos amacollados más altos que en el sitio anterior y más densos, así como algunos arbustos (*Senecio salignus*). Presentó surcos y bordes como preventivos contra la erosión. Pertenece al ejido Perote y está dedicado a la conservación desde hace 22 años aproximadamente; en el centro de este sitio existe una zona reforestada con pinos principalmente piñoneros (*Pinus cembroides*) y aunque está prohibido el pastoreo, éste se presentó esporádicamente. El sitio 3, Pastizal Protegido es una zona de cultivo abandonada aproximadamente hace 12 años, posee un cercado de alambre de púas y vigilancia con el fin de evitar el pastoreo, ya que dentro de este sitio se encuentra la planta de alimentos de Granjas Carroll de México. Presentó algunos bordos que servían para delimitar antiguas parcelas agrícolas en las que se distingue la presencia del zacate amacollado (*Jarava ichu*). También se presentó una sucesión del pastizal nativo avanzada así como de algunos nopales (*Opuntia spp*) y arbustos (*S. salignus*).

Las especies de pastos dominantes en los tres sitios de estudio fueron *Bouteloua curtipendula* y *Aristida divaricata*. También las asteráceas pertenecientes al género *Gnaphalium* fueron importantes (Montero-Bagatella 2011).

En cada uno de los sitios, se establecieron dos cuadrantes de una hectárea cada uno, separados entre sí por 100 m. En cada cuadro se colocaron 36 trampas Sherman de 30x10x8 cm, separadas 20 m entre sí y formando una red de trampas. Las trampas se cebaron con hojuelas de avena y crema de cacahuete y estuvieron activas de las 8:30 AM a las 15:00 hrs (Gurnell y Flowerdew 1994, Castillo-Castillo 2009). Cada cuadrante se trampeó durante tres días consecutivos y cada dos meses, abarcando el período de actividad de las ardillas (abril-octubre), iniciando los muestreos en junio del 2010 y finalizando en junio de 2011.

Los individuos colectados se marcaron por medio de la ectomización de falanges, se les determinó su sexo, peso y características indicativas de etapa reproductiva como testículos escrotados en machos; glándulas mamarias visibles que manifestaran estado de preñez o de lactancia en hembras (Gurnell y Flowerdew 1994; Castillo-Castillo 2009), finalmente los animales fueron liberados *in situ* (Sikes *et al.* 2011). Se consideraron como adultos a los individuos que pesaron más de 170 g o con características físicas reproductivas (Gurnell y Flowerdew 1994; Dimmick y Pelton 1996; Castillo-Castillo 2009). Los individuos con un peso inferior a 170 g y sin las características reproductivas antes mencionadas fueron considerados como juveniles (Castillo-Castillo 2009).

A los datos de sexos, edades y características sexuales de las ardillas se les aplicó una prueba de normalidad de Anderson-Darling. Con base en esta, se elaboró un Modelo Lineal Generalizado (MLG) con el fin de comparar la frecuencia de sexos entre sitios y entre meses. Del mismo modo fueron comparadas las edades. Las características sexuales fueron analizadas por sitio y mes por medio de una prueba de Kruskal-Wallis.

Para la estimación de la densidad de las ardillas, se utilizaron dos métodos: el número de animales que se saben vivos (Caughley y Sinclair 1994) y el índice de Lincoln-Peterson, modificado para muestras pequeñas (Bayley 1952; Roff 1973). Se realizó la prueba de normalidad de Anderson-Darling y se procedió a realizar un MLG. En todos los análisis estadísticos anteriormente mencionados, se utilizó un valor de $P < 0.05$.

Resultados

Densidad. Con un esfuerzo de muestreo de 3,240 días/trampa (1,080 días/trampa por sitio) se obtuvieron 175 eventos de captura-recaptura y se capturaron un total de 85 ardillas. Al comparar la densidad con el número de animales que se sabe vivo (Figura 1), se observa que los tres primeros meses tuvieron valores similares para los tres sitios de estudio, sin embargo en los meses posteriores las densidades difieren del número de animales que se saben vivos. Las densidades obtenidas por medio del índice de Lincoln-Peterson muestran valores más altos en junio de 2010 y 2011 para los tres sitios de estudio.

Tabla 1. Proporciones de sexos (hembras por machos) de *Xerospermophilus perotensis* por mes en los tres sitios de muestreo en el Valle de Perote, Veracruz.

Meses	Sitios		
	Pastizal Natural	Pastizal Abandonado	Pastizal Protegido
Junio 2010	0.3:1	1:1	1:1
Agosto 2010	1.3:1	3:1	6:1
Octubre 2010	4:1	1.5:1	1:1
Abril 2011	1.1:1	0.5:1	0.08:1
Junio 2011	0.4:1	0.6:1	1:1

No se encontraron diferencias significativas entre los sitios ($F = 1.08$, $g. l. = 2$ y $P = 0.38$), meses ($F = 1.28$, $g. l. = 4$ y $P = 0.46$), pero sí en el número de animales que se saben vivos y la densidad obtenida utilizando el índice de Lincoln-Peterson ($F = 0.98$, $g. l. = 1$ y $P = 0.007$). Tampoco se encontraron diferencias significativas en las interacciones entre sitio-mes ($F = 1.28$, $g. l. = 8$ y $P = 0.36$), sitio-índice-número de animales que se sabe vivo ($F = 0.98$, $g. l. = 2$ y $P = 0.41$).

Estructura poblacional. Se capturaron 29 hembras y 56 machos en total, la proporción de hembra-macho de (1:1) fue registrado en pocas ocasiones (Tabla 1). En agosto y octubre las capturas de machos disminuyeron e incluso no se capturaron en dos de los sitios de estudio. El MLG indicó que no hubo diferencias en el número de individuos registrados en los diferentes sitios ($F = 0.42, g. l. = 4, P = 0.67$), en los meses ($F = 0.41, g. l. = 4, P = 0.79$) y entre sexos ($F = 4.16, g. l. = 1, P = 0.11$). Tampoco existieron diferencias en las interacciones entre sitios-meses ($F = 2.04, g. l. = 8, P = 0.16$), sitios-sexos ($F = 3.15, g. l. = 2, P = 0.09$), ni meses-sexos ($F = 0.32, g. l. = 4, P = 0.84$).

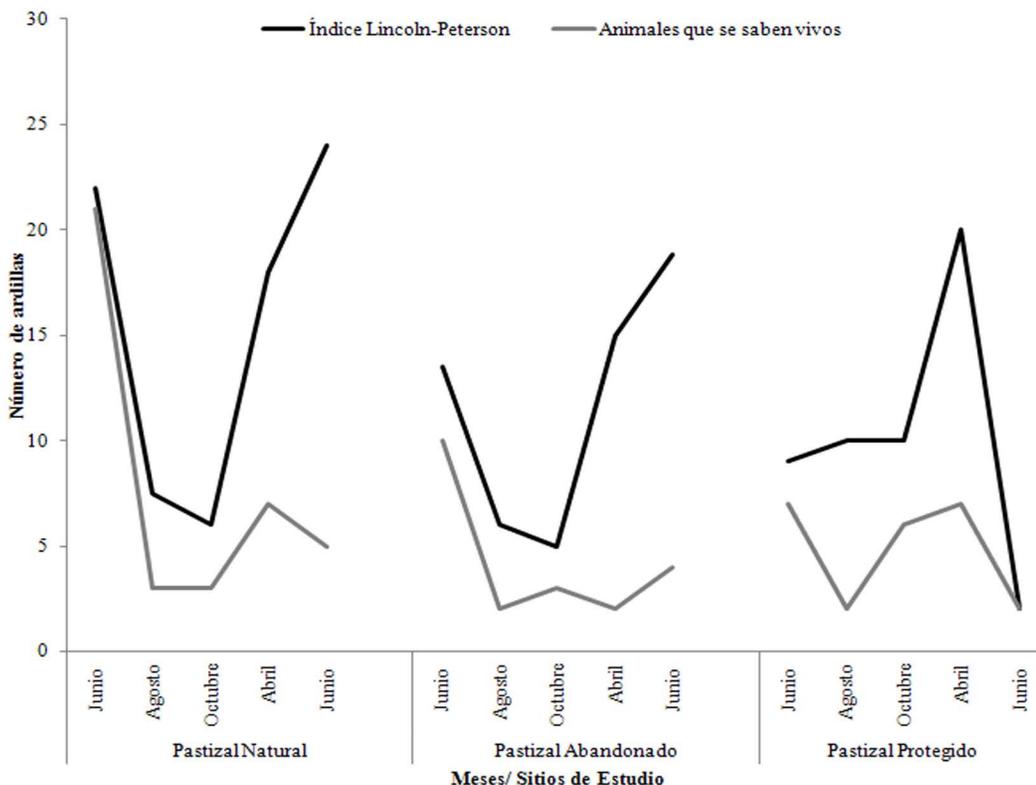


Figura 1. Comparación de la densidad obtenida por el índice de Lincoln y el número de animales que se saben vivos.

Edades. Los adultos fueron registrados con mayor frecuencia en los tres sitios de estudio durante todo los muestreos. En octubre y abril fueron registradas las frecuencias más altas de juveniles y fue en junio del año 2010 y del 2011 cuando se presentaron los valores más bajos de esta categoría de edad (Figura 2). No existió diferencia significativa de las edades entre los sitios ($F = 0.51, g. l. = 2, P = 0.62$), ni entre meses ($F = 0.44, g. l. = 4, P = 0.77$), pero sí en el número de adultos y juveniles ($F = 0.98, g. l. = 1, P = 0.002$). Tampoco se encontraron diferencias significativas en las interacciones sitio-mes ($F = 1.36, g. l. = 8, P = 0.33$), meses-clase de edad ($F = 2.27, g. l. = 4, P = 0.16$) y sitio-edad ($F = 0.75, g. l. = 4, P = 0.58$).

Características reproductivas. Las características reproductivas de los individuos analizados mediante la prueba de Kruskal-Wallis no mostraron diferencias significativas entre los diferentes muestreos y sitios de estudio ($H = 33.04, g. l. = 34, P = 0.51$). Sin embargo, los machos con testículos escrotados y las hembras adultas no preñadas predominaron en los tres sitios de estudio y fueron más frecuentes en abril. Las hembras preñadas y lactantes fueron capturadas en menor proporción; en junio del 2010 y 2011 fueron más frecuentes (Figura 3).

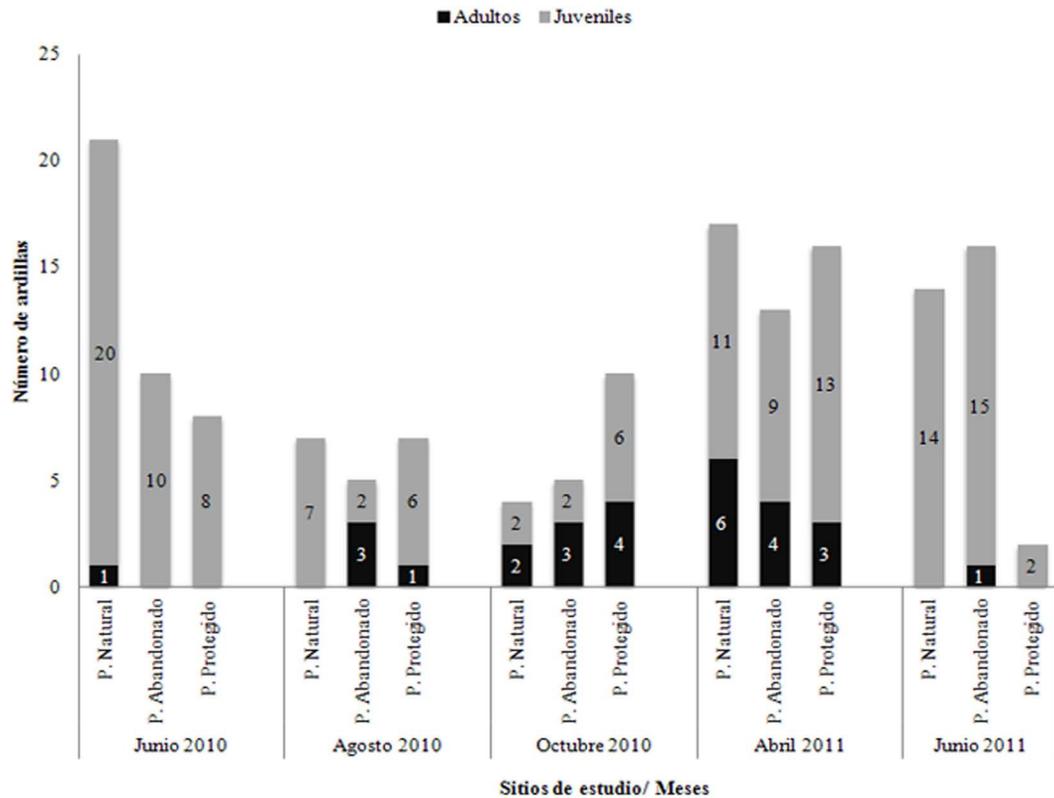


Figura 2. Variación en la edad relativa de la ardilla de Perote capturadas a lo largo del estudio en los diferentes meses y sitios de muestreo en el Valle de Perote, Veracruz.
 Figura 3. Estados reproductivos de las ardillas de Perote en los diferentes muestreos y sitios de estudio en el Valle de Perote, Veracruz.

Pesos. Los machos tuvieron un peso promedio mayor que las hembras en las dos categorías de edades para los tres sitios estudiados (Tabla 2). El MLG no mostró diferencias significativas entre los pesos de las ardillas jóvenes en los diferentes sitios, meses y sexos. Tampoco existió diferencia significativa entre los sitios ($F = 2.65, g. l. = 2$ y $P = 0.13$), sexos ($F = 2.16, g. l. = 1$ y $P = 0.21$) y meses ($F = 2.56, g. l. = 4$ y $P = 0.21$). De igual forma no se encontraron diferencias significativas en las interacciones sitio-mes ($F = 1.19, g. l. = 8$ y $P = 0.40$) y sexo-mes ($F = 1.70, g. l. = 4$ y $P = 0.24$). Sólo existieron diferencias significativas entre sitio-sexo ($F = 4.3, g. l. = 2$ y $P = 0.05$).

Tabla 2. Promedio general de los pesos en gramos de las ardillas de Perote capturadas en los tres sitios de acuerdo a su sexo y edad en el Valle de Perote, Veracruz.

Categoría	Promedios (g)
Machos juveniles	141.9
Hembras Juveniles	134
Machos adultos	209.9
Hembras Adultas	189.7

No existió diferencia significativa entre los pesos de las ardillas adultas de los tres sitios de estudio ($F = 0.34, g. l. = 2$ y $P = 0.72$), sexos ($F = 2.54, g. l. = 1$ y $P = 0.18$) y meses ($F = 1.54, g. l. = 4$ y $P = 0.53$). No se encontraron diferencias significativas en las interacciones sitio-sexo ($F = 0.28, g. l. = 2$ y $P = 0.76$), sitio-mes ($F = 0.99, g. l. = 8$ y $P = 0.50$) y sexo-mes ($F = 0.59, g. l. = 4$ y $P = 0.67$).

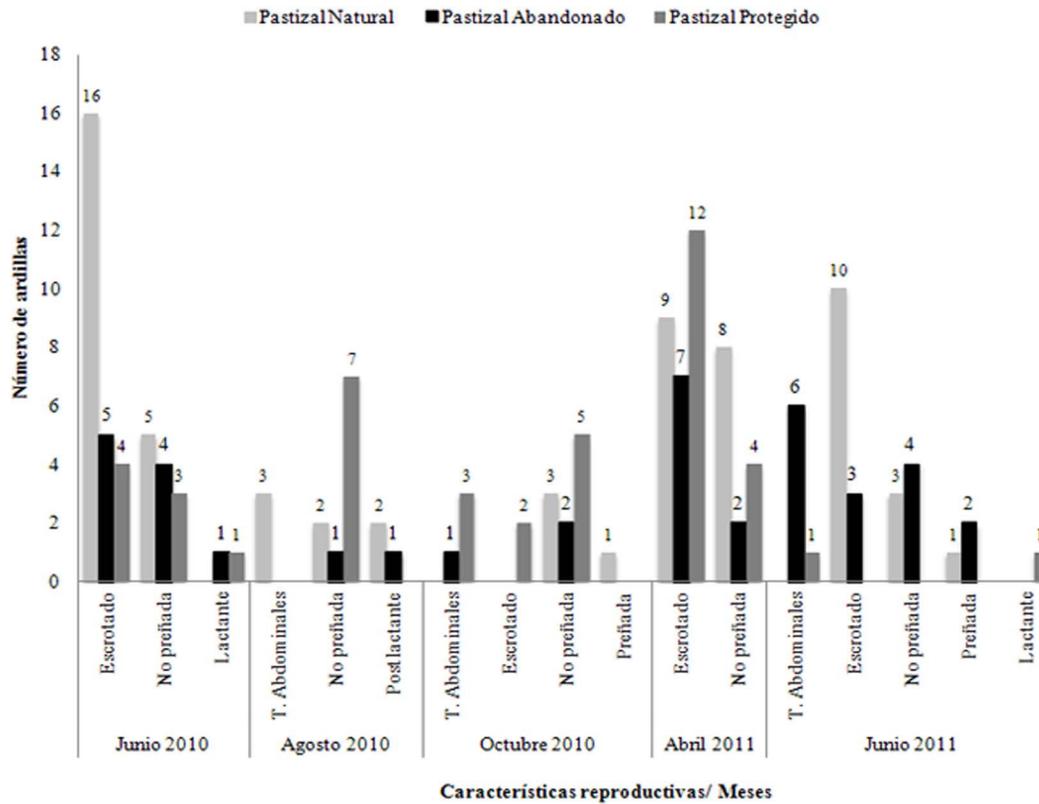


Figura 3. Estados reproductivos de las ardillas de Perote en los diferentes muestreos y sitios de estudio en el Valle de Perote, Veracruz.

Discusión

Las densidades de la ardilla de Perote no presentaron diferencias significativas para los sitios de estudio. Las densidades más altas se registraron en abril y junio (2010 y 2011), lo que se debe a que en abril las ardillas emergen de la hibernación e inicia el período reproductivo. Por otra parte, en junio con el comienzo de la temporada de lluvias, la oferta de recursos alimenticios aumenta, teniendo entonces un mayor número de individuos en las zonas de estudio, esto concuerda con lo encontrado anteriormente por Castillo-Castillo (2009). La disminución en las capturas de ardillas en agosto, posiblemente fue debido a las fuertes lluvias y granizadas que se presentaron en toda la zona de estudio (Van Horne 2007; Castillo-Castillo 2009). Las pocas capturas en octubre, posiblemente se debieron a las bajas temperatura, escasez de recursos e inicio de la hibernación como fue documentado por Valdez y Ceballos (1997).

En el pastizal protegido se registraron los valores más altos de densidad, esto a pesar de que en esta área hay pastos amacollados densos, algunos nopales y arbustos, lo cual pudo deberse al efecto de la cerca y vigilancia que hay en esta área, ya que se reducen los factores negativos presentes en los otros sitios de trabajo, como perros, personas y disturbios como el ruido vehicular, caza y ganado. Ávila-Flores (2009) reportó que los perritos de la pradera (*Cynomys ludovicianus*) utilizan la vegetación alta y densa como estrategia contra la depredación a pesar de su preferencia por los sitios abiertos para detectar a los depredadores (Hannon *et al.* 2006; Yensen y Sherman 2006), este comportamiento probablemente esté ocurriendo con las ardillas de Perote de este sitio. En el último muestreo de este sitio en junio de 2011 los sitios de muestreo se vieron

afectados por la tormenta tropical "Arlene", la cual afectó severamente a Veracruz y por consiguiente a nuestro muestreo, ya que en este mes, no se capturó ninguna ardilla.

A finales de enero (2011) los sitios Pastizal Natural, Pastizal Abandonado y zonas aledañas se incendiaron en su totalidad por quemas agrícolas descontroladas. Esto pudo haber afectado a las ardillas, particularmente en su peso corporal, ya que al emerger de la hibernación se enfrentaron a un cambio radical en la oferta alimenticia, de refugio y en general de su hábitat (Humphrey 1962). A pesar de este severo disturbio ambiental se registraron densidades similares a las del Pastizal Protegido en abril (2011). Castillo-Castillo (2009) reportó un fenómeno similar al obtener densidades parecidas de *X. perotensis* a las registradas antes de que su zona de estudio fuera arada.

En el transcurso de este estudio, se registraron más depredadores naturales de la ardilla de Perote que en otros años, tales como víboras de cascabel (*Crotalus scutulatus*), aguilillas (*Circus cyaneus*, *Buteo jamaicensis*), lechuzas (*Tyto alba*) y comadreas (*Mustela frenata*), los que pudieron influir en las densidades encontradas de ardillas, ya que son un recurso alimenticio importante para otros varios vertebrados (Best y Ceballos 1995; Lidicker Jr. 2007; Castillo-Castillo 2009).

Las densidades reportadas en este estudio, en su mayoría fueron menores a 20 ind/ha. Castillo-Castillo (2009) registró en áreas cercanas a las de este trabajo, densidades superiores a 50 ind/ha, por lo que al considerar lo señalado por Yensen y Sherman (2003) que 20 ind/ha es la densidad mínima para ardillas terrestres, se puede afirmar que *X. perotensis* presenta poblaciones pequeñas y en descenso, producto de los disturbios ambientales, presiones antrópicas y cambios en la disponibilidad de los recursos presentes en la zona de estudio (Hoffman *et al.* 2003).

Al obtener diferencias significativas entre las densidades y el número de animales que se saben vivos de *X. perotensis*, se considera más apropiado para fines de conservación, sobretodo en especies en riesgo, el uso de la estimación del número de animales que se sabe vivo, ya que la mayoría de los índices sobreestiman el número de organismos presentes en un área (Caughley y Sinclair 1994).

Estructura poblacional. El número de hembras y machos registrados fue cercano a la diferencia estadística ($P = 0.09$). Lo cual pudo deberse a que la captura de machos es más frecuente que en hembras, ya que su comportamiento exploratorio y territorios son más amplios, resultando más susceptibles a la captura que las hembras (Holekamp 1984; Yensen y Sherman 2006) por lo que resultan cursos ya que necesitan desplazarse grandes distancias para obtener sus principales recursos.

Los adultos fueron los más abundantes, presentando diferencias estadísticas con los juveniles, lo que pudo ser causado a que por la temprana edad de éstos últimos no se capturaron por estar bajo el cuidado materno dentro de sus madrigueras o bien, pudieron ser depredados entre los muestreos (Hoffmann *et al.* 2004; Mendoza-Carreón 2009). El tener registrados pocos juveniles indica que la población no está creciendo, que presenta pocas posibilidades para su desarrollo ya que la población está envejeciendo y no se está renovando (Caughley y Sinclair 1994). Las abundancias más altas de juveniles y adultos se registraron en abril, coincidiendo con el fin de la hibernación y comienzo del periodo reproductivo (Castillo-Castillo 2009; Mendoza-Carreón 2009).

Las condiciones reproductivas de las ardillas se reportaron con mayor frecuencia en abril y junio. En agosto y octubre las capturas de individuos con condiciones reproductivas

fueron menores, esto muestra que tenemos una especie con un período reproductivo bien definido regido por las condiciones ambientales (Best y Ceballos 1995; Valdez y Ceballos 1997; Castillo-Castillo 2009). Estas condiciones también afectan los recursos alimenticios, provocando un impacto directo en el peso de las ardillas (Humphrey 1962; Orians y Wittenberger 1991; Schulte-Hostedde 2007). El peso de los individuos varió a lo largo de los meses de estudio y difirió de lo reportado en otros estudios realizados en la zona (Castillo-Castillo 2009; Mendoza-Carreón 2009). La quema de dos de los sitios de trabajo pudo ser causa de estas diferencias, ya que pudo perderse oferta alimenticia y energía en la búsqueda de estos recursos. La propia exploración, defensa de su territorio, reproducción y gasto energético durante la hibernación (Millessi *et al.* 1999; Hoogland 2003; Schwanz 2006) también pudieron ser consecuencia de las diferencias de pesos corporales de los individuos de la especie. Esta pérdida fue más evidente en las hembras, ya que invierten mayor energía en la reproducción y cuidado parental (Hoogland 2003; Yensen y Sherman 2003). En el Pastizal Protegido se registraron los individuos con pesos promedios más altos para hembras juveniles y machos adultos, pudiendo ser resultado de la protección que presenta la zona al permitir el establecimiento de plantas y otros organismos que la especie puede llegar a consumir.

Pocos son los estudios demográficos que se tienen de la especie, Castillo-Castillo (2009) indica que las poblaciones de la ardilla de Perote están en descenso y los resultados de este estudio también lo respaldan. Este declive poblacional en consecuencia provoca pérdida de diversidad genética, y bajo reclutamiento (Sánchez-Cordero *et al.* 2005; Álvarez-Castañeda *et al.* 2008; Mendoza-Carreón 2009; Ochoa *et al.* 2012). A esta problemática se le suman su endemismo, baja habilidad de dispersión, reducción y transformación constante de su área de distribución, estudios como los de Sánchez-Cordero *et al.* (2005) y Mendoza-Carreón (2009) señalan que más del 70 % de su hábitat ha sido transformado principalmente a actividades agrícolas, por lo que la especie enfrenta severos problemas para persistir (Valdez y Ceballos 1997; Lidicker Jr. 2007; Ávila-Flores 2009). Por todo esto, es importante tomar medidas correctas y urgentes para la conservación de la especie y un manejo adecuado de su hábitat (Valdez y Ceballos 1997; Álvarez-Castañeda *et al.* 2008; Castillo-Castillo 2009; Mendoza-Carreón 2009). Por lo anterior, se sugiere que la especie debe ser reclasificada de "Amenazada" a "En riesgo de extinción" en la Norma Oficial 059-ECOL-2010.

Agradecimientos

Queremos agradecer antes que nada a las autoridades del Ejido Perote y Granjas Carroll de México, S. de R. L. de C.V. por permitirnos trabajar en sus predios. A todas las personas que nos auxiliaron en los muestreos de campo principalmente a V. Castelazo-Calva, J. Ros-Cuellar, J. Duran-Antonio, A. González-Gallina. S. H. Montero-Bagatella agradece a CONACYT por la beca otorgada, al INECOL y A. González-Romero por el apoyo económico para la realización de este trabajo.

Literatura citada

ÁLVAREZ-CASTAÑEDA, S. T., I. CASTRO-ARELLANO., T. LACHER, Y E. VÁZQUEZ. 2008. *Spermophilus perotensis*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014. 2. <http://www.iucnredlist.org>.

- ARRIAGA, L., J. ESPINOZA., C. AGUILAR., MARTÍNEZ E., L. GÓMEZ, Y E. LOA (EDS.).** 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- ÁVILA-FLORES, R.** 2009. Black-tailed prairie dog declines in northwestern Mexico: species-habitat relationships in a changing landscape. University of Alberta. Tesis de Doctorado. Edmonton, Canadá.
- BAILEY, N. T. J.** 1952. Improvements in the interpretation of recapture data. *Journal of Animal Ecology* 21:120-127.
- BEST, T. L., Y G. CEBALLOS.** 1995. *Spermophilus perotensis*. *Mammalian Species* 507:1-3.
- CASTILLO-CASTILLO, C. C.** 2009. Densidad, estructura poblacional y hábitat de la ardilla endémica de Perote (*Spermophilus perotensis* Merriam, 1893). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- CASTILLO-CASTILLO, C. C., Y A. GONZÁLEZ-ROMERO.** 2010. Áreas de actividad de la ardilla endémica de Perote *Xerospermophilus perotensis*. *Therya* 1:69-74.
- CAUGHLEY, G.** 2000. Analysis of vertebrate populations. The Blackburn Press. New Jersey. EE.UU.
- CAUGHLEY, G., Y A. SINCLAIR.** 1994. Wildlife Ecology and Management. Blackwell Science. New Jersey, EE.UU.
- DELGADILLO-QUEZADA, G.** 2011. Distribución, selección de hábitat y densidad de la liebre torda (*Lepus callotis*, Wrangler, 1830) en el Valle de Perote. Tesis Maestría, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- DIMMICK, R. W. Y M. R. PELTON.** 1996. Capítulo 8. Criteria of sex and age. Pp. 169-214 en Research and management techniques for wildlife and habitats (Bookhout, T. A., ed.). The Wildlife Society. Bethesda, EE.UU.
- GEREZ-FERNÁNDEZ, P.** 1985. Uso del suelo durante cuatrocientos años y cambio fisionómico en la zona semiárida Poblano-Veracruzana, México. *Biótica* 10:123-144.
- GONZÁLEZ-RUIZ, N., J. RAMÍREZ-PULIDO, Y H. H. GENOWAYS.** 2006. Geographic distribution, taxonomy, and conservation status of Nelson's woodrat (*Neotoma nelsoni*) in Mexico. *Southwestern Naturalist* 51:112-116
- GURNELL, J., Y J. R. FLOWERDEW.** 2006. Live trapping small mammals: a practical guide, cuarta edición. The Mammal Society. Londres, Reino Unido.
- HAFNER, M. S., J. E. LIGHT, D. J. HAFNER, S. V. BRANT, T. A. SPRADLING, Y J. W. DEMASTES.** 2005. Cryptic species in the Mexican pocket gopher *Cratogeomys merriami*. *Journal of Mammalogy* 86:1095-1108.
- HANNON, M., S. JENKINS., R. CRABTREE., Y A. SWANSON.** 2006. Visibility and vigilance: behaviour and population ecology of Uinta ground squirrels (*Spermophilus armatus*) in different habitats. *Journal of Mammalogy* 87:287-295.
- HAYSEN, V.** 2008. Reproductive effort in squirrels: ecological, phylogenetic, allometric and latitudinal patterns. *Journal of Mammalogy* 89:582-606.
- HOFFMANN, I., E. MILESSI., S. HUBER., E. LAMMINA, Y J. DITTAMI.** 2003. Population dynamics of european ground squirrels (*Spermophilus citellus*) in a suburban area. *Journal of Mammalogy* 84:615-626.
- HOLEKAMP, K.** 1984. Dispersal in ground-dwelling sciurids. Pp. 297- 320 en The biology of ground-dwelling squirrels (Murie, J., y G. Michener, eds.). University of Nebraska Press. Urbana, EE.UU.

- HOLEKAMP, K. E., y P. W. SHERMAN.** 1989. Why male ground squirrels disperse. *American Scientist* 77:232-239.
- HOGLAND, J.** 2003. Sexual dimorphism of prairie dogs. *Journal of Mammalogy* 84:1254-1266.
- HUMPHREY, R. R.** 1962. Range ecology. The Ronald Press Company. New York, EE.UU.
- KRAUSMAN, R. P.** 2001. Introduction to wildlife management: The basics. Prentice Hall. New Jersey, EE.UU.
- LIDICKER, W., JR.** 2007. Issues in rodent conservation. Pp. 453- 462 en *Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective* (Wolff, J., y P. Sherman, eds.). The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- MEDINA, M., y M. ANGULO.** 1990. Atlas climático del Municipio de Perote (Estado de Veracruz). Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- MENDOZA-CARREÓN, G.** 2009. Distribución y relaciones filogenéticas del moto (*Spermophilus perotensis*). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- MILLES, E., A. STRIJKSTRA., I. HOFFMANN., J. DITTAMI., y S. DAAN.** 1999. Sex and age differences in mass, morphology and annual cycle in european ground squirrels, *Spermophilus citellus*. *Journal of Mammalogy* 80:218-231.
- MONTERO-BAGATELLA, S. H.** 2011. Densidad, estructura poblacional y hábitat de *Xerospermophilus perotensis* (Merriam, 1893) en el Valle de Perote, Veracruz. Tesis Maestría, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- OCHOA A., J. GASCA., G. CEBALLOS., y L. EGUIARTE.** 2012. Spatiotemporal population genetics of the endangered Perote ground squirrel (*Xerospermophilus perotensis*) in a fragmented landscape. *Journal of Mammalogy* 93:1061-1074.
- ORIAN, G., y J. WITTENBERGER.** 1991. Spatial and temporal scales in habitat selection. *The American Naturalist* 137:S29- S49.
- ROFF, D. A.** 1973. On the accuracy of same mark-recapture estimator. *Oecologia* 12:15-34.
- SÁNCHEZ-CORDERO, V., P. ILLOLDI-RANGEL., M. LINAJE., S. SARKAR, y A. TOWNSEND.** 2005. Deforestation and extant distribution of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126:465-473.
- SCHULTE-HOSTEDDE, A.** 2007. Sexual size dimorphism in rodents. Pp. 115-128 en *Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective* (Wolff, J., y P. Sherman, eds.). The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- SCHWANZ, L. E.** 2006. Annual cycle of activity, reproduction and body mass in mexican ground squirrels (*Spermophilus mexicanus*). *Journal of Mammalogy* 87:1086-1095
- SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT).** 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Nación (Segunda sección). Ciudad de México, México.
- SIKES, R. S., W. L. GANNON., y THE ANIMAL CARE AND USE COMMITTEE OF THE AMERICAN SOCIETY OF MAMMALOGISTS.** 2011. Guidelines of The American Society of Mammalogists for the use of Wild Mammals in Research. *Journal of Mammalogy* 92:235-253.
- STODDART, L. A., SMITH, A. D., y T. W. BOX.** 1975. Range management. Tercera edición. Mc. Graw Hill. Nueva York, EE.UU.
- VALDEZ, M., y G. CEBALLOS.** 1997. Conservation of endemic mammals of Mexico: the Perote ground squirrel (*Spermophilus perotensis*). *Journal of Mammalogy* 78:74-82.

- VALDEZ, M., Y G. CEBALLOS.** 2003. Patrones de hibernación de ardillas de tierra (*Spermophilus mexicanus* y *S. perotensis*) en el centro de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 7:40-48.
- VAN HORNE, B.** 1983. Density as a misleading indicator of habitat quality. *Journal of Wildlife Management* 47:893-901.
- VAN HORNE, B.** 2007. Conservation of ground squirrels. Pp 463-471 en *Rodent societies, an ecological and evolutionary perspective* (Wolff, J., y P. Sherman, eds). The University of Chicago Press. Chicago, EE.U.U.
- WAUTERS, L. A., Y A. A. DHONDT.** 1989. Body weight, longevity and reproductive success in red squirrels (*Sciurus vulgaris*). *Journal of Animal Ecology* 58:637-651.
- WAUTERS, L. A., Y A. A. DHONDT.** 1992. Spacing behaviour of red squirrels, *Sciurus vulgaris*: variation between habitats and the sexes. *Animal Behaviour* 43:297-311.
- YENSEN, E., Y P. W. SHERMAN.** 2003. Ground squirrels: *Spermophilus* and *Amnospermophilus* species. Pp. 211-231 en *Wild Mammals of North America: Biology, Management and Conservation* (Feldhamer G. A., B. C. Thomson, y J. A. Chapman, eds.). Segunda Edición. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.

Sometido: 25 de octubre de 2014
Revisado: 18 de noviembre de 2014
Aceptado: 30 de noviembre de 2014
Editor asociado: Rafael Reyna

Análisis filogenético del género *Mimon* Gray, 1847 (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) con la descripción de un nuevo género

Natali Hurtado^{1, 2*} y Víctor Pacheco^{2, 3}

Introduction: *Mimon* is currently considered a monophyletic genus that comprises two subgenera: *Mimon* (represented by *M. bennettii* and *M. cozumelae*), and the taxon formerly named “*Anthorhina*” (represented by *M. crenulatum* and *M. koepckeae*). However, recent molecular phylogenies show *Mimon* as a polyphyletic genus within Phyllostomidae.

Methods: Herein, we present a phylogenetic approach based on morphology, which includes all species of the genus *Mimon*, with emphasis on geographical populations of *M. crenulatum*. Our data matrix was built with our own examination of *M. bennettii* ($n = 5$), *M. cozumelae* ($n = 31$), *M. crenulatum* ($n = 181$), and *M. koepckeae* ($n = 3$) for 91 morphological characters including external, skull-dental and postcranial traits. The species *Lophostoma occidentale*, *Trachops cirrhosus*, *Tonatia saurophila*, *Phyllostomus discolor*, *Phylloderma stenops*, and *Micronycteris megalotis* were selected as outgroups. The tree was rooted on *M. megalotis*. An exhaustive search with 135 unordered characters was performed to find the most parsimonious trees.

Results: A single well-supported tree of 306 steps was obtained. Bootstrap and Jackknife with 10,000 resampling were used as support estimators. The most parsimonious tree confirms *Mimon* is a polyphyletic genus, where the subgenus *Mimon* and the taxon formerly named “*Anthorhina*” are strongly supported but unrelated monophyletic groups.

Discussion and conclusions: In order to solve this taxonomic problem, we recommend the taxon formerly named “*Anthorhina*” be raised at genus level, but with a new name because “*Anthorhina*” is a synonym of *Tonatia*. Finally, we provide an emended diagnosis of *Mimon* s.s. and the description of a new genus, based on morphological characters used for the phylogeny.

Key words: *Gardnerycteris* nov. gen., morphological, maximum parsimony.

Resumen

Mimon es considerado actualmente un género monofilético conformado por dos subgéneros: *Mimon* (representado por *M. bennettii* y *M. cozumelae*), y el taxón anteriormente llamado “*Anthorhina*” (representado por *M. crenulatum* y *M. koepckeae*). Sin embargo, los recientes resultados de estudios filogenéticos moleculares indican que *Mimon* es un género parafilético dentro de Phyllostomidae. En el presente estudio se realizó una revisión de

¹Doctorado en Ciencias, Mención Ecología y Evolución, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Edificio Pugin s/n, Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas, Universidad Austral de Chile. E-mail: natalihm@gmail.com (NH).

²Departamento de Mastozoología, Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. (NH).

³Instituto de Ciencias Biológicas “Antonio Raimondi”, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. E-mail: vpachecot@unmsm.edu.pe (VP).

*Corresponding author

caracteres morfológicos de todas las especies de *Mimon*, con énfasis en las poblaciones de *M. crenulatum*, construyendo una matriz a partir de 91 caracteres de la morfología externa, cráneo-dental y postcraneal. Las especies *Lophostoma occidentalis*, *Trachops cirrhosus*, *Tonatia saurophila*, *Phyllostomus discolor*, *Phylloderma stenops* y *Micronycteris megalotis* fueron elegidas como grupo externo, de las cuales *M. megalotis* fue usada para el enraizamiento. Se realizó una búsqueda exhaustiva para encontrar el mejor árbol a partir de 135 caracteres no ordenados, que incluyen los caracteres descritos en este estudio y los caracteres del aparato hioideo, lengua, tracto digestivo y reproductivo y cerebro, tomados de Wetterer *et al.* (2000). Se obtuvo un único árbol más parsimonioso bien soportado de 306 pasos. El soporte de las ramas fue pesado con Bremer y el remuestreo por Bootstrap y Jackknife con 10,000 réplicas. El árbol más parsimonioso confirma que *Mimon* es polifilético donde los subgéneros y el taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*" están fuertemente respaldados en nodos no relacionados. Con la finalidad de resolver el surgente problema taxonómico, recomendamos elevar al taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*" a género. Dado que "*Anthorhina*" es sinónimo de *Tonatia*, se propone un nuevo nombre. Finalmente, brindamos las diagnósis corregidas de *Mimon* s.s. y del nuevo género *Gardnerycteris*, basadas en los caracteres usados en el análisis filogenético.

Palabras clave: *Gardnerycteris* nov. gen., morfológico, máxima parsimonia.

Introducción

El género *Mimon* Gray, 1847 es un miembro de la familia Phyllostomidae - la familia más diversa de Sudamérica (Jones y Carter 1976; Gardner 2008)- dentro de la subfamilia Phyllostominae (Wetterer *et al.* 2000; Baker *et al.* 2003; Simmons 2005; Williams y Genoways 2008). Phyllostominae presenta la costilla de la hoja nasal extendida hasta el margen superior del limbo y nasales conectados con las cavidades orales por el hueso nasopalatino a través de los forámenes incisivos como sinapomorfías (Wetterer *et al.* 2000), además de presentar las hojas nasales bien definidas, molares dilambodontes y uropatagio bien desarrollado (Williams y Genoways 2008).

Mimon incluye especies de tamaño mediado y grande, caracterizadas por exhibir un solo incisivo superior, dos premolares inferiores, protuberancias del mentón divididas por un surco medio, hojas nasales largas, plagiopatagio inserto en el tobillo, patas largas, cola extendida hasta la mitad del uropatagio y calcar más largo que la pata (Gray 1847; Williams y Genoways 2008). Asimismo, *Mimon* fue considerado monofilético por presentar vibrisas interramales y la ausencia del incisivo externo inferior como sinapomorfías del género (Wetterer *et al.* 2000).

Mimon comprende dos subgéneros y cuatro especies (Simmons 2005). El subgénero *Mimon* incluye *M. bennettii* (Gray 1838) y *M. cozumelae* Goldman 1914, y el subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*" incluye a *M. crenulatum* (E. Geoffroy St.-Hilaire 1803) y *M. koepckae* Gardner y Patton 1972. *Mimon bennettii* se distribuye desde el sur de Venezuela y Colombia y el norte de las Guayanas hasta el sur de Brasil (Williams y Genoways 2008; Gregorin *et al.* 2008); *M. cozumelae* desde el sur de México hasta el noroeste de Colombia (Simmons y Voss 1998; Gregorin *et al.* 2008; Williams y Genoways 2008); *M. crenulatum* desde el sur de Panamá, noreste de Venezuela y Ecuador y norte del Perú hasta el norte de Bolivia y sur de Brasil (Koopman 1978; Williams y Genoways 2008); y *M. koepckae* solo en la vertiente oriental de los Andes centrales de Perú (Gardner y Patton 1972; Koopman 1978; Hurtado *et al.* 2014).

La validez de los taxones asignados a *Mimon* ha sido ampliamente discutida. El taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*" ha sido considerado como un sinónimo (Simpson 1945; Handley 1960) o como un subgénero de *Mimon* (Cabrera 1958; Goodwin y Greehall 1961; Koopman 1993, 1994; Wetterer *et al.* 2000; Simmons 2005); o un género (Miller 1907; Husson 1962). Sin embargo, independientemente de la jerarquía taxonómica, *Anthorhina* debe ser usado como un sinónimo menor de *Tonatia*, ya que comparten el mismo espécimen tipo con *Tonatia bidens* (Gardner y Ferrel 1990; Simmons 2005). Por lo que el taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*" no debe usarse en un contexto taxonómico (Simmons 2005; Williams y Genoways 2008).

Respecto a las especies, *Mimon cozumelae* fue tratada como un sinónimo (Handley 1960; Ortega y Arita 1997) o una subespecie de *M. bennettii* (Koopman 1978; 1993; 1994). Sin embargo ambas entidades han sido reconocidas como especies plenas con fuerte respaldo morfológico (Simmons y Voss 1998; Simmons 2005; Gregorin *et al.* 2008; Williams y Genoways 2008). Por otra parte, algunas poblaciones de *M. bennettii* distribuidas al noreste de Brasil corresponderían a una especie nueva aún no descrita (Ortega y Arita 1997; Williams y Genoways 2008). *Mimon crenulatum* comprende cuatro subespecies: *crenulatum*, *longifolium*, *picatum* y *keenani* (Handley 1960; Simmons 2005; Williams y Genoways 2008); de las cuales *picatum* podría ser un sinónimo de *M. crenulatum* (Handley 1960); asimismo, Cadenillas (2010) sugirió que la población de *M. crenulatum keenani* distribuida en la vertiente occidental de los Andes podría ser elevada a especie después de una revisión de éstas poblaciones. Por último, *M. koepckeae* fue considerada una subespecie de *M. crenulatum* (Koopman 1976, 1978, 1993, 1994). Esta posición fue desestimada por Simmons y Voss (1998), Simmons (2005) y Williams y Genoways (2008) al considerar válidos los argumentos de Gardner y Patton (1972). Complementariamente, Hurtado *et al.* (2014) respaldaron la validez de *M. koepckeae* con nueva evidencia morfológica.

La posición filogenética de *Mimon* en los Phyllostomidae ha sido abordada en numerosos estudios (*i. e.* Patton y Baker 1978; Van Den Bussche 1989; Wetterer *et al.* 2000; Baker *et al.* 2000, 2003; Dávalos *et al.* 2012). En ese sentido, Patton y Baker (1978), basados en caracteres cromosómicos, consideraron a *M. crenulatum* como grupo hermano de *Phyllostomus*. Van Den Bussche (1989), usando caracteres moleculares (sitios de restricción del rRNA), definió el grupo *Phyllostomus*, integrado por *Phyllostomus*, *Tonatia*, *Lonchorhina* y *Mimon crenulatum*. Wetterer *et al.* (2000), basados en caracteres morfológicos, cromosómicos sexuales y moleculares (sitios de restricción del rRNA y el gen satelital EcoRI), consideraron a *Mimon* monofilético y grupo hermano de *Lonchorhina* y *Macrophyllum*. Paralelamente, Baker *et al.* (2000), basados en caracteres moleculares (gen nuclear RAG2), ubicaron a *M. crenulatum* como grupo hermano de *Phylloderma*. Poco después, Baker *et al.* (2003) adicionaron secuencias mitocondriales ribosómicas (12S y 16S del RNAr y RNAt^{Val}), ubicando a *Mimon crenulatum* como grupo hermano de *Phyllostomus*, dentro de la tribu Phyllostomini junto con *Phylloderma*, *Lophostoma* y *Tonatia*.

Recientemente, Dávalos *et al.* (2012) analizaron las relaciones filogenéticas de la familia Phyllostomidae, basados en caracteres morfológicos y secuencias de DNA mitocondriales y nucleares empleados anteriormente (*V. gr.* Van Den Bussche 1989; Baker *et al.* 2000, 2003; entre otros), añadiendo nuevos datos morfológicos y moleculares, encontrando a *Mimon* como un género polifilético en análisis de máxima parsimonia para caracteres morfológicos, máxima verosimilitud para caracteres moleculares e Inferencia Bayesiana

para datos combinados. Sin embargo, ninguno de los estudios mencionados ha incluido todas las especies de *Mimon* para explorar las relaciones filogenéticas dentro del género.

Finalmente, Hurtado *et al.* (2014), basados en comparaciones morfológicas de las cuatro especies de *Mimon*, resaltaron que existen suficientes caracteres en el taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*" que lo distinguen de los descritos para *Mimon* por Gray (1847); por lo que sugieren realizar estudios filogenéticos del género que incluyan a todas las especies que lo conforman.

En este trabajo presentamos una aproximación a las relaciones filogenéticas entre las especies miembros de *Mimon*, mediante un análisis de máxima parsimonia basado en caracteres morfológicos discretos tomados de la morfología externa, cráneo-dental y postcraneal, así como los caracteres del aparato hioideo, lengua, tracto digestivo y reproductivo y cerebro, tomados de Wetterer *et al.* (2000). Los resultados obtenidos nos brindan una nueva interpretación acerca de la polifilia de *Mimon* y la monofilia del taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*". Basados en la evidencia filogenética y morfológica se propone un nuevo nombre para el taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*", y se proponen diagnósticos corregidos de las especies del grupo interno.

Material y Métodos

Muestra taxonómica. En el presente estudio el grupo interno estuvo conformado por las cuatro especies reconocidas de *Mimon* en dos subgéneros: *Mimon* y el taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*": *M. bennettii* ($n = 5$), *M. cozumelae* ($n = 31$), *M. crenulatum* ($n = 181$) y *M. koepckeae* ($n = 3$). Dentro de *M. crenulatum* se distinguieron los siguientes taxa, en base a subespecies y poblaciones: *M. c. crenulatum* de Brasil; *M. c. longifolium* (*sensu* Koopman 1978); *M. c. keenani* diferenciando las poblaciones de "Tumbes", "Ecuador", "Venezuela" y "Panamá"; y las poblaciones de *M. crenulatum* "Amazonía" para especímenes de la cuenca amazónica entre Colombia, Perú y Venezuela (Oriente); *M. crenulatum* "Sur" para especímenes distribuidos entre el sureste de Perú y el noroeste de Bolivia; y *M. crenulatum* "Guayanas" para especímenes provenientes de Trinidad y Tobago, Surinam y Guayana Francesa. No incluimos a *M. c. picatum* en la muestra, ya que no revisamos el espécimen tipo o topotipos (esta subespecie es sólo conocida por el espécimen tipo, *sensu* Handley 1960).

Selección del grupo externo. Para determinar la polaridad de los caracteres y para poner a prueba la monofilia de *Mimon* se usaron seis especies como grupo externo: *Micronycteris megalotis* (Gray 1842), *Lophostoma occidentale* (W. B. Davis y Carter 1978), *Trachops cirrhosus* (Spix 1823), *Tonatia saurophila* Koopman y Williams 1951, *Phylloderma stenops* Peters 1865 y *Phyllostomus discolor* (J. A. Wagner 1843). De las cuales se enraizó el árbol con *Micronycteris megalotis*, por ser ancestral a todos los taxa incluidos en el estudio (Baker *et al.* 2003; Dávalos *et al.* 2012). Los géneros *Phyllostomus* y *Phylloderma* son considerados grupos hermanos de *Mimon crenulatum* (Patton y Baker 1978; Baker *et al.* 2003; Dávalos *et al.* 2012); *Trachops*, *Tonatia* y *Lophostoma* están considerados dentro de la tribu Phyllostomini junto con *M. crenulatum* y *Phyllostomus* (Baker *et al.* 2003:22).

Muestra examinada. Se examinaron 220 individuos adultos asignados al género *Mimon*, cuya edad fue determinada siguiendo a Pacheco y Patterson (1992) y Brunet-Rossinni y Wilkinson (2009). Estos especímenes están depositados en colecciones científicas de diferentes museos en forma de pieles, cráneos, esqueletos y especímenes preservados en líquido. En el Apéndice 1 se detalla el listado de los especímenes examinados y las colecciones de procedencia.

Definición de caracteres y estados de carácter. El criterio para la definición de caracteres discretos se estableció en base a estructuras homólogas, cuando el estado del carácter estuvo presente en todos los especímenes del taxón o población examinada (Wiens 2000). Los caracteres continuos, tomados de las medidas corporales registradas en etiquetas de los especímenes, y directamente de la longitud del pelaje (calibrador de ± 0.01 mm), fueron convertidos a caracteres discretos cuando éstos no mostraron sobreposición de rangos (Wiens 2000). Se definió 91 caracteres morfológicos discretos e independientes en total, de los cuales 43 corresponden a la morfología externa, 44 a caracteres cráneo-dentales y 4 a caracteres postcraneales. Adicionalmente, se incorporaron 44 caracteres del aparato hioideo, lengua, tracto digestivo y reproductivo y cerebro tomados de Wetterer *et al.* (2000) sin modificaciones en los estados. Del total de caracteres 58 % corresponde a caracteres binarios y 42 % a caracteres multiestado. Estos caracteres incluyen autapomorfias, ya que son necesarias para la diagnosis de los taxa. Las entradas faltantes fueron codificadas con "?" y los estados inaplicables con "-" (Weterer *et al.* 2000).

Método para el análisis filogenético. La matriz de datos se ingresó en una hoja de cálculo de Excel, que fue transformada a texto con los parámetros de ejecución de lectura para el programa TNT (Goloboff *et al.* 2008). El análisis filogenético y el cálculo del soporte de ramas fueron realizado usando TNT (Goloboff *et al.* 2008), en una Macintosh Mac OS X 10.8.2.

Se realizó una búsqueda exhaustiva del árbol más parsimonioso, tratando a todos los caracteres como no ordenados. El soporte de ramas fue calculado realizando Bootstrap y Jackknife de frecuencias relativas con 10,000 réplicas por cada tipo de remuestreo; por cada réplica se realizaron 10 adiciones por secuencia y se retuvo 1,000 árboles por réplica. Asimismo, se realizó un análisis de Bremer para pesar el soporte de ramas. En el apéndice 2 se presenta un listado de la optimización de sinapomorfias para los nodos obtenidos.

Descripción de caracteres

Morfología externa. **Carácter 1.** Longitud total: LT grande > 95 mm (0); o LT pequeño < 90 mm (1). Son pequeños todos los miembros del subgénero anteriormente llamado "Anthorhina", así como *Lophostoma occidentalis* y *Micronycteris megalotis*. Son grandes los integrantes del subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 2. Patrón de bandas de contraste del pelaje dorsal: unicoloreado (0); o bicicoloreado, pelos de bases claras y puntas oscuras (1); o tricoloreado, pelos con bases blanquecinas, banda media pálida y puntas oscuras (2). El estado unicoloreado es definido cuando sólo se aprecia un solo color desde la base hasta la punta del pelo; bicicoloreado cuando se observan un tono en la mitad basal y otro en la mitad apical; y tricoloreado cuando se observan un tono en la parte basal, otro contrastante en la parte media y un tono contrastante con el anterior en la parte apical. El pelaje dorsal es unicoloreado en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía" y *M. crenulatum* "Guayanas"; es bicicoloreado en *M. koepckea*, *M. c. keenani*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*; es tricoloreado en los integrantes del subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Lophostoma occidentalis*. Carácter usado por Wetterer *et al.* (2000; carácter 5) y Velazco (2005; carácter 13).

Carácter 3. Apariencia de la línea dorsal: ausente (0); delgada y tenue (1); o gruesa y definida (2). La línea dorsal es gruesa y bien definida en *M. crenulatum keenani*; la línea

dorsal es variable, siendo entre delgada y tenue en los representantes de *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas". La línea dorsal es ausente en *M. koepckeeae*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Carácter usado por Wetterer *et al.* (2000; carácter 7) y Velazco (2005; carácter 11).

Carácter 4. Longitud del pelaje dorsal: largo > 8 mm (0); o mediano en un rango de 6.5 a 7.5 mm (1); o corto < 6 mm (2). La longitud del pelaje dorsal, se define por el largo de los pelos a la altura de la rabadilla. Es corto en los representantes de *M. c. crenulatum*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Phylloderma stenops* y *Phyllostomus discolor*; es mediano en *M. koepckeeae*, *M. c. keenani*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur" y *Lophostoma occidentale*; es largo en el subgénero *Mimon*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Carácter usado por Velazco (2005; carácter 12).

Carácter 5. Patrón de bandas de contraste del pelaje ventral: unicolorado (0); bicolorado (1); o tricolorado (2). El estado unicolorado se define cuando se aprecia un solo color en todo el pelo, bicolorado cuando se aprecian dos colores contrastantes en cada mitad del pelo, y tricolorado cuando se aprecian tres bandas de colores contrastantes entre una y la anterior. El pelaje ventral es bicolorado en *M. koepckeeae*, *M. crenulatum* "Sur", *Tonatia saurophila*; es tricolorado en todas las poblaciones de *M. c. keenani*, *M. c. longifolium*, *M. c. crenulatum*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*; y unicolorado en el subgénero *Mimon*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Usado por Velazco (2005; carácter 14) con un cuarto estado: tetracolorado.

Carácter 6. Densidad del pelaje corporal: denso (0); o laxo (1). La densidad del pelo fue definida por la cobertura de la piel en el lomo, siendo denso cuando la piel estuvo cubierta completamente por los pelos y laxo cuando se observa exposición de piel. El pelaje corporal es denso en *M. koepckeeae*, *M. crenulatum* "Sur", *Phyllostomus discolor* y *Micronycteris megalotis*. En *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus* el pelaje es laxo. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 7. Densidad de los pelos en el hocico: desnudo (0); o no desnudo (1). El estado desnudo se define cuando el hocico exhibe escasos pelos cortos, claros y esparcidos; es no desnudo cuando el hocico no deja piel expuesta, está cubierto de pelos largos, oscuros y densos. En todos los representantes del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", *Lophostoma occidentale* y *Trachops cirrhosus* el hocico exhibe escasos pelos cortos, ubicados esparcidamente dando la apariencia de desnudez. En el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis* el hocico exhibe abundantes pelos largos que cubren toda la piel. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 8. Número de vibrisas laterales a la hoja nasal: 5 vibrisas por lado (0); o 6 vibrisas por lado (1); o 7 vibrisas por lado (2); o 9 o más vibrisas por lado (3). Este carácter considera el número de vibrisas dispuestas en forma lineal sobre las almohadillas a cada lado de la hoja nasal. Los individuos de *M. koepckeeae*, *M. crenulatum keenani*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale* y *Tonatia saurophila* exhiben 7 vibrisas; *M. c. crenulatum*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Phyllostomus discolor* y *Trachops cirrhosus* exhiben 6 vibrisas. *Micronycteris megalotis* exhibe 5 vibrisas por lado.

En tanto que el subgénero *Mimon* exhibe más de 9 vibrisas por lado. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 9. Número de vibrisas interramales: ausente (0); o una (1); o dos (2). La vibrisas interramales están ausentes en los individuos del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", el subgénero *Mimon*, *Phyllostomus discolor* y *Tonatia saurophila*. En *Trachops cirrhosus* este carácter puede estar ausente o pueden presentar una sola vibrisa. Los individuos de *Phylloderma stenops* y *Micronycteris megalotis* muestran dos vibrisas. Este carácter no fue revisado en *Lophostoma occidentale*, por lo que fue codificado con "?". Carácter usado por Wetterer *et al.* (2000; carácter 13).

Carácter 10. Arreglo de vibrisas laterales a la hoja nasal: en dos columnas por lado (0); o una sola columna de vibrisas (1). Los estados corresponden al número de columnas de almohadillas dispuestas a los lados de la hoja nasal, sobre las cuales se insertan la vibrisas laterales. Los representantes del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* exhiben una sola columna de vibrisas por lado. El subgénero *Mimon* exhibe dos columnas de vibrisas por lado. Carácter usado por Wetterer *et al.* (2000; carácter 14).

Carácter 11. Largo de los pelos al contorno de la hoja nasal: ausentes (0); subiguales en todo el contorno (1); largos en la parte superior y cortos en la base (2); muy largos en la parte superior y escasos y muy cortos en la base (3). Los pelos en el contorno de la hoja nasal varían de longitud entre la mitad apical y basal del contorno del limbo; así, podemos observar pelos de tamaño similar en todo el contorno del limbo, pelos largos en la mitad apical y más cortos en la mitad basal, pelos muy largos en la mitad apical y escasos o muy cortos en la mitad basal. El estado ausente se atribuye a la ausencia de los pelos en el contorno. En *M. crenulatum longifolium*, *M. crenulatum* "Guayanas" los pelos son largos en la parte superior y cortos en la base de la hoja nasal; *M. c. crenulatum*, *M. crenulatum* "Sur" y *M. crenulatum* "Amazonía" exhiben pelos subiguales en todo el contorno de la hoja nasal (Figura 1a); en *M. koepckeae* y *M. c. keenani* los pelos son muy largos en la parte superior y muy cortos o escasos en la base (Figura 1b). Son ausentes en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* (Figura 1c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

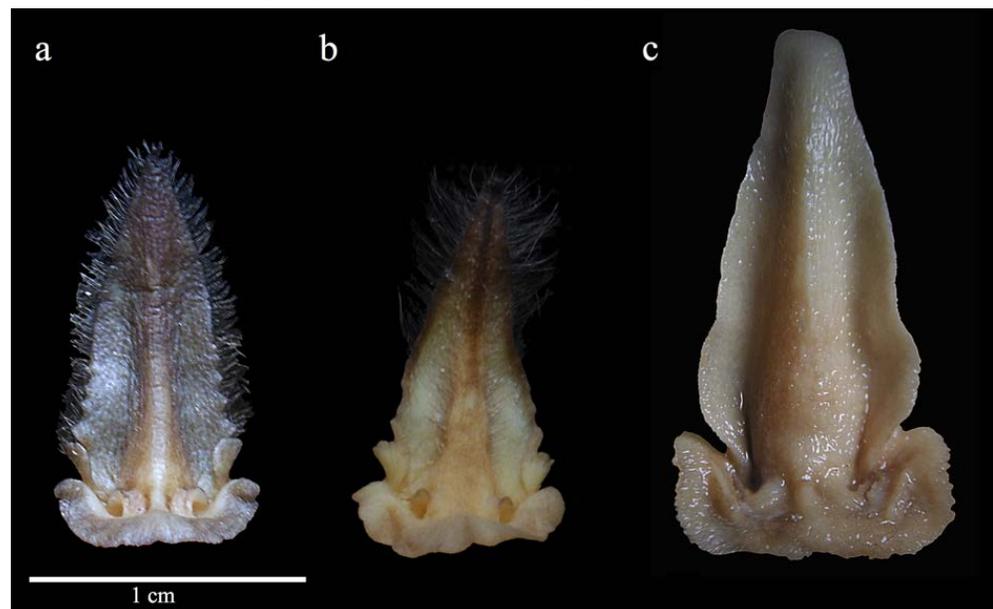


Figura 1. Hoja nasal de: a) *Mimon crenulatum crenulatum*, b) *M. c. keenani* y c) *M. bennettii*.

Carácter 12. Arreglo de pelos en el trago: cortos y escasos (0); o largos y densos (1). El arreglo de los pelos dispuestos en la rama principal del trago puede ser de pelos cortos y escasos o largos y densos. En *Mimon crenulatum* "Sur", *M. c. keenani* "Venezuela", *M. koepckeae*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Trachops cirrhosus* y *Lophostoma occidentale* los pelos son largos y densos; *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. koepckeae*, *M. c. keenani* "Panamá", *M. c. keenani* "Ecuador", *M. c. keenani* "Tumbes", *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis* exhiben pelos cortos y escasos en el trago. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 13. Color y apariencia de los parches auriculares: blanquecino e inconspicuos (0); blanco amarillento y conspicuos (1); amarillentos y conspicuos (2). Los parches auriculares corresponden a pelos de coloración contrastante ubicados en la base posterior de la oreja, estos pueden ser conspicuos o inconspicuos y de coloraciones variables. Los parches auriculares son blanco amarillento y claramente distinguibles en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas"; son inconspicuos y de color blanquecino en *M. koepckeae*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. En *M. c. keenani*, *Lophostoma occidentale* y *Tonatia saurophila* los parches auriculares son brillantes y conspicuos, abarcando gran parte de la nuca. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 14. Parche de pelos blanquecinos entre los hombros: ausente (0); o presente (1). Los parches a la altura de los hombros, corresponden a pelos de coloración contrastante con el pelaje dorsal. Estos parches son ausente en todos los miembros del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", *M. bennettii*, *Phyllostomus discolor*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Están presentes en *M. cozumelae*, *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale* y *Tonatia saurophila*. Usado por Lim (1993; carácter 2) y Wetterer *et al.* (2000; carácter 8).

Carácter 15. Presencia de pelos que cubren el I dígito de la mano: ausente (0); o presente (1). El primer dígito de la mano, libre del dactilopatagio, puede estar cubierto por densos pelos en la superficie dorsal o libre de pelos. El pulgar no está cubierto por pelos en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Trachops cirrhosus*; en todos los representantes del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis* el pulgar está cubierto por pelos cortos. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 16. Cobertura de pelos en el antebrazo: antebrazo desnudo (0); o primer tercio cubierto (1). El antebrazo es completamente desnudo, tanto en la parte dorsal como ventral, en todos los miembros del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Micronycteris megalotis* (Figura 2a). Por otro lado, el primer tercio del antebrazo se encuentra cubierto dorsal y ventralmente por densos pelos en los representantes del subgénero *Mimon*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus* (Figura 2b). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 17. Forma del mentón: protuberante (0); o no protuberante (1). Este carácter define extensiones carnosas en el mentón para el estado protuberante, y un perfil fino para el estado no protuberante. El mentón es protuberante en *M. crenulatum* "Sur",

el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus*; en contraste *M. c. crenulatum*, *M. c. keenani*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. koepckeeae*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Micronycteris megalotis* el mentón no sobresale del plano vertical. Carácter usado por primera vez en una filogenia.



Figura 2. Antebrazo de: a) subgénero anteriormente llamado "Anthorhina" y b) subgénero *Mimon*.

Carácter 18. Surco central del mentón: sin surco central (0); con surco suave (1); o con surco profundo (2). El mentón puede exhibir o no un surco que lo atraviesa verticalmente, es suave cuando la profundidad es leve y no se extiende por detrás del mentón, y profundo cuando el surco es marcado y se extiende por detrás del mentón. El surco es suave en *M. c. crenulatum*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*; es profundo en *M. c. keenani*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. koepckeeae*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Micronycteris megalotis*; y es ausente en *Lophostoma occidentale*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 19. Ornamentaciones de pelos en el mentón: ausente (0); o presente (1). Las ornamentaciones corresponden a pelos largos y ligeramente más gruesos y rígidos que se distribuyen radialmente sobre el mentón. Todos los representantes del subgénero anteriormente llamado "Anthorhina" y *Phylloderma stenops* no presentan ornamentaciones de pelos en el mentón, a diferencia del subgénero *Mimon*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* que exhiben ornamentaciones. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 20. Disposición de papilas submentales: sin papilas centrales o un par de papilas centrales, con cinco o seis papilas dispuestas en forma oblicua a cada lado (0); o dos pares de papilas alargadas solamente (1). El carácter describe la disposición y número de papilas submentales que se disponen por debajo del labio inferior. Los miembros

del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis* y *Trachops cirrhosus* exhiben dos papilas centrales por lado rodeadas por una fila diagonal de cinco a seis papilas por lado, siendo el número de papilas variables por especie o población. La condición de dos papilas centrales alargadas y dos por debajo se exhiben en el subgénero *Mimon* y *Micronycteris megalotis*. En *Tonatia saurophila* se observa una fila diagonal adicional y en *Phylloderma* se aprecian las filas diagonales pero sin las papilas centrales, por lo que fueron codificadas con "?". Usado por Wetterer *et al.* (2000; carácter 30).

Carácter 21. Forma de las almohadillas de las vibrisas al lado de la hoja nasal: globosas (0); o ligeramente globosas (1); o aplanadas (2). Las almohadillas son estructuras carnosas ubicadas a cada lado de la hoja nasal, sobre las cuales se insertan un grupo de vibrisas, estas almohadillas pueden ser globosas cuando representan semiesferas; ligeramente globosas cuando son menos esféricas o aplanadas cuando no hay esfericidad. Las almohadillas de las vibrisas son globosas en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. c. keenani* "Tumbes", *M. koepckeae*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis*; son poco globosas en *M. c. keenani* "Panamá", "Venezuela" y "Ecuador", el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Trachops cirrhosus*. Las almohadillas son planadas en *Lophostoma occidentalis*. Usado por Wetterer *et al.* (2000; carácter 16).

Carácter 22. Longitud de la hoja nasal: menos larga que ancha (0); o longitud menor a 1.5 veces el ancho (1); o longitud menor a dos veces el ancho (2); o longitud dos veces el ancho o más (3). Es la longitud comprendida desde los nostriles hasta la punta del limbo de la hoja nasal, respecto al ancho máximo de la misma estructura. En *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas" la hoja nasal sobrepasa dos veces el ancho (Figura 1a); en *M. koepckeae*, *M. c. keenani* y *Micronycteris megalotis* la longitud es menor a dos veces el ancho de la hoja nasal (Figura 1b). La hoja nasal de *Tonatia saurophila* es menos larga que ancha. El subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Trachops cirrhosus* y *Lophostoma occidentalis* la hoja nasal es más larga que ancha pero no excede 1.5 veces el ancho (Figura 1c). Usado por Owen (1987; carácter 2) quien mide la longitud de la hoja nasal respecto al ancho de la misma. Wetterer *et al.* (2000; carácter 19), definieron dos estados: hoja nasal más grande que dos veces la altura de la herradura, u hoja nasal truncada igual o menor a la longitud de la herradura.

Carácter 23. Forma de la hoja nasal: lanceolada (0); o acorazonada (1). La forma de la hoja nasal es lanceolada cuando el limbo es angosto y largo como una navaja; es acorazonada cuando es ensanchado en la parte media. La hoja nasal es lanceolada en todos los representantes del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*" y *Micronycteris megalotis* (Figura 1a y b); en contraste es acorazonada en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus* (Figura 1c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 24. Crenulaciones al borde la hoja nasal: ausentes (0); o poco marcadas en todo el borde pero distinguibles (1); o marcadas sólo en la mitad basal de la hoja nasal (2); o marcadas en todo el borde la hoja nasal (3). El borde del limbo de la hoja nasal puede presentar o no crenulaciones en el borde; que corresponden a plegamientos de la piel de profundidad y extensión variable. La hoja nasal presenta crenulaciones desde la base hasta la parte media de la hoja nasal en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum*

"Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas" y *M. koepckeae*. *Mimon c. keenani* y *M. crenulatum* "Sur" exhiben crenulaciones muy marcadas en todo el borde (Figura 1a y b). Las crenulaciones son poco marcadas en *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. Son ausentes en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Micronycteris megalotis* (Figura 1c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 25. Pigmentación en la hoja nasal: ausente (0); o parcial (1); o completa (2). Corresponde a la proporción de pigmento oscuro en el limbo de la hoja nasal. La pigmentación es completa en *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis*; es parcial con patrones diversos en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. c. keenani* "Ecuador", *M. c. keenani* "Tumbes" y *M. koepckeae*. La hoja no se encuentra pigmentada en *M. c. keenani* "Panamá", *M. c. keenani* "Venezuela", el subgénero *Mimon* y *Trachops cirrhosus*. Wetterer *et al.* (2000; carácter 18), usan este carácter, establecen características de la totalidad de la coloración tomando los estados parcialmente bicolorado, unicolorado, o bicolorado bien definido.

Carácter 26. Forma del borde inferior de la herradura: borde delgado a manera de una solapa de piel libre (0); o borde engrosado sin márgenes libres (1). El borde anterior de la herradura de todos los especímenes evaluados es continuo, sin embargo, éste puede extenderse hacia el labio a manera de una solapa. El borde es engrosado sin dejar piel libre en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. El borde anterior de la herradura deja un borde libre de piel a manera de solapa en todos los representantes del subgénero anteriormente llamado "Anthorhina" y *Phyllostomus discolor*. Usado por Wetterer *et al.* (2000; carácter 25) y Velazco (2005; carácter 9).

Carácter 27. Forma de la rama principal del trago: aguda (0); o redondeada (1). La rama principal del trago es aguda en *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonia", *M. koepckeae*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* (Figura 3c). En *M. crenulatum keenani*, *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Guayanas", *Phyllostomus discolor* y *Tonatia saurophila* la rama principal del trago es redondeada (Figura 3a y b). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

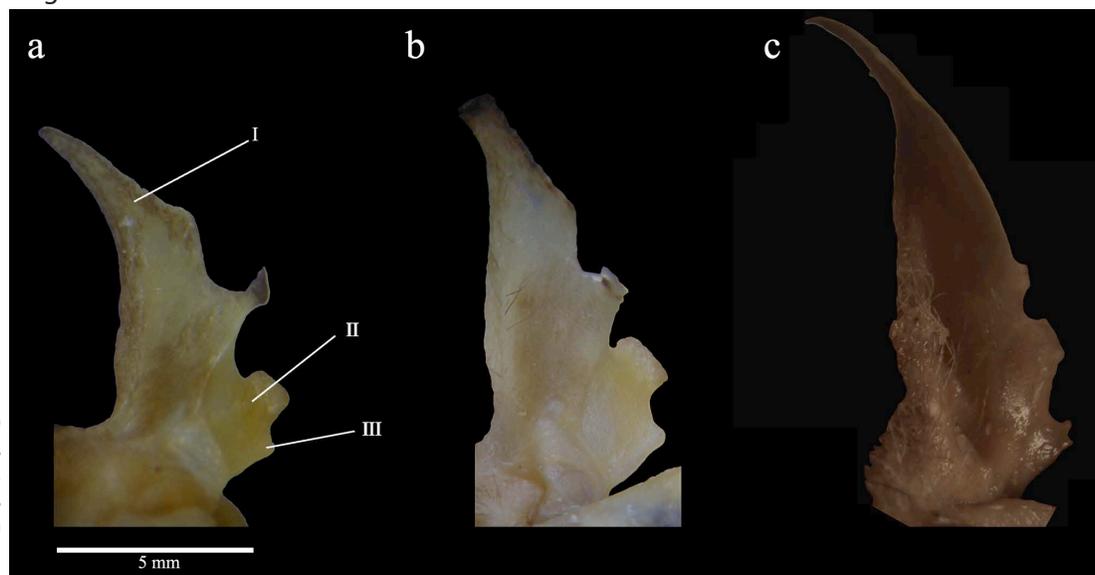


Figura 3. Trago de: a) *Mimon crenulatum crenulatum*, b) *M. c. keenani* y c) *M. bennettii*. I: rama principal, II: rama intermedia, III: rama inferior.

Carácter 28. Forma de la rama intermedia del trago: plana y delgada (0); o plana y engrosada (1); o globosa y engrosada (2). En plana y engrosada en *M. c. crenulatum*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Phylloderma stenops*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus* (Figura 3a); es globosa y engrosada en *M. koepckeeae*, *M. c. keenani*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur" y *Phyllostomus discolor* (Figura 3b); es plana y delgada en el subgénero *Mimon*, *Lophostoma occidentale* y *Micronycteris megalotis* (Figura 3c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 29. Forma de la rama interior del trago: corta (0); o pronunciada (1); o muy pronunciada (2). La rama inferior del trago es corta en *M. crenulatum* "Sur", el subgénero *Mimon* y *Micronycteris megalotis* (Figura 3c); es muy pronunciada en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. koepckeeae*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Tonatia saurophila* (Figura 3a). La rama inferior del trago es pronunciada en *M. c. keenani*, *Phylloderma stenops* y *Trachops cirrhosus* (Figura 3b). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 30. Tamaño de la oreja: corta menor a 22 mm (0); o mediana, de 23 a 26 mm (1); o larga, mayor a 30 mm (2). La longitud de la oreja, medida desde la base hasta la punta, es corta en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Micronycteris megalotis* (Figura 4a); es mediana en *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur" y *M. koepckeeae* (Figura 4b). En el subgénero *Mimon*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*, la longitud de la oreja sobrepasa los 30 mm (Figura 4c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

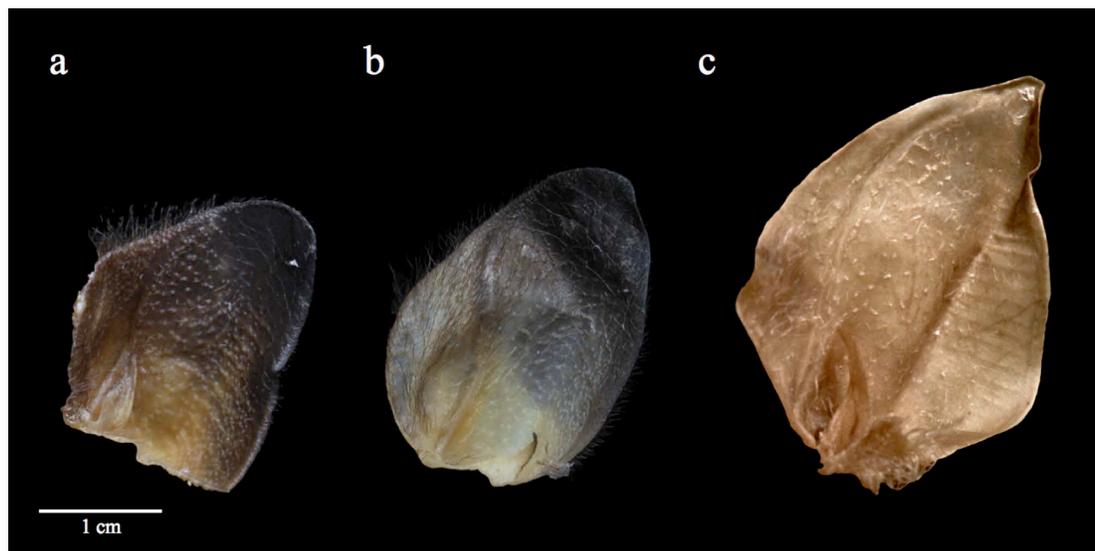


Figura 4. Orejas de: a) *Mimon crenulatum*, b) *M. c. keenani* y c) *M. bennettii*.

Carácter 31. Forma de la oreja: lanceolada de puntas paralelas sin proyección (0); o lanceolada de puntas divergentes con proyección hacia el exterior (1). Las orejas son lanceolada de puntas paralelas en todos los representantes del subgénero anteriormente llamado "Anthorhina", *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* (Figura 4a y b). En contraste, los representantes del subgénero *Mimon* y *Phyllostomus discolor* tienen orejas lanceoladas de puntas divergentes con proyecciones hacia el exterior (Figura 4c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 32. Pliegues paralelos de la oreja: ligeramente marcados, pero distinguibles (0); o muy bien definidos (1). La superficie interna del lóbulo externo de la oreja presenta plegamientos horizontales que varían en profundidad, siendo ligeramente marcados cuando son poco elevados o muy bien definidos cuando los pliegues son altos. En los individuos de todas las poblaciones de *M. crenulatum keenani*, *M. koepckeeae* y en *Phyllostomus discolor* los pliegues son distinguibles y se encuentran ligeramente marcados. Los pliegues se aprecian muy bien marcados en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Este carácter fue usado por Velazco (2005; carácter 10).

Carácter 33. Pigmentación de la oreja: parcialmente pigmentada (0); o completamente pigmentada (1). Corresponde a la proporción de la oreja con pigmentación oscura. Es parcialmente pigmentada cuando mitad superior presenta coloración oscura y la mitad inferior, incluido el trago, no. Es completamente pigmentada cuando toda la oreja presenta coloración oscura, incluyendo al trago. La oreja es parcialmente pigmentada en todos los representantes del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*" y *Trachops cirrhosus* (Figura 4a y b). La pigmentación es completa en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis* (Figura 4c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 34. Grosor de la oreja: oreja carnosa (0); o oreja translúcida (1). Corresponde a la textura de la oreja en cuando a grosor. Es carnosa cuando es lo suficientemente gruesa para no ver a través de ella en luz natural. Es translúcida cuando es lo suficientemente delgada que permite observar a través de ella. La pina es carnosa en todos los representantes del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* (Figura 4a y b). En el subgénero *Mimon* y *Lophostoma occidentale* la oreja es translúcida (Figura 4c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 35. Forma del borde de la oreja: engrosado y con crenulaciones (0); o delgado y liso (1). Los bordes de la oreja se encuentran engrosados y con crenulaciones en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Phylloderma stenops* y *Phyllostomus discolor* (Figura 4a); en tanto que en *M. koepckeeae*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur", el subgénero *Mimon*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* los bordes son delgados y lisos (Figura 4b y c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 36. Protuberancias en el lóbulo interno de la oreja: conglomeradas y desarrolladas (0); o esparcidas y poco desarrolladas (1). Las protuberancias en la superficie interna son conglomeradas y desarrolladas en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* (Figura 4a). Son esparcidas y poco desarrolladas pero distinguibles en *M. koepckeeae*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur", el subgénero *Mimon* y *Tonatia saurophila* (Figura 4b y c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 37. Desarrollo del lóbulo interno de la oreja: desarrollado (0); o poco desarrollado (1). El lóbulo interno de la oreja es claramente desarrollado en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum*

“Guayanas”, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* (Figura 4a). Es poco desarrollado en *M. koepckeeae*, *M. c. keenani*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops* y *Phyllostomus discolor* (Figura 4b y c). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 38. Pliegue en la base exterior de la oreja: poco profundo (0); o muy profundo (1). La base exterior donde la oreja se inserta a la cabeza presenta un plegamiento de piel con diferentes grados de profundidad hacia el interior. El pliegue es poco profundo en todos los representantes del subgénero anteriormente llamado “*Anthorhina*”, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* (Figura 5a); en el subgénero *Mimon* y *Lophostoma occidentale* el pliegue es bastante profundo y definido (Figura 5b). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

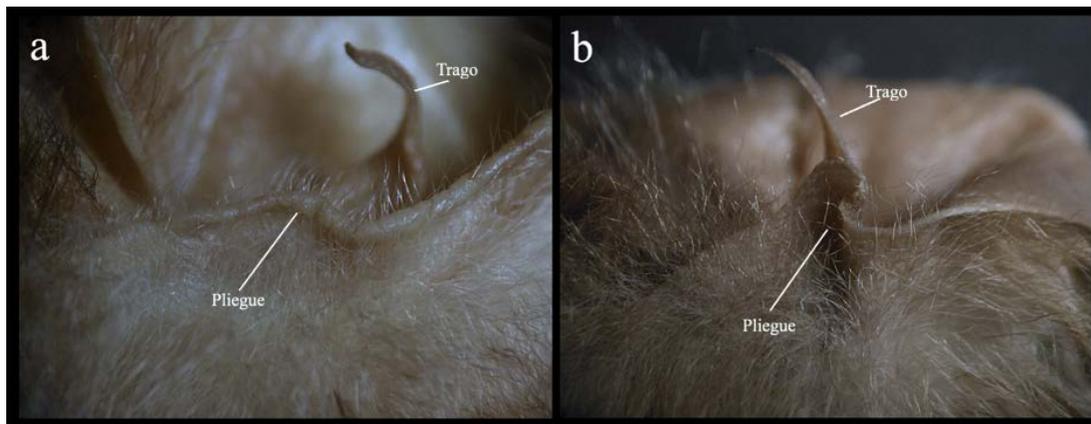


Figura 5. Pliegue en la base de la oreja de: a) subgénero anteriormente llamado “*Anthorhina*” y b) subgénero *Mimon*.

Carácter 39. Presencia de la glándula gular: ausente (0); o presente (1). Corresponde a una estructura para exudación odorífera presente en individuos adultos (machos y hembras), ubicada en la parte central de la garganta. La glándula gular está presente en todos los representantes del subgénero anteriormente llamado “*Anthorhina*”, en *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Es ausente en el subgénero *Mimon*, *Lophostoma occidentale* y *Tonatia saurophila*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 40. Pigmentación en la punta de la alas: despigmentadas (0); o pigmentadas (1). Corresponde a la proporción del plagiopatagio sin pigmentación. Las puntas de las alas son completamente pigmentadas en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* “Sur”, *M. crenulatum* “Amazonía”, *M. crenulatum* “Guayanas”, *M. koepckeeae*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Micronycteris megalotis*. Las puntas se encuentra despigmentadas en las alas de *M. c. keenani*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 41. Pigmentación de la planta de la pata: ausente (0); o presente (1). La planta de la pata es pigmentada en todos los representantes del subgénero anteriormente llamado “*Anthorhina*”, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis* (Figura 6a). En el caso del subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops* y *Trachops cirrhosus* la patas no son pigmentadas (Figura 6b). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 42. Arreglo de pelos en el dorso de la pata: esparcidos y cortos (0); o ligeramente densos y largos (1); o densos y largos (2). En *M. crenulatum longifolium*, *M. crenulatum* “Sur”,

M. koepckeae y *M. c. keenani* los pelos del dorso de la pata son densos y largos (Figura 6a); en tanto que en *M. c. crenulatum*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Phylloderma stenops*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* los pelos son ligeramente densos y largos; en el subgénero *Mimon*, *Phyllostomus discolor* y *Lophostoma occidentale* los pelos son esparcidos y cortos (Figura 6b). Usado por Velazco (2005; carácter 15).

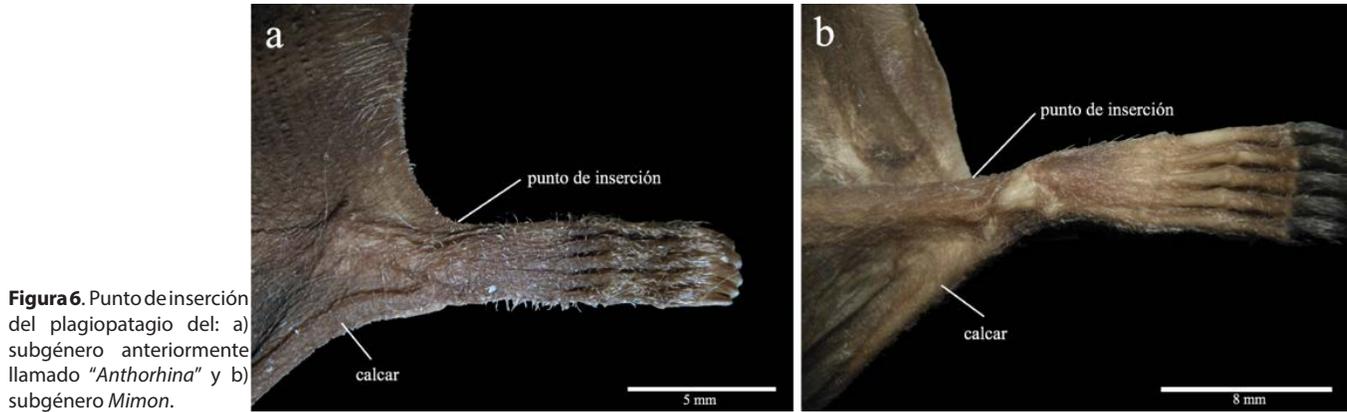


Figura 6. Punto de inserción del plagiopatagio del: a) subgénero anteriormente llamado "Anthorhina" y b) subgénero *Mimon*.

Carácter 43. Presencia de peine de pelos en el uropatagio: ausente (0); o con pelos esparcidos y cortos (1); o exhibe peine bien definido de pelos largos (2). El peine de pelos es ausente en las poblaciones de *M. crenulatum keenani*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*; *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas" y *M. koepckeae* presentan pelos esparcidos y cortos. En *M. crenulatum* "Sur" el peine de pelos está compuesto por pelos largos regularmente dispuestos. Usado por Lim (1993; carácter 13), Wetterer *et al.* (2000; carácter 10) y Velazco (2005; carácter 17).

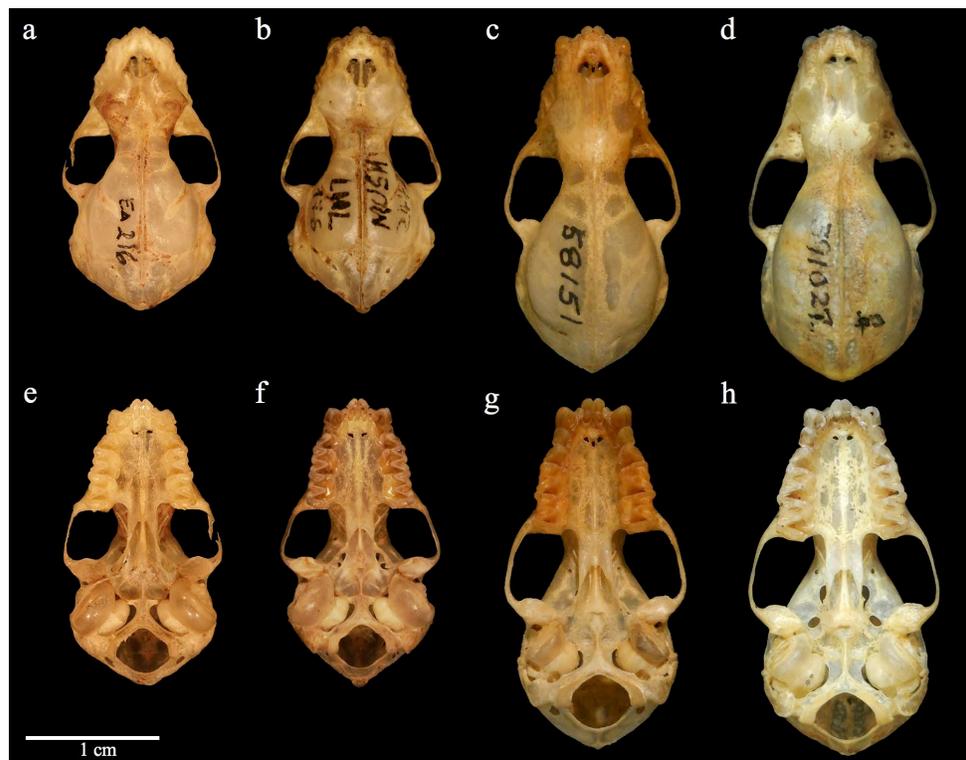


Figura 7. Vista dorsal y ventral de los cráneos de *Mimon koepckeae* (a y e), *M. crenulatum* (b y f), *M. cozumelae* (c y g) y *M. bennettii* (d y h).

Craneodentales. **Carácter 44.** Forma de los nostriles: en forma de "V" (0); o en forma de "U" (1); o en forma de omega con bordes rectos hasta encía (2); o sin depresión, es decir, borde anterior de los nasales recto (3). El nostril corresponde a los bordes anteriores de los nasales, el cual varía en forma. En *M. koepckeae* tienen forma de "V" (Figura 7a). *Mimon crenulatum keenani*, *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* tienen forma de omega (Figura 7b). Son rectos en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops* y *Phyllostomus discolor* (Figura 7c y d). En *Lophostoma occidentale* tienen forma de "U". Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 45. Forma del perfil del rostro: plano (0); o ligeramente curvado (1); o muy curvado (2). La forma de la parte dorsal más anterior del rostro, en vista lateral, da al perfil una forma aplanada cuando no presenta elevación; o curvada dependiendo del grado de elevación de la parte anterior. En *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. koepckeae* y *Trachops cirrhosus* el perfil es ligeramente curvado (Figura 8a y b). En todas las poblaciones de *M. c. keenani* el perfil es muy curvado, debido a que el borde anterior es muy elevado. En el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis* el perfil es plano (Figura 8c y d). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

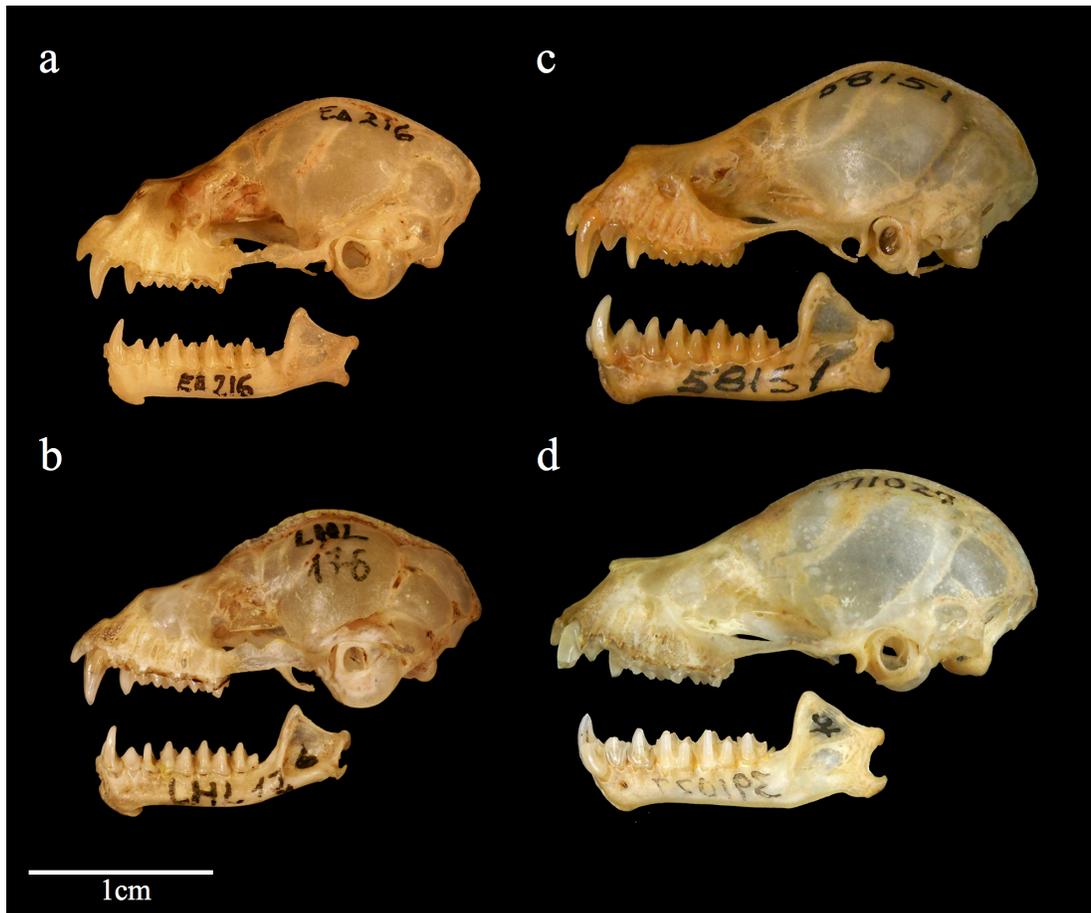


Figura 8. Vista lateral del cráneo y mandíbula de *Mimon koepckeae* (a), *M. crenulatum* (b), *M. cozumelae* (c) y *M. bennettii* (d).

Carácter 46. Longitud de los nasales: cortos (0); o largos (1). Los nasales son cortos cuando son menores a la mitad de la longitud del rostro y largo cuando son mayores a la mitad de la longitud rostral. Son cortos en todos los miembros del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", así como en *Phylloderma stenops*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus* (Figura 7a y b); en el subgénero *Mimon*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis* y *Micronycteris megalotis* los nasales son largos (Figura 7c y d). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 47. Disposición de las crestas de los incisivos: crestas casi paralelas (0); o crestas diagonales no convergentes en la base (1); o crestas diagonales convergentes en la base (2). Dorsalmente el cráneo exhibe crestas en la encía donde se insertan los incisivos superiores. Estas crestas varían en disposición, siendo casi paralelas en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. c. keenani* y *Trachops cirrhosus* (Figura 7a y b). En *M. koepckee* y *Tonatia saurophila* las crestas son convergentes en la base. En el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis* y *Micronycteris megalotis* las crestas son diagonales pero no convergentes en la base (Figura 7c y d). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 48. Depresión media rostral: ausente (0); o ligeramente profunda (1); o profunda (2). La depresión media rostral corresponde a una concavidad distinguible en el centro de la frente. La depresión media rostral es notablemente profunda en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía" y *M. crenulatum* "Guayanas". Es ligeramente profunda en todas las poblaciones de *M. c. keenani*. La depresión media rostral no está presente en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 49. Forma de la raíz maxilar del cigoma: plana (0); o ligeramente inflamada (1); o muy inflamada (2). Las raíces del cigoma son planas en el subgénero *Mimon*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis* y *Tonatia saurophilas*. En *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* las raíces son ligeramente inflamadas. En *M. koepckee*, *M. c. keenani* y *Phylloderma stenops* las raíces son muy inflamadas. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 50. Perfil de la caja craneana: inflamada anteriormente (0); o no inflamada anteriormente (1). En vista lateral, la caja craneana exhibe una inflamación en la zona frontal de *M. crenulatum* "Sur", *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis*; por otra parte *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. koepckee*, *M. c. keenani*, el subgénero *Mimon*, *Lophostoma occidentalis* y *Trachops cirrhosus* exhiben la frente no inflamada. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 51. Forma del borde posterior de la caja craneana: redondeada (0); o con vértice por la presencia de proceso poco desarrollado (1); o vértice afilado por presencia de proceso muy desarrollado (2). El borde posterior de la caja craneana presenta una proyección desarrollada en *M. crenulatum* "Sur", *Lophostoma occidentalis*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*; esta proyección es menos protuberante pero distinguible en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. c. keenani*, *Phyllostomus discolor*; en *M. koepckee*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops* y *Micronycteris megalotis* el borde posterior es redondeado. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 52. Desarrollo de la cresta sagital: poco desarrollada (0); o medianamente desarrollada (1); o muy desarrollada (2). La cresta sagital es una proyección dorsal vertical del cráneo, que varía en altura y extensión. Es poco desarrollada en *M. crenulatum keenani* "Tumbes", *M. koepckeeae*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Micronycteris megalotis* (Figura 8a, c y d); medianamente desarrollada en *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus* (Figura 8b); y muy desarrollada en *M. crenulatum* "Amazonía" y *Lophostoma occidentale*. No se analizó el carácter en los demás taxones por lo que fue codificado como "?". Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 53. Longitud relativa de la caja craneana: de longitud igual que el rostro (0); más grande que el rostro (1); o dos veces la longitud del rostro (2). La caja craneana es de igual longitud que el rostro en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas" y *M. koepckeeae*. Es más grande que el rostro en *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur", *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. Es dos veces o más la longitud del rostro en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Micronycteris megalotis*. Usado por Simmons y Conway (2001: Carácter 9), comparan el largo del rostro respecto al largo total del cráneo.

Carácter 54. Longitud del cráneo: menor a 22.5 mm (0); o mayor a 25.0 mm (1). Es la longitud medida desde la inserción de los incisivos hasta del borde posterior de la caja craneana. La longitud es menor a 22.5 mm en todos los integrantes del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*" y *Micronycteris megalotis*. Es mayor a 25.0 mm en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 55. Forma del jugal: cilíndrico y angosto (0); o aplanado, ancho y frágil (1); o aplanado, ancho y robusto (2). El jugal es cilíndrico y angosto en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops* y *Lophostoma occidentale*. Es aplanado, ancho y frágil en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. koepckeeae* y *Phyllostomus discolor*. Es aplanado, ancho y robusto en *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Guayanas", *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 56. Amplitud de la constricción postorbital: más ancha que el espacio entre los caninos (0); o más angosta que el espacio entre los caninos (1). La constricción postorbital es más ancha que el espacio entre los caninos en *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis*. Es más angosta que el espacio entre los caninos en el subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", el subgénero *Mimon*, *Lophostoma occidentale* y *Trachops cirrhosus*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 57. Amplitud relativa del paladar: igual o más ancho que la región postorbital (0); o menos ancho que la región postorbital (1). El paladar es igual o más ancho que la región postorbital en *M. koepckeeae*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. Es menos ancho en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", el subgénero *Mimon* y *Micronycteris megalotis*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 58. Forma del piso del paladar: cóncavo (0); o ligeramente cóncavo (1); o plano (2). El piso del paladar es ligeramente cóncavo en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", el subgénero

Mimon, *Lophostoma occidentale*, *Phyllostomus discolor*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Es cóncavo en *M. koepckeeae*, *M. c. keenani* y *Tonatia saurophila*. Es plano en *Phylloderma stenops*. Usado por Pacheco y Patterson (1991; carácter 13).

Carácter 59. Ubicación de la premaxila en el paladar: al mismo nivel de la maxila (0); o por debajo de la maxila (1). En vista ventral, el piso del paladar en la premaxila puede estar por debajo o no del piso de la maxila. Todos los miembros del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*" presentan la premaxila por debajo del nivel de la maxila al igual que en *Phylloderma stenops*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis*; la maxila y la premaxila se encuentran en el mismo plano en el subgénero *Mimon*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Trachops cirrhosus*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 60. Forma del borde posterior de la premaxila: exhibe una muesca extendida hacia la maxila en forma de "V" (0); o exhibe una muesca corta y redondeada dirigida hacia la maxila (1); o exhibe borde sin muesca (2). *Mimon crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. koepckeeae* y *Micronycteris megalotis* presentan una muesca en forma de V. *Mimon c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur" y *Tonatia saurophila* exhiben muesca corta y redondeada. El subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Trachops cirrhosus* no exhiben ningún tipo de muesca. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 61. Amplitud del tabique medio del proceso palatino en la premaxila: angosto (0); o ancho (1). El tabique medio del proceso palatino - mfpp (Giannini y Simmons 2007) corresponde a la estructura ósea ubicada entre los forámenes incisivos. En *M. c. crenulatum*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. bennettii*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* el mlpp es angosto. En *M. c. keenani*, *M. c. longifolium*, *M. c. "Sur"*, *M. koepckeeae*, *M. cozumelae* y *Tonatia saurophila* el mfpp es ancho. Owen (1987: carácter 8) se refiere a esta estructura como el septo que separa los forámenes incisivos, los estados se refieren a la presencia y al número de tabiques de esta estructura.

Carácter 62. Posición del foramen accesorio medio: ubicado en la parte media anterior de los forámenes incisivos (0); o en la parte media o posterior de los forámenes incisivos (1); o ausente (2). El foramen accesorio medio - afo (Giannini y Simmons 2007) es un orificio ubicado en la pre-maxila a nivel del tabique medio del proceso palatino. El foramen accesorio medio está ubicado en la parte anterior en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Phylloderma stenops* y *Phyllostomus discolor*. Se ubica en la parte central o posterior en *M. c. keenani*, *M. cozumelae*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. *Mimon koepckeeae*, *M. bennettii* y *Lophostoma occidentale* no exhiben foramen accesorio medio. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 63. Par de cavidades detrás de los incisivos superiores: ausente (0); o presente (1). Corresponde a dos pequeñas cavidades, ubicadas en la pre-maxila inmediatamente detrás de los incisivos. Están ausentes en el subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. Están presentes en el subgénero *Mimon* y *Micronycteris megalotis*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 64. Amplitud de los bordes laterales del paladar: ligeramente amplios (0); o moderadamente amplios (1); o marcadamente amplios (2). El borde posterior del paladar está dividido por el interpterygoideo. Los bordes laterales son ligeramente amplios en *M. crenulatum keenani* "Ecuador", *M. c. keenani* "Venezuela", *M. c. keenani* "Panamá" y *Micronycteris megalotis*. Son moderadamente amplios en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. c. keenani* "Tumbes", el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Trachops cirrhosus*. Son marcadamente amplios en *M. koepckeeae*, *Lophostoma occidentale* y *Tonatia saurophila*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 65. Presencia del proceso posterior del paladar: ausente (0); o presente (1). El proceso del paladar está presente en *M. koepckeeae*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Es ausente en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. c. keenani*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Tonatia saurophila*. Este carácter fue incluido de manera combinada por Owen (1987; carácter 10) y Lim (1993; carácter 4). Fue usado con el mismo criterio por Simmons y Conway (2001; carácter 13).

Carácter 66. Alcance de la fosa mesopterygoidea: sobrepasa la mitad del interpterygoideo (0); o no sobrepasa la mitad del interpterygoideo (1). La fosa mesopterygoidea sobrepasa el punto medio del interpterygoideo en *M. koepckeeae*, *Trachops cirrhosus* y *Phyllostomus discolor*. No sobrepasa el punto medio en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis*. Owen (1987; carácter 9), la extensión es expresada respecto al borde anterior de las órbitas. Lim (1993; carácter 4) hace referencia a la extensión del paladar respecto al interpterygoideo sin punto de referencia. Wetterer *et al.* (2000; carácter 44) describen los estados respecto al espacio interpterygoideo y molares.

Carácter 67. Forma de la fosa mesopterygoidea: en forma de "V" (0); o en forma de "U" (1). La fosa mesopterygoidea presenta forma de V invertida en los representantes de *M. koepckeeae*, *M. cozumelae*, *Phyllostomus discolor*, *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale*, *Trachops cirrhosus*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis* (Figura 7e y g). Exhibe forma de U invertida en los representantes de *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas" y *M. bennettii* (Figura 7f y h). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 68. Forma de la bullas timpánicas: muy angostas y cortas (0); o angostas y altas (1); o ancha y alta (2); o muy ancha y alta (3). Las bullas son muy angostas y cortas en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Lophostoma occidentale* (Figura 7g y h). Son angostas y altas en *M. koepckeeae*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* (Figura 7e). Son anchas y altas en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas" (Figura 7f). Son muy anchas y altas en *M. crenulatum* "Sur". Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 69. Tamaño de la apertura del meato auditivo: grande (0); o pequeño (1). El meato auditivo es grande cuando ocupa casi la mitad del área del anillo auditivo, este carácter es exhibido en los representantes de *M. crenulatum* "Amazonía", *M. cozumelae*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. La apertura del meato auditivo abarca menos de la mitad del área del anillo auditivo en los

representantes de *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Guayanas", *M. bennettii*, *Lophostoma occidentale* y *Micronycteris megalotis*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 70. Amplitud del basioccipital a la altura de las cócleas: ancho (0); o angosto (1). El basioccipital es muy amplio en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Micronycteris megalotis*. Es angosto en *M. crenulatum* "Sur", *M. koepckeae*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. Usado por Simmons y Conway (2001; carácter 25).

Carácter 71. Posición de las proyecciones laterales del basiesfenoides: distinguibles y perpendiculares al tabique del basiesfenoides (0); o distinguibles y convergentes hacia el tabique del basiesfenoides (1); o poco desarrolladas pero distinguibles y ligeramente convergentes (2). Las proyecciones del basiesfenoides son perpendiculares en *M. koepckeae*. Son distinguibles y convergentes hacia el tabique del basiesfenoides en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía" y *M. crenulatum* "Guayanas". Son poco desarrolladas pero distinguibles y ligeramente convergentes en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 72. Profundidad de la cavidades del basiesfenoides: muy profundas (0); o moderadamente profundas (1); o poco profundas casi planas (2). Las cavidades son muy profundas en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas" y *Phyllostomus discolor* (Figura 7f). Son moderadamente profundas en *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur", *M. koepckeae*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis* (Figura 7e). Son poco profundas a planas en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale* y *Trachops cirrhosus* (Figura 7g y h). Owen (1987; carácter 13), además de los estado propuestos en el presente estudio, considera la ausencia de estas fosas como el estado más ancestral.

Carácter 73. Forma del tabique del basiesfenoides: alto y de borde romo (0); o alto y de borde afilado (1); o poco desarrollado de borde romo (2). El tabique del basiesfenoides es alto y de borde romo en *M. c. crenulatum*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Sur", el subgénero *Mimon*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. El tabique es alto y de borde afilado en *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Guayanas", *M. koepckeae*, *Phyllostomus discolor* y *Micronycteris megalotis*. *Phylloderma stenops* y *Lophostoma occidentale* exhiben el tabique poco desarrollado y romo. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 74. Desarrollo del proceso paraoccipital: pobremente desarrollado casi imperceptible (0); moderadamente desarrollado (1); o bien desarrollado (2). El paraoccipital es pobremente desarrollado en *M. koepckeae* y *Micronycteris megalotis*. Es moderadamente desarrollado en *M. c. crenulatum*, *M. c. keenani*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. Es bien desarrollado en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Lophostoma occidentale*. Owen (1987; carácter 12), compara el desarrollo del proceso paraoccipital respecto al proceso mastoideo, considera ancestral la ausencia de la estructura y las fosas extremadamente profundas como estado derivado. Usado por Velazco (2005; carácter 20).

Carácter 75. Cúspides accesorias del canino superior: ausentes (0); poco desarrolladas (1); o desarrolladas (2). Las cúspides del canino superior están ausentes en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Se encuentran poco desarrolladas en *M. c. crenulatum*, *M. c. keenani*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas" y *Lophostoma occidentalis*. Se encuentran muy bien desarrolladas en *M. koepckeeae*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 76. Presencia de un surco profundo entre el hipocono y paracono del M1 y M2: ausente (0); o presente (1). Un surco profundo y muy bien definido entre el hipocono y el paracono de los molares M1 y M2 es exhibido en los representantes de *M. crenulatum keenani*, *M. koepckeeae*, *Lophostoma occidentalis*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*; el surco es ausente en los representantes de *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas"; el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Tonatia saurophila*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 77. Cíngulo lingual del segundo molar superior M2: ausente (0); o poco desarrollado (1); o desarrollado (2). El cíngulo del M2 es ausente en *M. c. crenulatum*, *M. c. keenani* "Venezuela", *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", el subgénero *Mimon*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis*, *Tonatia saurophila* y *Trachops cirrhosus*. Es poco desarrollado en *M. koepckeeae*, *M. c. keenani* "Panamá", *M. c. keenani* "Ecuador", *M. c. keenani* "Tumbes", *M. crenulatum* "Guayanas", *Phylloderma stenops* y *Micronycteris megalotis*. En *M. crenulatum* "Sur" el cíngulo es notablemente más desarrollado. Velazco (2005: carácter 41) codificó dos estados para este carácter: ausente y presente.

Carácter 78. Forma de la cresta anterior del proceso coronoide: curva (0); o recta (1). El borde anterior del proceso coronoide de la mandíbula es de forma curva en los representantes de *M. crenulatum* "Sur", *M. c. keenani* "Tumbes", *M. cozumelae*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis* y *Tonatia saurophila* (Figura 8b y c). El borde anterior exhibe forma recta en los representantes de *M. koepckeeae*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. bennettii*, *Phylloderma stenops*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* (Figura 8a y d). No se revisaron los especímenes de *M. c. crenulatum*, *M. c. keenani* "Panamá", *M. c. keenani* "Venezuela", *M. c. keenani* "Ecuador" y *M. crenulatum* "Guayanas", por lo que fueron codificados como "?". Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 79. Posición del proceso condiloide de la mandíbula: sobrepasa el alto de la encía (0); o no sobrepasa el alto de la encía (1). Corresponde a la posición del proceso condiloide, respecto al borde superior de la encía libre entre la hilera molar y el proceso coronoide. El proceso condiloide sobrepasa a la encía en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. En *M. koepckeeae* y *M. c. keenani* el proceso no sobrepasa el alto de la encía. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 80. Tamaño del proceso angular de la mandíbula: corto (0); o largo (1). El tamaño del proceso angular es corto cuando, en vista dorsal, es cubierto por el proceso condiloide y largo cuando sobresale del proceso condiloide. Es corto en *M. c. crenulatum*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas",

M. koepckeeae, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Es largo en *M. c. longifolium*, *Lophostoma occidentale* y *Tonatia saurophila*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 81. Forma de la base posterior de la mandíbula: angular (0); o diagonal (1); o recto (2). El perfil posterior e inferior de la mandíbula es angular en *M. c. crenulatum*, *M. c. keenani*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía" y *M. crenulatum* "Guayanas" (Figura 8b). Es diagonal en *M. koepckeeae*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis* (Figura 8a). Es recto en el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops* y *Phyllostomus discolor* (Figura 8c y d). Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 82. Presencia del incisivo inferior externo i2: ausente (0); o presente (1). El incisivo inferior externo i2 es ausente en todos los miembros del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", el subgénero *Mimon*, *Lophostoma occidentale* y *Tonatia saurophila*. Está presente en *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Pacheco y Patterson (1991; carácter 2) indica que la presencia de i2 es la condición primitiva del estado. Wetterer *et al.* (2000; carácter 54), usa codificación inversa.

Carácter 83. Número de lóbulos de los incisivos inferiores internos (i1): bilobados (0); o trilobados (1). Los incisivos inferiores internos (i1) son bilobados en *M. koepckeeae*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis*. Son trilobados en *M. c. crenulatum*, *M. c. keenani*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Trachops cirrhosus*. Usado por Pacheco y Patterson (1991; carácter 3), no codificaron los incisivos exteriores, porque estos tienden a desgastarse a temprana edad. Simmons y Conway (2001; carácter 34), codificaron este carácter para los incisivos externos como un carácter independiente.

Carácter 84. Presencia del tercer premolar inferior (p3): ausente (0); o presente (1). El premolar inferior p3 está ausente en todos los miembros del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", el subgénero *Mimon* y *Phyllostomus discolor*. Está presente en *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Usado por Wetterer *et al.* (2000; carácter 58), quienes además tomaron en cuenta el tamaño proporcional de p3 respecto a los otros premolares.

Carácter 85. Presencia de la cúspide accesoria distal secundaria en el premolar superior P4: ausente (0); o presente (1). La cúspide accesoria distal secundaria en el premolar superior P4 es ausente en todos los miembros del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentale* y *Tonatia saurophila*. Está presente en el subgénero *Mimon*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Usado por Wetterer *et al.* (2000; carácter 57) quienes además incluyeron el estado ambiguo.

Carácter 86. Compresión de los caninos inferiores: comprimidos, forma de vela náutica (0); o no comprimidos, forma piramidal (1). Los caninos inferiores están comprimidos en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum* "Sur", *M. crenulatum* "Amazonía", *M. crenulatum* "Guayanas", *M. c. keenani* "Panamá", *M. c. keenani* "Venezuela", *M. c. keenani* "Ecuador", *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentale* y *Trachops cirrhosus*. No están comprimidos en *M. koepckeeae*, *M. c. keenani* "Tumbes", el subgénero *Mimon*, *Phyllostomus discolor*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Carácter 87. Compresión del cuarto premolar inferior - p4: Comprimido posteriormente, forma de vela náutica (0); o no comprimido, forma piramidal (1). El cuarto premolar inferior - p4 está comprimido en *M. crenulatum keenani*. No está comprimido en *M. c. crenulatum*, *M. c. longifolium*, *M. crenulatum "Sur"*, *M. crenulatum "Amazonía"*, *M. crenulatum "Guayanas"*, *M. koepckeae*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. Carácter usado por primera vez en una filogenia.

Postcraneales. **Carácter 88.** Arreglo del tercer y quinto metacarpal: longitud del tercer metacarpal mayor que el quinto (0); o longitud de los metacarpales similar (1); o longitud del tercer metacarpal menor al quinto (2). La longitud del tercer metacarpal es menor al quinto en *M. koepckeae*, *M. crenulatum keenani*, el subgénero *Mimon*, *Phylloderma stenops*, *Lophostoma occidentalis*, *Tonatia saurophila*, *Trachops cirrhosus* y *Micronycteris megalotis*. La longitud de los metacarpales III y V es similar en *M. crenulatum "Sur"* y *M. c. longifolium*. En *M. c. crenulatum*, *M. crenulatum "Amazonía"*, *M. crenulatum "Guayanas"* y *Phyllostomus discolor* el tercer metacarpal es más largo que el quinto. Usado por Velazco (2005; carácter 59) y Wetterer *et al.* (2000; carácter 84).

Carácter 89. Longitud relativa del calcar: igual o mayor a la longitud de la tibia (0); o menor a la longitud de la tibia pero más largo que la pata (1); o menor a la longitud de la tibia y de la pata (2). El calcar es de mayor longitud que la tibia en *M. c. crenulatum*, *M. c. keenani*, *M. crenulatum "Amazonía"*, *M. crenulatum "Sur"*, *M. koepckeae* y *Micronycteris megalotis*. El calcar es de menor longitud que la tibia pero mayor que la pata en *M. c. longifolium*, *M. crenulatum "Guayanas"*, *Lophostoma occidentalis*, *Tonatia saurophila* y el subgénero *Mimon*. El calcar es menor que la longitud de la tibia y la pata en *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor* y *Trachops cirrhosus*. En Wetterer *et al.* (2000; carácter 87) hacen referencia a la longitud relativa del calcar sólo respecto a la pata.

Carácter 90. Punto de inserción del plagiopatagio: en el tobillo (0); o en el primer metatarsal (1). El plagiopatagio se inserta en el primer metatarsal de todos los representantes del subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*", *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Lophostoma occidentalis*, *Tonatia saurophila* y *Micronycteris megalotis* (Figura 6a). En contraste el plagiopatagio se inserta en el tobillo en el subgénero *Mimon* y *Trachops cirrhosus* (Figura 6b). Owen (1987; carácter 6) indica la inserción del plagiopatagio en la región de la tibia, del tarso y del metatarso (multiestado). Wetterer *et al.* (2000; carácter 88), además de la inserción en la pierna (tibia) hacen referencia a los diferentes puntos en el tarso donde se inserta el plagiopatagio, incluyendo el calcar. Velazco (2005; carácter 60) codifica dos estados para la inserción del plagiopatagio: en la región del tobillo y en el primer metatarsal. No estamos de acuerdo con Wetterer *et al.* (2000) respecto al punto de inserción del plagiopatagio en *M. bennettii*; éste se ubica indiscutiblemente en el tobillo.

Carácter 91. Longitud relativa de la cola: corta (0); o larga (1). Corresponden a la longitud relativa de la cola respecto a la longitud de la pata. La cola es larga, mayor a la longitud de la pata, en el subgénero anteriormente llamado "*Anthorhina*" y *Micronycteris megalotis*. El resto de taxones exhiben colas cortas, menores a la longitud de la pata. Usado por Wetterer *et al.* (2000; carácter 89).

Resultados

Como resultado de la búsqueda exhaustiva se obtuvo un único árbol más parsimonioso de 306 pasos (IC = 0.464, IR = 0.675), con 16 nodos soportados con el índice de Bremer; asimismo, en el árbol el valor promedio de Bootstrap es 78.90 % y de Jackknife 81.18 % (Figura 9). El árbol enraizado con *Micronycteris megalotis* muestra dos cladogramas muy bien diferenciados. El primero agrupa a los otros miembros del grupo externo y al subgénero *Mimon* (Bootstrap = 66 % y Jackknife = 72 %). El segundo está conformado por *M. crenulatum* y *M. koepckee*, miembros del subgénero anteriormente llamado "Anthorhina", (Bootstrap = 95 % y Jackknife = 97), apoyando la monofilia del clado (Figura 9, rectángulo gris).

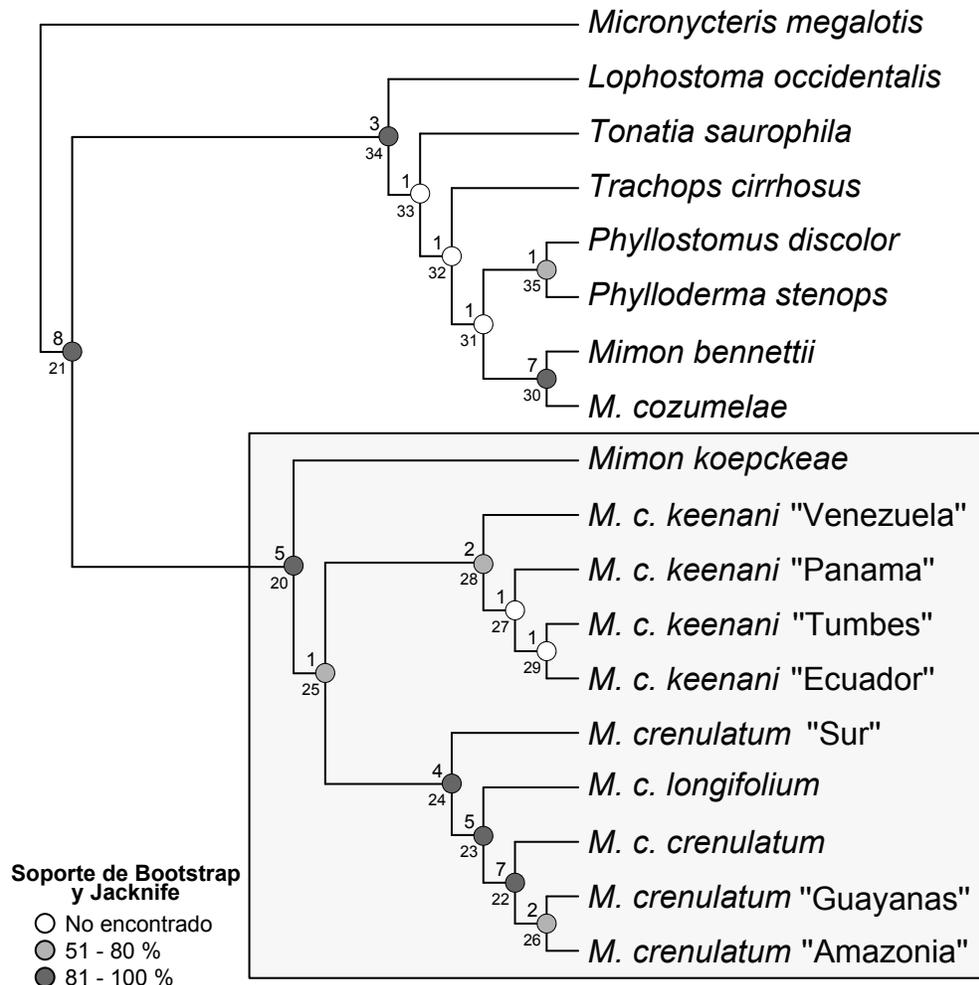


Figura 9. Árbol único más parsimonioso obtenido del análisis filogenético basado en caracteres no ordenados (306 pasos, IC = 0.464, IR = 0.675). El número de nodo se encuentra al lado izquierdo y debajo del nodo, por encima el valor de soporte de Bremer y un círculo que varía en tonos de gris para los valores de Bootstrap y Jackknife.

El árbol muestra que el género *Mimon* (*sensu* Simmons 2005) es polifilético. Los representantes del subgénero monofilético *Mimon* *sensu* estricto se encuentran en el nodo 30 (Bootstrap = 99 % y Jackknife = 99 %), teniendo como grupo hermano al nodo 35 conformado por *Phylloderma stenops* y *Phyllostomus discolor* (Bootstrap = 55 %, Jackknife = 55 %).

El nodo 20 representa la monofilia muy bien respaldada del taxón anteriormente llamado "Anthorhina", conformada por *Mimon koepckee* y el nodo 25, equivalente a *Mimon crenulatum sensu lato* (Bootstrap = 52 % y Jackknife = 53 %). Este último está conformado por dos nodos: el nodo 28, equivalente a *M. crenulatum keenani* (Bootstrap = 80 %, Jackknife

= 78 %) que agrupa a *M. crenulatum keenani* "Venezuela", *M. crenulatum keenani* "Panamá", *M. crenulatum keenani* "Tumbes" y *M. crenulatum keenani* "Ecuador"; y el nodo 24 (Bootstrap = 81 %, Jackknife = 87 %), conformado por *M. crenulatum* "Sur" y el nodo 23 (Bootstrap = 85 %, Jackknife = 88 %) conformado por *M. c. longifolium* y el nodo 22 (Bootstrap = 86 %, Jackknife = 90 %) que a la vez agrupa a *M. c. crenulatum* y el nodo 26 (Bootstrap = 69 %, Jackknife = 74 %) conformado por *M. crenulatum* "Amazonia" y *M. crenulatum* "Guayanas".

Discusión

Relaciones filogenéticas. La inclusión de todas las especies reconocidas dentro de *Mimon* ha permitido resolver las relaciones filogenéticas del género y mejorar la resolución de las relaciones dentro de Phyllostomidae. En nuestro análisis filogenético, *Mimon sensu lato* es un grupo polifilético (Figura 9), que contrasta con la definición de Wetterer *et al.* (2000) quienes indicaron que *Mimon* y "*Anthorhina*" conforman un grupo monofilético. Este resultado es congruente con los resultados de Dávalos *et al.* (2012) quienes, en base a caracteres moleculares, resuelven la polifilia de *Mimon sensu lato*, resaltando que *Mimon sensu stricto* no está relacionado con otros phyllostominos y recomiendan un mejor muestreo taxonómico para resolución de éstas relaciones. En este sentido, nuestro análisis incorporó los todos los taxa reconocidos para *Mimon sensu lato* y aquellos que anteriormente fueron indicados como grupos hermanos de "*Anthorhina*", como *Lophostoma*, *Tonatia*, *Trachops*, *Phyllostomus* y *Phylloderma* (ver Patton y Baker 1978; Baker *et al.* 2000; 2003; Dávalos *et al.* 2012), encontrando que ninguno de ellos aparece como grupo hermano de "*Anthorhina*". La diferencia en la recuperación de grupos hermanos entre caracteres morfológicos y moleculares podría ser explicada por saturación o convergencia de caracteres tanto morfológicos como moleculares, como fue explicado por Dávalos *et al.* (2012). Sin embargo, en nuestra perspectiva estas diferencias corresponderían a árboles de genes incompletos e incongruencias en las topologías recuperadas por diferentes loci.

La obra de Miller (1907:129–130) lista a *Mimon* y "*Anthorhina*" como géneros, y describe que las características dentales y craneales de "*Anthorhina*" difieren de *Mimon* en cuanto a la presencia de un surco medio en el rostro (carácter 48), cavidades del basiesfenoides profundas (carácter 72) y bullas grandes (carácter 68). Miller (1907) no sugiere el tratamiento de los taxa como subgéneros o sinónimos. No obstante, Simpson (1945:57) incluye a "*Anthorhina*" dentro de *Mimon* sin proveer información. Más adelante Handley (1960:460) consideró que los caracteres que difieren entre el género anteriormente llamado "*Anthorhina*" y *Mimon* como el tamaño de los premolares superiores, incisivos inferiores, bullas (carácter 68) y orejas (carácter 30), la forma del arco cigomático (carácter 55), la densidad y tamaño del pelaje (caracteres 4 y 6) y presencia de pelos en la hoja nasal (carácter 11), no eran suficientes para distinguirlos siquiera como subgéneros; posición que fue compartida por Wetterer *et al.* (2000:141), quienes a pesar de contar con caracteres que respaldan las diferencias entre *Mimon s.s.* y "*Anthorhina*", mantuvieron la monofilia de *Mimon s.l.* con base en dos únicas sinapomorfías, como la presencia de dos vibrisas interramales (carácter 9) y la ausencia del incisivo inferior i2 (carácter 82) y un débil soporte del nodo. Consecuentemente, en la síntesis de Williams y Genoways (2008:281–282) se reconoce sólo al género *Mimon s.l.* caracterizado por presentar un solo incisivo y dos premolares en la mandíbula, cola que se extiende hasta la mitad del uropatagio y calcar más largo que la pata; combinación de caracteres que en nuestra opinión pueden ser exhibidos por otros taxa.

Goodwin y Greehall (1961:236) consideraron que los caracteres que desestimó Handley (1960) eran suficientemente robustos para reconocer a "*Anthorhina*" y *Mimon* como subgéneros. Esta propuesta fue adoptada por Koopman (1994:76), quien además diferenció "*Anthorhina*" y *Mimon* por el punto de inserción del plagiopatagio en la pata (carácter 90). Si bien Simmons (2005:408 – 409) reconoce que *Mimon s. l.* está conformado por dos subgéneros, no brinda mayor información para la diferenciación de éstos. Por otra parte, Husson (1962) consideró, que contrariamente a lo propuesto por Handley (1960), los caracteres que distinguen a "*Anthorhina*" de *Mimon* son de relevancia para reconocerlos como géneros.

Los caracteres evaluados en este estudio, que incluyen los propuestos por Wetterer *et al.* (2000), muestran que el taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*" exhibe características opuestas a la descripción original de *Mimon s. s.* (Gray 1847) como: la inserción del plagiopatagio en el metatarsal (carácter 90); patas más cortas que la cola (carácter 91) y densamente cubiertas por pelos largos (carácter 42); orejas cortas (carácter 30) y sin proyecciones laterales (carácter 31); y mentón sin protuberancias laterales (carácter 17) y sin surco profundo (carácter 18). Aproximación que respalda la propuesta de Hurtado *et al.* (2014), quienes consideran que *M. crenulatum* y *M. koepckae* presentan caracteres que difieren de los descritos para distinguir *Mimon* de otros géneros. En consecuencia, basados en la evidencia de las relaciones interespecíficas y la monofilia del taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*" (nodo 20) fuertemente respaldadas (Figura 9), así como las sinapomorfías de este nodo (Apéndice 2), proponemos reconocer a *Mimon* y el taxón anteriormente llamado "*Anthorhina*" como géneros plenos, coincidiendo con lo propuesto por Miller (1907) y Husson (1962). Sin embargo, debido a que la denominación "*Anthorhina*" no es considerada válida para este taxón (Gardner y Ferrel 1990; Simmons 2005; Williams y Genoways 2008), en el apartado de diagnóstico taxonómica se propone un nuevo nombre.

En adición a las diferencias morfológicas, Hurtado *et al.* (2014) sugirieron que existe una distinción en el uso de hábitat y la composición de la dieta entre los géneros; así los integrantes de "*Anthorhina*" son insectívoros estrictos que se alimentan a nivel del sotobosque; mientras que los miembros de *Mimon s.s.* son más generalistas al alimentarse de otros invertebrados, pequeños vertebrados y frutos a nivel del sotobosque y dosel. Dado que estas conjeturas se desprenden como una inferencia de los datos dispersos en diferentes trabajos, recomendamos realizar los estudios de la composición de la dieta y del uso del hábitat que comprueben ésta hipótesis.

Respecto a las relaciones interespecíficas dentro de este taxón, observamos que éste diverge en dos nodos, el primero correspondiente a *Mimon koepckae* (nodo 19) reforzando la evidencia que este taxón es una especie válida (Simmons y Voss 1998; Simmons 2005; Hurtado *et al.* 2014). El segundo (nodo 24) corresponde a los taxa dentro del grupo *Mimon crenulatum* (Figura 2), que hasta el momento son considerados subespecies o sinónimos de *M. crenulatum* (Koopman 1993; 1994; Simmons y Voss 1998; Simmons 2005; Williams y Genoways 2008). Basados en las diferencias morfológicas y el respaldo filogenético moderado del nodo 28 (Bootstrap = 77 %, Jackknife = 74 %), sugerimos que *M. crenulatum keenani* sea elevado a nivel de especie. Un mayor sustento incluyendo estadísticas estándar y análisis multivariados es tema de una próxima publicación. Por otro lado, *M. c. longifolium* y *M. c. crenulatum* no presentan mayor evidencia morfológica para ser consideradas especies plenas, por lo cual deberían ser tratadas como sinónimos, tal como lo propuso Handley

(1962); de igual manera las poblaciones de la "Amazonía" y "Guayanas" corresponden a *M. crenulatum* s. s. Tomando en cuenta el soporte filogenético y la evidencia morfológica sugerimos profundizar el estudio de las poblaciones "Sur", ya que podría tratarse de una especie no descrita.

Filogeográficamente, la posición basal de *M. koepckeae* se respalda con la influencia de los Andes en la especiación de mamíferos sudamericanos (Patterson *et al.* 2012). Esta especie probablemente se aisló con el levantamiento de los Andes en el Mioceno tardío (Van Der Hammen 2000; Van Der Hammen y Hooghiemstra 2000), dejando al ancestro del nodo conformado por *M. crenulatum keenani* y *M. c. crenulatum* ampliamente distribuido hasta el levantamiento de los Andes septentrionales en el Pleistoceno (Van Der Hammen 2000) que aisló a *M. c. keenani* hacia el oeste (Cadenillas 2010). Paralelamente al levantamiento de los Andes septentrionales ocurría el levantamiento del Arco de Fitzcarraldo entre el Plioceno tardío y el Pleistoceno temprano (Espurt *et al.* 2010), el cual podría explicar la divergencia entre *M. crenulatum* y *M. crenulatum* "Sur".

Diagnosis taxonómica. Brindamos diagnosis completas de los nodos anteriormente incluidos dentro del género *Mimon*, basados en las optimizaciones de los estados de carácter en la filogenia de nuestro estudio. Las condiciones derivadas no ambiguas que representan sinapomorfias están mostradas en letras cursivas. Los caracteres diagnósticos se encuentran resaltados con letra negrita. Las condiciones ambiguas se encuentran en letras estándar.

Familia Phyllostomidae Gray, 1825
Subfamilia Phyllostominae Gray, 1825
Género *Mimon* Gray, 1847

Diagnosis corregida: Individuos de tamaño corporal grande. *La banda de contraste del pelaje dorsal es tricolorada.* Línea dorsal ausente. La longitud del pelaje dorsal supera los 8 milímetros. El patrón de bandas de contraste ventral es unicolorado. El pelaje es laxo. El hocico exhibe pelos densos y de longitudes variables. Exhibe 9 vibrisas a cada lado de la hoja nasal. Presenta dos vibrisas interramales. Las vibrisas laterales a la hoja nasal se hayan dispuestas en dos columnas por lado. Los pelos en el contorno del limbo de la hoja nasal están ausentes. La rama principal del trago exhibe pelos densos y largos. Los parches auriculares son blanquecinos e inconspicuos. La banda de pelos en los hombros puede estar presente o ausente. El pulgar es desnudo. El primer tercio del antebrazo está cubierto de pelos. El mentón es protuberante. El mentón exhibe un surco medio muy profundo. Las ornamentaciones en el mentón se hayan presentes. Las papilas submentales son dos por lado y de forma alargada. Las almohadillas de la vibrisas son ligeramente globosas. La longitud de la hoja nasal es mayor a la amplitud. La hoja nasal es de forma acorazonada, ancha en la parte media. Los bordes de la hoja nasal no presentan crenulaciones. *Hoja nasal no pigmentada.* El borde anterior de la herradura no exhibe proyecciones de piel libre. La punta de la rama principal del trago es aguda. La rama intermedia del trago es plana y delgada. La rama inferior del trago es suave. La longitud de la oreja supera los 30 milímetros. Las orejas son de forma lanceolada con las puntas divergentes hacia el exterior. Los pliegues de la oreja son muy bien definidos. La pigmentación de la oreja es completa. La textura de la oreja es suave y translúcida. Los bordes externos de la oreja son delgados y lisos. Las protuberancias internas del lóbulo interno de la oreja son esparcidas y poco desarrolladas.

El lóbulo interno de la oreja es poco desarrollado. El pliegue de la base exterior de la oreja es muy desarrollado. La glándula gular es ausente. *Puntas de las alas despigmentadas. Planta de la pata no pigmentada.* Los pelos en el dorso de la pata son esparcidos y cortos. El peine de pelos en el uropatagio es ausente. *No presenta depresión nasal.* La premaxila no exhibe el borde anterior dorsal elevado. Los nasales son largos. Las crestas de los incisivos superiores son convergentes pero sin unirse. La depresión media rostral es ausente. La raíz maxilar del cigoma es plana. La caja craneana es inflamada anteriormente. El borde posterior de la caja craneana es redondeada. La cresta sagital es poco desarrollada. El largo relativo del rostro equivale a un tercio de la longitud del cráneo. La longitud del cráneo es mayor a 25 milímetros. El arco cigomático es delgado y angosto. La amplitud de la constricción postorbital es más angosta que el espacio entre los caninos. El paladar es más angosto que la región postorbital. La superficie del paladar es siempre ligeramente cóncava. La premaxila se encuentra en el mismo plano del paladar. El borde posterior de la premaxila no exhibe muescas. El borde medio del proceso palatino en la premaxila puede ser angosto o ancho. El foramen accesorio medio puede estar presente o ausente. Un par de forámenes accesorios detrás de los incisivos es exhibido siempre. El borde de los lados externos del paladar es moderadamente amplio. El proceso posterior del paladar está siempre ausente. Borde anterior de la fosa mesopterigoidea no sobrepasa la mitad del mesopterigoideo. La fosa meso pterigoidea exhibe forma de "U" y "V". *Bullas timpánicas muy cortas y muy angostas.* La apertura del meato auditivo es grande o pequeña. El basioccipital es angosto a la altura de las cócleas. Los tabiques laterales del basiesfenoides son poco desarrolladas pero distinguibles. Las cavidades del basiesfenoides son poco profundas, casi planas. El tabique medio del basiesfenoides es poco desarrollado y de borde romo. El paraoccipital está siempre bien desarrollado. Los caninos superiores no exhiben cúspides accesorias. El surco medio entre el hipocono y el paracono de los molares M1 y M2 está siempre ausente. El molar M2 no exhibe cingulo lingual. La cresta anterior del proceso coronoides puede ser recta o curvada. El proceso condiloide no sobrepasa el borde superior de la encía. El proceso angular de la mandíbula es corto. *Perfil posterior de la mandíbula plana.* Incisivo externo de la mandíbula está siempre ausente. Los incisivos inferiores son siempre trilobados. El tercer premolar está siempre ausente. La cúspide secundaria del cuarto premolar está siempre presente. Los caninos inferiores y los premolares p4 no exhiben compresión, son de forma piramidal. La longitud del tercer metacarpal es menor a la del quinto. La longitud del calcar es menor a la longitud de la tibia, pero mayor a la de pata. El plagiopatagio se haya inserto a la altura de la tibia, en la base del pie. La longitud de la cola es más corta que la pata.

Contenido: *Mimon bennettii* y *M. cozumelae*.

Distribución: *Mimon* se encuentra distribuido desde la costa Atlántica al sur de México hasta el sur de Brazil (el presente estudio; Williams y Genoways 2008). *Mimon bennettii* se restringe a Sudamérica, presentando dos poblaciones que podrían conformar taxa diferentes (Williams y Genoways 2008; P. M. Velazco comm.per.), una de ellas al norte del rango de distribución en ecosistemas de Orinoquia, tierras altas y bajas de las Guayanas, y parte norte de la Amazonia, y otra al sur en ecosistemas de Cerrado y Bosques del Atlántico (*sensu* Josse *et al.* 2003; Sayre 2008). Por otro lado, *M. cozumelae* se restringe a América central desde el sur de México hasta el noreste de Colombia, en los ecosistemas mesoamericanos húmedos (*sensu* Josse *et al.* 2003; Sayre 2008).

Género *Gardnerycteris* gen. nov.

<http://zoobank.org/NomenclaturalActs/D23362A5-FFC0-4D4F-95F1-FEFDB6CC9F28>

Phyllostoma E. Geoffroy St.-Hilaire, 1803:61; especie tipo de *Phyllostoma crenulata*
Mimon [(*Anthorhina*)]: Cabrera, 1958:66; primera combinación errónea.

Anthorhina: Husson, 1962:94; asignación errónea.

Especie tipo: *Gardnerycteris koepckeae* (Gardner y Patton 1972)

Etimología: En honor a Alfred L. Gardner, por la contribución realizada al conocimiento de los murciélagos Neotropicales.

Contenido: *Gardnerycteris koepckeae* y *G. crenulatum*.

Diagnosis: Individuos de tamaño corporal pequeño, no sobrepasan los 90 mm de longitud cabeza cuerpo. La banda de contraste del pelaje dorsal es unicolorada o bicolorada. La línea dorsal es polimórfica, puede estar ausente, ser tenue o muy marcada. *Pelaje dorsal de longitud mediana entre 6.5 y 7.5 milímetros*. La banda de contraste del pelaje ventral es bicolorada o tricolorada. El pelaje corporal es denso o laxo. *Hocico con escasos pelos cortos y blanquecinos, dando la apariencia de piel desnuda*. Exhibe de 6 a 7 vibrisas a cada lado de la hoja nasal. Presenta dos vibrisas interramales. Las vibrisas laterales a la hoja nasal se hayan dispuestas en una sola columna por lado. *Pelos largos distribuidos en todo el contorno del limbo de la hoja nasal*. La rama principal del trago exhibe pelos escasos y cortos o densos y largos. Los parches auriculares son polimórficos, varían de blanquecinos e inconspicuos a amarillentos y muy conspicuos. La banda de pelos en los hombros está siempre ausente. El pulgar siempre está cubierto de pelos. El primer tercio del antebrazo está siempre desnudo. El mentón es no protuberante. El mentón exhibe un surco medio medianamente profundo o profundo. Las ornamentaciones en el mentón están siempre ausentes. Las papilas submentales son circulares, dos centrales y cinco o seis por cada lado dispuesta de manera oblicua. Las almohadillas de las vibrisas son ligeramente globosas o globosas. La longitud de la hoja nasal equivale a dos veces o más el ancho de ésta. La hoja nasal es angosta y lanceolada. Los bordes de la hoja nasal exhiben siempre crenulaciones. La hoja nasal puede estar pigmentada o no. *Borde anterior de la herradura de la hoja nasal desarrollado y libre, a manera de un ribete de piel*. La punta de la rama principal del trago tiene forma aguda o redondeada. *La rama intermedia del trago es globosa y engrosada*. La rama inferior del trago es pronunciada o muy pronunciada. *Oreja de longitud mediana entre 23 y 26 milímetros*. Las orejas son de forma lanceolada con las puntas paralelas sin proyecciones. Los pliegues de la oreja son ligeramente definidos. *La oreja exhibe la mitad externa pigmentada y la mitad interna no pigmentada*. Las orejas son carnosas. Los bordes externos de la oreja son engrosados o delgados y lisos. Las protuberancias internas del lóbulo interno de la oreja son conglomeradas y desarrolladas o esparcidas y poco desarrolladas. El lóbulo interno de la oreja es poco desarrollado o desarrollado. El pliegue de la base exterior de la oreja es escasamente desarrollado. La glándula gular está siempre presente. Puntas de las alas pigmentadas o despigmentadas. Planta de la pata siempre pigmentada. *Los pelos en el dorso de las patas son densos y largos*. El peine de pelos en el uropatagio es polimórfico puede estar ausente o ser corto o abundante. La depresión nasal puede ser en forma de omega o V. *Borde anterior dorsal de la premaxila ligeramente elevado*. Los huesos nasales son siempre cortos. Las crestas de los incisivos superiores son convergentes, en algunos casos éstas se unen en la base. La depresión media rostral puede estar ausente o presente. La raíz maxilar del cigoma es ligeramente

inflamada o muy inflamada. La caja craneana es no inflamada anteriormente. El borde posterior de la caja craneana es redondeado o anguloso. La cresta sagital es polimórfica varía de poco desarrollada a muy desarrollada. El largo relativo del rostro equivale a un cuarto o un tercio la longitud del cráneo. La longitud del cráneo es menor a 22.5 milímetros. El arco cigomático es aplanado lateralmente. La amplitud de la constricción postorbital es más angosta que el espacio entre los caninos. El paladar es más angosto o más ancho que la región postorbital. El paladar exhibe superficie cóncava o ligeramente cóncava. La premaxila se encuentra por debajo del plano del paladar. El borde posterior de la premaxila siempre exhibe muescas. El borde medio del proceso palatino de la premaxila puede ser angosto o ancho. El foramen accesorio medio, puede estar presente o ausente. Un par de forámenes accesorios detrás de los incisivos es exhibido siempre. El borde de los lados externos del paladar es moderadamente amplio. El proceso posterior del paladar está ausente o presente. Borde anterior de la fosa mesopterigoidea sobrepasa o no sobrepasa la mitad del mesopterigoideo. La fosa mesopterigoidea exhibe forma de U y V. Bullas timpánicas siempre altas y de angostas a anchas. La apertura del meato auditivo es grande o pequeña. El basioccipital puede ser angosto o ancho a la altura de las cócleas. Los tabiques laterales del basiesfenoides son siempre desarrollados. Las cavidades del basiesfenoides son muy profundas o moderadamente profundas. El tabique medio del basiesfenoides es alto y de borde romo o afilado. El paraoccipital está siempre de poco a moderadamente desarrollado. Los caninos superiores exhiben cúspides accesorias. El surco medio entre el hipocono y el paracono de los molares M1 y M2 puede estar ausente o presente. El cingulo lingual de molar M2 puede estar de ausente a desarrollado. La cresta anterior del proceso coronoide puede ser recta o curvada. El proceso condiloide puede sobrepasar o no el borde superior de la encía. El proceso angular de la mandíbula es corto o largo. Perfil posterior de la mandíbula de forma de talón o diagonal. Incisivo externo de la mandíbula está siempre ausente. Los incisivos inferiores son bilobados o trilobados. El tercer premolar está siempre ausente. La cúspide secundaria del cuarto premolar está siempre ausente. Los caninos inferiores y los premolares p4 pueden estar comprimidos o no. La longitud del tercer metacarpal puede ser menor, igual o mayor a la del quinto. La longitud del calcar es igual o mayor a la longitud de la tibia. El plagiopatagio se haya inserto en el tarso. La longitud de la cola es más larga que la pata.

Distribución: *Gardnerycteris* es un género sudamericano, ampliamente distribuido desde el sur de Panamá hasta el sur de Brasil y noreste de Bolivia (el presente estudio; Williams y Genoways 2008). *Gardnerycterys crenulatum crenulatum* se distribuye desde el noreste de Sudamérica hasta el sur de Brasil (el presente estudio; Handley 1960; Husson 1962; Simmons 2005; Williams y Genoways 2008), en los ecosistemas de Orinoquia, Guayanas, Amazonia, Cerrado y Bosque Atlántico (*sensu* Josse *et al.* 2003; Sayre 2008); *G. crenulatum longifolium* se distribuye en los bosques premontanos de la vertiente nororiental de Perú (el presente estudio; Koopman 1978); y *G. crenulatum "Sur"* distribuida en los bosques premontanos de la vertiente suroriental de Perú hasta el norte de los Bosques montanos de Bolivia (el presente estudio). *Gardnerycteris crenulatum keenani* se restringe al noroeste de Sudamérica, desde el sur de Panamá hasta el norte de Perú (el presente estudio; Handley 1962), en los Bosques Secos y Lluviosos del Pacífico (*sensu* Josse *et al.* 2003; Sayre 2008). *Gardnerycteris koepckeae* está restringida a los Bosques Montanos del centro de la vertiente oriental Peruana (Hurtado *et al.* 2014).

Agradecimientos

Agradecemos a R. Cadenillas, C. Jiménez y E. Rengifo por sus valiosos comentarios en las primeras revisiones. A B. D. Patterson, P. M. Velazco y G. P. Servat por su apoyo académico y por brindar las facilidades para visitar las colecciones científicas revisadas. Este trabajo fue parcialmente patrocinado por el Comité de Becas del Field Museum of Natural History – FMNH, la beca CONICYT-PCHA/Doctorado Nacional/2014-63140131, convenio MECESUP AUS1203 y el FINCYT a NH y el financiamiento parcial de las becas 111001031 y 121001061 del CSI-UNMSM a VP.

Literatura citada

- BAKER, R. J., S. R. HOOFER, C. A. PORTER, Y R. A. VAN DEN BUSSCHE.** 2003. Diversification among New World leaf-nosed bats: an evolutionary hypothesis and classification inferred from digenomic congruence of DNA sequence. *Occasional Papers of the Museum of Texas Tech University* 230:1–32.
- BAKER, R. J., C. A. PORTER, J. C. PATTON, Y R. A. VAN DEN BUSSCHE.** 2000. Systematics of bats of the family Phyllostomidae based on RAG2 DNA sequences. *Occasional Papers of the Museum of Texas Tech University* 202:1–16.
- BRUNET-ROSSINNI, A. K., Y G. S. WILKINSON.** 2009. Methods for age estimation and the study of senescence in bats. Pp. 315–325 en *Ecological and behavioral methods for the study of bats* (Kunz, T. H., y S. Parsons, eds.). Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- CABRERA, A.** 1958. Catálogo de los mamíferos de América del Sur I. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, Ciencias Zoológicas* 4:1–308.
- CADENILLAS, R.** 2010. Diversidad, ecología y análisis biogeográfico de los murciélagos del Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes Perú. Tesis para optar el grado de Magíster en Zoología, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- DÁVALOS, L. M., A. L. CIRRANELLO, J. H. GEISLER, Y N. B. SIMMONS.** 2012. Understanding phylogenetic incongruence: lessons from phyllostomid bats. *Biological Reviews* 87:991–1024.
- ESPURT, N., P. BABY, S. BRUSSET, M. RODDAZ, W. HERMOZA, Y J. BARBARAND.** 2010. The Nazca Ridge and uplift of the Fitzcarrald Arch: implications for regional geology in northern South America. Pp. 89–100 en *A look into the past* (Hoorn, C., y F. P. Wesselingh, eds.). Wiley-Blackwell Press. West Sussex, U.K.
- GARDNER, A. L.** 2008. Family Phyllostomidae. Pp. 207–208 en *Mammals of South America, Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats* (Gardner, A. L., ed.). The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- GARDNER, A. L., Y J. L. PATTON.** 1972. New species of *Philander* (Marsupialia: Didelphidae) and *Mimon* (Chiroptera: Phyllostomidae) from Peru. *Occasional Papers of the Museum of Zoology of Louisiana State University* 43:1–12.
- GARDNER, A. L., Y C. S. FERREL.** 1990. Comments on the nomenclature of some neotropical bats (Mammalia: Chiroptera). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 103:501–508.

- GIANNINI, N. P., Y N. B. SIMMONS.** 2007. The Chiropteran Premaxilla: A Reanalysis of Morphological Variation and its Phylogenetic Interpretation. *American Museum Novitates* 3585:1–44.
- GOLOBOFF, P. A., J. S. FARRIS, Y K. C. NIXON.** 2008. TNT, a free program for phylogenetic análisis. *Cladistics* 24:774–786.
- GOODWIN, G. G., AND A. M. GREENHALL.** 1961. A review of the bats of Trinidad and Tobago: descriptions, rabies infection, and ecology. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 122:187–302.
- GRAY, J. E.** 1847. Characters of six new genera of bats not hitherto distinguished. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1847:14–16.
- GREGORIN, R., G. L. CAPUSSO, Y V. R. FURTADO.** 2008. Geographic distribution and morphological variation in *Mimon bennettii* (Chiroptera, Phyllostomidae). *Iheringia, Série Zoologia* 98:404–411.
- HANDLEY, C. O.** 1960. Descriptions of new bats from Panamá. *Proceedings of the United States National Museum* 112:459–479.
- HUSSON, A. M.** 1962. The bats of Suriname. *Zoologische Verhandelingen, Rijksmuseum van Natuurlijke Historie* 58:1–282.
- HURTADO, N., E. ARIAS, Y V. PACHECO.** 2014. Redescription of *Mimon koepckeae* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Zoologia* 31:377–388.
- JONES, J. K., JR., Y D. C. CARTER.** 1976. Annotated checklist with keys to subfamilies and genera. Pp. 7–38 en *Biology of bats of the New World Family Phyllostomidae Part I* (Baker, R. J., J. K. Jones, Jr., y D. C. Carter, eds.). *Special Publications of the Museum of Texas Tech University* 10:1–218.
- JOSSE, C., G. NAVARRO, P. COMER, R. EVANS, D. FABER-LANGENDOEN, M. FELLOWS, G. KITTEL, S. MENARD, M. PYNE, M. REID, K. SCHULZ, K. SNOW, Y J. TEAGUE.** 2003. *Ecological Systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems*. NatureServe. Arlington, EE.UU.
- KOOPMAN, K. F.** 1976. Zoogeography. Pp. 39–47 en *Biology of bats of the New World Family Phyllostomidae Part I* (Baker, R. J., J. K. Jones, Jr., y D. C. Carter, eds.). *Special Publications of The Museum of Texas Tech University* 10:1–218.
- KOOPMAN, K. F.** 1978. Zoogeography of Peruvian bats with special emphasis on the role of the Andes. *American Museum Novitates* 2651:1–33.
- KOOPMAN, K. F.** 1993. Order Chiroptera. Pp. 137–241 en *Mammal species of the World, a taxonomic and geographic reference*, 2nd ed. (Wilson, D. E., y D. M. Reeder, eds.). Smithsonian Institution Press. Washington, EE.UU.
- KOOPMAN, K. F.** 1994. Chiropteran systematics. Volume 8, Part 60. Pp. 1–217 en *Handbuch der Zoologie* (Niethammer, J., H. Schliemann, y D. Starck, eds.). Walter de Gruyter Press. Berlin, Alemania.
- LIM, B. K.** 1993. Cladistic reappraisal of neotropical Stenodermatine bat phylogeny. *Cladistics* 9:147–165.
- MILLER, G. S.** 1907. The families and genera of bats. *Bulletin of the United States National Museum* 57:1–282.
- ORTEGA, J., Y H. T. ARITA.** 1997. *Mimon bennettii*. *Mammalian Species* 549:1–4.
- OWEN, R. D.** 1987. Phylogenetic analyses of the bat subfamily Stenodermatinae (Mammalia: Chiroptera). *Special Publications of The Museum of Texas Tech University* 26:1–65.

- PACHECO, V., y B. D. PATTERSON.** 1991. Phylogenetic relationships of the New World bat genus *Sturnira* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 206:101–121.
- PACHECO, V., y B. D. PATTERSON.** 1992. Systematics and biogeographic analyses of four species of *Sturnira* (Chiroptera: Phyllostomidae), with emphasis on Peruvian forms. Pp. 57–81 en *Biogeografía, ecología y conservación del bosque montano en el Perú* (Young, K. R., y N. Valencia, eds.). Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- PATTERSON, B. D., S. SOLARI, y P. M. VELAZCO.** 2012. The role of the Andes in the diversification and biogeography of Neotropical mammals. Pp. 351–378 en *Bones, clones, and biomes: the history and geography of Recent Neotropical mammals* (Patterson, B. D., y L. P. Costa, eds.). University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- PATTON, J. C., y R. J. BAKER.** 1978. Chromosomal homology and evolution of Phyllostomatoid bats. *Systematic Zoology* 27: 449–462.
- SAYRE, R., J. BOW, C. JOSSE, L. SOTOMAYOR, y J. TOUVAL.** 2008. Chapter 9: Terrestrial Ecosystems of South America. Pp. 131–152 en *North America land cover Summit* (Smith, J. H., ed.). Association of American Geographers Press. Washington, EE.UU.
- SIMMONS, N. B.** 2005. Order Chiroptera. Pp. 312–529 en *Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference, Third Edition, Volume 1* (Wilson, D. E., y D. M. Reeder, eds.). Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- SIMMONS, N. B., y T. M. CONWAY.** 2001. Phylogenetic Relationships of Mormoopid bats (Chiroptera: Mormoopidae) based on morphological data. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 258:1–97.
- SIMMONS, N. B., y R. S. VOSS.** 1998. Bats of Paracou. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 237:1–219.
- SIMPSON, G. G.** 1945. The principles of classification and a classification of mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 85:1–350.
- VAN DEN BUSSCHE, R. A.** 1989. Systematic study of the genera of the New World leaf-nosed bat family Phyllostomidae: Cladistical analysis of site variation in the ribosomal DNA cistron. Dissertation in Zoology submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy.
- VAN DER HAMMEN, T.** 2000. Aspectos de historia y ecología de la biodiversidad norandina y amazónica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 24:231–245.
- VAN DER HAMMEN, T., y H. HOOGHIEMSTRA.** 2000. Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. *Quaternary Science Reviews* 19:725–742.
- VELAZCO, P. M.** 2005. Morphological phylogeny of the bat genus *Platyrrhinus* Saussure, 1860 (Chiroptera: Phyllostomidae) with the description of four new species. *Fieldiana Zoology* 105:1–53.
- WIENS, J. J.** 2000. Phylogenetic analysis of morphological data. Smithsonian Institution Press. Washington, EE.UU.
- WILLIAMS S. L., y H. H. GENOWAYS.** 2008. Subfamily Phyllostominae. Pp. 255–299 en *Mammals of South America, Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats* (Gardner, A. L., ed.). The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.

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 American Museum of Natural History* 248:1–200.

Sometido: 18 de septiembre de 2014

Revisado: 20 de noviembre de 2014

Aceptado: 12 de diciembre de 2014

Editor asociado: Sergio Solari

Especímenes examinados. Los repositorios están depositados en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (MUSM), American Museum of Natural History (AMNH), Field Museum of Natural History (FMNH) y National Museum of Natural History (NMNH).

Mimon bennettii. **BRASIL:** MINAS GERAIS: Sete Lagoas (-19° 27' 00" S, 44° 14' 00" W, NMNH 391027). SAO PAULO: Bairro do Matodentro, Caverna Tiraprosa (-23° 26' 00" S, -46° 39' 00" W, AMNH 256294). **COLOMBIA:** CORDOBA: Tierralta: Socorre, cabecera Río Sinu (7° 51' 00" N, -76° 17' 00" W, FMNH 69425–69427).

Mimon cozumelae. **BELIZE:** CAYO DISTRICT: 05 m West Augustine, un cueva a lo largo del Río Frío (16° 58' 00" N, -88° 59' 27" W, FMNH 58152–58153). Carretera Oeste de Barton Creek (17° 12' 00" N, -88° 57' 00" W, FMNH 58155–58156, 108764–108766). Churchyard, granja Glenwood (17° 17' 00" N, -88° 34' 00" W, FMNH 58154). Listowel School (Baking Pot) por el Río Belize (17° 12' 11" N, -89° 01' 43" W, FMNH 58157). ORANGE WALK DISTRICT: Gallon Jug (17° 33' 00" N, -89° 01' 00" W, AMNH 274575). Lamanai (17° 45' 50" N, -88° 39' 00" W, AMNH 277692). TOLEDO DISTRICT: Aguacate, por Creek (16° 10' 12" N, -89° 05' 24" W, FMNH 108767). Crique Negro (15° 58' 00" N, -89° 06' 00" W, NMNH 506467). Pueblo Viejo (16° 12' 19" N, -89° 08' 30" W, FMNH 58150–58151). **GUATEMALA:** PETEN: Parque Nacional Tikal (17° 15' 00" N, -89° 39' 00" W, FMNH 58567). **MÉXICO:** CHIAPAS: Palenque: Palenque (17° 30' 33" N, -91° 58' 56" W, FMNH 150630-150631). OAXACA: Itsmo: Juchitan, 20 millas al norte de Matías Romero (17° 03' 03" N, -95° 01' 00" W, AMNH 185862–185872). YUCATAN: Mérida: Buenavista, Xbac (21° 15' 00" N, -88° 49' 30" W, FMNH 5845). **PANAMÁ:** Bocas del toro: Almirante: Changuinola (9° 26' 00" N, -82° 31' 00" W, NMNH 315220).

Gardnerycteris koepckeae. **PERÚ:** AYACUCHO: La Mar: Huanhuachayo (-12° 44' 00" S, -73° 47' 00" W; LSUMZ 15676). Estera Ruana (-12° 43' 00" S, -73° 49' 00" W; AMNH 233222). JUNIN: Chanchamayo: Santuario Nacional Pampa Hermosa, Podocarpus (-10° 59' 49.2" S, -75° 25' 57.1" W; MUSM 41327).

Gardnerycteris crenulatum keenani. **ECUADOR:** MANABI: Sucre: Bahía de Caraquez (0° 36' 00" S, -80° 26' 00" W, AMNH 64537–64541). **GUATEMALA:** PETEN: Parque Nacional Tikal (17° 15' 00" N, -89° 39' 00" W, FMNH 58568–58569). **PANAMÁ:** Bocas del Toro: Guabito: Sibube (9° 36' 00" N, -82° 49' 00" W, NMNH 335121). Cusapin: Península Valiente (9° 08' 00" N, -81° 55' 00" W, NMNH 57846). **PERÚ:** TUMBES: Tumbes: Pampas de Hospital: Quebrada Angostura (-3° 45' 33" S, -80° 22' 56" W, MUSM 19346–19347). Zarumilla: Matapalo: Quebrada Naranjos (-3° 50' 31" S, -80° 12' 08" W, MUSM 19190, 19348). Río Zarumilla, Carrizalillo (-3° 44' 38" S, -80° 11' 25" W, MUSM 22172). Río Zarumilla, Carrizalillo 2 (-3° 44' 38" S, -80° 11' 32" W, MUSM 22173). **VENEZUELA:** FALCON: Bolívar: Río Tocuyo (10° 16' 00" N, -69° 56' 00" W, AMNH 130687–130699, 130724, 131085–131086).

Gardnerycteris crenulatum longifolium. **PERÚ:** Amazonas: Condorcanqui: El Cenepa: Condorcanqui, P.V. 22 (Falso Paquisha) Cordillera el Cóndor (-4° 01' 01" S, -78° 24' 00" W, MUSM 351). HUÁNUCO: Puerto Inca: Río Llullapichis, tributario del Río Pachitea (-9° 37' 00" S, -74° 08' 00" W, AMNH 236001). Monte Alegre (-9° 21' 38" S, -75° 19' 33" W, AMNH 67230–67231). PASCO: Oxapampa: Palcazu: Cerro Chontiya, 5Km Oeste Shiringamazú, carretera a Iscosazin (-10° 15' 00" S, -75° 10' 59" W, MUSM 10250–10251). Cerro Jonatan, 5 km E Lontananza (-10° 21' 57" S, -75° 11' 23" W, MUSM 10252). Hacienda Roca-Lux, Lontananza, Río Mucñis, afluente del Río Iscosazin (-10° 15' 00" S, -75° 11' 00" W, MUSM 10253). Iscozacin (-10° 11' 05" S, -75°

08' 43" W, MUSM 720). Río Pescado (-10° 22' 48" S, -75° 14' 24" W, MUSM 24198). San Juan (-10° 30' 00" S, -74° 53' 00" W, NMNH 364271). San Pablo (-10° 27' 00" S, -74° 52' 00" W, AMNH 230130–230131, 230133–230136). SAN MARTIN: Rioja: Yaracyacu: Aguajal Rio mayo (-5° 57' 00" S, -77° 11' 00" W, MUSM 35204–35206).

Gardnerycteris crenulatum crenulatum. **BRASIL:** AMAZONAS: Borba: Santo Antonio da Uayara, Río Madeira (-6° 42' 00" S, -69° 52' 00" W, AMNH 92223-92226, 92387-92388). Manaus: Igarape Cacao Pereira, Río Negro (-3° 09' 00" S, -60° 07' 00" W, AMNH 79526). São Gabriel do Cachoeira: Taua, Río Vaupes (-3° 36' 00" N, -69° 12' 00" W, AMNH 78651–78658, 78832–78833). PARA: Belem: Mocambo-Embrapa (-1° 45' 00" S, -48° 48' 20" W, FMNH 126211-126212).

Gardnerycteris crenulatum "Amazonía". **COLOMBIA:** Vaupes: Río Vaupes (AMNH 78652, 78655–78656, 78832–78833). **PERÚ:** LORETO: Alto Amazonas: Nuevo San Juan, Río Gálvez (-5° 15' 00" S, -73° 10' 00" W, AMNH 272769–272770, 272834). Mariscal Ramón Castilla: Río Yavari Mirim, San Vicente (-4° 21' 49" S, -72° 29' 30" W, FMNH 89038–89040). Maynas: Alto Nanay: Quebrada Agua Blanca (-2° 55' 26" S, -74° 49' 01" W, MUSM 24423). Boca del río Curaray (-2° 22' 00" S, -74° 05' 00" W, AMNH 71690). Fernando Loes: Estación Biológica Quebrada Blanco 2 (-4° 21' 00" S, -73° 09' 00" W, MUSM 21198). Indiana: Indiana Chacra de Clayder (-3° 29' 39" S, 73° -2' 21" W, MUSM 32080–32081). Mazan: Sucusari, Quebrada Grande (-3° 15' 26" S, -72° 55' 03" W, MUSM 21199). Punchana: Barrio Orosa Estación Madreselva II, río Amazonas (-3° 37' 40" S, -72° 14' 24" W, MUSM 32052-32053, 32055). Comunidad de Manacamiri, Río Nanay, Fundo Morropón (-3° 42' 31" S, -73° 18' 04" W, MUSM 28593). Iquitos Picuro Yacu (Purma) (-3° 37' 05" S, -73° 16' 06" W, MUSM 32082). Padrecocha (-3° 41' 29" S, -73° 17' 07" W, MUSM 28602). San Juan Bautista: 13 de Febrero, Fundo Nemith, E km 33 de la carretera Iquitos-Nauta (-4° 01' 31" S, -73° 25' 47" W, MUSM 28591). 500 m E km 28.8 de la carretera Iquitos-Nauta (-3° 59' 14" S, -73° 24' 55" W, MUSM 28622). Cahuide km 61 carretera Iquitos-Nauta (-4° 15' 46" S, -73° 30' 05" W, MUSM 32060). Camino a El Paujil, 1,8 km al W del km 35 de la carretera Iquitos-Nauta (-4° 01' 13" S, -73° 26' 47" W, MUSM 28592). Caserio Cahuide Km 59 carretera Iquitos-Nauta (-4° 14' 32" S, -73° 29' 31" W, MUSM 32061–32065). Caserio Cahuide Km 60.4 carretera Iquitos-Nauta, O del camino (-4° 14' 54" S, -73° 29' 58" W, MUSM 32066). Cerca Allpahuayo, km 28 SO carretera a Nauta (-3° 59' 00" S, -73° 24' 51" W, MUSM 32067). Cerca de la Aldea, km 18 SO carretera a Nauta (-3° 54' 16" S, -73° 22' 14" W, MUSM 32068–32069). El Dorado, km 25 de la carretera Iquitos-Nauta, app. 1.5 km al E (-3° 58' 00" S, -73° 23' 37" W, MUSM 28594). El Triunfo Km 48 carretera Iquitos-Nauta (-4° 09' 02" S, -73° 28' 03" W, MUSM 32070). Fundo Mery Rojas Km 19.7 carretera Iquitos-Nauta, 10 min. NO (-3° 54' 48" S, -73° 22' 58" W, MUSM 32072–32073). Habanillo Km 53 carretera Iquitos-Nauta (-4° 11' 30" S, -73° 28' 45" W, MUSM 32074–32079). La Habana Km 52 carretera Iquitos-Nauta (-4° 10' 52" S, -73° 28' 52" W, MUSM 32083–32085). Moralillo, 1.5 km E 500 m S del km 15.2 de la carretera Iquitos-Nauta (-3° 54' 23" S, -73° 20' 37" W, MUSM 28595, 28597). Ninarumi, 7.4 km al W del km 6 de la carretera Iquitos-Nauta (-3° 50' 30" S, -73° 22' 51" W, MUSM 28598). Ninarumi, 7.4 km al W y 1 km al SE del km 6 de la carretera Iquitos-Nauta (-3° 50' 59" S, -73° 22' 26" W, MUSM 28599). Ninarumi, 7.4 km al W y 500 m al SE del km 6 de la carretera Iquitos-Nauta (-3° 50' 44" S, -73° 22' 49" W, MUSM 28601). Paujil, W km 37.45 de la carretera Iquitos-Nauta (-4° 03' 32" S, -73° 26' 32" W, MUSM 28603–28606). Peña Negra, 600 m al W del km 10 de la carretera Iquitos-Nauta (-3° 51' 19" S, -73° 20' 42" W, MUSM 28607, 28609). Peña Negra, 800 m al E del km 11 de la carretera Iquitos-Nauta (-3° 52' 24" S, -73° 20' 08" W, MUSM 28610, 28612–28616). Peña Negra, Km 10 carretera Iquitos-Nauta (-3° 51' 14" S, -73° 20' 48" W, MUSM

32095–32096). Puerto Almendra Arboretum de CEIFOR (-3° 50' 20" S, -73° 22' 28" W, MUSM 32097). Quistococha Km 5 carretera Iquitos-Nauta, 1 km O del camino, Fundo Quistococha (-3° 49' 03" S, -73° 19' 55" W, MUSM 32101). San Juan, Avenida de la Participación (-3° 46' 43" S, -73° 16' 44" W, MUSM 32102). San Lucas, W km 43 de la carretera Iquitos-Nauta (-4° 06' 15" S, -73° 27' 48" W, MUSM 28617–28618). Trece de febrero Km 31.5 carretera Iquitos-Nauta, Estación de campo UNAP (-3° 59' 59" S, -73° 26' 31" W, MUSM 32103). Santo Tomás, 6 km al W del km 1 de la carretera Iquitos-Nauta (-3° 48' 35" S, -73° 20' 17" W, MUSM 28619). Varillal, 400 m W 200 m N del km 14 de la carretera Iquitos-Nauta (-3° 52' 57" S, -73° 21' 17" W, MUSM 28621). Torres Causana: Río Lagartococha, Campamento Catalino (00° 31' 42" S, -75° 15' 35" W, MUSM 21200). Requena: Jenaro Herrera: Jenaro Herrera (-4° 54' 17" S, -73° 40' 22" W, MUSM 870, 5914). Requena, C.I. Jenaro Herrera (-4° 55' 01" S, -73° 45' 00" W, MUSM 869). Ucayali: Contamana: Sierra de Contamana, Cerros de Canchaguaya, Aguas Calientes (07° 11' 20" S, 74° 56' 54" W, MUSM 17959). UCAYALI: Coronel Portillo: Yarinacocha (-8° 18' 00" S, -74° 36' 00" W, FMNH 62120). Padre Abad: Irazola: Padre Abad, B.N. Von Humboldt (-8° 46' 59" S, -75° 07' 59" W, MUSM 8473). Purus: Purus: Río Curanja, Balta (-10° 08' 00" S, -71° 13' 00" W, MUSM 1145). **VENEZUELA:** AMAZONAS: Atabapo: Mount Duida, Middle Camp (3° 25' 00" N, -65° 40' 00" W, AMNH 77524).

Gardnerycteris crenulatum "Guayanas". **GUYANA FRANCESA:** CAYENNE: Sinnamary: Paracou (4° 56' 00" N, -52° 20' 00" W, AMNH 267109, 267111–267115, 267437, 267880–267881, 267883–267884, 267886–267889). **SURINAM:** SIPALIWINI: Coeroeni: Kayser Gebergte Airstrip, East of Zuid River (3° 07' 00" N, -56° 27' 00" W, FMNH 93208). **TRINIDAD Y TOBAGO:** TRINIDAD: Nariva County: Bush Bush Forest, Nariva Swamp (10° 23' 00" N, -61° 02' 00" W, AMNH 119420–119421). Saint George County: Blanchisseuse, Las Cuevas (10° 47' 00" N, -61° 23' 00" W, AMNH 256308). Port of Spain, Belmont (10° 40' 00" N, -61° 30' 00" W, AMNH 175586). Port of Spain (10° 39' 00" N, -61° 31' 00" W, AMNH 207063).

Gardnerycteris crenulatum "Sur". **BOLIVIA:** BENI: Mamore: Boca del Río Baures (-12° 30' 00" S, -64° 18' 00" W, AMNH 209323). **PERÚ:** CUSCO: La Convención: Echarate: Camisea (-11° 53' 00" S, -72° 39' 00" W, NMNH 582790). La Convención, Camisea, Armihuari (-11° 51' 51" S, -72° 46' 46" W, MUSM 13738–13739). La Convención, Camisea, San Martín (-11° 47' 00" S, -72° 42' 00" W, MUSM 13740–13741). La Convención, Camisea, Segakiato (-11° 50' 42" S, -72° 35' 59" W, MUSM 14771). MADRE DE DIOS: Manu: Madre de Dios: Alto Río Madre de Dios, Hacienda Amazonia (-12° 52' 38" S, -71° 23' 11" W, MUSM 9826). Trocha 2° Mirador-Otorongo (-12° 33' 38" S, -70° 05' 50" W, MUSM 26131). Manu: Manu, Pakitza (-11° 56' 47" S, -71° 17' 00" W, MUSM 479, 6791, 6792).

Apéndice 2

Listado de sinapomorfías y autapomorfías a partir de optimizaciones. Las diagnósis se presentan de la siguiente manera: nombre del taxón o el número de nodo, carácter (número de carácter), número de estado → número de estado (indica que el estado de la izquierda cambió al estado de la derecha).

Micronycteris megalotis: Sin autapomorfías.

Nodo 21: Sin sinapomorfías.

Nodo 34: Longitud de la hoja nasal (22): 2 → 1; Forma de la hoja nasal (23): 0 → 1; Forma del borde posterior de la caja craneana (51): 0 → 2; Longitud del cráneo (54): 0 → 1; Forma del borde posterior de la pre-maxila (60): 0 → 2; Presencia de cíngulo lingual en el M2 (77): 1 → 0; Longitud relativa del calcar (89): 0 → 1; Longitud relativa de la cola (91): 1 → 0.

Lophostoma occidentale: Patrón de bandas de contraste del pelaje dorsal (2): 1 → 2; Surco central del mentón (18): 1 → 0; Forma de las almohadillas al lado de la hoja nasal (21): 0 → 2; Grosor de la oreja (34): 0 → 1; Pliegue en la base exterior de la oreja (38): 0 → 1; Arreglo de pelos en el dorso de la pata (42): 1 → 0; Forma de los nostriles (44): 2 → 1; Forma del jugal (55): 2 → 0; Forma de la bullas timpánicas (68): 1 → 0; Compresión de los caninos inferiores (86): 1 → 0.

Nodo 33: Tamaño corporal (1): 1 → 0; Presencia de pelos en el antebrazo (16): 0 → 1; Forma del mentón (17): 1 → 0; Forma de la rama intermedia del trago (28): 0 → 1; Pigmentación en la punta de las alas (40): 1 → 0; Tamaño de la abertura del meato auditivo (69): 0 → 1; Forma del tabique del basiesfenoides (73): 1 → 0.

Tonatia saurophila: Longitud de la hoja nasal (22): 1 → 0; Forma de la rama principal del trago (27): 0 → 1; Protuberancias en el lóbulo interno de la oreja (36): 0 → 1; Disposición de las crestas de los incisivos (47): 1 → 2; Perfil de la caja craneana (50): 1 → 0; Amplitud de la constricción postorbital (56): 1 → 0; Forma del piso del paladar (58): 1 → 0; Forma del borde posterior de la pre-maxila (60): 2 → 1; Amplitud del tabique medio en la pre-maxila (61): 0 → 1.

Nodo 32: Forma de las almohadillas al lado de la hoja nasal (21): 0 → 1; Pigmentación en la hoja nasal (25): 1 → 0; Pigmentación de la planta de la pata (41): 1 → 0; Amplitud de los bordes laterales del paladar (64): 2 → 1; Número de lóbulos de los incisivos inferiores internos (i1) (83): 0 → 1; Presencia de glándula accesoria y cuerpo blanco masculinos (129) – Carácter 130 de Wetterer *et al.* (2000): 1 → 0.

Trachops cirrhosus: Densidad de los pelos en el hocico (7): 1 → 0; Pigmentación de la oreja (33): 1 → 0; Forma del perfil del rostro (45): 0 → 1; Disposición de las crestas de los incisivos (47): 1 → 0; Forma de la raíz maxilar del cigoma (49): 0 → 1; Presencia del proceso posterior del paladar (65): 0 → 1; Alcance de la fosa mesopterigoidea (66): 1 → 0; Compresión de los caninos inferiores (86): 1 → 0.

Nodo 31: Patrón de bandas de contraste del pelaje dorsal (2): 1 → 2; Surco central del mentón (18): 1 → 2; Desarrollo del lóbulo interno de la oreja (37): 0 → 1; Forma de los nostriles (44): 2 → 3; Forma del borde posterior de la caja craneana (51): 2 → 0; Forma del jugal (55): 2 → 0; Forma de la bullas timpánicas (68): 1 → 0; Forma de la base posterior de la mandíbula (81): 1 → 2.

Nodo 35: Longitud del pelaje dorsal (4): 0 → 2; Presencia de pelos en el antebrazo (16): 1 → 0; Tamaño de la oreja (30): 2 → 0; Forma del borde de la oreja (35): 1 → 0; Perfil de la caja craneana (50): 1 → 0; Longitud relativa de la caja craneana (53): 1 → 0; Amplitud de la

constricción postorbital (56): 1 → 0; Posición del foramen accesorio medio (62): 1 → 0; Forma del tabique del basiesfenoides (73): 0 → 1.

Phyllostomus discolor: Forma del mentón (17): 0 → 1; Pigmentación en la hoja nasal (25): 0 → 1; Forma del borde inferior de la herradura (26): 1 → 0; Forma de la rama principal del trago (27): 0 → 1; Forma de la rama intermedia del trago (28): 1 → 2; Pliegues paralelos de la oreja (32): 1 → 0; Pigmentación en la punta de la alas (40): 0 → 1; Pigmentación de la planta de la pata (41): 0 → 1; Forma de borde posterior de la caja craneana (51): 0 → 1; Forma del jugal (55): 0 → 1; Alcance de la fosa mesopterygoidea (66): 1 → 0; Profundidad de la cavidades del basiesfenoides (72): 2 → 0; Arreglo del tercer y quinto metacarpal (88): 2 → 0; Tipo de cobertura con papilas en la región faríngea de la lengua (113) – Carácter 111 de Wetterer *et al.* (2000): 1 → 0.

Phylloderma stenops: Densidad del pelaje corporal (6): 1 → 0; Número de vibrisas interramales (9): 0 → 2; Ornamentaciones de pelos en el mentón (19): 1 → 0; Forma de la raíz maxilar del cigoma (49): 0 → 2; Forma del piso del paladar (58): 1 → 2; Ubicación de la pre-maxila en el paladar (59): 0 → 1; Presencia de cíngulo lingual en el M2 (77): 0 → 1; Compresión de los caninos inferiores (86): 1 → 0.

Nodo 30: Número de vibrisas laterales a la hoja nasal (8): 1, o 2 → 3;

Arreglo de vibrisas laterales a la hoja nasal (10): 1 → 0; Disposición de papilas submentales (20): 0 → 1; Forma de la rama intermedia del trago (28): 1 → 0; Forma de la rama interior del trago (29): 1, o 2 → 0; Grosor de la oreja (34): 0 → 1; Protuberancias en el lóbulo interno de la oreja (36): 0 → 1; Pliegue en la base exterior de la oreja (38): 0 → 1; Tamaño relativo del paladar (57): 0 → 1; Presencia de par de cavidades detrás de los incisivos (63): 0 → 1.

Mimon bennettii: Posición del foramen accesorio medio (62): 1 → 2;

Forma de la fosa mesoterygoidea (67): 0 → 1; Tamaño de la abertura del meato auditivo (69): 1 → 0.

Mimon cozumelae: Amplitud del tabique medio en la pre-maxila (61): 0 → 1.

Nodo 20: Densidad de los pelos en el hocico (7): 1 → 0; Longitud de los pelos al contorno de la hoja nasal (11): 0 → 3; Surco central del mentón (18): 1 → 2; Ornamentaciones de pelos en el mentón (19): 1 → 0; Pigmentación en la hoja nasal (25): 2 → 1; Forma del borde inferior de la herradura (26): 1 → 0; Forma de la rama intermedia del trago (28): 0 → 2; Pigmentación de la oreja (33): 1 → 0; Protuberancias en el lóbulo interno de la oreja (36): 0 → 1; Arreglo de pelos en el dorso de la pata (42): 1 → 2; Forma del perfil del rostro (45): 0 → 1. Amplitud del tabique medio en la pre-maxila (61): 0 → 1; Presencia del premolar inferior p3 (84): 1 → 0; Número de papilas centrales callosas (123) – Carácter 124 de Wetterer *et al.* (2000): 0 → 1.

Mimon koepckeae: Forma de los nostriles (44): 2 → 0; Longitud relativa de la caja craneana (53): 1 → 0; Alcance de la fosa mesopterygoidea (66): 1 → 0; Amplitud del basioccipital a la altura de las cocleas (70): 0 → 1.

Nodo 25: Forma de borde posterior de la caja craneana (51): 0 → 1; Forma del borde posterior de la pre-maxila (60): 0 → 1; Forma de la fosa mesoterygoidea (67): 0 → 1; Forma de la bullas timpánicas (68): 1 → 3; Forma del tabique del basiesfenoides (73): 1 → 0; Forma de la base posterior de la mandíbula (81): 1 → 0; Número de lóbulos de los incisivos inferiores internos (i1) (83): 0 → 1.

Nodo 28: Forma de las almohadillas al lado de la hoja nasal (21): 0 → 1; Pigmentación en la punta de la alas (40): 1 → 0; Forma del perfil del rostro (45): 1 → 2; Compresión del premolar cuatro inferior p4 (87): 1 → 0.

Mimon crenulatum keenani "Venezuela": Surco central del mentón (18): 2 → 1.

Nodo 27: Pigmentación en la hoja nasal (25): 1 → 0.

Mimon crenulatum keenani "Panamá": Sin autapomorfias.

Nodo 29: Forma de las almohadillas al lado de la hoja nasal (21): 0 → 1

Mimon crenulatum keenani "Tumbes": Profundidad de la cavidades del basiesfenoides (72): 1 → 0.

Mimon crenulatum keenani "Ecuador": Número de vibrisas laterales a la hoja nasal (8): 2 → 1; Longitud de los pelos al contorno de la hoja nasal (11): 3 → 2; Compresión de los caninos inferiores (86): 1 → 0.

Nodo 24: Patrón de bandas de contraste del pelaje dorsal (2): 1 → 0; Longitud de los pelos al contorno de la hoja nasal (11): 3 → 2; Longitud de la hoja nasal (22): 2 → 3; Forma del borde de la oreja (35): 1 → 0; Desarrollo de la cresta sagital (52): 0 → 1; Surco entre el hipocono y paracono del M1 y M2 (76): 1 → 0; Compresión de los caninos inferiores (86): 1 → 0; Arreglo del tercer y quinto metacarpal (88): 2 → 1.

Mimon crenulatum "Sur": Pigmentación en la hoja nasal (25): 1 → 0; Perfil de la caja craneana (50): 1 → 0; Forma de borde posterior de la caja craneana (51): 1 → 2; Amplitud del basioccipital a la altura de las cócleas (70): 0 → 1.

Nodo 23: Forma de la rama principal del trago (27): 0 → 1; Tamaño de la oreja (30): 1 → 0; Longitud relativa de la caja craneana (53): 1 → 0; Forma de la bullas timpánicas (68): 3 → 2; Profundidad de la cavidades del basiesfenoides (72): 1 → 0.

Mimon crenulatum longifolium: Longitud de los pelos al contorno de la hoja nasal (11): 2 → 1; Crenulaciones al borde la hoja nasal (24): 3 → 2; Forma del tabique del basiesfenoides (73): 0 → 1; Longitud del proceso angular de la mandíbula (80): 0 → 1; Longitud relativa del calcar (89): 0 → 1.

Nodo 22: Longitud del pelaje dorsal (4): 1 → 2; Número de vibrisas laterales a la hoja nasal (8): 2 → 1; Surco central del mentón (18): 2 → 1; Forma de la rama intermedia del trago (28): 2 → 1; Protuberancias en el lóbulo interno de la oreja (36): 1 → 0; Amplitud del tabique medio en la pre-maxila (61): 1 → 0; Arreglo del tercer y quinto metacarpal (88): 1 → 0.

Mimon crenulatum crenulatum: Sin autapomorfias.

Nodo 26: Arreglo de pelos en el dorso de la pata (42): 2 → 1; Forma del borde posterior de la pre-maxila (60): 1 → 0.

Mimon crenulatum "Amazonia": Forma de la rama principal del trago (27): 1 → 0; Tamaño de la abertura del meato auditivo (69): 0 → 1.

Mimon crenulatum "Guayanas": Longitud de los pelos al contorno de la hoja nasal (11): 2 → 1; Forma del tabique del basiesfenoides (73): 0 → 1.

Registro de presencia y actividades de algunos mamíferos en el Desierto Chihuahuense, México

Cynthia Elizalde-Arellano^{*1}, Juan Carlos López-Vidal¹, Lucina Hernández², John W. Laundré³,
Fernando A. Cervantes⁴, Fabiola M. Morales-Mejía⁵, Mariana Ramírez-Vargas¹, Luis F. Dávila-
Galaviz¹, Alberto González-Romero⁶ y María Alonso-Spilsbury⁷

Introduction: Photographic records are useful tools that had strengthen wildlife mammal studies as a noninvasive methodology providing a wide variety of information. The objective of this study is to document with images (automatic - trail cameras and manually - personal cameras) the species of mammals inhabiting the Mapimi Biosphere Reserve (MBR), to highlight the morphologic characteristics that distinguish them, to record the area and vegetation type where each species was found and to determine some of their daily activities.

Methods: Between 2009 and 2014, twelve field trips were made to Mapimi. In each trip we placed six trail cameras each at five locations (30 cameras total) for 24 h during six consecutive days, with 51,840 h photographic effort. Two sets of six cameras were placed in grassland habitat and three in shrubland habitat. Each camera was baited with 300 g of alfalfa mixed with sand in a tray placed 3 m from the camera. Between 2011 and 2014 two additional cameras were set to monitor a natural pond on the slope of a small mountain (San Ignacio) in the area with 5,760 h of photographic effort. In total we had 57,600 h of photographic effort. Images were also obtained from manual cameras of the authors while engaged in various research projects in the area with more than 2,000 photographs. These data for some species are directly from animals captured in the locality. Their main morphologic characteristics were highlighted, specific places, type of vegetation where each species was found and some of their daily activities.

Results: A total number of five orders, 12 families, 27 genera and 31 species were recorded, representing 49 % of mammals known in the Reserve. With trail cameras 1,714 photos were taken and 15 species were recorded (Table 1). The species with highest number of records were *Dipodomys nelsoni* ($n = 610$), *D. merriami* ($n = 469$) and *Netoma leucodon* ($n = 335$). The ones with the lowest number of photos were *Ictidomys mexicanus* ($n = 48$) and *Sylvilagus audubonii* ($n = 46$, Figure 1). Trail cameras recorded five genera where the species level could not be determined: *Myotis sp.*, *Chaetodipus sp.*, *Peromyscus sp.*, *Ictidomys* or *Xerospemophilus*. With manual cameras more than 2,000 photos were taken and thirty species were photographed, only 16 were recorded with this method (Table 1). The collared peccary (*Pecari tajacu*) was the single species recorded only by trailed cameras.

¹Laboratorio de Cordados Terrestres, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Carpio y Plan de Ayala s/n, Casco de Santo Tomás, México D.F. 11340, México. Teléfono (5255) 5729-6000, ext. 62421, E-mail: thiadeno@hotmail.com (CEA), jclvidal@hotmail.com (JCLV), ramirez-vargasm@hotmail.com (MRV), jaguar_04@hotmail.es (LFDG)

²Rice Creek Field Station, Department of Biological Sciences, Shineman 220 Center SUNY Oswego, Oswego, New York 13126, United States.

³James Jacinto Mountains Reserve, University of California Riverside, P.O Box 1775, Idyllwild, California 92549, United States. E-mail: john.laundre@ucr.edu (JWL)

⁴Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México D.F. 04510, México. E-mail: fac@ib.unam.mx (FAC)

⁵Laboratorio de Arqueozoología "M. en C. Ticul Álvarez Solórzano", Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Moneda no 16. Col. Centro, Delegación Cuauhtémoc, México D.F. 06060, México. E-mail: ardilla3@hotmail.com (FMMM)

⁶Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología A. C. Carretera Antigua a Coatepec #351. El Haya, Xalapa, Veracruz 91070, México. E-mail: alberto.gonzalez@inecol.mx (AGR)

⁷Laboratorio de Etología, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud México D.F. 04960, México. E-mail: maspilsbury@hotmail.com (MLAS)

*Corresponding author

Discussion and Conclusions: Results obtained demonstrated that with trail cameras, morphological characteristics that distinguish most mammalian species can be observed clearly for most small, medium and large species. For some small species (such as Heteromyidae and Muridae) their features cannot be easily noted so their proper identity is difficult to determine. It is also important to discuss that only half of the known mammal diversity in the locality was recorded with trail cameras. Some small (such as Heteromyidae and Muridae rodents and bats), medium (as skunks) or large size species (as pumas) were not recorded with them, even though these cameras are generally considered a very effective method for mammalian inventories. As our results do not support this idea, we strongly recommend to combine direct trapping methods with trail cameras to get more complete and more realistic mammalian inventories.

The highest numbers of records obtained with trail cameras were of *Dipodomys nelsoni*, *D. merriami* and *Netoma leucodon*, reflecting their numerical dominance in the ecosystem. Lower number of records of *Sylvilagus audubonii*, squirrels, deer, peccaries and other mammals are related with their low abundance and they occur only in very specific areas. The low numbers found of *Lepus californicus* were contradictory with previous studies, where they were much more frequently recorded. Skunks inhabit rocky and hills parts in the Reserve, and the presence of *Spilogale gracilis* was exceptional and as such represents a new record of this species for the Reserve. Documentation of mammalian species through photographic images contributes to different aspects of their biology that had not been addressed before in this location. Cameras allowed updating of information of some species and helped to identify knowledge gaps that can be addressed in the future to contribute to understand the dynamics of the mammal community in the Chihuahuan Desert.

Key words: Manual cameras, new record, photographic identification, *Spilogale gracilis*, trail cameras.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivos documentar a través de imágenes fotográficas las características morfológicas distintivas de las diferentes especies de mamíferos de la Reserva de la Biosfera de Mapimí (RBM) que permiten distinguirlas con claridad, especificar los lugares y el tipo de vegetación en los que se obtuvieron los registros y reportar algunas de sus actividades diarias. Se colocaron en total 32 cámaras trampa en áreas de matorral, pastizal y un cuerpo de agua en la ladera del Cerro San Ignacio entre los años 2009 a 2014 para un esfuerzo de muestreo total de 57,600 h, adicionalmente se obtuvieron imágenes de cámaras de uso manual. Se registraron cinco órdenes, 12 familias, 27 géneros y 31 especies que representan el 49 % del total conocido para la RBM. Se eleva a 64 las especies de mamíferos reportadas para la Reserva (antes de 63) por un nuevo registro del zorrillo *Spilogale gracilis*. Con las cámaras trampa se registraron 15 especies y con las personales 30 de éstas, 16 especies se registraron solo por este último medio; los pecaríes de collar fueron la única especie registrada exclusivamente con cámaras trampa. Algunos mamíferos fueron identificados solo a nivel de género *Myotis* sp., *Chaetodipus* sp., *Peromyscus* sp., *Ictidomys* o *Xerospemophilus*. Aún persisten diversos aspectos desconocidos sobre los mamíferos de la RBM que es recomendable investigar para contribuir a la comprensión de la dinámica del Desierto Chihuahuense.

Palabras Clave: Cámaras trampa, cámaras manuales, identificación fotográfica, nuevo registro, *Spilogale gracilis*.

Introducción

El registro fotográfico, tanto manual como remoto, ha incrementado su importancia como herramienta que ha fortalecido el estudio de los mamíferos silvestres debido a que es un método no invasivo y proporciona información valiosa relacionada con las características morfológicas de las especies, cuando las imágenes son de buena calidad pueden considerarse como ejemplares para colecciones científicas o museos. El uso de la fotografía remota, en particular, ha permitido estudiar con mayor detalle los diferentes aspectos de la biología de estos animales como sus patrones de actividad, algunas de sus actividades o comportamientos, la densidad de especies de tamaño mediano y grande, como las del orden carnívora que son de hábitos difíciles de investigar empleando métodos como la observación directa o el trampeo (Wemmer *et al.* 1996; Trolle y Kery 2005; Kelly *et al.* 2008; Vaughan *et al.* 2011). El uso de imágenes fotográficas para el estudio de los mamíferos permite actualmente obtener una gran cantidad de imágenes de muy buena calidad con información adicional como la fecha, la hora, la temperatura y la fase lunar por mencionar algunas características (Wemmer *et al.* 1996; Cutler y Swan 1999; Vaughan *et al.* 2011).

En México, las imágenes fotográficas han incrementado el conocimiento actual de los mamíferos silvestres relacionado con su diversidad (Silveira *et al.* 2003; Faller-Menéndez *et al.* 2005; Sbrek-Araujo y García 2005; Bárcenas y Medellín 2007; Lyra-Jorge *et al.* 2008; Cecaíra-Ricoy *et al.* 2012; Charre-Medellín *et al.* 2012; Iglesias-Hernández *et al.* 2012), con los registros de presencia novedosos en diferentes estados del país, como el ocelote (*Leopardus pardalis*) en Michoacán (Chávez-León 2005) y en Guanajuato (Sánchez *et al.* 2012); el agutí (*Cuniculus paca*) en Querétaro (Jiménez-Maldonado y López-González 2011) y el cabeza de viejo o tayra (*Eira barbara*) en Puebla (Ramírez Bravo 2011). También se han investigado las actividades de los tapires (*Tapirus bairdii*) en Quintana Roo (Pérez y Matus 2010), aspectos relacionados con el comportamiento en jaguares (*Panthera onca*, Faller-Menéndez *et al.* 2007) y otros relacionados con el comportamiento asociado al forrajeo y áreas de actividad de diferentes especies que habitan en el desierto (Elizalde-Arellano 2012).

Para estudiar las especies de mamíferos que habitan un área con base en imágenes fotográficas es muy importante reconocer a cada una de ellas con la mayor exactitud posible, lo que en ocasiones puede resultar difícil cuando las especies son similares entre sí, principalmente los mamíferos medianos o pequeños. Por lo que es de gran relevancia conocer sus principales características morfológicas para realizar una adecuada identificación.

Los objetivos de este estudio fueron documentar a través de imágenes fotográficas diferentes especies de mamíferos que habitan en la Reserva de la Biosfera de Mapimí (RBM) con la finalidad de registrar su presencia y resaltar en ellas las principales características que permiten distinguirlas con claridad, en particular aquellos casos de especies similares. Especificar también los lugares y el tipo de vegetación en donde se obtuvieron los registros y reportar también algunas de sus actividades y otros aspectos relevantes de su biología.

Material y Métodos

Área de estudio. La Reserva de la Biosfera de Mapimí (RBM) tiene una extensión de 342,388 ha y se localiza en el Desierto Chihuahuense, entre los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila, México, entre las coordenadas 26° 11' - 27° 00' N y -103° 23' -104° 07' W (Figura

1). La precipitación anual promedio es de 260 mm la cual se concentra en los meses de julio a septiembre (verano) y el 5 % ocurre de noviembre a enero (invierno). Considerando el régimen de precipitaciones de la región pueden reconocerse dos temporadas al año: la de lluvia (de julio a enero) y la seca (de febrero a junio). La temperatura promedio de la zona es de 28 °C en verano y de 11.8 °C en invierno, con fuertes variaciones estacionales y diarias de hasta 20 °C (Cornet 1988). La topografía consiste en un área plana muy extensa en la que se forman lagunas y manantiales temporales y permanentes, interrumpida por cerros (CONANP 2006). La vegetación corresponde a un matorral xerófilo en el que se han registrado zonas de matorrales rosetófilos, crasicuales, micrófilos inermes, magueyales (*Agave asperima*), nopaleras (*Opuntia* spp.) y grandes extensiones de pastizal de sabaneta (*Hilaria mutica*). Otras especies vegetales características de la Reserva son arbustos como la gobernadora (*Larrea tridentata*), el ocotillo (*Fouquieria splendens*), el mezquite (*Prosopis glandulosa*), la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), la yuca (*Yucca elata*) y las acacias (*Acacia asperima*, *A. constricta* y *A. greggi*; Montaña 1988; Maury 1992).

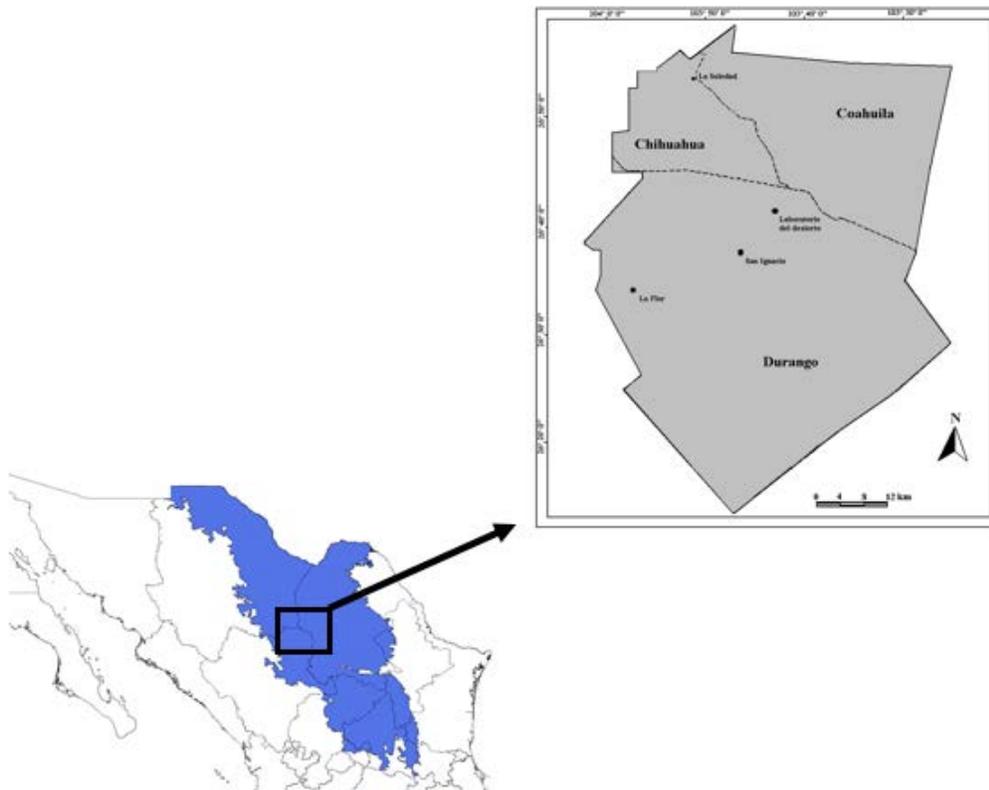


Figura 1. Derecha: Mapa del Desierto Chihuahuense en México (Imagen proporcionada por CONABIO 2008). El cuadro negro sobre el mapa indica la ubicación de la Reserva de la Biosfera de Mapimí entre los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango. Izquierda: Polígono que marca los límites de la Reserva de la Biosfera de Mapimí (Modificado de CONANP 2006).

La fauna de vertebrados incluye especies en peligro de extinción como el águila real (*Aquila chrysaetos*) y la tortuga del desierto (*Gopherus flavomarginatus*), endémica de la región. La zona es hábitat también de varias especies de roedores heterómidos (como *Dipodomys merriami*, *D. nelsoni*, *D. ordii*, *Chaetodipus nelsoni*, *C. penicillatus* y *Perognathus flavus*), múridos (como *Neotoma leucodon* y *Sigmodon hispidus*), sciuridos (*Xerospermophilus spilosoma*, *Ictidomys mexicana* y *Otospermophilus variegatus*) así como lagomorfos (*Lepus californicus* y *Sylvilagus audubonii*). También habitan en la zona el venado bura (*Odocoileus hemionus*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el tlalcoyote (*Taxidea taxus*), zorrillos (*Spilogale putorius*, *Conepatus mesoleucus* y *Mephitis macroura*), el coyote (*Canis latrans*), el gato montés (*Lynx rufus*) y el puma (*Puma concolor*; CONANP 2006).

El trabajo de campo se llevó a cabo durante los meses de marzo a abril y octubre a noviembre de los años 2009 a 2014 realizando en cada ocasión estancias de 20 días en la Reserva de la Biosfera de Mapimí. Para registrar la presencia y actividad de los mamíferos principalmente herbívoros, roedores y lagomorfos, en cada estancia de campo se muestrearon simultáneamente cinco sitios diferentes de la Reserva, dos de ellos ubicados en áreas con vegetación de pastizal y tres en áreas con matorral (Hernández *et al.* 2011a, b).

En cada sitio se colocaron seis estaciones (tres pares) de observación constituidas por un cebo que consistió en una mezcla de 300 g de alfalfa comprimida y cuatro kilos de arena colocada en una charola con capacidad de seis litros, modificando a las condiciones locales el diseño propuesto por Smith y Brown (1991). Frente a cada cebo se colocó a nivel del piso y a una distancia de 1.5 m de distancia una cámara con sensor infrarrojo (Moultrie GameSpy, modelo D-55) las cuales permanecieron activas las 24 horas durante seis días consecutivos y programadas para tomar una secuencia de tres fotos por minuto una vez que el sensor registrara algún movimiento. En total durante cada estancia de campo se colocaron un total de 30 cámaras. En particular durante las estancias de los años 2011 a 2014 se colocaron por 15 días continuos dos cámaras trampa adicionales frente a un pequeño cuerpo de agua permanente en la falda del Cerro San Ignacio para registrar las especies de mamíferos que frecuentan esta área.

Además de lo anterior, en la RBM se han realizado diferentes proyectos relacionados con la biología de los mamíferos, *i. e.* se realizó la captura de algunos pumas (Laundré, com. pers.), de gatos monteses y coyotes (Elizalde-Arellano 2012; Elizalde-Arellano *et al.* 2012), de algunas especies de murciélagos entre las grietas de los Cerros Torrecillas, así como en las instalaciones del Laboratorio del Desierto del INECOL, y un proyecto de investigación ecológica a largo plazo (LTER- Long Term Ecological Research) sobre la fauna del desierto desde el año 1996 hasta la fecha (Hernández *et al.* 2011a, b). En todos los casos los procedimientos de campo del presente estudio se ajustaron a las recomendaciones de Sikes *et al.* (2011). Las investigaciones mencionadas han reunido un valioso acervo de registros fotográficos obtenidos con las cámaras manuales de uso personal de los investigadores involucrados a través de los cuales se ha obtenido parte de la información que se incluye en el presente estudio.

A partir de las imágenes fotográficas se analizó el número de especies que fueron registradas por medio de cámaras trampa y/o manuales. Para cada especie se hizo una reseña en la que se destacan sus características morfológicas que pueden apreciarse de manera clara en las imágenes obtenidas y con las que es posible reconocer a cada especie. Se indica también si las imágenes se obtuvieron mediante cámaras trampa y/o manuales, así como el lugar de la RBM y el tipo de vegetación donde fueron obtenidas las fotografías. Se comentan algunas de sus actividades que han sido registradas así como otros aspectos relevantes de su biología. La nomenclatura, clasificación y orden en el que se mencionan a las especies de mamíferos en este estudio sigue la propuesta por Ceballos y Arroyo (2012).

Resultados

Por medio de las imágenes fotográficas se registraron en total a cinco órdenes, 12 familias, 27 géneros y 31 especies (Tabla 1) que representan el 49 % del total conocido para la RBM. En la RBM se conocían 63 especies de mamíferos, pero en el presente estudio se registra por primera vez a los zorrillos manchados (*Spilogale gracilis*) lo que incrementa el número a 64.

Con las cámaras trampa se obtuvieron 1,714 fotografías con las que se registraron cinco órdenes, 10 familias, 14 géneros y 15 especies de mamíferos (Tabla 1). El esfuerzo de muestreo de las cámaras trampa fue de seis cámaras por 144 h por cinco sitios por doce estancias de campo dio un total de 51,840 h. Para el cuerpo de agua en la base del Cerro San Ignacio fue de 720 h por ocho meses se obtuvieron 5,760 h de esfuerzo de muestreo. Sumando ambos esfuerzos se obtuvo un total de 57,600 h de muestreo con este método. Las especies con mayor número de registros (entre paréntesis el número de fotografías obtenidas) fueron: *Dipodomys nelsoni* ($n = 610$), *D. merriami* ($n = 469$) y *Netoma leucodon* ($n = 335$; Figura 2) y las del menor número fueron *Pecari tajacu* ($n = 6$), *Taxidea taxus* ($n = 5$), *Conepatus leuconotus* ($n = 3$), *Otospermophilus variegatus* ($n = 3$), *Odocoileus virginianus* ($n = 2$) y *Urocyon cinereoargenteus* ($n = 1$). Las especies con menor número de registros no están incluidas en la Figura 2. Las especies registradas en el cuerpo de agua fueron *Lynx rufus* ($n = 17$), *Conepatus leuconotus* ($n = 3$), *Otospermophilus variegatus* ($n = 3$) y *Pecari tajacu* ($n = 6$).

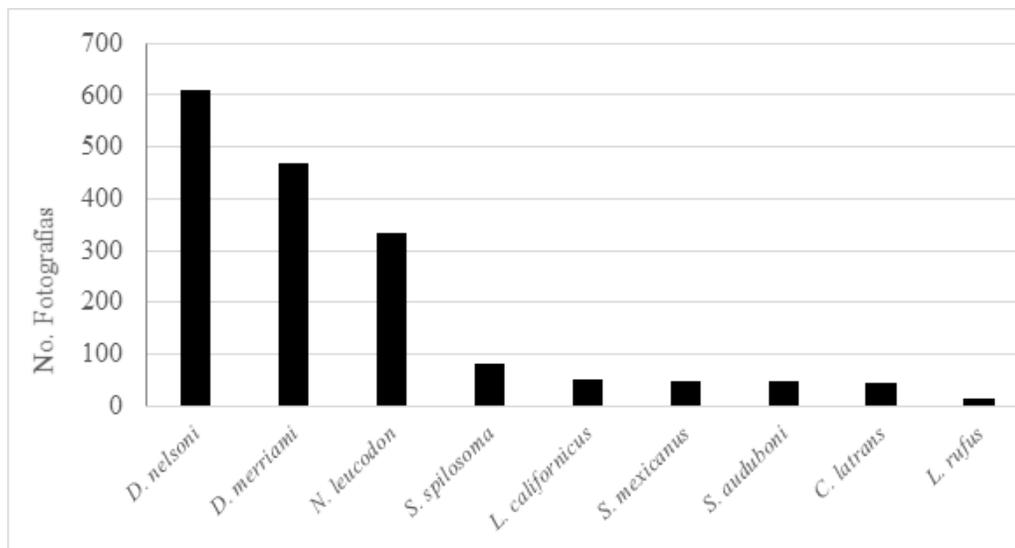


Figura 2. Número de fotografías en las que se registraron algunas especies de roedores y lagomorfos por medio de las cámaras trampa. *Dipodomys nelsoni* (*D. nelsoni*), *Dipodomys merriami* (*D. merriami*), *Netoma leucodon* (*N. leucodon*), *Spermophilus spilosoma* (*S. spilosoma*), *Lepus californicus* (*L. californicus*), *Spermophilus mexicanus* (*S. mexicanus*), *Sylvilagus audubonii* (*S. audubonii*), *Canis latrans* (*C. latrans*) y *Lynx rufus* (*L. rufus*).

Con las cámaras manuales se obtuvieron más de 2,000 fotografías con las que se registraron 30 especies, de las cuales 16 se registraron únicamente por este medio y son: *Vulpes macrotis*, *Puma concolor*, *Mephitis macroura*, *Mephitis mephitis*, *Spilogale gracilis*, *Choeronycteris mexicana*, *Antrozous pallidus*, *Chaetodipus nelsoni*, *Chaetodipus penicillatus*, *Dipodomys ordii*, *Perognathus flavus*, *Reithrodontomys megalotis*, *Peromyscus eremicus*, *Peromyscus maniculatus*, *Onychomys torridus* y *Sigmodon hispidus* (Tabla 1).

Se obtuvieron 382 fotografías con las cámaras trampa además de otras imágenes registradas con las cámaras personales de mamíferos que solo pudieron ser identificados a nivel de género (*Myotis* sp., *Chaetodipus* sp., *Peromyscus* sp., *Ictidomys* o *Xerospermophilus*) debido a que sus características no se apreciaban claramente para poder reconocer la especie a la que pertenecen. Los pecaríes de collar (*Pecari tajacu*) fueron los únicos que se registraron solo mediante cámaras trampa.

A continuación se mencionan las principales características morfológicas que distinguen a cada una de las especies para identificarlas a través de fotografías, las zonas de las RBM donde fueron registradas, los periodos de actividad así como algunas de sus actividades observadas y otros aspectos que se documentaron para algunas de ellas.

Tabla 1. Especies de mamíferos registradas por medio de imágenes adquiridas mediante cámaras trampas, cámaras manuales o ambos métodos. Se indica el tipo de hábitat o sitios donde fueron obtenidas las fotos.

Orden, Familia, Genero y especie	Registro en Cámara trampa	Registro con cámara anual	Lugar donde se obtuvieron las imágenes						
			Matorral	Pastizal	Cuerpo agua	Cerros	Instalaciones INECOL	Laboratorio	Desierto
Orden Artiodactyla									
Familia Cervidae									
<i>Odocoileus hemionus</i>	X	X	X				X		
Familia Tayassuidae									
<i>Pecari tajacu</i>	X				X		X		
Orden Carnivora									
Familia Canidae									
<i>Canis latrans</i>	X	X	X	X					
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	X	X	X		X		X		
<i>Vulpes macrotis</i>		X		X					
Familia Felidae									
<i>Lynx rufus</i>	X	X	X	X	X				
<i>Puma concolor</i>		X	X						
Familia Mephitidae									
<i>Conepatus leuconotus</i>	X	X	X	X	X				
<i>Mephitis macroura</i>		X	X	X					
<i>Mephitis mephitis</i>		X	X	X					
<i>Spilogale gracilis</i>		X	X						
Familia Mustelidae									
<i>Taxidea taxus</i>	X	X	X	X					
Orden Chiroptera									
Familia Phyllostomidae									
<i>Choeronycteris mexicana</i>		X					X		
Familia Vespertilionidae									
<i>Antrozous pallidus</i>		X						X	
<i>Myotis sp.</i>		X						X	
Orden Lagomorpha									
Familia Leporidae									
<i>Lepus californicus</i>	X	X	X	X					
<i>Sylvilagus audubonii</i>	X	X	X	X					
Orden Rodentia									
Familia Heteromyidae									
<i>Chaetodipus sp.</i>	X		X	X					
<i>Chaetodipus nelsoni</i>		X	X	X					
<i>Chaetodipus penicillatus</i>		X	X	X					
<i>Dipodomys merriami.</i>	X	X	X	X					
<i>Dipodomys nelsoni</i>	X	X	X	X					
<i>Dipodomys ordii</i>		X		X					
<i>Perognathus flavus</i>		X	X						
Familia Muridae									
<i>Netoma leucodon</i>	X	X	X	X					
<i>Reithrodontomys megalotis</i>		X	X	X					
<i>Peromyscus eremicus</i>		X	X	X					
<i>Peromyscus maniculatus</i>		X		X					
<i>Onychomys torridus</i>		X	X	X					
<i>Sigmodon hispidus</i>		X		X					
Familia Sciuridae									
<i>Ictidomys mexicanus</i>	X	X	X	X					
<i>Xerospermophilus spilosoma</i>	X	X	X	X					
<i>Otospermophilus variegatus</i>	X	X				X	X		

Orden Artiodactyla

Familia Cervidae

Odocoileus hemionus. Los venados bura son muy comunes en las zonas cercanas a los cerros, su aspecto es inconfundible por lo que se reconocen sin problema en las imágenes. Los machos presentan astas dicotómicamente bifurcadas durante la época de reproducción, las cuales se observaron con su desarrollo máximo en el mes de marzo (Figura 3a). Estos animales se registraron con poca frecuencia a través de las cámaras trampa ya que los cebos estaban colocados a nivel del piso con la finalidad de atraer lagomorfos y roedores. Es más frecuente registrarlos por medio de las cámaras de uso manual en los periodos diurnos (Figura 3a, Tabla 1) en particular en las laderas de los Cerros San Ignacio y Torrecillas.

Familia Tayassuidae

Pecari tajacu. Los pecaríes de collar habitan en las laderas de los cerros y pueden identificarse fácilmente por su aspecto, su color general negro y banda blanca en el cuello. Esta especie solo se registró mediante cámaras trampa (Figura 3b). Se observaron solos o en grupos familiares (piaras) y están activos durante distintas horas del día. Se registraron en el pequeño cuerpo de agua monitoreado en la ladera del Cerro San Ignacio (Tabla 1).

Orden Carnivora

Familia Canidae

Canis latrans. Los coyotes son muy abundantes en la RBM. Sus orejas puntiagudas, pelaje amarillento y su cola esponjada les confieren su aspecto característico por lo que se distinguen con facilidad en las imágenes. Se observaron mediante las trampas cámara en todas las zonas del estudio y siempre se registró solo un ejemplar por foto y están activos a diferentes horas del día y la noche. También se registraron con frecuencia mediante las cámaras de uso manual, ya que se capturan continuamente (Tabla 1).

Urocyon cinereoargenteus. Las zorras grises se distinguen por su coloración dorsal grisácea y la nuca y vientre rojizo, la cola esponjada es grisácea con una línea longitudinal negra. Estas son muy abundantes en la RBM y se registraron con mayor frecuencia en las laderas de los cerros, y menos frecuentemente en las zonas planas de pastizales y dunas. Su registro en las cámaras trampa fue muy escaso y con ellas solo se observaron en la ladera del Cerro San Ignacio, se registraron con mayor frecuencia a través de las cámaras manuales durante los periodos nocturnos (Tabla 1).

Vulpes macrotis. Estas zorritas se distinguen de las zorras grises porque su dorso es café claro, sus orejas son grandes y puntiagudas, la cola es esponjosa y de forma cilíndrica con la punta de color negro y por lo general la mantienen en posición recta (Figura 3c). Son muy poco frecuentes en la RBM y se encontraron al norte de ésta en la zona de dunas y solo se registraron a través de cámaras manuales (Tabla 1). Se desconoce su periodo de actividad en la RBM, pero probablemente son de actividad nocturna.

Familia Felidae

Lynx rufus. Los gatos monteses son abundantes en la RBM. Se caracterizan por su pelaje moteado, los mechones de pelos en la punta de sus orejas y la cola corta. Se han registrado tanto en las zonas de matorral como en las de pastizal y en los cerros. Su registro a través de las cámaras trampa fue escaso y se registraron con mayor frecuencia mediante las cámaras manuales durante los periodos de trampeo (Tabla 1). Están activos durante las horas crepusculares.

Puma concolor. Los pumas son poco frecuentes en la RBM y se encuentran en las zonas de los cerros y cercanas a los cuerpos de agua (Figura 3d). Se caracterizan por su pelaje corto y de color amarillo, su aspecto es inconfundible y pueden identificarse claramente en las imágenes. Su presencia en la RBM se reconoce también a través de huellas, excretas y avistamientos ocasionales. Se registraron únicamente con cámaras manuales ya que se capturaron ocasionalmente en la zona (Tabla 1). Estudios preliminares indican que algunos ejemplares rastreados mediante telemetría no residen en la RBM, posiblemente debido a una baja densidad de venados que son sus presas principales, por lo que estos avistamientos corresponden a ejemplares que transitan temporalmente por la zona (Laundré com. pers.).

Familia Mephitidae

Conepatus leuconotus. Estos zorrillos son poco frecuentes en la RBM. Es posible distinguirlos por su banda dorsal ancha de color blanco, su cola corta completamente blanca y el cojinete de su nariz grueso y desnudo (Figura 3e). Se observaron en la ladera del Cerro San Ignacio mediante cámaras trampa y con una mayor frecuencia con imágenes obtenidas manualmente ya que fueron capturados ocasionalmente (Tabla 1) durante los periodos nocturnos, por lo que las zonas rocosas y las faldas de los cerros favorecen su presencia en el desierto.

Mephitis macroura. Los zorrillos de esta especie también se observaron con poca frecuencia en la RBM. Se distinguen porque presentan dos bandas blancas laterales que recorren el cuerpo desde la nuca hasta la cadera, la cola tiene largos pelos de color negro y una menor cantidad de pelos blancos. Se registraron únicamente por medio de cámaras manuales (Tabla 1) ya que algunos de ellos fueron capturados en la ladera del Cerro San Ignacio así como también en la zona de dunas durante los periodos nocturnos.

Mephitis mephitis. Esta especie de zorrillo también se observaron con poca frecuencia en la RBM. Se distinguen de *M. macroura* porque la banda dorsal blanca se divide en dos laterales en la parte media del dorso y continúa hasta la cadera. Al igual que *M. macroura* también fueron registrados únicamente con cámaras manuales y se capturaron en la ladera del Cerro San Ignacio así como en la zona de dunas (Tabla 1) también durante los periodos nocturnos.

Spilogale gracilis. Estos zorrillos representan un nuevo registro en la RBM. Se distinguen por sus numerosas bandas longitudinales de color blanco alternadas con negro en su parte dorsal. Se atraparon ocasionalmente en la ladera del Cerro San Ignacio (Figura 3f), en zonas rocosas con vegetación de nopalera las cuales son favorables para estos organismos. Solo fueron registrados por medio de cámaras manuales (Tabla 1) y están activos también durante las horas nocturnas.

Familia Mustelidae

Taxidea taxus. Los tlalcoyotes o tejones son muy poco frecuentes en la RBM. Se caracterizan por tener un cuerpo robusto y patas cortas, su pelaje es una combinación de negro con blanco y presentan características marcas blancas y negras en el rostro. Están presentes en zonas de

matorral, de pastizal y en las dunas, no gustan de áreas rocosas, en general, sin embargo se les ha registrado por medio de cámaras trampa (Figura 3g) y cámaras manuales (Tabla 1). Estos animales se observaron durante horas diurnas y nocturnas.

Orden Chiroptera

Familia Phyllostomidae

Choeronycteris mexicana. Estos murciélagos se caracterizan por tener un hocico largo (Figura 3h) relacionado con su alimentación nectarívora, tienen un uropatagio y cola cortos y su coloración dorsal es parda y la ventral gris, lo que los distingue claramente en las imágenes. Habitan en grietas en las zonas rocosas y los cerros de la RBM. A lo largo del estudio solo se encontraron cinco ejemplares en el Cerro Torrecillas en donde se registraron únicamente mediante cámaras manuales (Tabla 1).



Figura 3. a) *Odocoileus hemionus* macho con astas en su máximo desarrollo en el mes de marzo en la falda del Cerro San Ignacio (tomada por Cynthia Elizalde Arellano), b) *Pecari tajacu* en el cuerpo de agua en la falda del Cerro San Ignacio. c) *Vulpes macrotis* capturada en las dunas (tomada por Cynthia Elizalde Arellano), d) *Puma concolor* capturado en una zona de matorral y cerca de un cuerpo de agua (tomada por John W. Laundré). e) *Conepatus leuconotus* capturado en la falda del Cerro San Ignacio, f) *Spilogale gracilis*, capturado en la falda del Cerro San Ignacio, fotos tomadas manualmente por Cynthia Elizalde Arellano, g) *Taxidea taxus* registrado en zona de matorral. h) *Choeronycteris mexicana* capturado en el Cerro Torrecillas (tomada por Juan Carlos López Vidal),

Familia Vespertilionidae

Antrozous pallidus. Estos murciélagos insectívoros se encuentran con frecuencia agrupados en diferentes partes de la RBM. Se reconocen en las imágenes por su pelaje café claro en el dorso y blanco en el vientre y por sus grandes orejas. Se les ha observado en grupos de entre 10 y 20 individuos en grietas entre las rocas en el afloramiento rocoso conocido como Espinazo del Diablo. También se han encontrado perchados en las instalaciones del Laboratorio del Desierto (Tabla 1), sede de la Reserva, lo que permitió la obtención de las fotografías por medio de cámaras manuales (Figura 4a). Esta especie forma grupos que varían desde seis hasta 30 individuos en los que la mayoría de ellos son hembras reproductivamente inactivas. Se encuentran en este lugar después de las 21 h y lo emplean como refugio nocturno en el cual dormitan y digieren su alimento, dejando una gran cantidad de excretas debajo de los sitios donde se perchan y al amanecer abandonan el lugar.

Myotis sp. En la RBM se han registrado varias especies de este género de murciélagos como son *M. californicus*, *M. velifer* y *M. ciliolabrum*. Se han observado ejemplares de diferentes especies perchados ocasionalmente en las instalaciones del Laboratorio del Desierto, lo que permitió también su registro fotográfico a través de las cámaras manuales (Tabla 1), entre ellas se encontró a *M. californicus* (Figura 4b) que son solitarios y una especie no identificada (*M. sp.*) que se percha en pequeños grupos de cuatro a seis individuos.

Orden Lagomorpha

Familia Leporidae

Lepus californicus. Las liebres son muy abundantes en la RBM, su aspecto en las imágenes es inconfundible debido a sus largas orejas con una marca negra en la parte dorsal de las mismas. Se observaron en las áreas de matorral y pastizal pero rara vez comieron el alimento ofrecido, más bien mostraron un comportamiento de recelo (Figura 4c), por lo que fueron registradas con muy poca frecuencia en las cámara trampa y con mayor frecuencia mediante cámaras manuales (Tabla 1).

Syvilagus audubonii. Los conejos en las imágenes se observan más pequeños que las liebres, de cuerpo robusto y redondeado, muestran una mancha rojiza en la nuca, sus orejas, patas y cola son más cortas también (Figura 4d) y el color blanco de la porción ventral de su cola es distintivo. Se observaron con mayor frecuencia en áreas de matorral que en pastizal (Figura 4d) y frecuentemente se registraron a través de las cámaras trampa consumiendo el alimento proporcionado y en ocasiones también se registraron con las cámaras manuales (Tabla 1).

Orden Rodentia

Familia Heteromyidae

Chaetodipus sp. Estos roedores se caracterizan por su coloración café oscuro, orejas pequeñas y redondeadas, su cola es larga y termina en un mechón largo de pelos a manera de pincel. En la RBM se han registrado dos especies de este género, *C. nelsoni* y *C. penicillatus*, ambas en las áreas de matorral y pastizal (Tabla 1). En las imágenes obtenidas con cámaras trampa no es posible distinguir la especie a la que pertenecen, ya que las características

para diferenciarlas están relacionadas a los pelos de la cadera y deben verse directamente en los ejemplares, por lo que los registros obtenidos de esta manera pueden reconocerse únicamente a nivel de género. Cuando es posible capturarlos y registrarlos mediante cámaras manuales si pueden distinguirse por sus características morfológicas, como se comenta posteriormente. Estos ratones hicieron varias visitas a las charolas con cebo y trasladaron el alimento en sus abazones. Cuando en la misma imagen se registró a *Chaetodipus* y *Dipodomys* simultáneamente, los primeros se mantuvieron fuera de la charola mientras los últimos se alimentaban de la comida ofrecida. Las observaciones directas de esta interacción mostraron que los individuos del género *Chaetodipus* entran a las charolas a alimentarse después de que los individuos del género *Dipodomys* abandonaron el sitio.

Chaetodipus nelsoni. Se han registrado predominantemente en zonas de matorral. Son de las especies de roedores más abundantes en la zona. Se distinguen de *C. penicillatus* por tener una coloración sal y pimienta (Figura 4e) y la presencia de pelos gruesos en la cadera semejando espinas, características que se observaron por su captura directa y las imágenes se obtuvieron con las cámaras manuales (Tabla 1).

Chaetodipus penicillatus. Esta especie está presente tanto en el matorral en donde comparte el área con *C. nelsoni*, como en el pastizal en donde es más abundante y codominante. Se distingue de la anterior especie en que es de color ante y su coloración en general es uniforme. Los pelos de la cadera son muy delgados y rizados hacia arriba (Figura 4f). Son de las especies de roedores más abundantes en la RBM, se obtuvieron mediante captura directa y las imágenes se obtuvieron con las cámaras manuales (Tabla 1).

Dipodomys merriami. Los ratones de esta especie se observaron en imágenes obtenidas con las cámaras manuales y con las cámaras trampa, con las cuales es posible distinguirlos claramente porque tienen las patas traseras largas para la locomoción a saltos y la punta de la cola oscura (Figura 4g). Se les ha registrado en la zona de dunas, en áreas con vegetación de pastizal y en zonas de matorral xerófilo cercano a los cerros (Tabla 1). Estos roedores hacen varias visitas durante la misma noche a las charolas con alimento hasta consumirlo completamente.

Dipodomys nelsoni. Estos roedores se caracterizan por tener la punta de la cola blanca (Figura 4h), lo que permite reconocerlos a través de las imágenes. Se registraron mediante las cámaras trampa y manuales principalmente en la zona de dunas (Tabla 1) a diferentes horas de la noche y madrugada. Los ejemplares visitan varias veces las charolas y se llevan el alimento en sus abazones a sus madrigueras, dejando vacías las charolas.

Dipodomys ordii. Estos roedores son de tamaño y apariencia similar a *D. merriami* pero se distinguen de estos porque presentan un quinto dedo muy pequeño en sus patas traseras. Habitan pastizales muy abiertos y cortos y en las dunas tanto móviles como estabilizadas, son particularmente abundantes en las dunas móviles. Solo se registraron mediante las cámaras manuales (Tabla 1) durante los periodos de captura nocturna.

Perognathus flavus. Estos ratones se caracterizan por presentar una mancha amarillenta detrás de cada oreja (Figura 5a). Se observan con alguna frecuencia durante las horas tempranas de la noche saltando entre los arbustos a la orilla de los caminos de terracería, estos pequeños roedores son poco abundantes y frecuentan tanto los matorrales y pastizales como las dunas. Solo se registraron mediante las cámaras manuales (Tabla 1).

Familia Muridae

Netoma leucodon. Las ratas nopaleras se reconocen en las fotos porque son de color gris en el dorso y blanco en el vientre, sus orejas son de tamaño mediano y su cola es gruesa y bicolor. Son muy abundantes en la RBM, se han registrado por medio de cámaras trampa y manuales tanto en zonas de pastizal como de matorral (Tabla 1). Al igual que las ratas canguro visitaron las charolas con cebo de alfalfa varias veces durante la noche y aunque éstas no cuentan con abazones para trasladar alimento también lo acarrear y lo acumulan en sus madrigueras.

Reithrodontomys megalotis. Estos ratones se distinguen de otros múridos de la zona por su color café oscuro, sus orejas son cortas y cubiertas de pelo y su cola es larga y delgada (Figura 5b). Esta es una especie principalmente de pastizal, aunque también frecuenta los matorrales, solo se registró por medio de cámaras manuales durante las capturas nocturnas (Tabla 1). En general es una especie poco abundante en la RBM que por lo regular incrementa su abundancia posteriormente a los años con elevados niveles de lluvia.

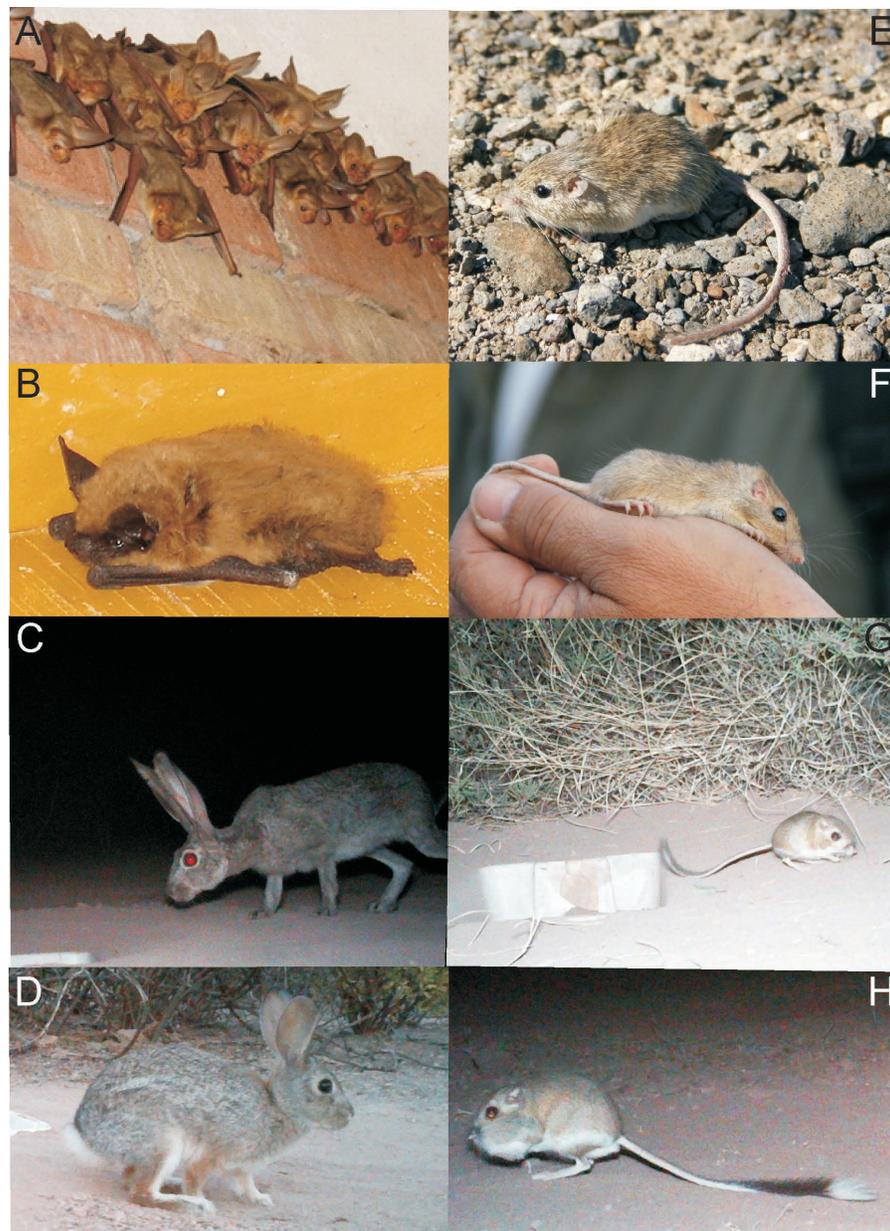


Figura 4. a) *Antrozous pallidus* perchados en las instalaciones del Laboratorio del Desierto (tomada por Cynthia Elizalde Arellano), b) *Myotis californicus* perchados en las instalaciones del Laboratorio del Desierto (tomada por Cynthia Elizalde Arellano). c) *Lepus californicus* en la zona de dunas, d) *Sylvilagus audubonii* en una de las zonas de matorral. e) *Chaetodipus nelsoni* capturado en una zona de matorral (tomada por Alberto González Romero), f) *Chaetodipus penicillatus*, se distinguen los pelos delgados de la cadera que los caracteriza, ejemplar capturado en una zona de pastizal (tomada por Alberto González Romero), g) *Dipodomys merriami*. Se distingue por la punta de su cola café, h) *Dipodomys nelsoni*. Se distingue por la punta de su cola blanca.

Peromyscus eremicus. Estos ratones se caracterizan por la coloración de su pelaje de gris, pardo y negro, aunque en ocasiones presentan tintes café amarillentos, su cola es larga y con poco pelo (Figura 5c). Son muy abundantes en la RBM, tanto en el matorral como en los pastizales con mezquites, es frecuente encontrarlos también en las dunas estabilizadas sobre todo donde hay vegetación densa. Se registraron solo mediante cámaras manuales (Tabla 1) durante los periodos nocturnos.

Peromyscus maniculatus. Es una especie similar a *P. eremicus*, pero su coloración es gris clara en el dorso y blanco en el vientre, manos y patas. Se distingue fácilmente de la especie anterior por su aspecto general, su cola corta delgada y marcadamente bicolor, negra dorsalmente y blanca ventralmente. En general son muy escasos y generalmente se encuentran en el pastizal en donde incrementa su tamaño poblacional durante los años en los que hubo una temporada de lluvias abundante. Estos ratones son de actividad nocturna y llegan a ser una plaga agrícola fuera de la RBM. Se registraron solo mediante cámaras manuales (Tabla 1).

Onychomys torridus. Son roedores que se caracterizan por tener un pelaje pardo mezclado con blanco en el dorso y tienen la cola corta y muy gruesa con la parte ventral y distal blanca (Figura 5d). Se han registrado de manera muy escasa en la RBM tanto en la zona de pastizal como de matorral. Son de actividad nocturna y su alimentación es carnívora por lo que pueden consumir insectos y pequeños vertebrados como lagartijas y ratones, los insectos tenebrionidos conocidos como pinacates son una parte importante dentro de su dieta, por lo que tienen un característico olor como a vinagre. Se desconoce una gran parte de la información de su biología en la RBM. Se registraron solo mediante cámaras manuales (Tabla 1).

Sigmodon hispidus. Estos roedores se distinguen por su cuerpo robusto, cuello corto orejas pequeñas cubiertas de pelo y su coloración sal y pimienta es característica de ellos, con el pelo largo y áspero (Figura 5e). Su presencia en la RBM es escasa y se han registrado principalmente en pastizales después de varios años de lluvias regulares. Son de actividad nocturna y fuera de la RBM llega a convertirse en una plaga agrícola. Se registraron solo mediante cámaras manuales (Tabla 1).

Familia Sciuridae

Ictidomys mexicanus. Son ardillas terrestres que se caracterizan por presentar líneas formadas por puntos blancos que recorren longitudinalmente el dorso, lo que permite reconocerlas claramente en las fotografías en particular las de trampas cámara (Figura 5f). Son de actividad diurna y están muy activas durante las horas con las mayores temperaturas en la zona, inclusive cuando ésta alcanza los 40 °C. Se observó que éstas acumulan el alimento en sus abazones y los transportan a sus madrigueras, que se encontraron aproximadamente a 10 metros de las charolas. Se observaron en áreas de matorral y pastizal, mediante cámaras trampa y manuales (Tabla 1).

Otospermophilus variegatus. Estas ardillas tienen un pelaje que presenta una mezcla de color blanco y negro que al combinarse da un aspecto gris jaspeado (Figura 5g). Están asociadas a las zonas rocosas en las laderas de los cerros y se han encontrado con muy poca frecuencia y se han registrado mediante cámaras trampa y manuales (Tabla 1). Se desconoce su abundancia y sus relaciones ecológicas en la RBM.

Xerospermophilus spilosoma. Se caracterizan por tener color dorsal amarillento claro y presentar puntos blancos arreglados de forma irregular sobre el dorso, lo que permite

reconocerlas en imágenes obtenidas con las cámara trampa (Figura 5h). También son de actividad diurna y se les ha registrado en las horas con la mayor temperatura de la zona, inclusive a 40 °C. Acumulan alimento en sus abazones internos y lo transportan a sus madrigueras. Se observan en áreas de matorral y pastizal, mediante cámaras trampa y manuales (Tabla 1).

Debido a la gran semejanza entre *I. mexicanus* y *X. spilosoma* en ocasiones es difícil distinguirlas por medio de fotografías obtenidas con las cámaras trampa si éstas no son lo suficientemente claras para ello, debido a que en ocasiones la perspectiva o el perfil de la foto dificultan su identificación, por lo que no todas las imágenes de estas pueden identificarse a nivel específico.



Figura 5. a) *Perognathus flavus* capturado en una zona de matorral (tomada por Alberto González Romero). b) *Reithrodontomys megalotis* capturado en una zona de matorral, c) *Peromyscus eremicus* capturado en una zona de matorral, d) *Onychomys torridus* capturado en una zona de matorral, e) *Sigmodon hispidus* capturado en una zona de pastizal (todas las fotos fueron tomadas por Alberto González Romero). f) *Ictidomys mexicanus*. Se distinguen claramente las líneas y los puntos blancos en el dorso, ejemplar registrado en una zona de matorral, g) *Otospermophilus variegatus* observada en la falda del Cerro Torrecillas (tomada por Juan Carlos López Vidal), h) *Xerospermophilus spilosoma*. Los puntos blancos son muy tenues y no se presentan alineados en su dorso, ejemplar registrado en una zona de matorral.

Aun cuando en la Reserva de la Biosfera de Mapimí se han registrado hasta 64 especies de mamíferos (Aragón y Garza 1999) es importante notar que existen especies con muy poca probabilidad de ser registradas mediante cámaras trampa, debido a su tamaño pequeño (como los murciélagos y varias especies de roedores), a que son especies poco abundantes o muy elusivas (como diferentes especies de zorrillos y los pumas) o a que únicamente se han registrado mediante rastros (como los mapaches por medio de huellas, Aragón y Garza, 1999). Asimismo cabe la posibilidad de que las cámaras se hayan colocado en sitios poco frecuentados por estas especies.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el uso de las cámaras trampa es una herramienta valiosa y útil que permite conocer diferentes aspectos de numerosas especies de mamíferos en esta y otras áreas de México y el mundo, incrementando los detalles sobre su biología como horas de actividad, preferencia de hábitat, algunas interacciones entre ellas, así como inventarios de especies de talla mediana y grande como carnívoros y ungulados (Silveira *et al.* 2003, Sbrek-Araujo y Garcia 2005, Lyra-Jorge *et al.* 2008) e incluso roedores (este estudio). Sin embargo esta metodología no puede sustituir en su totalidad a la captura directa de algunas especies en la RBM, en particular aquellas de tamaño pequeño como roedores, murciélagos e incluso carnívoros, debido a que este método es necesario para la correcta identificación de diferentes especies e inclusive para registrar su sola presencia en la localidad, como es el caso de los roedores *Reithrodontomys megalotis*, *Peromyscus eremicus*, *P. maniculatus* e incluso los zorrillos *Spilogale gracilis* entre otras.

Considerando lo anterior, es recomendable que para los estudios cuyo objetivo principal sea el inventario de especies las cámaras trampa sean empleadas para especies de tamaño mediano a grande y complementar el trampeo directo enfocado principalmente a especies de tamaño mediano y pequeño (Silveira *et al.* 2003; Sbrek-Araujo y Garcia 2005; Lyra-Jorge *et al.* 2008).

La identificación de los venados en general es clara por medio de las cámaras trampa y manuales debido a sus características distintivas. Estos mamíferos prefieren las zonas de cerros y las zonas planas cercanas a éstos en la RBM (Sánchez-Rojas y Gallina 2000a; Esparza-Carlos *et al.* 2011) en donde se ha registrado su mayor densidad, que varía entre 0.7 a 4.21 venados/km² entre los diferentes cerros de la RBM, con relación a las temporadas anuales y a las condiciones ambientales de cada año (Sánchez-Rojas y Gallina 2000b). En estas áreas de la RBM encuentran su principal fuente de alimentación que se compone de una variedad de hierbas durante la temporada húmeda del año, en tanto que en la temporada seca consumen candelilla y cactáceas. La forma en la que los venados usan el hábitat en la RBM depende de la distribución y disponibilidad del alimento, de la abundante cobertura vegetal que influye sobre su percepción del paisaje relacionada con el riesgo de depredación por pumas determina el uso del hábitat de los venados en esta localidad (Esparza-Carlos *et al.* 2011), así como también de la topografía irregular del terreno y la distancia a los cuerpos de agua (Sánchez-Rojas y Gallina 2000a).

De acuerdo a nuestros resultados, los pecaríes se observan difícilmente de manera directa en la RBM, por lo que los registros que se tienen de ellos se hicieron a través de las cámaras trampa únicamente. Estos organismos se reúnen en grupos familiares de cinco a 10 individuos que habitan en las laderas y partes bajas de los Cerros San Ignacio (en donde

se obtuvo el registro de esta investigación) y Torrecillas en donde se pueden observar de manera ocasional. Al igual que los venados, es en estas áreas de la RBM en donde encuentran la mayor parte de su alimento que consiste en nopales (*Opuntia rastrera*), frutos de mezquites (*Prosopis glandulosa*) y tallos diversos (con frecuencias de consumo 77.58 %, 10.35 % y 5.09 % respectivamente, Ramírez Silva 2000). Es importante mencionar que los pecaríes fueron introducidos en la RBM durante la década de 1990 (Grajales-Tam com. pers. y Hernández com. pers.) puesto que de manera natural no se distribuyen en el Altiplano mexicano (Villa y Cervantes 2003). Su distribución en la RBM era marginal y se restringían a las laderas de las grandes sierras, actualmente pueden encontrarse en el centro de la RBM y se registran como parte de la fauna de la región (CONANP 2006).

Los coyotes y los gatos monteses son dos de las especies más abundantes en la RBM (Delibes et al. 1986; Hernández et al. 1993) que se pueden distinguir claramente en las imágenes obtenidas mediante trampas cámara y manuales por sus características morfológicas, y ambos carnívoros se encuentran en las diferentes áreas de la misma. Durante las décadas de los años 1980 y 1990 diferentes estudios mencionaban que los coyotes habitaban de preferencia las áreas planas de la RBM mientras que los gatos monteses lo hacían principalmente en los cerros y áreas rocosas (Delibes et al. 1986; Delibes e Hiraldo 1987; Hernández et al. 1993; Hernández y Delibes 1994; Hernández et al. 1994). Estudios recientes muestran que los gatos y los coyotes pueden encontrarse tanto en las zonas planas como en los cerros (Arias del Razo et al. 2012; López-Vidal 2014; López-Vidal et al. 2014), los gatos monteses en particular muestran una fuerte preferencia por zonas con vegetación densa tanto en las áreas planas como en los cerros (López-Vidal 2014), mientras que los coyotes no muestran una clara preferencia por áreas con o sin cobertura vegetal (Arias del Razo et al. 2012). Ambos depredadores son de actividad crepuscular (Hernández et al. 1993; Arias del Razo et al. 2012; Elizalde-Arellano et al. 2012).

Las zorras grises también son cánidos muy abundantes que pueden encontrarse en diferentes zonas de la RBM. Gran parte de su biología en la localidad se desconoce, excepto por la composición de su dieta que se basa principalmente en roedores (ardillas - *Otospermophilus variegatus*, ratas canguro - *Dipodomys* spp y otros - *Chaetodipus* spp.) y diversos frutos (de cactáceas - *Opuntia* sp., vainas de mezquite - *Prosopis glandulosa*, frutos de biznaga - *Ferocactus hamathacantus* y de chaparro amargoso - *Castela texana*, Hernández et al. 1989). En lo que respecta a las zorritas del desierto (*Vulpes macrotis*) se han registrado muy rara vez en la localidad y al igual que para las zorras grises no existen detalles de su biología en la RBM, excepto por la composición de su dieta que incluye roedores principalmente (*Dipodomys* spp. con una frecuencia de consumo del 45 %, otros mamíferos pequeños 45 % y lagomorfos 29 %, Hernández y Delibes 1985).

Los pumas son escasos en la RBM, únicamente se registraron mediante cámaras manuales durante un periodo de cuatro años en los que se logró capturar tres ejemplares con la finalidad de seguir sus movimientos por medio de collares radiotransmisores (Laundré com. pers.); sin embargo, estos ejemplares no pudieron rastrearse por un periodo prolongado por lo que no se obtuvo suficiente información para su estudio. Este aspecto indica que no existe una población de estos depredadores establecida en la RBM y los ejemplares capturados solo iban de paso (J. W. Laundré com. pers.). Sin embargo personal de la CONANP (com. pers.) ha registrado con cierta frecuencia avistamientos de hembras con crías en las áreas montañosas de la Reserva.

Lo anterior indica que los pumas ocupan los terrenos menos accesibles de la RBM, lo que los hace particularmente elusivos y difíciles de estudiar, como ocurre de manera general en otras localidades (Sunquist y Sunquist 2002). La información anterior es la primera que se tiene sobre los aspectos ecológicos de los pumas en la RBM, por lo que es conveniente incrementar los esfuerzos para obtener más información sobre estos organismos.

El patrón de coloración de las diferentes especies de zorrillos son las características principales que permiten reconocer a estas especies en las imágenes, aunque en el caso particular de la RBM todas las especies fueron registradas únicamente mediante cámaras manuales. La presencia de los zorrillos manchados (*Spilogale gracilis*) es notable, ya que a pesar de que los mamíferos han sido uno de los grupos más estudiados en la RBM no existían registros publicados en la localidad, a pesar de haberse capturado y registrado en fotografías anteriormente. La captura directa de varios ejemplares de esta especie representan el primer registro para la RBM, lo que incrementa la diversidad de estos animales a cuatro especies de zorrillos, además de las ya conocidas: *Conepatus leuconotus*, *Mephitis macroura*, y *M. mephitis* (Aragón y Garza 1999; CONANP 2006), cuyas capturas indican que estos animales tienen preferencia por las zonas rocosas y cerros de la RBM donde se observaron con mayor frecuencia. La información que existe acerca de las especies de zorrillos así como de los tlalcoyotes (*Taxidea taxus*) en la RBM es escasa, por lo que la información del presente estudio es la primera que se tiene para estos organismos además de la de su presencia en la localidad y merece la pena dedicar esfuerzos para su investigación (Aragón y Garza 1999; CONANP 2006).

Los murciélagos en general tienen poca representación en imágenes fotográficas, tanto manuales como automáticas, esto probablemente se debe a que su captura y observación en la Reserva es poco frecuente y no muy fácil de lograr porque éstos organismos son muy móviles debido a su locomoción mediante el vuelo y aunado a ello, la RBM es una zona de gran extensión y en su mayor parte plana, en donde la vegetación de matorral xerófilo rara vez impone obstáculos para el vuelo de estos organismos, lo que dificulta su captura directa por medio de redes de niebla aun en los sitios en donde parece más probable hacerlo. También es posible que de manera natural no sean un grupo abundante, aunque se han observado colonias constituidas por al menos 30 animales de la especie *Antrozous pallidus* (obs. pers.), además la presencia de *Tadarida brasiliensis* (Aragón y Garza 1999; CONANP 2006) lo que permite suponer una colonia de tal tamaño o mayor. También es importante considerar que algunas de las especies son migratorias por lo que su presencia en la RBM es temporal, lo que contribuye con la baja abundancia natural.

Actualmente se cuenta con algunos detalles de la pequeña población de *Antrozous pallidus* que se percha en las instalaciones del Laboratorio del Desierto. Sin embargo, de manera general se carece de información para las otras especies de murciélagos, por lo que es conveniente su investigación a través de su captura directa o mediante el registro de sus sonidos con las técnicas de bioacústica para incrementar el conocimiento de estos organismos en este ecosistema desértico.

El número de fotografías en las que se registraron las liebres fue escasa, a pesar de que éstas son muy abundantes en la RBM (Delibes *et al.* 1986; Delibes e Hiraldo 1987; Hernández y Delibes 1994; Marín *et al.* 2003; Laundré *et al.* 2009; Hernández *et al.* 2011b) y se han registrado tanto en las áreas de matorral, en la falda de los cerros, en la zona de pastizal y en la de dunas. Por ello, estos registros fueron contradictorios y también contrastan con los

de tres estudios recientes en los que se obtuvieron 747, 241 y 765 registros fotográficos de liebres respectivamente (Martínez 2005; Aguilar-Martínez 2008; Arias del Razo *et al.* 2012). Esto pudiera deberse a que las áreas muestreadas presentan condiciones que no favorecen una alta abundancia de liebres, como puede ser una pobre cantidad de alimento (Marín *et al.* 2003; Hernández *et al.* 2011b) o la presencia de depredadores (Laundré *et al.* 2009).

Se obtuvo un bajo número de fotografías de conejos, lo que corresponde con estudios previos que registran que éstos son poco abundantes en la RBM en comparación con las liebres (Martínez 2005; Aguilar-Martínez 2008; Arias del Razo *et al.* 2012), y su abundancia promedio se ha estimado en matorrales de 4.14 individuos/km y en pastizal de 3.57 individuos/km que quizá esté relacionada de manera positiva con el nivel de precipitación en la zona (Grajales-Tam com. pers.).

Tanto los conejos como las liebres emplean las diferentes asociaciones vegetales de maneras distintas, por lo que en algunas zonas de las RBM éstos presentan diferencias en su abundancia entre áreas de nopaleras, pastizal, magueyal, gobernadora y la vegetación de la ladera del Cerro San Ignacio (Arroyo-Rodríguez 2005). Aunado a esto, ambos lagomorfos se registraron con mayor abundancia en determinadas áreas de la RBM, como la ladera del Cerro San Ignacio y la vegetación abundante de las zonas de matorral en comparación con la zona de dunas y el pastizal al norte de la RBM (López-Vidal *et al.* 2014). Así mismo, se observó que en donde estos lagomorfos ocurren, los conejos fueron registrados con mayor frecuencia en áreas con cobertura vegetal densa y las liebres en áreas de poca cobertura (Ramírez com. pers.).

Los roedores son el grupo de mamíferos con mayor diversidad de especies en la RBM, dentro de las que destacan particularmente *Dipodomys merriami*, *D. nelsoni* y *Neotoma leucodon* porque de ellas se obtuvieron el mayor número de fotografías, lo cual indica que éstas han sido reconocidas como dominantes o subdominantes en el área (Hernández *et al.* 2005; 2011a). En el caso particular de las ratas nopaleras (*N. leucodon*) éstas eran poco abundantes entre los años de 1997 a 2001 (Hernández *et al.* 2005; 2011a), su número se ha incrementado recientemente y actualmente son muy abundantes en las áreas de matorral y pastizal de la RBM. Esta situación está directamente relacionada con las condiciones ambientales, en particular los niveles de precipitación, que ha favorecido el incremento poblacional de estos organismos cuando el nivel de lluvia es alto y hay abundante de alimento (Hernández *et al.* 2005 y 2011a).

Las ardillas, de manera similar a los conejos, se registraron con una baja frecuencia en las fotografías, lo que corresponde con las observaciones de estudios previos que indican que éstas son poco abundantes en la Reserva (Serrano 1987; Hernández *et al.* 2005 y 2011a) aunque presentan distribución agregada en algunas zonas (Aragón *et al.* 1993). Estos roedores se registraron en cada uno de los sitios muestreados, tanto en la época seca como en la húmeda, las cuales incluyeron la temporada de actividad de las ardillas, considerando que éstas presentan un periodo de hibernación que ocurre de diciembre a febrero, cuando la temperatura ambiental es menor de 15 °C (Aragón *et al.* 1993).

En conclusión, el presente estudio demuestra que a través de las cámaras trampa y las cámaras de uso manual pueden reconocerse con certeza las diferentes características de las especies que permiten su correcta identidad taxonómica siempre y cuando la posición e iluminación del organismo sea la correcta para ello. Las especies pequeñas en general no es posible identificarlas adecuadamente mediante cámaras trampa, por lo que forzosamente

deben capturarse para realizar observaciones directas y obtener imágenes con cámaras manuales. El registro fotográfico a través de las cámaras trampa, junto con observaciones directas permitió conocer algunas de las actividades de varias de las especies que habitan en la Reserva de la Biosfera de Mapimí.

Es importante destacar que el presente escrito es un esfuerzo conjunto de diferentes investigadores que han llevado a cabo variados estudios de manera independiente en la RBM a lo largo de casi 20 años y como parte de sus resultados han adquirido valiosos acervos fotográficos que se han reunido en este manuscrito. La documentación de las especies de mamíferos a través de imágenes fotográficas aporta información relacionada con diferentes aspectos de su biología que no habían sido abordados anteriormente con este método en esta localidad. Al mismo tiempo proporcionaron información actualizada de varias especies que permitió reconocer los vacíos de conocimiento que aún persisten para algunas de ellas y sobre los cuales pueden dirigirse numerosos esfuerzos de investigación, lo que sin duda contribuye a la comprensión de la dinámica de la comunidad de mamíferos que habitan en el Desierto Chihuahuense.

Agradecimientos

Este manuscrito está dedicado especialmente a la memoria de L. Hernández García, quien fue pionera en el estudio de los mamíferos en la Reserva de la Biosfera de Mapimí y que de manera muy entusiasta nos invitó a participar con ella en esta tarea. Este escrito es solo un pequeño fruto del trabajo que realizamos en conjunto y que con gusto continuaremos. Fue muy grato trabajar con ella y afortunadamente aún tuvimos la oportunidad de contar con sus comentarios para la elaboración de este documento. Te extrañamos. Los autores desean agradecer a los numerosos estudiantes de Biología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional que colaboraron con entusiasmo para obtener las imágenes del presente estudio. Se agradece especialmente a K. Grajales-Tam, L. Díaz, E. Rodríguez, A. Guerra y a A. y F. Herrera por el apoyo brindado a lo largo de las diferentes etapas de este estudio. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haber otorgado las becas de posgrado a CEA (167852) y JCLV (167853). Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del estado de Durango (COCyTED) por el apoyo financiero otorgado a través del proyecto DGO-2006-C01-4383 a LH. Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM y al Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud de la UAM unidad Xochimilco, por la formación académica recibida. A la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional por otorgar permisos y facilidades para la realización de los proyectos mencionados. Al Instituto de Ecología A. C. por facilitar el acceso y uso de las instalaciones del laboratorio del desierto. A CONABIO por otorgar el financiamiento para la realización del presente estudio a través del proyecto GT022 a cargo de CEA, este manuscrito forma parte de los resultados del mismo. A la SEMARNAT por otorgar los permisos para la realización de los proyectos mencionados y al personal de CONANP por brindar todas las facilidades durante el estudio. También deseamos agradecer los comentarios de dos revisores anónimos cuyos comentarios enriquecieron significativamente el presente manuscrito.

Literatura citada

- AGUILAR-MARTÍNEZ, G. F.** 2008. Efecto del riesgo de la depredación en la selección del hábitat para el conejo cola de algodón (*Sylvilagus audubonii*) y la liebre de cola negra (*Lepus californicus*). Tesis Licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México.
- ARAGÓN, E., N. MILLÁN, Y C. BAUDOIN.** 1993. Ciclos de actividad y organización espacial de las ardillas *Spermophilus spilosoma* y *S. mexicanus* (Rodentia: Sciuridae) en el desierto Chihuahuense, Durango, México. Pp. 273-287 en Avances en el Estudio de los Mamíferos de México. Publicaciones Especiales I. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Ciudad de México, México.
- ARAGÓN, P. E. E., Y A. GARZA H.** 1999. Actualización del inventario de los mamíferos silvestres de la Reserva de la Biosfera de Mapimí. Acta Científica Potosina 14:7-25.
- ARIAS DEL RAZO, I., L. HERNÁNDEZ, J. W. LAUNDRÉ, Y L. VELASCO-VÁZQUEZ.** 2012. The landscape of fear: habitat use by a predator (*Canis latrans*) and its main prey (*Lepus californicus* and *Sylvilagus audubonii*). Canadian Journal of Zoology 90:683-693.
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V.** 2005. Uso de diferentes asociaciones vegetales por lagomorfos en Mapimí, Durango, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 21:151-153.
- BÁRCENAS, V. H., Y R. A. MEDELLÍN.** 2007. Registros notables de mamíferos en el sur del Distrito Federal. Revista Mexicana de Mastozoología 11:73-79.
- CEBALLOS, G., Y J. ARROYO-CABRALES.** 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología Nueva Época 2:27-80.
- CECAIRA-RICOY, R., J. A. IGLESIAS-HERNÁNDEZ, J. F. CHARRÉ-MEDELLÍN, R. BOLAÑOS-MARTÍNEZ, G. E. MAGAÑA-COTA, V. SÁNCHEZ-CORDERO, E. KATO MIRANDA, Y F. J. BOTELLO L.** 2012. Registro notable de tres especies de mamíferos en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato. Pp. 280-282 en Estudio de Estado Vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). Ciudad de México, México.
- CHARRE-MEDELLÍN, J. F., V. SÁNCHEZ-CORDERO, G. E. MAGAÑA-COTA, Y F. J. BOTELLO L.** 2012. Estudio de la diversidad de mamíferos de talla mediana y grande del municipio de Victoria. Pp. 277-279 en La Biodiversidad de Guanajuato. Estudio de Estado Vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). Ciudad de México, México.
- CHÁVEZ-LEÓN, G.** 2005. A recent record of *Leopardus pardalis* (Linnaeus, 1758) from Michoacán, México. Revista Mexicana de Mastozoología 9:122-126.
- CONANP (COMISIÓN NACIONAL ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS).** 2006. Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de Mapimí, México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Ciudad de México, México.
- CORNET, A.** 1988. Principales características climáticas. Pp. 45-76 en Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la Reserva de la Biosfera de Mapimí I. Ambiente natural y humano. C. Montaña Ed. Instituto de Ecología A. C. Ciudad de México, México.
- CUTLER, T. L., Y D. E. SWAN.** 1999. Using remote photography in wildlife ecology: a review. Wildlife Society Bulletin 27:571-581.
- DELIBES, M., L. HERNÁNDEZ, Y F. HIRALDO.** 1986. Datos preliminares sobre la ecología del coyote y gato montés en el sur del Desierto de Chihuahua, México. Historia Natural 6:77-82.

- DELIBES, M., Y F. HIRALDO.** 1987. Food habits of the bobcat in two habitats of the southwestern Chihuahuan desert. *The Southwestern Naturalist* 32:457-461.
- ELIZALDE-ARELLANO, C.** 2012. Demanda energética y mecanismos de coexistencia de lince (*Lynx rufus*) y coyotes (*Canis latrans*) en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, México. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Ciudad de México, México.
- ELIZALDE-ARELLANO, C., LÓPEZ-VIDAL J. C., L. HERNÁNDEZ, J. W. LAUNDRÉ, F. A. CERVANTES, Y M. ALONSO-SPILSBURY.** 2012. Home range size and activity pattern of bobcats (*Lynx rufus*) in the southern part of their range in the Chihuahuan Desert, Mexico. *American Midland Naturalist* 168:247-264.
- ESPARZA-CARLOS, J. P., J. W. LAUNDRÉ, Y V. J. SOSA.** 2011. Precipitation impacts on mule deer habitat use in the Chihuahuan desert of Mexico. *Journal of Arid Environments* 75:1008-1015.
- FALLER-MENÉNDEZ, J. C., T. URQUIZA-HAAS, C. CHÁVEZ, S. JOHNSON, Y G. CEBALLOS.** 2005. Registros de mamíferos en la reserva privada El Zapotal, en el noreste de la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología* 9:127-139.
- FALLER-MENÉNDEZ, J. C., L. A. LAGO-TORRES, A. HERNÁNDEZ-CARDONA, M. CALLEJA-ALVARADO, G. CEBALLOS, C. CHÁVEZ, Y S. JOHNSON.** 2007. La video-filmación como técnica de estudio de mamíferos silvestres: un ejemplo de jaguares en el noreste de la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología* 11:47-56.
- HERNÁNDEZ, L., Y M. DELIBES.** 1985. Alimentación de *Vulpes macrotis* (Merriam, 1888) en dos desiertos de México. Octavo Congreso Nacional de Zoología, Escuela Superior del Estado de Coahuila. Saltillo, México.
- HERNÁNDEZ, L., F. PIZARRO, Y M. DELIBES.** 1989. Dietas del coyote (*Canis latrans*) y zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en la Reserva de la Biosfera de Mapimí. Sexto Simposio sobre Fauna Silvestre, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- HERNÁNDEZ, L. M. DELIBES, Y E. ESCURRA.** 1993. Activity pattern, home range and habitat preference by coyotes (*Canis latrans*) in the Mapimí Biosphere Reserve of the Chihuahuan Desert, Mexico. *Doñana Acta Vertebrata* 20:276-283.
- HERNÁNDEZ, L., Y M. DELIBES.** 1994. Seasonal food habits of coyotes, *Canis latrans*, in the Bolsón de Mapimí, Southern Chihuahuan Desert, Mexico. *Z. Söugertierkunde* 59:82-86.
- HERNÁNDEZ, L. M. DELIBES, Y F. HIRALDO.** 1994. Role of reptiles and arthropods in the diet of the coyotes in extreme desert areas of northern Mexico. *Journal of Arid Environments* 26:165-170.
- HERNÁNDEZ, L., A. G. ROMERO, J. W. LAUNDRÉ, D. LIGHTFOOT, E. ARAGÓN, Y J. L. PORTILLO.** 2005. Changes in rodent community structure in the Chihuahuan desert Mexico: comparisons between two habitats. *Journal of Arid Environments* 60:239-257.
- HERNÁNDEZ, L., J. W. LAUNDRÉ, A. GONZÁLEZ-ROMERO, J. LÓPEZ-PORTILLO, Y K. M. GRAJALES.** 2011a. Tale of two metrics: density and biomass in a desert rodent community. *Journal of Mammalogy* 92:840-851.
- HERNÁNDEZ, L. J. W. LAUNDRÉ, K. M. GRAJALES, G. L. PORTALES, J. LÓPEZ-PORTILLO, A. GONZÁLEZ-ROMERO, A. GARCÍA, Y J. M. MARTINEZ.** 2011b. Plant productivity, predation and the abundance of black-tailed jackrabbits in the Chihuahuan desert of Mexico. *Journal of Arid Environments* 75:1043-1049.

- IGLESIAS-HERNÁNDEZ, J. A., V. SÁNCHEZ-CORDERO, G. E. MAGAÑA-COTA, R. BOLAÑOS M., Y F. J. BOTELLO L.** 2012. Diversidad de mamíferos medianos y grandes en el municipio de Xichú. Pp. 275-276 en La Biodiversidad de Guanajuato, Estudio de Estado Vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). Ciudad de México, México.
- JIMÉNEZ-MALDONADO, R. E., Y C. LÓPEZ-GONZÁLEZ.** 2011. La tuza real (*Agouti paca*), nueva especie para la mastofauna del estado de Querétaro, México. *Therya* 2:285-288.
- KELLY, M. J., A. J. NOSS, M. S. DI BETTITI, L. MAFFEI, R. L. ARISPE, A. PAVIOLO, C. D. DE ANGELO, Y E. DI BLANCO.** 2008. Estimating puma densities from camera trapping across three study sites: Bolivia, Argentina and Belize. *Journal of Mammalogy* 89:408-418.
- LAUNDRÉ, J. W., J. M. MARTÍNEZ, Y L. HERNÁNDEZ.** 2009. Foraging in the landscape of fear, the predator's dilemma: where should I hunt? *The Open Ecology Journal* 2:1-6.
- LYRA-JORGE, M. A., G. CIOCHETI, V. R. PIVELLO, Y S. T. MIRELLES.** 2008. Comparing methods for sampling large and medium size mammals: camera traps and track plots. *European Journal of Wildlife Research* 54:739-744.
- LÓPEZ-VIDAL, J. C.** 2014. El paisaje del miedo y el uso del hábitat por el gato montés (*Lynx rufus*) en el desierto Chihuahuense. Tesis Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- LÓPEZ-VIDAL, J.C., C. ELIZALDE-ARELLANO C., L. HERNÁNDEZ, J. W. LAUNDRÉ, A. GONZÁLEZ Y F. A. CERVANTES.** 2014. Foraging of the bobcat (*Lynx rufus*) in the Chihuahuan Desert: generalist or specialist? *The Southwestern Naturalist*.
- MARÍN, A. I., L. HERNÁNDEZ, Y J. W. LAUNDRÉ.** 2003. Predation risk and food quantity in the selection of habitat by black-tailed jackrabbit (*Lepus californicus*): an optimal foraging approach. *Journal of Arid Environments* 55:101-110.
- MARTÍNEZ, C. J. M.** 2005. Forrajeo óptimo del coyote en la Reserva de la Biosfera de Mapimí. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, México.
- MAURY, M. E.** 1992. El medio vegetal. Pp. 65-69 en Actas del Seminario Mapimí. Estudio de las relaciones agua-suelo-vegetación en una zona árida del Norte de México orientado a la utilización nacional de estos recursos para la ganadería extensiva de bovinos. Gómez Palacio, Durango, México 23-29 de Octubre de 1989. Instituto de Ecología A. C., Institut Francais de Recherche Scientifique pour le Development en Cooperation (ORSTOM). Centro de Estudios Mexicanos y Centro Americanos. Ciudad de México, México.
- MONTAÑA, C.** 1988. Las formaciones vegetales. Pp. 167-197 en Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la Reserva de la Biosfera de Mapimí. I. Ambiente natural y humano (Montaña C., ed.). Instituto de Ecología A. C. Ciudad de México, México.
- PÉREZ, C. S., Y E. S. MATUS P.** 2010. El tapir, *Tapirus bairdii*, en la región sureste del área de protección de Flora y Fauna Bala'an Ka'ax, Quintana Roo, México. *Therya* 1:137-144.
- RAMÍREZ BRAVO, O. E.** 2011. New records of tayra (*Eira Barbara* Linnaeus 1758) in Puebla. Central Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 27:883-886.
- RAMÍREZ SILVA, J. P.** 2000. Composición de la dieta del pecarí de collar (*Pecari tajacu*) en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, Durango. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Superiores – Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

- SÁNCHEZ, O., C. ELIZALDE-ARELLANO, J. C. LÓPEZ-VIDAL, G. MAGAÑA-COTA, G. TÉLLEZ-GIRÓN, F. BOTELLO, Y V. SÁNCHEZ-CORDERO.** 2012. Mamíferos Silvestres. Pp. 263-274 en La Biodiversidad de Guanajuato, Estudio de Estado Vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). Ciudad de México, México.
- SÁNCHEZ-ROJAS, G., Y S. GALLINA.** 2000a. Factors affecting habitat use by mule deer (*Odocoileus hemionus*) in the central part of the Chihuahuan Desert, Mexico: an assessment with univariate and multivariate methods. *Ethology, Ecology and Evolution* 12:405-417.
- SÁNCHEZ-ROJAS, G., Y S. GALLINA.** 2000b. Mule deer (*Odocoileus hemionus*) density in a landscape element of the Chihuahuan Desert, Mexico. *Journal of Arid Environments* 44:357-368.
- SBREK-ARAUJO, A. C., Y A. GARCIA CH.** 2005. Is camera-trapping an efficient method for surveying mammals in Neotropical Forests? A case study in South-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 21:121-125.
- SERRANO, V.** 1987. Las comunidades de roedores desérticas del bolsón de Mapimí, Durango. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 20:1-22.
- SIKES, R. S., W. L. GANNON, Y THE ANIMAL CARE AND USE COMMITTEE OF THE AMERICAN SOCIETY OF MAMMALOGISTS.** 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogist for the use of wild mammals in research. *Journal of Mammalogy* 92:235-253.
- SILVEIRA, L., A. T. A. JÁCOMO, Y J. A. F. DINIZ-FILHO.** 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation* 114:351-355.
- SMITH, R. J., Y J. S. BROWN.** 1991. A practical technique for measuring the behavior of foraging animals. *The American Biology Teacher* 52:236-242.
- SUNQUIST, M., Y F. SUNQUIST.** 2002. *Wild cats of the world.* The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- TROLLE, M., Y M. KERY.** 2005. Camera trap study of ocelot and other secretive mammals in the northern Pantanal. *Mammalia* 69:405-412.
- VAUGHAN, T. A., J. M. RYAN, Y N. J. CZAPLEWSKY.** 2011. *Mammalogy.* Jones and Bartlett Publishers. Sudbury, EE.UU.
- VILLA, R. B., Y F. A. CERVANTES.** 2003. *Los mamíferos de México.* Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V. e Instituto de Biología U.N.A.M. Ciudad de México. México.
- Wemmer C., T. H. Kunz, G. Lundie-Jenkins y W. J. McShea.** 1996. Mammalian Sign. Pp. 157-176 en *Measuring and monitoring biological diversity, Standard Methods for Mammals.* (Wilson, D. E., F. Russell C., J. D. Nichols, R. Rudran, y M. S. Foster, eds.). Smithsonian Institution. Washington, EE. UU.

Sometido: 11 de noviembre de 2014

Revisado: 5 de diciembre de 2014

Aceptado: 19 de diciembre de 2014

Editor asociado: Consuelo Lorenzo

Influence of trace elements in the epigenetic of mammals

Lia Celina Méndez-Rodríguez^{1*} and Sergio Ticul Álvarez-Castañeda¹

Introduction: Chronic exposure to toxic levels of elements such as arsenic, cadmium, lead, mercury, nickel and others trace elements might cause abnormalities in gene expression affecting metabolic pathways such as those related to trace elements detoxification and the reproductive ability of animals. Rodent species have been the subject of several studies examining the physiological consequences of exposure to toxic levels of arsenic, cadmium and nickel, and how those elements affect their epigenetic mechanisms such as DNA methylation. Results from those studies can be used as an approach of the effects that can potentially occur on small mammals found in sites altered by geochemical or anthropogenic activities (e. g. mining, industrial waste).

Methods: An exhaustive literature review was conducted aimed to gain a better understanding of epigenetics, identifying mechanisms involved in the toxicity of trace elements, elucidating the effect of those trace metals in the epigenetics of genes involved in detoxification mechanisms and, finally, determining whether damages caused by exposition to high levels of trace elements are equally evident on any tissue from the same organism.

Results and Discussion: Pollutants can influence methylation of DNA patterns, but not all of them follow the same pathway. This varies widely among groups of trace elements or organic compounds. In addition to concentration and time of exposure, a number of other factors affect the toxicity pathway, including age, sex, food sources and, especially, the physiology of the species. Even within the same organism, the methylation patterns associated to a given element vary between tissues. Therefore, selecting the most appropriate tissue for discerning the animal's actual condition is key when assessing the actual health status of wildlife species. Further studies are needed to better characterize the interactions between DNA methylation and trace elements, and elucidate potential mechanisms or interventions that can help to reduce their effects on wildlife health.

Key words: ADN methylation, gene, pollution, trace elements, toxicity.

Resumen

La exposición crónica a niveles tóxicos de elementos como arsénico, cadmio, plomo, mercurio, níquel y otros elementos traza, puede causar alteraciones en la expresión de diversos genes afectando procesos metabólicos como los relacionados con la detoxificación de elementos traza y la capacidad reproductiva de los animales. Las especies de roedores han sido objeto de varios estudios que examinan las consecuencias fisiológicas de la exposición a niveles tóxicos de arsénico, cadmio y níquel y cómo estos elementos afectan sus mecanismos epigenéticos, tales como la metilación del ADN. Los resultados de esos estudios pueden ser utilizados como una aproximación de los efectos que potencialmente pueden ocurrir en pequeños mamíferos que se encuentran en sitios alterados por actividades geoquímicas o antropogénicas (por ejemplo, minería, residuos industriales).

Se llevó a cabo una exhaustiva revisión de la literatura con objeto de lograr una mejor

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. Instituto Politécnico Nacional 195. La Paz, 23096. Baja California Sur, México. Email: lmendez04@cibnor.mx (LCMR), sticul@cibnor.mx (STAC)

*Corresponding author

comprensión de la epigenética, identificar los elementos traza cuya toxicidad implica mecanismos epigenéticos, dilucidar el efecto de los metales traza en la epigenética de genes implicados en los mecanismos de desintoxicación y, finalmente, determinar si los daños causados por la exposición a niveles altos de elementos traza son igualmente evidentes en cualquier tejido del mismo organismo.

Los contaminantes pueden cambiar los patrones de metilación de ADN, pero no todos ellos siguen la misma ruta; ésta varía ampliamente entre grupos de metales traza o entre compuestos orgánicos. Además de la concentración y el tiempo de exposición, varios otros factores incluyendo la edad, el sexo, las fuentes de alimentos y, especialmente la fisiología de la especie, influyen en la ruta de acción de la toxicidad. Incluso dentro del mismo organismo, los patrones de metilación causados por un elemento dado varían entre los tejidos. Por lo tanto, la selección del tejido más apropiado para discernir la condición real del animal es clave para evaluar el estado real de salud de la vida silvestre. Los mecanismos epigenéticos son una herramienta importante para entender los mecanismos implicados en la toxicidad de los elementos traza, y cómo estos elementos pueden afectar los niveles de metilación del ADN. Se necesitan más estudios para caracterizar mejor las interacciones entre la metilación del ADN y los elementos traza y para dilucidar mecanismos o intervenciones potenciales que pueden ayudar a reducir sus efectos sobre la salud de la vida silvestre.

Palabras clave: contaminación, elementos traza, gen, metilación ADN, toxicidad.

Introduction

Environmental pollution is a growing concern for its potential consequences on wildlife health (Shorter *et al.* 2012). It is common knowledge that pollution, either from anthropogenic or geochemical origin, affects wildlife; however, the specific mechanisms of action, how pollution issues should be addressed and what studies should be conducted are aspects still generally unknown. Trace elements are included among chemical contaminants. These elements are named as trace because they are commonly found in concentrations lower than 0.1 % in the environment (Pais and Jones 1997) and lower than 0.01 % of bodyweight in animal and plant tissues (Adriano 2001). Some trace elements (*e. g.* mercury) have no known biological function, while others are especially important for certain groups of organisms (*e. g.* boron for plants) and most are considered essential for the life of plants and animals, but might become toxic at levels above those required for each species (Templeton *et al.* 2000).

High levels of trace elements can be found in different parts of the world, mostly in relation with anthropogenic or geochemical activities (*e. g.* volcanic activity, hydrothermal sources; Amaral *et al.* 2007). The toxicity of trace elements will depend on the chemical form present in the environment. For example, hexavalent chromium (Cr^{6+}) is more toxic than the trivalent species (Cr^{3+}). The organic presentation of the mercury, the methylmercury is more toxic than its inorganic form (Templeton *et al.* 2000). Variations in toxicity of trace elements are related to the chemical form that is more easily taken up by organisms. Environmental factors such as acidification (*e. g.* acid rain) can increase the possibility of assimilation of metals and metalloids and, thus, their toxicity (Nordberg *et al.* 1985).

Toxic compounds ingested by organisms are metabolized through various detoxification mechanisms, through which they are usually biotransformed to less toxic chemical

presentation to be excreted subsequently. Sometimes, however, depending on factors such as dose and length of exposure, biotransformation mechanisms can be exceeded, resulting in the impairment of the specimen's health (Ghoshal *et al.* 2000; Amaral *et al.* 2007). Although the early effects of pollutants in the environment can go unnoticed, these can lead to serious ecological disturbances in the long term (Baccarelli and Bollati 2009). In addition to the potential toxicity of an element at high concentrations, the effect of its interaction with other pollutants derived from anthropogenic activities such as agricultural or industrial discharges should also be taken into account.

The impact on organisms can be expressed in several ways, including chromosomal abnormalities or reduced reproductive capacity. Over time, this can undermine populations, even to the point of causing their gradual disappearance and the local extinction of one or more species (Hook and Fisher 2001; Matzuk and Lamb 2002; Choe *et al.* 2003; Amaral *et al.* 2007).

The effects of pollution on wild communities, particularly on the epigenetics of different species, such as those caused by trace metals, has lately drawn growing attention (Salnikow and Zhitkovich 2008; Arita and Costa *et al.* 2009; Shorter *et al.* 2012). However, although many of the effects in different species are well known, the specific mechanisms at work remain unknown. This is why the chronic bioaccumulation of high levels of trace elements may lead to carcinogenic (Silbergeld 2003; Waalkes 2003), teratogenic (Calevro *et al.* 1998) or mutagenic (Stearns *et al.* 2002) effects, and modify the activity of enzymes and transport proteins (Jacob *et al.* 2002; Amaral *et al.* 2007; Salnikow and Zhitkovich 2008), depending on the particular element involved. Epigenetics allows discerning how these effects take place in mammals and assess the extent of direct damage produced (Guillette and Gunderson 2001; Pilsner *et al.* 2010).

Rodents have been the subject of several studies examining the physiological consequences of exposure to trace elements as pollutants (Dewey and Dawson 2001; Shorter *et al.* 2012), including epigenetic alterations (Baccarelli and Bollati 2009; Arita and Costa 2009). These mammals have a cosmopolitan distribution and can be found in many places that are polluted as a result of anthropogenic activities, so that studies on rodents can be used as an approach of what may happen to wildlife exposed to high concentrations of one or several trace elements.

Trace elements are among the environmental factors that can affect wildlife epigenetics and thereby alter their phenotypic traits. The epigenetics concept followed hereby is the one related to meiotically and mitotically heritable changes in gene expression that are not coded in the DNA sequence itself (Levenson and Sweatt 2005). Altered patterns of gene expression can occur through a variety of mechanisms based on RNA, DNA or proteins (Egger *et al.* 2004).

Results and Discussion

Epigenetic Mechanisms. DNA methylation is one of the main epigenetic mechanisms that affect chromatin structure (a highly compressed structure present in the cell nucleus composed of DNA and protein), without changing the DNA nucleotide sequence (Levenson and Sweatt 2005). This epigenetic mechanism involves the addition of a methyl group to the DNA chain, thus affecting the DNA structure and replication ability. Methylation in mammals is related to the action of a set of enzymes collectively called DNA methyltransferases

(Okano *et al.* 1998). The function of these enzymes is to incorporate a methyl group at the 5 position of the pyrimidine ring of cytosine. The product is 5-methylcytosine (Chen *et al.* 1991), which is found in about 4 % of the mammalian genomic DNA, mainly in cytosine-guanine dinucleotides (CpG; Baylin 2005). Between 60 and 90 % of such dinucleotides are methylated (Bird 1986); the rest of them are unmethylated and form small clusters known as cytosine-guanine islands (Levenson and Sweatt 2005). Such islands are located at the beginning or near the promoter regions in about 50 % of all mammalian genes, where DNA transcription starts (Bird 1986; Antequera and Bird 1993). Under normal conditions, the vast majority of these islands are unmethylated (Antequera and Bird 1999). Methylation in the promoter region of a gene silences its expression (Jacob *et al.* 2002). An imbalance in methylation patterns can cause either hypo- or hypermethylation relative to the species' normal DNA methylation level.

Factors influencing methylation patterns. Methylation patterns and levels vary both between organisms and between tissues within the same individual. In the animal kingdom, species range from a) those whose genome lacks any detectable level of methylated cytosine (*e. g.* the worm *Caenorhabditis elegans*; Bird 2002) because it does not encode DNA methyltransferase; b) those containing very low methylation levels, basically constrained to dinucleotides formed by cytosine and thymine instead of cytosine and guanine (the fruit fly *Drosophila melanogaster*; Gowher *et al.* 2000; Bird 2002); and c) those having an extensively methylated genome, as is the case of vertebrates. Birds and mammals have similar methylation levels, which are lower than those found in fish and amphibians. This has been related to body temperature and, thus, to evolutionary processes (Varriale 2014).

The individual's age is an important variable in epigenetic processes. In mammalian somatic cells, the levels of 5-methylcytosine may show temporal and spatial variations. During the early development stages, rodents show a significant reduction in methylation levels, decreasing to around 30 % of their typical somatic level of methylation in adults (Monk *et al.* 1987; Kafri *et al.* 1992; Bird 2002). This implies that virtually no gene is silenced and all of them can be expressed. It is in the early stages of development when the regulation occurs as to which genes are expressed and which are not. The silencing process is carried out through methylation, by means of the methyltransferase family of enzymes (DNMT). This family of enzymes includes isoforms DNMT1, DNMT3a and DNMT3b. During rodent development, DNMT1 appears to be responsible for maintaining the species-specific DNA methylation patterns, whereas DNMT3a and DNMT3b are involved in the establishment of new embryonic methylation patterns (Okano *et al.* 1999; Bestor 2000; Baylin 2005). Therefore, the latter two isoforms will be responsible for achieving the level of silenced genes observed in the adult and which existed at the time of implantation (Okano *et al.* 1998, 1999; Bird 2002). However, this process does not take place in all animal species; for example, in the zebrafish (*Danio rerio*; MacLeod *et al.* 1999) no decrease in methylation levels is observed during embryonic development. These variations between species reflect the role that DNA methylation plays in each organism. In mammals, the demethylation cycle followed by *de novo* methylation during the early embryonic stages is critical in determining somatic DNA methylation patterns, which will be stable and inheritable as a clonal methylation pattern (Mesa-Cornejo *et al.* 2006).

Another factor to consider is the organism's sex, as it has been observed that pollutants

can differentially affect methylation patterns in males and females of the same species. In male polar bears (*Ursus maritimus*), an inverse relationship between mercury exposure and DNA methylation levels in the lower brainstem has been recorded. These changes are related to DNA hypomethylation and, consequently, lead to changes in long-term chromosomal stability, thus underlying the development of autoimmune diseases and affecting reproduction, which has not been observed in females (Pilsner *et al.* 2010).

Effects on reproduction. The environment also affects the reproductive success of animal species. The area inhabited by females live prior to conception and during early pregnancy affects oocyte development and the early embryonic stages. Nutrition is one of the most critical environmental factors in this stage. Alterations in food quantity and composition affect oocyte maturation, gastrulation, and even embryo survival. In this regard, one aspect worth noting is the influence of diet on the methylation patterns of numerous genes (Ashworth *et al.* 2009). The diet provides the methyl groups that will be used in the process and will be associated with the imprint or “methylation marks” involved in silencing a gene. Examples are all the mechanisms involved in the inactivation of one of the mother’s two X chromosomes and the parentally imprinted genes. Genomic imprinting is the process by which one of the two parental genes is silenced, leaving only one active. Most genes in diploid organisms are expressed regardless of their parental origin. However, a few genes (approximately 100) are regulated and transcribed in a monoallelic fashion. For these genes, called imprinted (or marked) genes, the expression and regulation pattern depends on their parental origin. That is, they behave differently if they are of paternal or maternal origin (Reik 2007; Reig and Concha 2012). Any error during this delicate process may lead to either the two parental genes being expressed or none of them, thereby altering the phenotype and resulting in various diseases, some of which might be lethal. Although methylation patterns are stable and inheritable at the genomic level, there are at least two embryonic development stages where the global methylation pattern is erased and reset: the generation of germ cells and the embryonic implantation period (Reik *et al.* 2001). This is one of the major processes in which methylation is involved, enabling or silencing gene expression. For this process to take place, mammals must get methyl groups from food since these cannot be synthesized. Consequently, the diet should contain methionine, choline, and cofactors such as folic acid and pyridoxines, all being substances that supply methyl groups (Kaminker 2007).

Effect of trace elements on DNA methylation patterns. The presence of pollutants in the diet, particularly trace metals, can disrupt DNA methylation patterns. Trace elements such as cadmium, chromium, nickel, arsenic and mercury have been found to cause neurodegenerative disorders, and can also act as endocrine disruptors. That is, they interfere with the biosynthesis of hormones, as well as with their metabolism and activity, leading to the loss of homeostasis of the endocrine-reproductive system (Baccarelli and Bollati 2009; Diamanti-Kandarakis *et al.* 2009).

Pollutant concentration and time of exposure have been generally related, among other things, to the hypomethylation of a number of genes. This effect directly results in a low survival rate and prematurity, as well as on post-natal growth problems (Ashworth *et al.* 2009; Shutoh *et al.* 2009).

DNA hypomethylation and hypermethylation are attributed to several factors, including various environmental agents such as exposure to above-normal concentrations of trace elements such as copper, chromium, lead, nickel, cadmium and arsenic (Tkeshelashvili *et al.* 1991; Silbergeld 2003; Salnikow and Zhitkovich 2008; Arita and Costa 2009). Except for chromium, which forms stable adducts with DNA, the other elements are considered as very weak mutagens (Takiguchi *et al.* 2003; Arita and Costa 2009). These elements can directly act as genotoxic agents, but *in-vitro* tests have shown that elements such as cadmium require such high doses that impair cell growth (Misra *et al.* 1998); therefore, it is still unclear how this could happen *in vivo* (Takiguchi *et al.* 2003). Another possibility is the indirect effect of trace elements on the accuracy of the DNA replication process and impairment of apoptosis (Pulido and Parrish, 2003; Arita and Costa 2009).

It is known that cadmium toxicity partially derives from its being a common inhibitor of enzymes, including DNA-methyltransferase. At the concentrations needed for this metal to inhibit up to 84 % of this enzyme activity in rat liver cells, other elements such as zinc, nickel, lead and arsenic do not affect the activity of this enzyme in the same type of cell lines (Takiguchi *et al.* 2003). The complexity of cadmium toxicity is further evidenced by the observation that at the beginning of the inhibition of the DNA methyltransferase activity, DNA hypomethylation occurs. However, under chronic cadmium exposure, cells undergo a morphological transformation that promotes cell proliferation and a significant increase in the activity of DNA methyltransferase, which leads to DNA hypermethylation (Takiguchi *et al.* 2003). Out of 1,629 genes exposed to cadmium, 675 (41.44 %) showed hypermethylation, 899 (55.19 %) hypomethylation, and 55 (3.38 %) a mixture of hyper- and hypomethylation in the cytosine - guanine islands of their promoter regions (Wang *et al.* 2012b). An overall hyper- or hypomethylation will reflect a pool of genes with different methylation levels. This explains why cells exposed for short periods of time show hypomethylation by not having accumulated sufficient methylated genes, whereas cells exposed to cadmium for longer periods of time show DNA hypermethylation due to the larger number of methylated genes (Wang *et al.* 2012a).

Unlike cadmium, nickel can simultaneously inhibit the activity of DNA methyltransferase and cause DNA hypermethylation (Lee *et al.* 1998). A mechanism proposed to explain this phenomenon includes the ability of this element to replace magnesium in the phosphate backbone of DNA in heterochromatin. Magnesium replacement takes place in heterochromatin because of the higher magnesium concentration therein relative to euchromatin. The replacement of magnesium by nickel increases heterochromatin condensation, which in turn will trigger the *de-novo* methylation of DNA in critical genes, such as those associated with tumour suppression or senescent genes (Lee *et al.* 1995; Arita and Costa 2009).

Another mechanism by which trace elements may also alter methylation patterns is the reduction of S-adenosylmethionine levels. This coenzyme is the main donor of methyl groups in living organisms and is therefore required for all cellular methylation reactions. The deficiency of methyl donor compounds, such as folic acid, in the diet may also impair the synthesis of S-adenosylmethionine. As levels of this metabolite decrease in cells, various methylation processes become compromised. One example is the arsenic detoxification process that takes place to eliminate this metal from the organism. In the environment, arsenic commonly occurs as either arsenate (As^{+5}) or arsenite (As^{+3}), the latter being the

more toxic form, often associated with cancer risk (Bertolero *et al.* 1987). Arsenic enters the body primarily as arsenite by simple diffusion. By contrast, only a small portion of arsenate will be able to cross cell membranes, as this requires an energy-dependent active transport system. Arsenite accumulates within cells more readily than arsenate which, in any case, will also be converted to arsenite by a reduction reaction in which glutathione plays a key role (Salnikow and Zhitkovich 2008).

The elimination of arsenite from the organism requires its methylation through a series of reactions catalyzed by the cytosolic arsenic (+3) methyltransferase. This arsenic-methylation reaction, that uses S-adenosylmethionine as a methyl donor (Thomas *et al.* 2007) reduces the amount of S-adenosylmethionine that is available in the organism, thus impairing the natural gene-silencing methylation process, hence leading to the expression of genes that would otherwise be silenced.

In rodents, it has been found that the consumption of high folate levels helps reduce total arsenic content in the liver of pregnant females, but does not prevent the effects of exposure to inorganic arsenic on foetuses weight or hepatic S-adenosylmethionine concentrations. Foetuses exposed only to arsenic showed a slight effect on the DNA methylation pattern in their liver, in contrast to those exposed to both arsenic and folate, which showed changes in the methylation patterns of the cytosine-guanine islands of 2,931 genes, several of the which are associated with neurological development, cancer, cell cycles and signaling networks; the biological pathways worst affected include the one regulating foetal development (Tsang *et al.* 2012).

However, the presence of tumours associated with prolonged arsenic exposure has also been related to other mechanisms. One of those is the modification of histones of the promoter region of the p16 tumour-suppressor gene, which suppresses the expression of this gene and leads to a higher incidence of tumours, as observed in mice supplied with water containing inorganic arsenate for 6 months (Suzuki and Nohara 2012).

Another likely mechanism is the effect of arsenic on the expression of genes involved in lipid metabolism in the liver, which leads to an increase in lipogenesis and the intracellular accumulation of triglycerides in this tissue. This process is believed to play a key role in tumorigenesis, as it favours the increase of oxidative stress that can cause DNA damage and, thus, genetic mutations that are commonly expressed as tumour formation (Nohara *et al.* 2012).

Effects of trace elements on the methylation patterns of genes involved in detoxification systems. The elimination of trace elements from the body may be impaired when the activity of any of the enzymes involved in the process, such as the DNA methyltransferase in the case of arsenic elimination, is affected. Metallothioneins are another family of proteins that play a key role in detoxification processes of elements such as cadmium. These, low-molecular weight cysteine-rich proteins, play an important role in the homeostasis of divalent metals, in addition to being responsible for reducing their toxicity. This is achieved by binding metals via sulfhydryl groups (Heuchel *et al.* 1994). In most mammals, metallothioneins occur in four isoforms: MT-I, MT-II, MT-III and MT-IV. The first two isoforms are expressed in all tissues, MT-III is expressed only in the brain and MT-IV is only present in the stratified squamous epithelium of the skin, the tongue and the upper gut (Aschner *et al.* 1997). In most tissues, MT-I and MT-II levels are deemed negligible, but can rise dramatically by a variety of agents,

including exposure to metals, ultraviolet radiation and agents producing reactive oxygen species. Basal levels of MT-I and MT-II, as well as levels induced by the presence of metals, are mediated by the Metal-Responsive Transcription Factor MTF-1 (Heuchel *et al.* 1994; Giedroc *et al.* 2001; Wimmer *et al.* 2005). MTF-1 has been maintained throughout evolution in humans (Brugnera *et al.* 1994), mice (Radtke *et al.* 1993), fish (Maur *et al.* 1999) and even in the fruit fly (Zhang *et al.* 2001). In both lymphosarcoma cells and rodent hepatomas, the cytosine-guanine islands in the promoter region of the MT-1 gene have been found to be completely methylated and, thus, the transcription of this metallothionein is silenced; the reason of this remains unknown. However, also observed is that when the promoter region of the MT-1 gene is demethylated—and is, therefore, overexpressed—, MT-1, either alone or in combination with other factors, may suppress the growth of some tumours (Ghoshal *et al.* 2002). The Metal-Responsive Transcription Factor is also essential for liver development in embryos, as well as for the completion of pregnancy. By contrast, during adulthood it is not essential and its deficiency does not lead to death (Wimmer *et al.* 2005).

No induction of the gene encoding MT-1 occurs in rat hepatomas and mouse lymphosarcomas. This is because most cytosines are methylated in CpG dinucleotides present in the promoter region of the gene. In hepatomas, the maintenance activity as *de-novo* DNA methyltransferases 3a and 3b is three to six times as high as in the liver of animals where the MT-1 gene has no methylated cytosines. The same pattern was observed in the liver and thymus of animals with hepatomas and lymphosarcoma (Jacob *et al.* 2002). The fact the same gene is not induced in one tissue (*e. g.* tumour) while it is in the tissue of an adjacent organ (*e. g.* liver), has been attributed to the intervention of methylation promoters in the diseased tissue (Waalkes *et al.* 1996; Jacob *et al.* 2002).

A given pollutant preventing the expression of a gene associated with a detoxification mechanism does not mean that the same happens to other genes also involved in the elimination of toxic substances from the body. In the cellular detoxification process, there are protein families other than metallothioneins that also participate in the removal of pollutants or noxious substances from cells. These include Glutathione S-Transferases (GSTs), which are a group of enzymes involved in the elimination of endogenous compounds, as well as of environmental pollutants and drugs. GST levels increase in the presence of products derived from oxidative stress and inflammatory processes caused by trace elements in above-normal concentrations in the organism, among other reasons. This is why the gene encoding Glutathione S-Transferase (GSTP1) has been proposed as a “caregiver” gene (Nakayama *et al.* 2004). Hypermethylation of the GSTP1 gene—and, therefore, its inactivation—has been associated with various forms of cancer, and occurs in over 70 % of high-grade intraepithelial neoplasias.

In rodent hepatoma and lymphosarcoma, it has been observed that when GSTP1 is activated, MT-1 is not. Conversely, MT-1 was induced by cadmium in tumours in which GSTP1 is suppressed due to methylation of the promoter. The mechanism involved is highly complex, as the lack of MT-1 is due to two reasons: the methylation of the transcription factor (MTF-1, as previously mentioned), without which the gene cannot be expressed; and an increased activity of the repressors of this gene, including the Nuclear Factor I (NFI; Majumder *et al.* 2001; Jacob *et al.* 2002). Also important is that, paradoxically, tumour-suppressor genes such as p53 and p16 are expressed in these same cancer cells (Jacob *et al.* 2002), which would be expected to be suppressed in these cells. Among all these

mechanisms, the potential importance of MT-1 as tumour suppressors is worth noting, in addition to their important role in metal homeostasis.

The evidence summarized above shows that exposure to contamination levels of trace elements can alter the overall DNA methylation patterns, depending on the number of genes that are affected and become either over- or under-expressed, or even silenced. However, it should be stressed that, in most cases, the effect of trace elements is not associated with mutations but with epigenetic processes. In rodents, over 200 genes have been associated with reproductive impairment, including chromosomal aberrations and infertility (Matzuk and Lamb 2002), when these are damaged by some factor, including exposure to pollutants. This highlights the importance of considering changes in DNA methylation patterns as a result of the toxic effects of trace elements, and of including this approach in environmental studies.

Acknowledgements

This article is one of the outcomes of the author's stay at the University of California, Berkeley, made possible by a grant from CONACyT (203952, 151189). The authors are grateful to Maria Elena Sanchez Salazar whom provided valuable editorial services.

Literature cited

- ADRIANO, D. C.** 2001. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. Springer. New York, New York, EE. UU.
- AMARAL, A., C. CABRAL, GUEDES, C., AND A. RODRIGUES.** 2007. Apoptosis, metallothionein, and bioavailable metals in domestic mice (*Mus musculus L.*) from a human-inhabited volcanic area. *Ecotoxicology* 16:475–482.
- ANTEQUERA, F., AND A. BIRD.** 1993. Number of CpG islands and genes in human and mouse. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 90:11995–11999.
- ANTEQUERA, F., AND A. BIRD.** 1999. CpG islands as genomic footprints of promoters that are associated with replication origins. *Current Biology* 9:R661–R667.
- ARITA, A., AND M. COSTA.** 2009. Epigenetics in metal carcinogenesis: nickel, arsenic, chromium and cadmium. *Metallomics* 1:222–228.
- ASCHNER, M., M. G. CHERIAN, C. D. KLAASSEN, R. D. PALMITER, J. C. ERICKSON, AND A. I. BUSH.** 1997. Metallothioneins in brain—the role in physiology and pathology. *Toxicology and applied pharmacology* 142:229–242.
- ASHWORTH, C. J., L. M. TOMA, AND M. G. HUNTER.** 2009. Nutritional effects on oocyte and embryo development in mammals: implications for reproductive efficiency and environmental sustainability. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364:3351–3361.
- BACCARELLI, A., AND V. BOLLATI.** 2009. Epigenetics and environmental chemicals. *Current Opinion in Pediatrics* 21:243–251.
- BAYLIN, S. B.** 2005. DNA methylation and gene silencing in cancer. *Nature Clinical Practice Oncology* 2:S4–S11.
- BERTOLERO, F., G. POZZI, E. SABBIONI, AND U. SAFFIOTTI.** 1987. Cellular uptake and metabolic reduction of pentavalent to trivalent arsenic as determinants of cytotoxicity and morphological transformation. *Carcinogenesis* 8:803–808.
- BESTOR, T. H.** 2000. The DNA methyltransferases of mammals. *Human Molecular Genetic*

9:2395–2402.

- BIRD, A. P.** 1986. CpG-rich islands and the function of DNA methylation. *Nature* 321:209–213.
- BIRD, A.** 2002. DNA methylation patterns and epigenetic memory. *Genes and Development* 16:6–21.
- BRUGNERA, E., O. GEORGIEV, F. RADTKE, R. HEUCHEL, E. BAKER, G. R. SUTHERLAND, AND W. SCHAFFNER.** 1994. Cloning, chromosomal mapping and characterization of the human metal-regulatory transcription factor MTF-1. *Nucleic Acids Research* 22:3167–3173.
- CALEVRO, F., S. CAMPANI, M. RAGGHIANI, S. BUCCI, AND G. MANCINO.** 1998. Tests of toxicity and teratogenicity in biphasic vertebrates treated with heavy metals (Cr^{3+} , Al^{3+} , Cd^{2+}). *Chemosphere* 37:3011–3017.
- CHEN, L., A. M. MACMILLAN, W. CHANG, K. EZAZ-NIKPAY, W. S. LANE, AND G. L. VERDINE.** 1991. Direct identification of the active-site nucleophile in a DNA (cytosine-5)-methyltransferase. *Biochemistry* 30:11018–11025.
- CHOE, S. Y., S. J. KIM, H. G. KIM, J. H. LEE, Y. CHOI, H. LEE, AND Y. KIM.** 2003. Evaluation of estrogenicity of major heavy metals. *Science of the Total Environment* 312:15–21.
- DEWEY, M. J., AND W. D. DAWSON.** 2001. Deer mice: “The *Drosophila* of North American mammalogy”. *Genesis* 29:105–109.
- DIAMANTI-KANDARAKIS, E., J. P. BOURGUIGNON, L. C. GIUDICE, R. HAUSER, G. S. PRINS, A. M. SOTO, ZOELLER, T. R., AND A. C. GORE.** 2009. Endocrine-disrupting chemicals: an Endocrine Society scientific statement. *Endocrine Reviews* 30:293–342.
- EGGER, G., G. LIANG, A. APARICIO, AND P. A. JONES.** 2004. Epigenetics in human disease and prospects for epigenetic therapy. *Nature* 429:457–463.
- GHOSHAL, K., S. MAJUMDER, Z. LI, X. DONG, AND S. T. JACOB.** 2000. Suppression of metallothionein gene expression in a rat hepatoma because of promoter-specific DNA methylation. *Journal of Biological Chemistry* 275:539–547.
- GHOSHAL, K., J. DATTA, S. MAJUMDER, S. BAI, X. DONG, M. PARTHUN, AND S. T. JACOB.** 2002. Inhibitors of histone deacetylase and DNA methyltransferase synergistically activate the methylated metallothionein I promoter by activating the transcription factor MTF-1 and forming an open chromatin structure. *Molecular and Cellular Biology* 22:8302–8319.
- GIEDROC, D. P., X. CHEN, AND J. L. APUY.** 2001. Metal response element (MRE)-binding transcription factor-1 (MTF-1): structure, function, and regulation. *Antioxidants and Redox Signaling* 3:577–596.
- GOWHER, H., O. LEISMANN, AND A. JELTSCH.** 2000. DNA of *Drosophila melanogaster* contains 5-methylcytosine. *The European Molecular Biology Organization Journal* 19:6918–6923.
- GUILLETTE, L. J., AND M. P. GUNDERSON.** 2001. Alterations in development of reproductive and endocrine systems of wildlife populations exposed to endocrine-disrupting contaminants. *Reproduction* 122:857–864.
- HEUCHEL, R., F. RADTKE, O. GEORGIEV, G. STARK, M. AGUET, AND W. SCHAFFNER.** 1994. The transcription factor MTF-1 is essential for basal and heavy metal-induced metallothionein gene expression. *The European Molecular Biology Organization Journal* 13:2870–2875.
- HOOKE, S. E., AND N. S. FISHER.** 2001. Reproductive toxicity of metals in calanoid copepods. *Marine Biology* 138:1131–1140.

- JACOB, S. T., S. MAJUMDER, AND K. GHOSHAL.** 2002. Suppression of metallothionein-I/II expression and its probable molecular mechanisms. *Environmental Health Perspectives* 110:827–830.
- KAFRI, T., M. ARIEL, M. BRANDEIS, R. SHEMER, L. URVEN, J. MCCARREY, H. CEDAR, AND A. RAZIN.** 1992. Developmental pattern of gene-specific DNA methylation in the mouse embryo and germ line. *Genes and Development* 6:705–714.
- KAMINKER, P.** 2007. Epigenética, ciencia de la adaptación biológica heredable. *Archivos Argentinos de Pediatría* 105:529–531.
- LEE, Y. W., C. B. KLEIN, B. KARGACIN, K. SALNIKOW, J. KITAHARA, K. DOWJAT, A. ZHITKOVICH, N. T. CHRISTIE, AND M. COSTA.** 1995. Carcinogenic nickel silences gene expression by chromatin condensation and DNA methylation: a new model for epigenetic carcinogens. *Molecular and Cellular Biology* 15:2547–2557.
- LEE, Y. W., L. BRODAY, AND M. COSTA.** 1998. Effects of nickel on DNA methyltransferase activity and genomic DNA methylation levels. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 415:213–218.
- LEVENSON, J. M., AND J. D. SWEATT.** 2005. Epigenetic mechanisms in memory formation. *Nature Reviews Neuroscience* 6:108–118.
- MACLEOD, D., V. CLARK, AND A. BIRD.** 1999. Absence of genomewide changes in DNA methylation during development of the zebrafish (*Danio rerio*). *Nature Genetics* 23:139–140.
- MAJUMDER, S., K. GHOSHAL, R. M. GRONOSTAJSKI, AND S. T. JACOB.** 2001. Downregulation of constitutive and heavy metal-induced metallothionein-I expression by nuclear factor I. *Gene Expression* 9:203–215.
- MATZUK, M. M., AND D. J. LAMB.** 2002. Genetic dissection of mammalian fertility pathways. *Nature Cell Biology and Nature Medicine* 4:S41–S49.
- MAUR, A., T. BELSER, G. ELGAR, O. GEORGIEV, AND W. SCHAFFNER.** 1999. Characterization of the transcription factor MTF-1 from the Japanese pufferfish (*Fugu rubripes*) reveals evolutionary conservation of heavy metal stress response. *Biological Chemistry* 380:175–185.
- MESA-CORNEJO, V. M., P. BARROS-NÚÑEZ, AND C. MEDINA-LOZANO.** 2006. Metilación del ADN: marcador diagnóstico y pronóstico de cáncer. *Gaceta Médica de México* 142:81–82.
- MISRA, R. R., G. T. SMITH, AND M. P. WAALKES.** 1998. Evaluation of the direct genotoxic potential of cadmium in four different rodent cell lines. *Toxicology* 126:103–114.
- MONK, M., M. BOUBELIK, AND S. LEHNERT.** 1987. Temporal and regional changes in DNA methylation in the embryonic, extraembryonic and germ cell lineages during mouse embryo development. *Development* 99:371–382.
- NAKAYAMA, M., M. L. GONZALGO, S. YEGNASUBRAMANIAN, X. LIN, A. M. DE MARZO, AND W. G. NELSON.** 2004. GSTP1 CpG island hypermethylation as a molecular biomarker for prostate cancer. *Journal of Cellular Biochemistry* 91:540–552.
- NOHARA, K., Y. TATEISHI, T. SUZUKI, K. OKAMURA, H. MURAI, S. TAKUMI, F. MAEKAWA, M. NISHIMURA, M. KOBORI, AND T. ITO.** 2012. Late-onset increases in oxidative stress and other tumorigenic activities and tumors with a Ha-ras mutation in the liver of adult male C3H mice gestationally exposed to arsenic. *Toxicological Sciences* 129:293–304.
- NORDBERG, G. F., R. A. GOYER, AND T. W. CLARKSON.** 1985. Impact of effects of acid precipitation on toxicity of metals. *Environmental Health Perspectives* 63:169–180.

- OKANO, M., S. XIE, AND E. LI.** 1998. Cloning and characterization of a family of novel mammalian DNA (cytosine-5) methyltransferases. *Nature Genetics* 19:219–220.
- OKANO, M., D. W. BELL, D. A. HABER, AND E. LI.** 1999. DNA methyltransferases Dnmt3a and Dnmt3b are essential for de novo methylation and mammalian development. *Cell* 99:247–257.
- PAIS, I., AND J. B. JONES JR.** 1997. *The handbook of trace elements*. CRC Press. Boca Raton, EE. UU.
- PILSNER, R. J., A. L. LAZARUS, D. H. NAM, R. J. LETCHER, C. SONNE, R. DIETZ, AND N. BASU.** 2010. Mercury-associated DNA hypomethylation in polar bear brains via the LUMinometric Methylation Assay: a sensitive method to study epigenetics in wildlife. *Molecular Ecology* 19:307–314.
- PULIDO, M. D., AND A. R. PARRISH.** 2003. Metal-induced apoptosis: mechanisms. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 533:227–241.
- RADTKE, F., R. HEUCHEL, O. GEORGIEV, M. HERGERSBERG, M. GARIGLIO, Z. DEMBIC, AND W. SCHAFFNER.** 1993. Cloned transcription factor MTF-1 activates the mouse metallothionein I promoter. *The European Molecular Biology Organization Journal* 12:1355–1362.
- REIG, G., AND M. L. CONCHA.** 2012. Impronta Genómica y Desarrollo Embrionario. *International Journal of Morphology* 30:1453–1457.
- REIK, W., W. DEAN, AND J. WALTER.** 2001. Epigenetic reprogramming in mammalian development. *Science* 293:1089–1093.
- REIK, W.** 2007. Stability and flexibility of epigenetic gene regulation in mammalian development. *Nature* 447:425–432.
- SALNIKOW, K., AND A. ZHITKOVICH.** 2008. Genetic and epigenetic mechanisms in metal carcinogenesis and cocarcinogenesis: nickel, arsenic, and chromium. *Chemical Research in Toxicology* 21:28–44.
- SHORTER, K. R., J. P. CROSSLAND, D. WEBB, G. SZALAI, M. R. FELDER, AND P. B. VRANA.** 2012. *Peromyscus* as a mammalian epigenetic model. *Genetics Research International* 2012(179159):1–11.
- SHUTOH, Y., M. TAKEDA, R. OHTSUKA, A. HAISHIMA, S. YAMAGUCHI, H. FUJIE, Y. KOMATSU, K. MAITA, AND T. HARADA.** 2009. Low dose effects of dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) on gene transcription and DNA methylation in the hypothalamus of young male rats: implication of hormesis-like effects. *The Journal of Toxicological Sciences* 34: 469–482.
- SILBERGELD, E. K.** 2003. Facilitative mechanisms of lead as a carcinogen. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 533:121–133.
- STEARNS, D. M., S. M. SILVEIRA, K. K. WOLF, AND A. M. LUKE.** 2002. Chromium (III) tris (picolinate) is mutagenic at the hypoxanthine (guanine) phosphoribosyltransferase locus in Chinese hamster ovary cells. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 513:135–142.
- TAKIGUCHI, M., W. E. ACHANZAR, W. QU, G. LI, AND M. P. WAALKES.** 2003. Effects of cadmium on DNA-(Cytosine-5) methyltransferase activity and DNA methylation status during cadmium-induced cellular transformation. *Experimental Cell Research* 286:355–365.
- TEMPLETON, D. M., F. ARIESE, R. CORNELIS, R., L. G. DANIELSSON, H. MUNTAU, H. P. VAN LEEUWEN, AND R. LOBINSKI.** 2000. Guidelines for terms related to chemical speciation and fractionation of elements. Definitions, structural aspects, and methodological approaches (IUPAC

- Recommendations 2000). *Pure and Applied Chemistry* 72:1453–1470.
- THOMAS, D. J., J. LI, S. B. WATERS, W. XING, B. M. ADAIR, Z. DROBNA, V. DEVESA, AND M. STYBLO.** 2007. Arsenic (+ 3 oxidation state) methyltransferase and the methylation of arsenicals. *Experimental Biology and Medicine* 232:3–13.
- TKESHELASHVILI, L. K., T. McBRIDE, K. SPENCE, AND L. A. LOEB.** 1991. Mutation spectrum of copper-induced DNA damage. *Journal of Biological Chemistry* 266:6401–6406.
- TSANG, V., R. C. FRY, M. D. NICULESCU, J. E. RAGER, J. SAUNDERS, D. S. PAUL, S. H. ZEISEL, M. P. WAALKES, M. STYBLO, AND D. DROBNA.** 2012. The epigenetic effects of a high prenatal folate intake in male mouse fetuses exposed in utero to arsenic. *Toxicology and Applied Pharmacology* 264:439–450.
- VARRIALE, A.** 2014. DNA methylation, epigenetics, and evolution in vertebrates: facts and challenges. *International Journal of Evolutionary Biology* 2014(475981):1–7.
- WAALKES, M. P., B. A. DIWAN, S. REHM, J. M. WARD, M. MOUSSA, M. G. CHERIAN, AND R. A. GOYER.** 1996. Down-regulation of metallothionein expression in human and murine hepatocellular tumors: association with the tumor-necrotizing and antineoplastic effects of cadmium in mice. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 277:1026–1033.
- WAALKES, M. P.** 2003. Cadmium carcinogenesis. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 533:107–120.
- WANG, B., Y. LI, C. SHAO, Y. TAN, AND L. CAI.** 2012a. Cadmium and its epigenetic effects. *Current medicinal chemistry* 19:2611–2620.
- WANG, B., Y. LI, Y. TAN, X. MIAO, X.D. LIU, C.X. SHAO, H. YANG, S. TURDI, L. J. MA, J. REN, AND L. CAI.** 2012b. Low-dose Cd induces hepatic gene hypermethylation, along with the persistent reduction of cell death and increase of cell proliferation in rats and mice. *PloS One* 7:e33853.
- WIMMER, U., Y. WANG, O. GEORGIEV, AND W. SCHAFFNER.** 2005. Two major branches of anti-cadmium defense in the mouse: MTF-1/metallothioneins and glutathione. *Nucleic Acids Research* 33:5715–5727.
- ZHANG, B., D. EGLI, O. GEORGIEV, AND W. SCHAFFNER.** 2001. The *Drosophila* homolog of mammalian zinc finger factor MTF-1 activates transcription in response to heavy metals. *Molecular and Cellular Biology* 21:4505–4514.

Sometido: 11 de septiembre de 2014

Revisado: 1 de octubre de 2014

Aceptado: 14 de noviembre de 2014

Editor asociado: Consuelo Lorenzo

Variación del nitrógeno fecal de *Odocoileus virginianus* a diferentes tiempos de exposición ambiental

Salvador Mandujano^{1*}

Introduction: Successful wildlife management requires reliable indicators of the nutritional status of the animals in order to assess the relationship between them and their habitat. Fecal nitrogen (FN) has often been considered to be a good indicator of diet quality. FN analysis has been applied extensively in the temperate region of the range of the deer *Odocoileus*; however, little is known about the usefulness of this approach in the tropical habitats where the white-tailed deer *O. virginianus* is hunted. This study presents data on the variation in FN concentration with increased time of exposure. Specifically, we discuss the implications for field sampling in tropical habitats where environmental conditions can rapidly degrade deposited deer feces.

Methods: Quantification of FN was performed with 18 freshly deposited pellet-groups collected at the end of the dry season of 2008 (April-May) in a protected natural area in Puebla state, Mexico. Samples were transported frozen to a Botanical Garden in Xalapa, Veracruz, where they were kept under controlled environmental conditions. Each pellet-group was sampled every 15 days, up to 60 days, by which time most of the droppings were covered with fungi due to the high humidity at the site. FN concentration was determined according to the micro-Kjeldahl method. An analysis of variance for repeated measures to detect differences in FN considering the deposition time and fecal groups as factors was applied using Im function in R.

Results: FN varied significantly depending on the exposure time of the feces. The initial concentration was 2.29 mg/ml and this value remained constant for 15 days, subsequently decreasing to a minimum of 0.019 mg/ml, which was reached 60 days after the start of the experiment.

Discussion and Conclusions: The use of fecal indexes may be a feasible non-invasive method by which to study diet quality, and an alternative to other techniques that imply disturbance, stress, or death of wild ungulates. In addition, fecal index is inexpensive and easy to apply on large sections of wild animal populations, throughout the year. Our results suggest that use of this method can give reliable results relating to white-tailed deer FN for up to two weeks post-defecation. In contrast, the results of another study suggest that feces collected for up to 24 days post-defecation, in September/October in temperate habitat in US, can be used to estimate FN as well as other nutritional characteristics. Seasonal variation in environment conditions and diet composition could explain these differences. We therefore recommend cleaning permanent sample plots and then returning to locate and collect fresh droppings within these plots.

Key words: fecal nitrogen, nutritional quality, *Odocoileus virginianus*, tropical habitats.

Resumen

El análisis de nitrógeno fecal (NF) es una técnica alternativa utilizada para la evaluación de la calidad de la dieta del venado cola blanca *Odocoileus virginianus*. Este artículo presenta los datos de un experimento que evalúa la pérdida NF de 18 grupos fecales bajo condiciones controladas. Los resultados indicaron que los valores de NF se mantuvieron constantes

¹ Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología A. C., km 2.5 Camino a Coatepec No. 351, Xalapa 91070, Ver. Mexico. E-mail Salvador.mandujano@inecol.edu.mx (SM)

*Corresponding author

durante un máximo de 15 días y disminuyó de forma exponencial a partir de entonces. Por lo tanto, muestras con más tiempo no son adecuados para la estimación confiable del NF. Se discuten las implicaciones para el muestreo.

Palabras clave: calidad nutricional, hábitats tropicales, nitrógeno fecal, *Odocoileus virginianus*.

Introducción

El manejo exitoso de la fauna silvestre requiere indicadores confiables de la situación nutricional de los animales (Robbins 1993). En el caso de los venados y otros rumiantes, un método común es evaluar la calidad de las plantas que consumen; sin embargo, este procedimiento puede subestimar las concentraciones de nitrógeno del material ingerido (Hewitt 2011). Otros enfoques incluyen el análisis de nitrógeno en la sangre y en la orina (Delgiudice *et al.* 1990) los cuales son muy precisos pero poco prácticos para su uso con ungulados en vida libre. Alternativamente, el nitrógeno fecal (NF) a menudo ha sido considerado como un buen indicador de la calidad de la dieta (Aldezabal *et al.* 1993; Irwin *et al.* 1993; Garin *et al.* 2001; Kamler y Homolka 2005; Sacconi *et al.* 2007). Aunque algunos estudios han comprobado la relación del NF y algunos parámetros de calidad de la dieta de varias especies de ungulados, en diferentes zonas y estaciones del año, todavía hay algunas dudas sobre su confiabilidad (Thompson 1987). Se ha sugerido que el NF puede reflejar patrones estacionales y espaciales de la calidad de la dieta a nivel poblacional (Ueno *et al.* 2007; Verheyden *et al.* 2011).

El análisis del NF se ha aplicado ampliamente en la región templada para manejar a los venados del género *Odocoileus* (Leslie *et al.* 1985, 1989; Howery y Pfister 1990; Jenks *et al.* 1990; Massey *et al.* 1994; Osborn y Jenks 1998; Osborn y Ginnett 2001). Sin embargo, poco se sabe acerca de la utilidad de este enfoque en los hábitats tropicales (Gallina *et al.* 2014) donde es ampliamente aprovechado el venado de cola blanca *O. virginianus* tanto en vida libre como en criaderos intensivos (Gallina *et al.* 2010; Ortega *et al.* 2011). Durante los monitoreos poblacionales es común encontrar grupos fecales con distinto tiempo de deposición y generalmente es difícil decir cuántos días se han mantenido en campo después de la defecación (Camargo-Sanabria y Mandujano 2011). Se ha documentado que el NF se pierde tan rápidamente que la estimación del valor nutricional de las plantas consumidas por los herbívoros a partir del análisis del contenido de nitrógeno de muestras fecales viejas es poco preciso (Jenks *et al.* 1990). Por esta razón, es necesario evaluar las condiciones que afectan a la confiabilidad de los valores NF en áreas específicas. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la variación de la concentración de NF conforme aumenta el tiempo de exposición en un hábitat del centro de México. Se discuten algunas implicaciones para el muestreo de campo en hábitats donde las condiciones ambientales pueden degradar rápidamente las heces depositadas por los venados.

Material y Métodos

Se colectaron excrementos recién defecados por venados cola blanca mantenidos en cautiverio dentro del área natural protegida "Flor del Bosque" en el estado de Puebla, México. El sitio tiene 614 ha de superficie, con una temperatura media anual de 18 °C y altitud de 2,200 - 2,470 metros, dominado por bosque templado de encinos y pinos. En el sitio viven 35 venados cola blanca (12 machos, 15 hembras y 8 juveniles) dentro de un área cercada de 4 ha (Martínez-Romero 2004). Se colectaron 40 grupos fecales frescos al final de la época seca del 2008 (Abril-Mayo). Las muestras se transportaron en una hielera al Jardín Botánico "Francisco Javier Clavijero" en Xalapa, estado de Veracruz. Este sitio es manejado por el Instituto de Ecología A. C. Está enclavado en los contrafuertes de la Sierra Madre Oriental, a 2.5 km al suroeste de la ciudad de Xalapa, se localizan tanto el Jardín como el Santuario. Ambas áreas tienen una altitud media de 1,400 msnm, en tierras tropicales de montaña, con clima templado. El sitio además ofrece instalaciones y condiciones para la realización de experimentos permanentes.

Se colocaron las muestras en un sitio protegido de la lluvia directa la cual afecta las muestras al aumentar el grado de humedad y proceso de descomposición de las mismas. Además, se eligió el sitio por cuestiones logísticas para realizar las mediciones periódicas del contenido de nitrógeno. El contenido de NF se cuantificó cada 15 días hasta los 60 días cuando la mayoría de los grupos fecales mostraban signos claros de envejecimiento (Valdespino y Martínez-Romero 2014; Figura 1). En el transcurso del experimento se cubrieron de moho algunas muestras. Por lo que al final los análisis se realizaron con únicamente 18 grupos fecales que no mostraron ningún signo de contaminación. La concentración del NF fue determinada de acuerdo al método micro-Kjeldahl (AOAC 1999).

Para el análisis estadístico se verificó en primer lugar que los datos tuvieran una distribución normal para lo cual se empleó la prueba gráfica Normal Q-Q entre los cuartiles teóricos y los residuales estandarizados (Dalgaard 2008). Comprobado lo anterior, se aplicó un análisis de varianza de medidas repetidas para detectar diferencias en el NF considerando como factores el tiempo de depósito (0, 15, 30, 45 y 60 días) y los grupos fecales (0, 1, 2...18) empleando la función *lm* en R ver. 2.15.3 (R Development Core Team 2012). El modelo empleado fue: *lm* (formula = nitrógeno_fecal ~ as.factor(días) + as.factor(grupo_fecal)). En caso de valor significativo ($P < 0.05$) se empleó la prueba *a posteriori* NK para comparación de medias.

Resultados

La concentración del NF varió significativamente dependiendo del tiempo de deposición de los excrementos (Figura 2; $F = 128.26$, g. l. = 4, 68, $P = 0.0001$); mientras que no fue significativa respecto al grupo fecal ($F = 1.49$, g. l. = 17, 68, $P = 0.12$). La concentración de nitrógeno inicial fue de 2.29 mg/ml y se mantuvo hasta los 15 días (*post hoc* prueba N-K, $P = 0.33$); posteriormente disminuyó hasta alcanzar un mínimo de 0.019 mg/ml a los 60 días de iniciado el experimento ($P = 0.0001$).



Figura 1. Imágenes mostrando el cambio en coloración y aspecto experimentado por las excretas de venado cola blanca en el momento en que se defecan (a) y varios después (b). Fotografías proporcionadas por L. E. Martínez-Romero.

Discussion

Los resultados sugieren que el uso de este método puede dar resultados confiables de la concentración de NF en el excremento del venado cola blanca hasta dos semanas después de la defecación. En contraste, en un estudio con esta especie pero en hábitat templado en EE.UU durante septiembre y octubre, se sugiere que las heces recogidas hasta 24 días después de la defecación pueden ser utilizadas para estimar NF y otros aspectos nutricionales (Jenks *et al.* 1990). La variación estacional de las condiciones del hábitat y la composición de la dieta podrían explicar estas diferencias (Garin *et al.* 2001). El venado cola blanca habita diferentes tipos de vegetación en la región tropical, pero principalmente en el bosque seco tropical, sabanas y vegetación secundaria (Gallina *et al.* 2010). A diferencia de las latitudes del Norte donde los inviernos son severos, en zonas tropicales los venados enfrentan una humedad relativamente alta durante la estación lluviosa y la incidencia solar alta durante la estación seca (Mandujano 2010). Esto provoca la rápida degradación de las heces que están

expuestos directamente al ambiente debido a la actividad de los microorganismos, hongos e insectos, o un secado rápido durante la temporada seca (Valdespino *et al.* 2007).

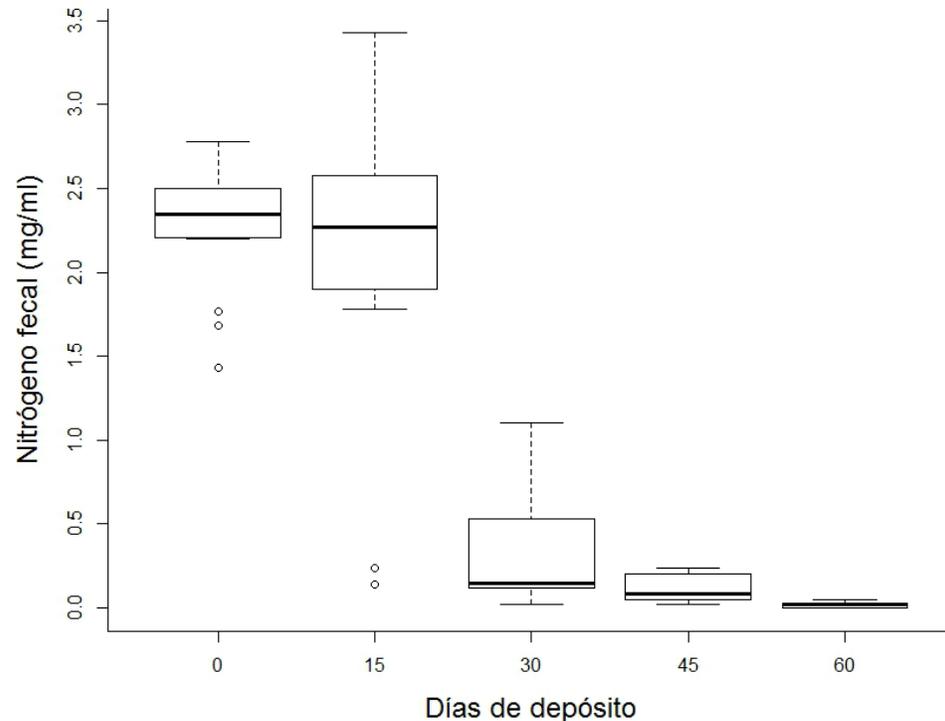


Figura 2. Perfil del nitrógeno fecal (mediana \pm cuartiles) a través del tiempo para el venado cola blanca.

Las bajas densidades poblacionales de esta especie en muchas localidades tropicales, hacen que sea difícil encontrar grupos fecales frescos (color oscuro, brillante y con mucosidad, ver Figura 1), e incluso no es sencillo encontrar excremento con menos de 14 días de depósito (Garin *et al.* 2001; Martínez-Romero 2004). Por lo tanto, se recomienda limpiar parcelas permanentes de muestreo y revisar nuevamente antes de dos semanas para recoger los excrementos frescos. A menor abundancia de la población se requerirá un mayor número de parcelas. Adicionalmente, se sugiere el empleo simultáneo de cámaras-trampa para detectar los sitios de mayor frecuencia de uso de los venados para revisión y obtención de muestras fecales frescas (Bridges y Noss 2011). Estas muestras fecales también pueden servir para otros fines, tales como microhistología con el fin de determinar las especies de plantas en la dieta, así como el análisis de endoparásitos y ciclos hormonales, entre otros (Valdespino *et al.* 2007; Darimont *et al.* 2008).

Agradecimientos

Agradezco a L. A. Escobedo-Morales y T. Pérez-Pérez por su ayuda en la toma de muestras en campo y el análisis en laboratorio, respectivamente; a L. E. Martínez-Romero del área natural protegida Flor del Bosque, por permitirnos el acceso a los venados de ese sitio; al Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero del Instituto de Ecología A. C por permitirnos

realizar el experimento; y a A. R. Trigos-Landa de *Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa S. C.* por su apoyo técnico para procesar los análisis químicos. Este trabajo forma parte del proyecto CONACYT CB-2009-01-130702. La Red de Biología y Conservación de Vertebrados del Instituto de Ecología A. C. brindó apoyo adicional.

Literatura citada

- AOAC.** 1999. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 16th ed. Association of Official Agricultural Chemists. Gaithersburg, EE.UU.
- ALDEZABAL A., I. GARIN, Y R. GARCIA-GONZALEZ.** 1993. Concentración de nitrógeno fecal en ungulados estivantes en los pastos supraforestales del parque nacional de Ordesa y Monte Perdido. *Revista Pastos* 23:101-114.
- BRIDGES A. S., Y A. J. NOSS.** 2011. Behavior and activity patterns. Pp. 57-69 en *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses* (O'Connell, A. F., J. D. Nichols, y K. U. Karanth, eds). Springer, EE.UU.
- CAMARGO-SANABRIA, A. A., Y S. MANDUJANO.** 2011. Comparison of pellet-group counting methods to estimate population density of white-tailed deer in a Mexican tropical dry forest. *Tropical Conservation Science* 4:230-243.
- DARIMONT, C. T., T. E. REIMCHEN, H. M. BRYAN, Y P. C. PAQUET.** 2008. Faecal-centric approaches to wildlife ecology and conservation; methods, data and ethics. *Wildlife Biology in Practices* 4:73-87.
- DALGAARD, P.** 2008. *Introduction statistics with R.* Springer, EE.UU.
- DELGIUDICE, G. D., P. R. KRAUSMAN, E. S. BELLANTONI, M. C. WALLACE, R. C. ETCHBERGER, Y U. S. SEAL.** 1990. Blood and urinary profiles of free-ranging desert mule deer in Arizona. *Journal of Wildlife Disease* 26:83-9.
- GALLINA, S., G. SÁNCHEZ-ROJAS, A. BUENROSTRO-SILVA, Y C. A. LÓPEZ-GONZÁLEZ.** 2014. Comparison of faecal nitrogen concentration between sexes of white-tailed deer in a tropical dry forest in southern Mexico. *Ethology Ecology and Evolution* DOI: 10.1080/03949370.2014.891537
- GALLINA, S., S. MANDUJANO, J. BELLO, H. F. LÓPEZ-ARÉVALO, Y M. WEBER.** 2010. White-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann 1780). Pp. 101-118 en *Neotropical Cervidology* (Duarte, J. M. B. y S. Gonzalez, eds.), IUCN/FUNEP. Gland, Suiza.
- GARIN, I., A. ALDEZABAL, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, Y J. R. AIHARTZA.** 2001. Composición y calidad de la dieta del ciervo (*Cervus elaphus* L.) en el norte de la península Ibérica. *Animal Biodiversity Conservation* 24:53-63.
- HEWITT, D. G.** 2011. Nutrition. Pp. 75-105 en *Biology and Management of White-tailed Deer*, (Hewitt, D., ed.). Taylor and Francis Group. Boca Raton, EE.UU.
- HOWERY, L. D., Y J. A. PFISTER.** 1990. Dietary and fecal concentrations of nitrogen and phosphorus in penned white-tailed deer does. *Journal of Wildlife Management* 54:383-389.
- IRWIN, L. L., J. G. COOK, D. E. MCWHIRTER, S. G. SMITH, Y E. B. ARNETT.** 1993. Assessing winter dietary quality in bighorn sheep via fecal nitrogen. *Journal of Wildlife Management* 57:413-421.
- JENKS, J. A., R. B. SOPER, R. L. LOCHMILLER, Y D. M. LESLIE JR.** 1990. Effect of exposure on nitrogen and fiber characteristics of white-tailed deer feces. *Journal of Wildlife Management*

54:389-391.

- KAMLER, J., Y M. HOMOLKA.** 2005. Faecal nitrogen: a potential indicator of red and roe deer diet quality in forest habitats. *Folia Zoologica* 54:89-98.
- LESLIE JR., D. M., Y E. E. STARKEY.** 1985. Fecal indices to dietary quality of cervids in old-growth forests. *Journal of Wildlife Management* 49:142-146.
- LESLIE JR., D. M., J. A. JENKS, M. CHILELLI, Y G. R. LAVIGNE.** 1989. Nitrogen and diaminopimelic acid in deer and moose feces. *Journal of Wildlife Management* 53:216-218.
- MANDUJANO, S.** 2010. Potencial del bosque tropical seco para producción de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en México. Pp. 101-130 en *Conservación y manejo de fauna cinegética de México Vol. II*, (Villarreal Espino Barros, O. A., J. E. Hernández, J. C. Camacho, y F. J. Franco, eds.). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- MARTÍNEZ-ROMERO, L. E.** 2004. Determinación de fechas de aprovechamiento del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) a través de hormonas sexuales y comportamiento. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- MASSEY, B. N., F. W. WECKERLY, C. E. VAUGHN, Y D. R. McCULLOUGH.** 1994. Correlations between fecal nitrogen and diet composition in free-ranging black-tailed deer. *Southwestern Naturalist* 39:165-170.
- ORTEGA-S., A., S. MANDUJANO, J. VILLARREAL, M. I. DIMARI, H. F. LÓPEZ-ARÉVALO, M. CORREA, Y M. MOLINA.** 2011. White-tailed deer in Latin America. Pp. 565-597 in *Biology and Management of White-tailed Deer*, (Hewitt, D., ed.). Taylor and Francis Group. Boca Raton, EE.UU.
- OSBORN, R. G., Y J. A. JENKS.** 1998. Assessing dietary quality of white-tailed deer using fecal indices: effects of supplemental feeding and area. *Journal of Mammalogy* 79:437-447.
- OSBORN, R. G., Y T. F. GINNETT.** 2001. Fecal nitrogen and 2, 6-diaminopimelic acid as indices to dietary nitrogen in white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 29:1131-1139.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM.** 2012. R: a language and environment for statistical computing. Version 2.15.1. <http://cran.R-project.org>. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- ROBBINS, C. T.** 1993. *Wildlife Feeding and Nutrition*. Academic Press. San Diego, EE.UU.
- SACCONI, F., M. P. PONZETTA, Y F. CERVASIO.** 2007. Fecal nitrogen and dietary quality relationships in Fallow deer. *Italian Journal of Animal Science* 6:862-864.
- THOMPSON, H. N.** 1987. Faecal indices to dietary quality: a critique. *Journal of Wildlife Management* 51: 317-320.
- UENO, M., C. NISHIMURA, H. TAKAHASHI, K. KAJI, Y T. SAITOH.** 2007. Fecal nitrogen as an index of dietary nitrogen in two sika deer *Cervus nippon* populations. *Acta Theriologica* 52:119-128.
- VALDESPINO, C., Y L. E. MARTÍNEZ-ROMERO.** 2014. Determinación del ciclo reproductivo a partir de grupos fecales. Pp. 87-98 en *Monitoreo y manejo del venado cola blanca: Conceptos y métodos* (Gallina, S., S. Mandujano, y O. A. Villarreal Espino-Barros, eds.). Instituto de Ecología, A. C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa, México.
- VALDESPINO, C., R. MARTÍNEZ-MOTA, L. M. GARCÍA-FERIA, Y L. E. MARTÍNEZ-ROMERO.** 2007. Evaluación de eventos reproductivos y estrés fisiológico en vertebrados silvestres a partir de

sus excretas: evolución de una metodología no invasiva. *Acta Zoológica Mexicana* 23:151-180.

VERHEYDEN, H., L. AUBRY, J. MERLET, P. PETIBON, B. CHAUVEAU-DURIOT, N. GUILLON, Y P. DUNCAN. 2011. Faecal nitrogen, an index of diet quality in roe deer *Capreolus capreolus*? *Wildlife Biology* 17:166-175.

Sometido: 17 de septiembre de 2013

Revisado: 4 de mayo de 2014

Aceptado: 14 de octubre de 2014

Editor asociado: Jesús Maldonado

Leucismo en el coatí de nariz blanca *Nasua narica* (Mammalia: Carnivora), en Quintana Roo, México

Adrián Silva-Caballero^{1*}, Fernando Montiel-Reyes¹, Eduardo Sánchez-Garibay¹ y Jorge Ortega¹.

Introduction: Chromatic aberrations happen infrequently in mammals, usually as a result of the expression of a recessive gene. Leucism is the partial or total loss of pigmentation; this condition is the result of genetic mutations. This manuscript is the first report of leucistic individuals of White-nosed coati *Nasua narica* in Mexico.

Methods: In September-October 2012, in the course of a faunal survey in the Yucatán Peninsula two atypical White-nosed coatis *Nasua narica* (Linnaeus 1766) was sighted and photographed in two different localities: "Crococun" regional zoological park, in Puerto Morelos, Quintana Roo, México (20°52. 822' N y -86°53.222' W, 8 m), and "Condominio Club Real, Playacar Fase 1", in Playa del Carmen, Quintana Roo, México (20°36.775' N y -87°05.711'W, 10 m).

Results: The animals, a juvenile and an adult, both females, showed a lack of pigmentation in the back, belly and members, coloration ranged from white to creamy-white; both cases had a slightly brown color in the neck and rings of the same color in the tail (Figura 1). Such pigmentation pattern is similar to the reported for leucistic individuals (Buckley 1982).

Discussion and Conclusions: Little is known about the cost to an individual under those conditions associated with this reduction in pigmentation; some authors consider leucism as a disadvantage, as it can be a determining factor for survival, because this condition increases visibility to potential predators and therefore suffer greater selection pressure (Chętnicki *et al.* 2007). The interpretation of the biological significance of atypical patterns of coloration still remains uncertain; however, it is known that the leucism can provide indirect evidence of the underlying genetic variability, genetic change to variation in fitness-related traits and/or population structure (Acevedo and Aguayo 2008). Therefore, it is necessary to perform detailed genetic studies to generate knowledge about the cause of the abnormalities in the color of the fur and to clarify whether further environmental or biological factors are involved.

Key words: genetic mutation, mammals, mesocarnívoros, Mexico, pigmentation.

Resumen

Las aberraciones cromáticas ocurren en mamíferos con poca frecuencia. El leucismo es la pérdida parcial o total de la pigmentación, dicha condición deriva de mutaciones genéticas. En este trabajo se presenta el primer registro de individuos leucísticos del coatí de nariz blanca *Nasua narica* en México.

Palabras clave: mamíferos, mesocarnívoros, mutación genética, México, pigmentación.

¹Laboratorio de Bioconservación y Manejo, Departamento de Zoología, Posgrado en Ciencias Químico-biológicas, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, México, Distrito Federal 11340, México. E-mail: lsilvac@ipn.mx (AS-C), fercho_mom@hotmail.com (FM-R), weropsky_999@hotmail.com (ESG), artibeus2@aol.com (JO)

*Corresponding author

En los organismos llegan a ocurrir variaciones en su coloración natural, dichas aberraciones cromáticas generalmente se deben a la expresión de un gen recesivo (Owen y Shimmings 1992). Es probable que estos patrones de coloración alterados podrían estar generados por factores externos, tales como la dieta (Buckley 1982), el hábitat (Peles *et al.* 1995) el aislamiento poblacional por la fragmentación del hábitat (Holyoak 1978), la contaminación radioactiva (Moller y Mousseau 2001), las enfermedades o lesiones en los folículos celulares (Balderas y Campos 2011). Estas expresiones de genes mutantes (Bensch *et al.* 2000), generalmente se encuentran relacionados con la falta de producción de tirosinasa, enzima que está involucrada en la síntesis de melanina, responsable de dar la coloración a la piel o pelo (Balderas y Campos 2011; Guevara *et al.* 2011; García-Morales *et al.* 2012).

Según las características fenotípicas de los individuos, los déficits de coloración se pueden clasificar en cuatro tipos: albinismo, que es la pérdida total de los pigmentos en todo el cuerpo. Dilución, cuando la tonalidad del color se reduce al igual que los pigmentos. Esquizocroísmo, en donde un pigmento no se expresa sin afectar a otro. Leucismo, condición que se refiere a la reducción de la pigmentación parcial o total, sin afectar las partes blandas (Buckley 1982). Los animales que presentan leucismo por lo general tienen el pelo o piel de color blanco, pero los ojos y uñas mantienen su coloración normal (Jehl 1985; Acevedo y Aguayo 2008; Guevara *et al.* 2011; García-Morales *et al.* 2012). El leucismo se ha registrado en varios grupos animales, en mamíferos se tienen registros en cánidos (López-González 2011), erinaceomorfos (Morris y Tutt 1996), mustélidos (Tortato y Althoff 2007), pinnípedos (Acevedo y Aguayo 2008), quirópteros (García-Morales *et al.* 2012), sorícidos (Guevara *et al.* 2011) y úrsidos (Ritland *et al.* 2001).

Nasua narica es considerado como el único carnívoro verdaderamente sociable que habita los bosques neotropicales (Valenzuela 1998). Su distribución abarca desde el sur de Estados Unidos hasta Colombia, Ecuador y Perú, al oeste de los Andes; en México en todo el país excepto en la Península de Baja California y el Altiplano Central (Valenzuela 1998; Aranda 2012). Habita todos los tipos de bosque tropical, incluyendo el manglar, bosque mesófilo de montaña, bosques mixtos de coníferas y encinos, incluso matorral xerófilo (Aranda 2012). Es un mamífero de tamaño mediano de color generalmente pardo en el dorso, con diferentes tonalidades desde grisáceo claro a un rojizo amarillento, llegando a tener manchas claras en la nuca y alrededor de los ojos. Puede llegar a presentar anillos poco contrastantes en la cola (Gompper 1995; Aranda 2012).

En la Península de Yucatán entre Septiembre-Octubre 2012, se registraron mediante observación directa, dos ejemplares con coloración propia de individuos leucísticos. El primero en el parque zoológico regional "Crococun", ubicado en Puerto Morelos, municipio Benito Juárez, Quintana Roo, México (20°52. 822' N y -86°53.222' W, 8 m). El ejemplar correspondía a una hembra juvenil, la cual se encontraba bajo resguardo en dicho zoológico por indicaciones de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Su procedencia fue desconocida, sólo se sabía que era un animal incautado, procedente de alguna parte de la península de Yucatán. Las medidas del ejemplar fueron 611 mm de longitud total, 292 mm de cola vertebral, 55 mm de la pata trasera derecha, 23 mm de oreja, con 1.1 kg de peso.

El segundo, fue un avistamiento dentro de las instalaciones de un complejo turístico-residencial conocido como "Condominio Club Real, Playacar Fase 1", en Playa del Carmen,

Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, México (20°36.775' N y -87°05.711' W, 10 m). El ejemplar era una hembra adulta perteneciente a una banda de aproximadamente 30 individuos, dicho grupo habita entre los relictos de selva que aún quedan entre las villas, diversos hoteles y un campo de golf (Figura 1). Ambos individuos mostraban una falta de pigmentación en el dorso, vientre y miembros, la coloración variaba entre blanco y blanco-cremoso, con la base del pelo blanco y las puntas en color crema; ambos casos presentaban una coloración ligeramente café en la nuca así como anillos del mismo color en la cola. Poco se sabe sobre el costo para un individuo en esas condiciones asociado con esta reducción de la pigmentación; algunos autores consideran al leucismo como una desventaja, ya que puede llegar a ser un factor determinante en cuanto a la supervivencia, debido a que dicha condición aumenta la visibilidad ante posibles depredadores y, por consiguiente, sufrir una mayor presión de selección (Chętnicki *et al.* 2007; Jogahara *et al.* 2008; Balderas y Campos 2011).



Figura 1. Individuo de *Nasua narica* con leucismo junto con otros individuos de su banda los cuales presentan coloración normal.

Por otra parte, se cree que esta aberración cromática reduce la viabilidad debido a factores patológicos tales como defectos sensoriales o nerviosos, anemia, baja fertilidad, aumento de la susceptibilidad a enfermedades y falta de visión (Jehl 1985; Acevedo y Aguayo 2008). A pesar de esto, existe el registro de algunos individuos que han alcanzado la mayoría de edad y por tanto, la etapa reproductiva (Acevedo y Aguayo 2008). Aparentemente, la selección natural ha producido una baja frecuencia del alelo que produce el leucismo el cual probablemente pueda reducir la condición física en la vida silvestre; de lo contrario el alelo podría ser frecuente (Chętnicki *et al.* 2007; Guevara *et al.* 2011; Rodríguez-Pinilla y Gómez-Martínez 2011). Las aberraciones cromáticas se observan frecuentemente en especies gregarias o sedentarias y se piensa que podrían ser más comunes en poblaciones pequeñas y aisladas (Bensch *et al.* 2000; Chętnicki *et al.* 2007), debido a que la endogamia aumenta la probabilidad de que los alelos recesivos se expresen (Bensch *et al.* 2000; Balderas

y Campos 2011). La interpretación de la importancia biológica de los patrones atípicos de coloración es aún incierta. Sin embargo, se sabe que el leucismo puede proporcionar evidencia indirecta de la variabilidad genética subyacente (Jehl 1985), así como el cambio genético para las variaciones en cuanto a los atributos relacionados con la adecuación y la estructura de las poblaciones (Acevedo y Aguayo 2008). Por lo anterior, es necesario efectuar estudios genéticos detallados para generar conocimiento sobre la causa de las anomalías en la coloración del pelaje y poder esclarecer si hay factores ambientales o biológicos interviniendo adicionalmente (Jogahara *et al.* 2008; Guevara *et al.* 2011).

Agradecimientos

Agradecemos a E. M. Río Aguilar, Director del parque zoológico regional "Crococun", así como a J. Carballar Osorio y A. Verastegui por las facilidades otorgadas dentro de sus instalaciones; de la misma manera agradecemos el apoyo invaluable de D. Chavira Martínez en Playa del Carmen, así como por otorgarnos la autorización del uso de sus fotografías para documentar este escrito. También agradecemos al Cleveland Metroparks Zoo por el otorgamiento del Scott Neotropical Fund para la realización de este proyecto.

Literatura citada

- ACEVEDO, J., y M. AGUAYO.** 2008. Leucistic South American sea lion in Chile, with a review of anomalously color in otariids. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43:413-417.
- ARANDA, M.** 2012. Manual para el rastreo de mamíferos de México. CONABIO. Ciudad de México, México.
- BALDERAS, A. M. J., y G. R. CAMPOS.** 2011. Primer informe de leucismo en la paloma de collar *Streptocelia decaocto* (Columbiformes), especie exótica de México. Cuadernos de Investigación UNED. Edición en Línea 31:85-88.
- BENSCH, S., B. HANSSON, D. HASSELQUIST, y B. NIELSEN.** 2000. Partial albinism in a semi-isolated population of great reed warblers. *Hereditas* 133:167-170.
- BUCKLEY, P. A.** 1982. Avian genetic. Pp. 21-110 en *Diseases of cage and aviary birds* (Petraik, M., ed.). Segunda Edición. Lea and Febiger Press. Philadelphia, EE.UU.
- CHĘTNICKI, W., S. FEDYK, y U. BAJKOWSKA.** 2007. Cases of coat colour anomalies in the common shrew, *Sorex araneus* L. *Folia Biológica (Kraków)* 55:73-76.
- GARCÍA-MORALES, R., D. T. DURAN, E. S. A. GÓMEZ, C. E. MORENO, y M. S. AKMENTIS.** 2012. Registro de leucismo en *Sturnira ludovici* y *Artibeus jamaicensis* (Phyllostomidae) en México. *Chiroptera Neotropical* 18:1101-1105.
- GOMPPER, M. E.** 1995. *Nasua narica*. *Mammalian Species* 487:1-10.
- GUEVARA, L., H. E. RAMÍREZ-CHAVES, y F. A. CERVANTES.** 2011. Leucismo en la musaraña de orejas cortas *Cryptotis mexicana* (Mammalia: Soricomorpha), endémica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:731-733.
- HOLYOAK, D. T.** 1978. Variable albinism of the flight feathers as an adaptation of recognition of individual birds in some Polynesian populations of *Acrocephalus* warblers. *Ardea* 66:112-117.
- JEHL, J.** 1985. Leucism in paired grebes in western North America. *The Condor* 87:439-441.
- JOGAHARA, T., G. OGURA, G. HIGA, O. ISHIBASHI, y S. ODA.** 2008. Survey and capture of albino-like house musk shrews (*Suncus murinus*) in Okinawa, Japan, and a preliminary report regarding inheritance of the albino-like mutation. *Mammal Study* 33:121-124.

- LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. A.** 2011. Registro de un coyote (*Canis latrans*) blanco en el Desierto Chihuahuense de Durango, México. *Acta Zoológica Mexicana* 27:871-873.
- MOLLER, A. P., Y T. A. MOUSSEAU.** 2001. Albinism and phenotype of barn swallows. *Evolution* 55:2097-2104.
- MORRIS, P., Y A. TUTT.** 1996. Leucistic hedgehogs on the island of Alderney. *Journal of Zoology* 239:387-389.
- OWEN, M., Y P. SHIMMINGS.** 1992. The occurrence and performance of leucistic barnacle geese, *Branta leucopsis*. *Ibis* 134: 22-26.
- PELES, J. D., M. F. LUCAS, Y G. W. BARRETT.** 1995. Population dynamics of agouti and albino meadow voles in high-quality, grassland habitats. *Journal of Mammalogy* 76:1013-1019.
- RITLAND, K., C. NEWTON, Y H. D. MARSHAL.** 2001. Inheritance and population structure of the white-phased "Kermode" black bear. *Current Biology* 11:1468-1472.
- RODRÍGUEZ-PINILLA, Q., Y M. J. GÓMEZ-MARTÍNEZ.** 2011. Leucismo incompleto en *Turdus fuscater* (Passeriformes: Turdidae) en los Andes Colombianos. *Boletín Científico Centro de Museos, Museo Nacional de Historia Natural* 15:63-67.
- TORTATO, F. R., Y S. L. ALTHOFF.** 2007. Variações na coloração de iraras (*Eira barbara* Linnaeus, 1758 - Carnivora, Mustelidae) da Reserva Biológica Estadual do Sassafrás, Santa Catarina, sul do Brasil. *Biota Neotropica* 7:365-367.
- VALENZUELA, D.** 1998. Natural history of the white-nosed coati, *Nasua narica*, in a tropical dry forest of western of México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3:26-44.

Sometido: 30 de enero de 2014

Revisado: 11 de septiembre de 2014

Aceptado: 17 de septiembre 2014

Editor asociado: Juan Pablo Gallo

Primer registro de *Tlacuatzin canescens*, (Mammalia, Didelphimorphia: Marmosidae) en Veracruz, México

Alvar González Christen¹ y Nallely Verónica Rodríguez Santiago¹

Introduction: The Mexican Mouse Opossum (*Marmosa mexicana*) and the grayish mouse opossum (*Tlacuatzin canescens*) were the only two known species of tribu Marmosini (Mammalia, Didelphimorphi, Didelphidae) in México. The genus *Tlacuatzin* and its species *Tlacuatzin canescens* are endemic. Its distribution extends from the south of the State of Sonora to the State of Chiapas. It is also found on the Islas Marias, in the state of Jalisco, in the Yucatán Peninsula, and in the State of Puebla. So far, *T. canescens* has not been previously sighted in the State of Veracruz or in the north coast of the Gulf of Mexico. This report describes the first official sighting of *T. canescens* from Veracruz, México.

Methods: The records were obtained: a) from voucher specimens deposited at the Colección Mastozoológica, Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana, and b) by accidentally trapping these mammals in botanical surveys conducted at the El Centro de Investigaciones Costeras La Mancha, Instituto de Ecología A.C. and its surroundings.

Results: The presence of *T. canescens* in Veracruz State was documented by nine records collected at three different localities, from the central region of Veracruz, México. All the locations were found in deciduous forest areas.

Discussion and Conclusions: These new records increase the species' known geographic distribution in 139 km, on a straight line from the nearest locality found in the state of Puebla. It is important to recall that these locations are all located on both sides of the Sierra Madre Oriental Mountain system (average altitude higher than 2000 meters above sea level, between localities), which serves as a barrier between the populations of Puebla and Veracruz.

Key words: Didelphimorphia, Geographic distribution, Local distribution, Marsupial, Opossum-souris cendré

Resumen

El ratón tlacuache mexicano (*Marmosa mexicana*) y el ratón tlacuache grisáceo (*Tlacuatzin canescens*) son las dos únicas especies de la tribu Marmosini (Mammalia, Didelphimorphia, Didelphidae) en México. El género *Tlacuatzin* y la especie *Tlacuatzin canescens* son endémicos de México, su distribución abarca desde el sur del estado de Sonora hasta el estado de Chiapas, también se localiza en las Islas Marias, en la península de Yucatán y en el Estado de Puebla. Su presencia en el estado de Veracruz se confirma con los nueve registros aquí reportados, provenientes de localidades ubicadas en la porción central del estado. Los registros se obtuvieron mediante: a) revisión de ejemplares depositados en colección y b) captura y liberación. Las localidades presentan vegetación de selva baja caducifolia. Estos nuevos registros incrementan la distribución geográfica conocida de la especie en 139 km

¹Instituto de Investigaciones Biológicas Universidad Veracruzana. Av. Luis Castelazo S/n Col. Industrial Animas, Xalapa 91190, Veracruz, México. Email: agonzalez@uv.mx (AGC), nayver82@gmail.com (NVRs).

*Corresponding author

en línea recta desde la localidad más cercana en el Estado de Puebla. Es importante resaltar que estas localidades se encuentran a ambos lados de la Sierra Madre Oriental (altitud superior a 2,500 metros sobre el nivel del mar), que impide actualmente el intercambio entre las poblaciones de Puebla y Veracruz.

Palabras Clave: Didelphimorphia, distribución geográfica, distribución local, ratón tlacuache.

Introducción

En México la tribu Marmosini de la familia Didelphidae en el Orden Didelphimorphia, está representada por dos géneros, cada uno con una especie coloquialmente conocidas como: ratón tlacuache gris, tlacuachin o tlacuatzin *Tlacuatzin canescens* (J. A. Allen 1893) y ratón tlacuache mexicano *Marmosa mexicana* Merriam, 1897 (Gardner 1993; Ramírez-Pulido *et al.* 2014). La primera es una especie endémica de México, politípica con tres subespecies: *T. canescens canescens*; *T. c. insularis* y *T. c. gaumeri* (Ramírez-Pulido *et al.* 2014), esta especie se presenta principalmente en las tierras bajas tropicales de la vertiente occidental de México desde Sinaloa hasta Chiapas, penetrando hacia el centro del país en Puebla a través de la cuenca del río Balsas. Además, existen poblaciones aisladas en las Islas Tres Marías en Nayarit y en Campeche y Yucatán (Zarza *et al.* 2003; Brown 2004; Vargas *et al.* 2004; Ceballos 2005; Hernández-Cardona. *et al.* 2007; Ramírez Pulido *et al.* 2007; Retana *et al.* 2010; Figura 1). La especie *T. canescens*, no ha sido previamente registrada en el estado de Veracruz, por lo que el objetivo de este artículo es documentar su presencia en la entidad, lo que amplía la distribución conocida de *T. canescens* en la República Mexicana.

Material y Métodos

La presencia de *T. canescens* en Veracruz se confirmó mediante: a) revisión de ejemplares depositados en la Colección Mastozoológica del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana (Registro de Colección Científica, Clave: VER.- MAM-191-10-06 SEMARNAT) y b) captura y liberación. Los ejemplares depositados en la colección provienen de las localidades Plan del Río, Municipio de Emiliano Zapata y Playa Norte Municipio de Veracruz, el resto de los ejemplares se registraron en el Centro de Investigaciones Costeras La Mancha, Instituto de Ecología A. C. (CICOLMA) y sus alrededores en el municipio de Actopan (Tabla 1; Figura 2).

Id	LN	LW	Altitud (msnm)	Localidad	Tipo de registro
1	19° 35' 53.0"	96° 22' 45.8"	9	CICOLMA	C /L
2	19° 36' 2.93"	96° 22' 46.6"	29	CICOLMA	C /L
3	19° 36' 4.75"	96° 22' 46.4"	34	CICOLMA	C /L
4	19° 36' 3.79"	96° 22' 49.7"	33	CICOLMA	C /L
5	19° 37' 1.41"	96° 23' 4.84"	95	Eco-Guías	C /L
6	19° 36' 51.8"	96° 23' 4.51"	72	Eco-Guías	C /L
7	19° 36' 49.5"	96° 23' 4.76"	73	Eco-Guías	C /L
3225	19° 23' 46.8"	96° 37' 32.1"	330	Plan del Río	P/C
3607	19° 13' 20.0"	96° 10' 22.8"	8	Playa Norte	P/C

Tabla 1. Puntos de colecta y avistamiento de *Tlacuatzin canescens* en el centro de Veracruz. Registro (naturaleza del ejemplar): C/L = Captura liberación; P/C Piel y Cráneo.

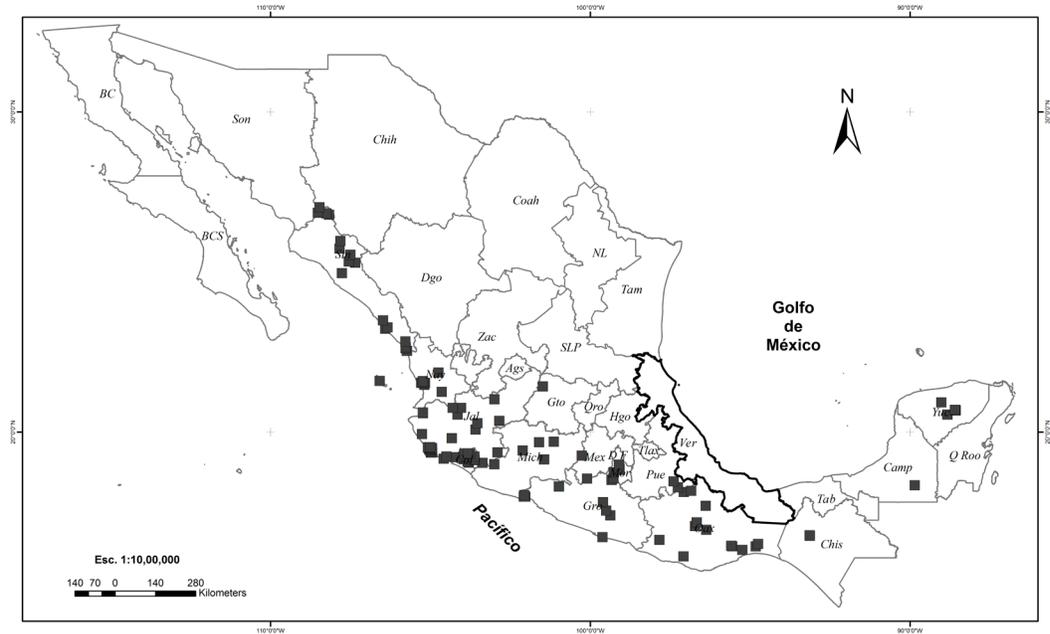


Figura 1. Registros históricos de *Tlacuatzin canescens* en México.

El tipo de vegetación presente en las localidades de colecta corresponde a la selva baja caducifolia, esta vegetación se distribuye en México a partir de la vertiente del Pacífico y hacia la Península de Yucatán, contando con algunos macizos boscosos aislados en el Golfo de México en los estados de Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. En Veracruz, esta vegetación se presenta principalmente en la porción central del estado, en altitudes menores a los 850 metros sobre el nivel del mar, donde se presentan climas semicálido húmedo ((A) C (m)) y cálido subhúmedo (Aw_1 y Aw_2), con un intervalo de temperatura anual entre 21 a 28 °C y con una precipitación anual de 300 a 1,800 mm anuales. En el estado, son especies vegetales típicas de esta asociación: chicozapote (*Manilkara zapota*), palo mulato (*Bursera simaruba*), rama tinaja (*Trichilia havanensis*), zapote prieto (*Diospyros digyna*), barbasco (*Dioscorea mexicana*) y papaya cimarrona (*Jacaratia dolichaula*). En la Tabla 1 se muestran las coordenadas de los sitios de colecta y registro de los *T. canescens* reportados del centro de Veracruz.

Los ejemplares incorporados a la colección fueron capturados en estudios prospectivos de fauna mediante el uso de 40 trampas tipo Sherman colocadas en el piso cada diez pasos y cebadas con una mezcla de hojuelas de avena, vainillina y agua, para su incorporación museográfica se prepararon en piel y cráneo. Los ejemplares reportados de CICOLMA se capturaron accidentalmente al caer dentro de trampas para hojarasca, se les tomó fotografías y liberó en el sitio.

Para la determinación taxonómica del material depositado de la colección, a) se analizaron pelos de guardia conservados siguiendo a Juárez *et al.* (2010) y b) fenotípicamente con el apoyo de claves dicotómicas (Hall 1981) y descripciones monográficas (Alonso y Medellín 1992; Zarza *et al.* 2003). Para corroborar la correcta identificación, se revisaron y compararon ejemplares de la especie depositados en las colecciones mastozoológicas: Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología (CNMA); Colección del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias (MZFC-M), ambas de la Universidad Nacional Autónoma de México y la colección de mamíferos de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (UAMI). Paralelamente, con el fin de confirmar la probable ocurrencia de otros ejemplares se realizó una búsqueda documental electrónica utilizando los portales Global Biodiversity

Información Facility (GBIF), ManisNet, UNIBIO y CONABIO (Consultados el 12/05/2014); simultáneamente fueron consultados otros documentos que proporcionaron información acerca de su distribución geográfica y otros registros (Alonso y Medellín 1992; Miranda 1997; Ramírez-Pulido 1997; Velázquez y Romero 1998; López-Wilchis 2003; Muñoz-Alonso y March 2003; Sánchez-Cordero y Linaje 2003; Zarza *et al.* 2003; Gómez-Escamilla 2004; Cervantes-Reza 2005; Briones-Salas 2006; Chávez-León 2006; López-Vidal 2006; Ramírez-Pulido y Martínez-Vázquez 2007; López-Vidal *et al.* 2008; González-Christen 2011). La identificación de los ejemplares capturados en el CICOLMA y sus alrededores, se realizó en el sitio, basados en los caracteres fenotípicos externos, su identificación se corroboró posteriormente en las instalaciones de la Colección a través de la revisión de las fotografías tomadas en sitio.

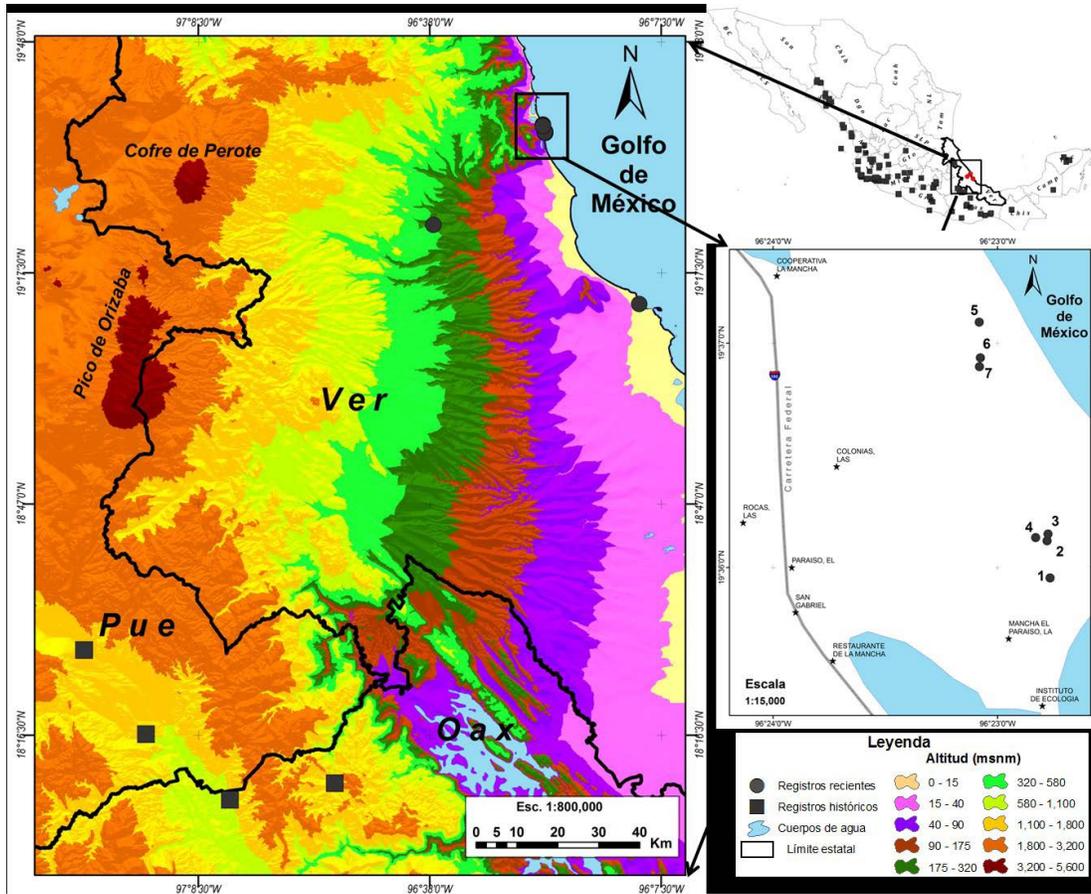


Figura 2. Registros históricos y recientes de *T. canescens* en México.

Las coordenadas geográficas de los sitios de registro, así como las obtenidas de la búsqueda documental fueron colocados en un espacio-mapa con la ayuda de un sistema de información geográfica (Arc Map 10.1[®]), para medir la distancia entre los registros históricos más cercanos al estado de Veracruz con los registros obtenidos durante las colectas para esta contribución.

Resultados

Fenotípicamente, *Marmosa mexicana* y *Tlacuatzin canescens* son muy parecidas, aunque se pueden distinguir entre sí por el pelaje, ya que *T. canescens* presenta un pelaje más corto y de color gris, bicolor, pelos con médula escalonada uniserial y escama ondulada irregular (Monroy y Rubio 2003; Baca y Sánchez 2004), mientras que en *M. mexicana* presenta un pelaje más largo y de color rojizo, bicolor, pelos con médula escalonada uniserial y las escamas tipo

en forma de diamante (Baca y Sánchez 2004). En *T. canescens* el antifaz formado por el anillo ocular es grande, de coloración negro y se proyecta sobre los frontales hacia la parte alta de la cabeza, en tanto que en *M. mexicana* no alcanza la parte superior de la cabeza. En el cráneo *T. canescens* desarrolla unos prominentes bordes supraorbitales en forma de ala, el paladar presenta fenestras palatales y a la altura del segundo molar superior presenta además otras fenestras palatales accesorias. En *M. mexicana* solo se desarrollan unos bordes supraorbitales de manera incipiente y únicamente presenta las fenestras palatales normales (Figura 3). El proceso rostral del premaxilar de *M. mexicana* es más prominente que en *T. canescens* (Villa y Cervantes 2002; Baca 2004, Ceballos 2005; Medellín 2005; Rossi *et al.* 2010).

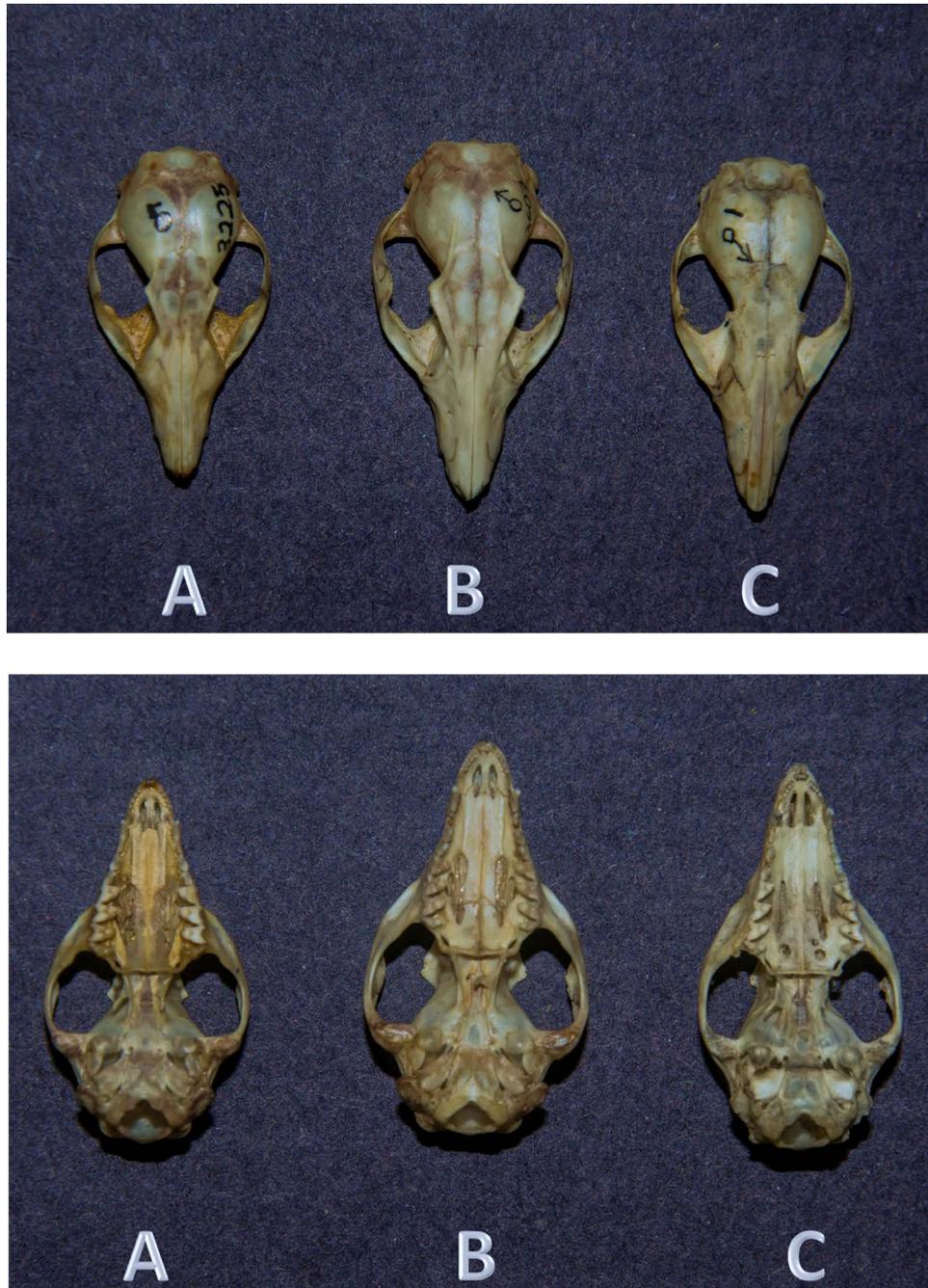


Figura 3. Vista dorsal y ventral del Cráneo de *Marmosa mexicana* (A) y *Tlacuatzin canescens* (B y C).

Los reportes de *T. canescens* obtenidos mediante la búsqueda documental ascienden a 483, aunque solo 280 cuentan con las coordenadas de las localidades de colecta (Figura 1); a ellos se suman los registros obtenidos en Veracruz, haciendo un total de 289 registros con datos geográficos. Documentamos nueve registros nuevos de *T. canescens*, de los cuales, sólo dos ejemplares fueron colectados e incorporados a la Colección de Mamíferos bajo el resguardo del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana (CIB), el resto de los siete individuos fueron liberados en los sitios donde fueron capturados (Tabla 1).

CAT	SEX	ALMA	LOMA	LAFM	HMXD	ALRO	LOCR	LONA	LOFR	ANCI	ANIN	ANCC	LOCO	LOFI
3225	M	6.96	20.90	4.38	12.00	2.77	31.00	12.80	8.85	15.90	4.52	11.90	30.90	2.71
3607	M	8.62	25.00	4.07	9.45	2.93	33.70	14.60	10.00	17.60	5.20	12.80	33.50	2.84

Tabla 2. Medidas craneales de dos *Tlacuatzin canescens* colectados en Veracruz. LOFI (longitud del foramen incisivo).

Los acrónimos significan las medidas craneales, ALMA (Altura de la mandíbula), LOMA (longitud de la mandíbula), LAFM (Largo de la base del I1 sobre la base del dentario al foramen del mentón), HMXD (longitud de la hilera maxilar de dientes), ALRO (altura del rostro), LOCR (longitud total del cráneo), LONA (longitud de los nasales), LOFR (longitud de los frontales), ANCI (anchura del arco cigomático), ANIN (anchura interorbital), ANCC (anchura de la caja craneal), LOCO (longitud cóndilobasal), LOFI (longitud del foramen incisivo).

El primer espécimen de *T. canescens* para el estado de Veracruz se recolectó el 8 de Noviembre del año 2006 en la localidad de Plan del Río (CIB 3225) y correspondió a un individuo juvenil con las siguientes medidas convencionales: longitud total 232 mm, longitud cola 121 mm, longitud pata 19 mm, longitud oreja 22 mm. El segundo espécimen registrado fue un macho adulto, el 21 de Junio del año 2008 en Playa Norte, Punta Gorda (CIB 3607) y presenta las siguientes medidas convencionales: 266, 143, 20, 24. Las medidas craneales de ambos ejemplares se muestran en el Tabla 2. En los alrededores del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha del Instituto de Ecología A. C. (CICOLMA), en 2013 se confirmaron otros siete registros que corresponden a *T. canescens*.

Discusión

La importancia de estos registros radica en que se documenta por primera vez la presencia del género *Tlacuatzin* y de la especie *T. canescens* en el estado de Veracruz y también en el Golfo de México, por tanto también es una ampliación de distribución de más 130 km en línea recta. Lo consideramos registro notorio puesto que no se conocían (género) en el estado, ni en la costa del Golfo de México, además se reporta la presencia en tres diferentes localidades de colecta (nueve individuos total registrados en nueve diferentes puntos de colecta) con una considerable distancia entre tres de los sitios referidos (\approx 40-60 km entre ellos). Lo que nos confirma la presencia del género y la especie en esa región del estado, no es un registro accidental o que se debiera confirmar por su rareza. Esto tiene implicaciones de carácter biogeográfico que deben ser estudiadas. Estos registros amplían su distribución en el país en 132 km hacia el Este en línea recta respecto a la localidad más cercana, ubicada en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) con fecha de 18/10/1944 hecho por H. O. Wagner (UMMZ-88634), la especie también fue reportada recientemente en la misma RBTC por Ramírez (2007). Con estos hallazgos se incrementa la riqueza de géneros y especies de la mastofauna conocida de Veracruz de 116 géneros y 192 especies a 117 géneros con 193 especies (González-Christen 2012).

Es importante resaltar que la RBTC que es localidad más cercana se encuentra en la vertiente occidental de la Sierra Madre Oriental, en tanto que los registros veracruzanos corresponden a la Planicie Costera Veracruzana localizada en la vertiente oriental. En esta región la Sierra Madre Oriental alcanza alturas superiores a los 2,500 msnm y tiene un ancho de 50 kilómetros aproximadamente (con diversos tipos climáticos y de vegetación) y constituye una barrera para la dispersión de la especie. Hacia el sur del país en el estado de Campeche aproximadamente a 700 km, se ha reportado la presencia del género *Tlacuatzin* a 37 km al norte de la región de Calakmul (Vargas-Contreras *et al.* 2004).

La selva baja caducifolia del Golfo de México estuvo integrada biogeográficamente con la selva baja caducifolia de la vertiente del Pacífico de México, durante el Pleistoceno. La extensión de la selva baja caducifolia del resto del país, probablemente abarco una mayor superficie y a consecuencia de la alternancia de los climas, en la costa del Golfo de México se redujo a los tres grandes fragmentos que se reconocen en la actualidad, convirtiéndose cada uno en un refugio aislado (Challenger 1998). La presencia de estos nuevos registros contribuye a llenar vacíos de información y amplían del área de distribución potencial de esta especie propuesta por Sánchez Cordero y Linaje (2003), así como el área disponible para el género según Sánchez-Cordero *et al.* (2005).

Los nuevos registros se ubican en la provincia Golfo de México dentro del componente mesoamericano (Morrone y Márquez 2003). En Veracruz de esta provincia se conocían 117 especies de mamíferos, tres especies de carácter endémico (González 2011). La presencia de *T. canescens* que se reporta aquí y su asociación con los remanentes de selva baja caducifolia en la zona central del estado de Veracruz, resaltan por un lado, la importancia biológica de esta vegetación para los mamíferos y por el otro la necesidad de continuar con los estudios del registro de la mastofauna en esta región de Veracruz.

Agradecimientos

Agradecemos a L. León Paniagua de la Colección Alfonso Herrera de la Facultad de Ciencias, a F. Cervantes Reza de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, y a J. Ramírez Pulido de la Colección de Mamíferos de Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, por permitirnos la revisión del material depositado en las colecciones a su cargo y por todas las facilidades otorgadas. E. Priego Hernández quien proporcionó las imágenes que corroboran la presencia del *Tlacuatzin* en los alrededores del CICOLMA, a C. A Delfín Alfonso por su apoyo en la elaboración de los mapas de distribución así como sus comentarios y sugerencias al manuscrito, asimismo a A. González Zamora por sus comentarios y sugerencias al manuscrito, a R. Reyna y los dos revisores anónimos por las observaciones y valiosos comentarios que ayudaron en gran medida a mejorar la calidad de este trabajo.

Literatura citada

- ALONSO-MEJÍA, A., Y R. MEDELLÍN. 1992.** *Marmosa mexicana*. The American Society of Mammalogists. Mammalian Species 421:1-4.
- BACA, I., Y V. SÁNCHEZ. 2004.** Catálogo de pelos de guardia dorsal en mamíferos del estado de Oaxaca, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 75:383-437.

- BRIONES SALAS, M. A.** 2006. Incorporación de nuevos registros de mamíferos de la región Sierra Norte de Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Oaxaca. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyectos No. BA009 y R104. Ciudad de México, México.
- BROWN, E. B.** 2004. Atlas of New World Marsupials Zoology Fieldiana New Series No 102 Field Museum of Natural History.
- CEBALLOS, G.** 2005. *Tlacuatzin canescens* (J. A. Allen, 1893) Tlacuachín. Pp. 100-101 en Los mamíferos silvestres de México (Ceballos, G., y G. Oliva 2005, eds.). Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- CERVANTES REZA, F. A.** 2005. Computarización de la Colección Nacional de mamíferos del Instituto de Biología, UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. V043. Ciudad de México, México.
- 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 Ecología Universidad Nacional Autónoma de México y Sierra Madre. Ciudad de México, México.
- CHÁVEZ LEÓN, G.** 2006. Inventario florístico y faunístico del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. AS014. Ciudad de México, México.
- GARDNER, A. L.** 1993. Order Didelphimorphia Pp. 15-23 en Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference (Wilson, D. E., y D. M. Reeder, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, EE.UU.
- GÓMEZ-ESCAMILLA, M.** 2004. Anfibios, reptiles y mamíferos del corredor biológico del norte de Yucatán depositados en las colecciones de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. Y013. Ciudad de México, México.
- GONZÁLEZ-CHRISTEN, A.** 2011. Mamíferos: Distribución, endemismo y estado de conservación. Pp. 579-592 en La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado (Cruz Angón A., ed.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.
- HALL, E. R.** 1981. The mammals of North America. John Wiley and Sons. New York, EE.UU.
- HERNÁNDEZ-CARDONA, A., LAGO-TORRES, R. IBARRA-GONZÁLEZ, J. FALLER-MENÉNDEZ, Y Y. PEREYRA-ARELLANO.** 2007. Registro del Tlacuachin (*Tlacuatzin canescens*) en el área de conservación El Zapotal, en el noroeste del estado de Yucatán. Revista Mexicana de Mastozoología 11:85-90.
- JUÁREZ, D., CH. ESTRADA, M. BUSTAMANTE, Y. QUINTANA, J. MOREIRA, Y J. LÓPEZ.** 2010. Guía ilustrada de pelos para identificación de mamíferos mayores y medianos de Guatemala. Universidad de San Carlos Guatemala. Guatemala, Guatemala.
- LÓPEZ VIDAL, J. C.** 2006. Computarización de las colecciones de vertebrados terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN Fase 1: Estado de México, Hidalgo, San Luis Potosí y Tlaxcala. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Bases de datos SNIB2010-CONABIO. Proyecto No. BC004. Ciudad de México, México.

- LÓPEZ-VIDAL, J. C., C. ELIZALDE-ARELLANO, J. I. CAMPOS-RODRÍGUEZ, N. MATÍAS-FERRER, N. GONZÁLEZ, Y S. MURILLO-JIMÉNEZ.** 2008. Computarización de las colecciones de vertebrados terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN - Fases 2 y 3. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Bases de datos SNIB2010-CONABIO. Fase 2. Proyecto No. CC002. Ciudad de México, México.
- LÓPEZ-WILCHIS, R.** 2003. Base de datos de Los mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. <http://investigacion.izt.uam.mx/mamiferos/> 07/08/2013
- MEDELLÍN, R.** 2005. Marmosa mexicana Merriam, 1897 Ratón Tlacuache. 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.
- MIRANDA, A.** 1997. Deforestación y fragmentación del hábitat: consecuencias ecológicas sobre la fauna de mamíferos de la selva tropical estacional. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. B033. Ciudad de México, México.
- MORRONE J. J., Y J. MÁRQUEZ.** 2003. Aproximación a un Atlas Biogeográfico de México: Componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. Pp 217-220 en Una perspectiva latinoamericana de la Biogeografía (Morrone, J. J., y J. Llorente-Bousquets, eds.). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- MUÑOZ ALONSO, L. A., Y I. J. MARCH MIFSUT.** 2003. Actualización y enriquecimiento de las bases de datos del proyecto de evaluación y análisis geográfico de la diversidad faunística de Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyectos No. U014 y P132. Ciudad de México, México.
- RAMÍREZ PULIDO, J.** 1997. Análisis morfogenético de las poblaciones alopátricas de *Thomomys umbrinus* (Rodentia: Geomyidae) en la provincia volcánico-transversa. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. B011. Ciudad de México, México.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., Y J. MARTÍNEZ-VÁZQUEZ.** 2007. Diversidad de los mamíferos de la Reserva de la biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca, México. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. BK022. Ciudad de México, México.
- RAMÍREZ-PULIDO J., N. GONZÁLEZ-RUIZ, A. L. GARDNER, Y J. ARROYO-CABRALES.** 2014 List of Recent Land Mammals of Mexico, 2014. Special Publications of the Museum of Texas Tech University 63:1-69
- RETANA, G. O., M. WEBER, Y D. GUZMÁN.** 2010. Mamíferos terrestres en Campeche. Pp xx en La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado (Villalobos-Zapata, G. J., y J. Mendoza Vega, coord.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. Campeche, México.
- ROSSI, R. A., ROBERT S. VOSS, Y DARRIN P. LUNDE.** 2010. A revision of the didelphid marsupial genus *Marmosa* part 1. The species in Tate's 'mexicana' and 'mitis' sections and other closely related forms Bulletin of The American Museum of Natural History Number 334:1-83.

- SÁNCHEZ-CORDERO, V., y M. A. LINAJE.** 2003. *Marmosa canescens* (Tlacuachín) mapas consenso de los mamíferos terrestres de México. Distribución potencial. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>).
- SÁNCHEZ-CORDERO, V., P. ILLOLDI-RANGEL, M. LINAJE, S. SARKAR, y A. PETERSON.** 2005. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126:465-473.
- VARGAS-CONTRERAS, J. A., J. R. HERRERA-HERRERA, y J. E. ESCOBEDO-CABRERA,** 2004. Noteworthy records of mammals from Campeche, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 8:61-69.
- VELÁZQUEZ, J. A., y F. J. ROMERO-MALPICA.** 1998. Análisis de la heterogeneidad ambiental y conectividad de las áreas naturales del sur del Valle de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. B144. Ciudad de México, México.
- VILLA, R. B. y F. A. CERVANTES R.** 2002. Los Mamíferos de México. Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V. Ciudad de México, México.
- ZARZA, H., G. CEBALLOS y M. A. STEELE.** 2003. *Marmosa canescens*. *The American Society of Mammalogists. Mammalian Species* 725:1-4.

Sometido: 26 de agosto de 2014

Revisado: 30 de septiembre de 2014

Aceptado: 8 de diciembre de 2014

Editor asociado: Rafael Reyna

Registro de la presencia de mamíferos medianos en dos zonas del municipio de Cuetzalan, en la Sierra Norte de Puebla

Lorena Silverio Polo ¹ y O. Eric Ramírez-Bravo ^{*2,3,4}

Introduction: Northern Puebla has a high mammal diversity due the large variety of ecosystems present. However, there is no information about their distribution or their response to fragmentation. Thus, we registered medium sized mammals in two areas with different degree of disturbance. Rancho el Paraiso which focus on cattle ranching and the Tecomateno Private Reserve which conserves habitat in the municipality of Cuetzalan, Puebla.

Methods: From September 2012 to February 2013 we used transects to find tracks and scats and camera traps baited with a mix of sardine and lard. Additionally we undertook semi-structured interviews to hunters and ex-hunters with the aid of cards with images of the species potentially distributed in the area.

Results: We carried out 12 field visits in each site, accumulating a total of 163 camera nights and walking 27 km in Rancho el Paraiso, while in the Tecomateno Reserve, we accumulated 145 camera nights and walked 22.5 km. Our field efforts resulted in the detection of six species for the Tecomateno Reserve and four for Rancho el Paraiso. Our semi-structured interviews documented the presence of 13 species for the Tecomateno Reserve and 11 for Rancho el Paraíso.

Discussion and Conclusions: This study provides information on the mammals of Cuetzalan and their response to different levels of disturbance. It was expected to find a higher diversity in Rancho el Paraiso because it is located away from communities, however, it is used more intensively. We consider that interviews are a reliable cost effective tool to undertake rapid biodiversity assessments. These results also suggest that private nature reserves may be a good option to conserve biodiversity in fragmented areas.

Key words: disturbance, mesopredators, otter, sampling, tropical montane cloud forest

Resumen

El norte de Puebla cuenta con una gran diversidad de mamíferos debido a la gran variedad de ecosistemas que presenta. Sin embargo, no se cuenta con información sobre su distribución ni sobre su respuesta a la fragmentación. Por lo anterior, se registró la presencia de mamíferos medianos en dos zonas con diferente grado de perturbación. Rancho el Paraíso de vocación ganadera y en Reserva Privada Tecomateno que está destinada a la conservación de hábitat en el municipio de Cuetzalan, Puebla.

¹Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla Puebla, Carretera Acuaco - Zacapoaxtla Km. 8, Col. Totoltepec, C.P. 73680, Zacapoaxtla Puebla. E-mail: (LSP).

²Durrell Institute for Conservation Ecology, Marlowe Building, University of Kent, Canterbury, Kent, CT2 7NR, England. E-mail: ermex02@yahoo.com (OERB).

³Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad de las Américas, Puebla, Santa Catarina Mártir, Sin Número, Cholula, Puebla. CP. 72820, México. E-mail: ermex02@yahoo.com (OERB).

⁴CREANATURA A.C., Calle Quetzalcoatl No. 5, 2da. Sección de Quetzalcóatl, Puebla, Puebla. C.P.72960. E-mail: ermex02@yahoo.com (OERB).

*Corresponding author

De septiembre 2012 a febrero 2013 se utilizaron transectos para la búsqueda de huellas y excretas y cámaras trampa cebadas con una mezcla de sardina y manteca de cerdo. Adicionalmente, se elaboraron entrevistas semi-estructuradas a cazadores y ex-cazadores con ayuda de tarjetas con imágenes de las especies de distribución potencial.

Se realizaron en total 12 salidas por sitio, acumulando un total de 163 noches trampa y 27 km recorridos en el Rancho el Paraíso y 145 noches trampa y 22.5 km recorridos en la Reserva Tecomateno. Durante el trabajo de campo se detectaron seis especies para la Reserva Tecomateno y cuatro para el Rancho El Paraíso. Mediante las entrevistas, se documentó la presencia de 13 especies para la Reserva Tecomateno y de 11 en el Rancho El Paraíso.

Este estudio provee información sobre la mastofauna de Cuetzalán y su respuesta ante los distintos grados de perturbación. Se esperaba encontrar una diversidad mayor en el Rancho el Paraíso ya que se encuentra más alejado de los núcleos de población sin embargo; presenta una mayor intensidad de uso. Se considera que las encuestas son una buena herramienta para determinar la biodiversidad de un sitio a bajo costo y de manera rápida. Estos resultados nos permiten considerar que las reservas naturales privadas pueden ser una buena opción para el mantenimiento de la biodiversidad en zonas fragmentadas.

Palabras clave: bosque mesófilo de montaña, mesodepredadores, muestreo, nutria, perturbación

Introducción

La Sierra Madre Oriental presenta una gran diversidad de flora y fauna (Luna *et al.* 2004) y cuenta con ecosistemas como el bosque mesófilo de montaña que se consideran de los ecosistemas con mayor diversidad promedio de mamíferos en México (Fa y Morales 1993). Uno de los lugares menos estudiados a lo largo de esta cordillera es la Sierra Norte de Puebla, que a pesar de ser una zona que presenta una gran diversidad biológica (Ferrusquia 1993) no cuenta con estudios que describan la riqueza de mamíferos (Ramírez-Bravo *et al.* en proceso). Menos aún están documentadas las respuestas de los mamíferos ante las perturbaciones que se presentan en esta región pero, se tiene la hipótesis de que la diversidad será mayor en zonas alejadas a los núcleos de población. Por lo anterior, se registró la presencia de mamíferos medianos en dos zonas con diferente grado de perturbación, Rancho "el Paraíso" destinado a la cría de ganado pero alejado de los núcleos de población y la reserva natural privada "Tecomateno" destinada a la conservación de hábitat pero cercana a los núcleos urbanos dentro del municipio de Cuetzalán, Puebla.

Material y Métodos

Zona de Estudio. El Municipio de Cuetzalán del Progreso se localiza en la Sierra Norte de Puebla entre los paralelos $-19^{\circ} 57' 00''$ y $20^{\circ} 05' 18''$ N y los meridianos $97^{\circ} 24' 36''$ y $-97^{\circ} 34' 5''$ W. Su altitud va desde los 320 hasta los 1,500 m (Carrillo-Ruíz y Morón 2003). Presenta dos tipos de climas, semi-cálido húmedo con lluvias todo el año y cálido húmedo con lluvias todo el año con un rango de temperatura de 18°C a 26°C (INEGI 2009). Presenta asociaciones de pino-encino, bosque tropical sub caducifolio, y bosque mesófilo de montaña (Rzedowski, 1978); sin embargo, el municipio ha

perdido la mayor parte de sus zonas boscosas (64 %; INEGI 2009; Figura 1). El trabajo de campo se llevó a cabo en dos zonas con diferente grado de perturbación: Rancho “El Paraíso” con una superficie de 50 ha de las cuales aproximadamente el 80 % se dedica a actividades ganaderas mientras que la reserva natural privada “Tecomateno” cuenta con 30 ha y está dedicada a la conservación del hábitat (Figura 2).

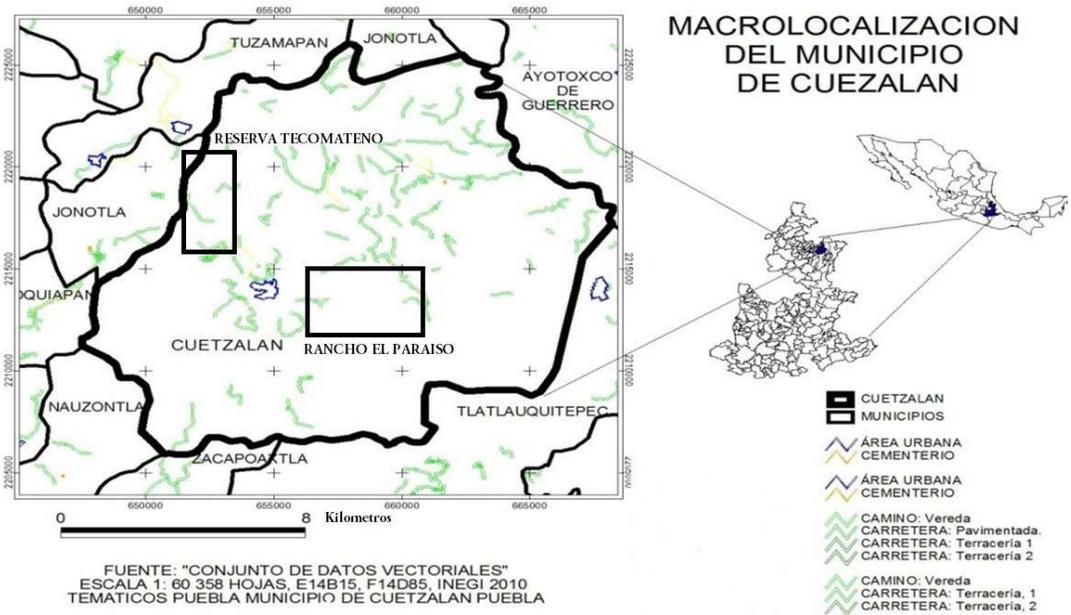


Figura 1. Municipio de Cuetzalan y ubicación de las zonas de estudio.

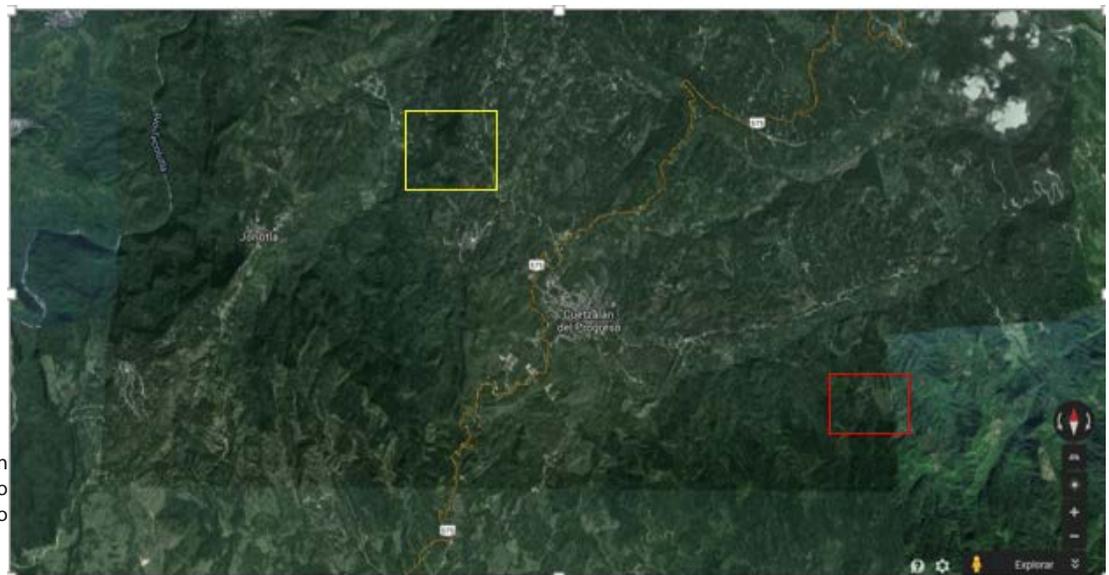


Figura 2. Áreas de estudio en el Rancho el Paraíso (cuadro rojo) y la Reserva Tecomateno (cuadro amarillo).

El trabajo de campo se llevó a cabo durante el periodo de septiembre 2012 a febrero 2013 utilizando transectos para la búsqueda de huellas y excretas. Estos fueron trazados al azar con la finalidad de cubrir aproximadamente el 10 % de cada uno (Sanchez-Lalinde y Perez-Torres 2008). Cabe destacar que en el caso del Rancho el Paraíso, el muestreo cubrió de manera similar los potreros y parches de bosque. Adicionalmente, se colocaron nueve estaciones de foto trapeo con una distancia mínima de 1 m y cada trampa se cebó con una mezcla de sardina y manteca de cerdo. Las cámaras (Bushnell, Trophy Cam)

fueron revisadas cada quince días, para confirmar su buen funcionamiento y para cambiar memorias de almacenamiento o pilas cuando era necesario. Adicionalmente, se elaboraron entrevistas semi-estructuradas a 13 cazadores y ex-cazadores en cada zona, utilizando el método de entrevistas de Martin (1985) utilizando tarjetas con imágenes de las especies de distribución potencial.

Resultados

Se realizaron en total 12 salidas por sitio, acumulando un total de 163 noches trampa y 27 km recorridos (nueve transectos de 3 km) en el Rancho el Paraíso y 145 noches trampa y 22.5 km recorridos (nueve transectos de 2.5 km) en la Reserva Tecomateno. En total se encontraron seis especies para la Reserva Tecomateno y cuatro para el Rancho el Paraíso. La zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), es la especie mejor representada siendo la que presenta un éxito de captura mayor. Mediante las entrevistas, se documentó la presencia de 13 especies para la Reserva Tecomateno y de 11 en el Rancho El Paraíso estando ausentes la nutria (*Lontra longicaudis*) y el jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) que se consideran especies amenazadas (Tabla 1).

Tabla 1. Éxito de captura para cada especie encontrada en cada sitio.

Especie	Rancho el Paraíso			Reserva natural privada Tecomateno		
	Cámara trampa	Rastros	Entrevistas	Cámaras trampa	Rastros	Entrevistas
Armadillo (<i>Dasyopus novemcinctus</i>)	X		X	X		X
Coatí (<i>Nasua narica</i>)	X		X	X		X
Jaguarundi (<i>Herpailurus yagouaroundi</i>)						X
Mapache (<i>Procyon lotor</i>)		X	X		X	X
Martucha (<i>Potos flavus</i>)			X			X
Nutria (<i>Lontra longicaudis</i>)						X
Ocelote (<i>Leopardus pardalis</i>)			X	X		X
Oso hormiguero (<i>Tamandua mexicana</i>)			X			X
Puerco espín (<i>Coendou mexicanus</i>)			X			X
Tlacuache (<i>Didelphis virginiana</i>)			X	X		X
Tigrillo (<i>Leopardus wiedii</i>)			X			X
Zorra gris (<i>Urocyon cinereoargenteus</i>)	X	X	X	X	X	X
Zorrillo (<i>Mephitidae</i>)			X			X
Total	3	2	11	5	2	13

Discusión

La Sierra Norte de Puebla se caracteriza por tener poca información mastofaunística por lo que este tipo de estudios es de suma importancia para poder llevar a cabo un manejo adecuado en el área. La diversidad encontrada con los transectos y las cámaras trampa se puede considerar baja en comparación con otros estudios que han encontrado una diversidad de 10 especies utilizando los mismos métodos (Martínez 2011). Esta diferencia puede deberse a que no se hizo el muestreo para mamíferos arbóreos como oso hormiguero y puerco espín que fueron reportados en las entrevistas y se ha confirmado su presencia en zonas aledañas (Ramírez-Bravo 2012). La mención de la nutria responde a que la Reserva Natural Tecomateno se encuentra junto a un río donde se ha reportado la existencia de la especie (Ramírez-Bravo *et al.* 2013).

Se esperaba encontrar una diversidad mayor en el Rancho el Paraíso ya que se encuentra más alejado de los núcleos de población. Sin embargo, el uso de la tierra en ambos sitios varía ya que aproximadamente el 80 % de este último está destinado a la producción agrícola y el resto se del terreno se encuentra en forma de parches de bosque mesófilo mientras que la Reserva Natural Tecomateno es una zona que destina cerca del 80 % de su superficie a la conservación del hábitat. Esto ha sido documentado previamente en estudios que han relacionado la riqueza de especies con la intensidad de las actividades antropogénicas y no con la proximidad a núcleos urbanos (Ordeñana *et al.* 2010).

Se puede apreciar que en ninguno de los sitios se obtuvieron registros de depredadores tope que puede deberse al cambio de uso de suelo para el cultivo de café (Evangelista *et al.* 2010) ya que las actividades antropogénicas son la principal causa de su desaparición (Woodroffe y Ginsberg 1998). Este hecho puede ocasionar la liberación de los mesodepredadores que en muchos casos se ven beneficiados al incrementar el número de fuentes de alimento (Beasley *et al.* 2007; Urquiza-Haas *et al.* 2009). En las dos zonas de estudio se evidencia este fenómeno ya que la zorra gris, al ser una especie generalista tiene un alto índice de detección como en otras zonas (Lorenzana-Piña *et al.* 2004).

Conclusión. Este estudio provee más información sobre la mastofauna de Cuetzalán y su respuesta ante los distintos grados de perturbación. A pesar de que en el trabajo de campo no se obtuvieron las mismas especies que en las encuestas, se puede decir que estas son una buena herramienta para determinar la biodiversidad de un sitio a bajo costo. Los resultados demuestran que las zonas con alto grado de perturbación tienen una menor diversidad de mastofauna en comparación de los conservados. Sin embargo, llama la atención que en el Rancho el Paraíso que se encuentra altamente perturbado exista una gran diversidad de mamíferos medianos que puede responder a que cuenta con parches de bosque mesófilo y está alejado de los núcleos urbanos. Finalmente, se considera que las reservas naturales privadas pueden ser una buena opción para el mantenimiento de la biodiversidad en zonas fragmentadas.

Literatura citada

- BEASLEY, J. C., T. L. DEVAULT, Y O. E. RHODES JR.** 2007. Home-range attributed of raccoons in a fragmented agricultural region of northern Indiana. *Journal of Wildlife Management* 71:844-850.
- CARRILLO RUIZ, H., Y M. A. MORÓN.** 2003. Fauna de Coleóptera Scarabaeoidea de Cuetzalán del Progreso, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 88:87-121.
- EVANGELISTA, V., J. LÓPEZ, J. CABALLERO, Y M. A. MARTÍNEZ.** 2010. Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla. *Boletín del instituto de geografía. Universidad Nacional Autónoma de México* 72:23-38.
- FA, J. E. Y L. M. MORALES.** 1993. Patterns of mammalian diversity in Mexico. Pp. 319-361 en *Biological Diversity of Mexico: Origins and distribution* (Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot, y J. Fa. eds.). Oxford University Press, New York, EE.UU.
- FERRUSQUÍA, I.** 1993. Geology of México: a synopsis. Pp. 3-107 en *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution* (Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot, y J. Fa. eds.). Oxford University Press, New York, EE.UU.
- INEGI.** 2009. Prontuario estadístico del municipio de Cuetzalán del Progreso.

- LORENZANA PIÑA, G., R. E. CASTILLO GÁMEZ, Y C. LÓPEZ GONZALES.** 2004. Distribution, habitat, association and activity patterns of medium and large sized mammals of Sonora, Mexico. *Natural Areas Journal* 24:354-357.
- LUNA, I., J. MORRONE, Y D. ESPINOSA.** 2004. Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Universidad Nacional Autónoma de México -Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Distrito Federal, México.
- MARTIN, G. J.** 1985. *Ethnobotany: a methods manual*, Chapman y Hall. New York, EE.UU.
- MARTÍNEZ, M.** 2011. Inventario de mastofauna mediana y grande, empleando métodos indirectos en campamento Reserva Azul, el Cuichat, Cuetzalán del Progreso Puebla. Memoria de Residencias de Licenciatura en Biología. Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla.
- ORDEÑANA, M. A., K. R. CROOKS, E. E. BOYDSTON, R. N. FISHER, L. M. LYREN, S. SIUDYLA, C. D. HAAS, S. HARRIS, S. A. HATHAWAY, G. M. TURSCHAK, A. K. MILES, Y D. H. VAN VUREN.** 2010. Effects of urbanization on carnivore species distribution and richness. *Journal of Mammalogy* 91:1322–1331.
- RAMÍREZ-BRAVO, O. E.** 2012. New records of the Mexican hairy porcupine (*Coendou mexicanus*) and tamandúa (*Tamandua mexicana*) in Puebla, Central Mexico. *Western North American Naturalist* 72:93-95.
- RAMÍREZ-BRAVO, O. E., P. L. MORENO BARRERA, Y L. HERNÁNDEZ-SANTÍN.** 2013. Public participation as an aid to conserve little known species: The case of the neotropical otter (*Lontra longicaudis*, Olfers, 1818) in Central Mexico. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 30:37-41,
- RZEDOWSKI, J.** 1978. *Vegetación de México*. Limusa. Distrito Federal, México.
- SÁNCHEZ-LALINDE, C., Y J. PÉREZ-TORRES.** 2008. Uso de Hábitat de carnívoros simpátricos en una zona de bosque seco tropical de Colombia. *Mastozoología Neotropical* 15:67-74
- URQUIZA-HAAS, T., C. A. PERES, Y P. M. DOLMAN.** 2009. Regional scale effects of human density and forest disturbance on large-bodied vertebrates throughout the Yucatán Peninsula, Mexico. *Biological Conservation* 142:134–148.
- WOODROFFE, R., Y J. R. GINSBERG.** 1998. Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. *Science* 280:2126 – 2128.

Sometido: 24 de septiembre de 2013
 Revisado: 10 de diciembre de 2013
 Aceptado: 12 de diciembre de 2014
 Editor asociado: Jesús Maldonado



The Mexican Society of Mammalogy presents the Ticul Álvarez Solórzano Academic Merit Award 2014 to James L. Patton

Semblance

Mammalogy in Mexico has been built through the work and knowledge generated by many researchers. Their contribution is seen today not only by their projects and publications, but by the formation of human resources, where a single professor can impact several generations. The recognition of these researchers by the Mexican Association of Mammalogy has become a tradition. This is the fourth time that the Ticul Álvarez Solórzano Academic Merit Award has been given to investigators whose academic career has truly contributed the knowledge and training of Mammalogists in Mexico. This year the Award is given to Dr. James L. Patton, for his outstanding contribution to the study of mammals, which is recognized not only in Mexico, but also worldwide. This semblance aims to show just some of his great academic career and personality, because describing him as he deserves

requires not only more paper and ink, but also better rapporteurs than the authors here. Nonetheless, to have the opportunity to learn more about him, this document includes the words of some colleagues and / or students who have agreed to share their experiences.

Jim, as we know him, was born in 1941 in St. Louis Missouri. He is the youngest son of John Franklin Patton II, a urologist, and Marjorie Allyn Marquardt. He earned a BA in Anthropology from the University of Arizona, graduating with honors in 1963. Fortunately for us all, during his Masters in Physical Anthropology, he realized the need to study other mammals beyond primates. Thanks to his interest in a Mammalogy course, for which the TA was Al Gardner, he switched the right path; changing to the Department of Zoology at the same University. That semester he also took a Human Genetics course where, as part of a semester project, developed a technique that allowed tracking cell division in rodents. This work resulted in a publication (Patton 1967), recognized today as a Science Citation Classic. What came after this "little project", along with the growing infatuation to discover the immense diversity of mammals, formed in him the idea of studying this part of nature from a different perspective. Thus he accomplished a Masters and Doctorate Degrees developing cutting-edge research on the evolution of rodents. He completed graduate studies in 1969. That same year, Oliver Pearson, who then was the director of the Museum of Vertebrate Zoology at the University of California at Berkeley, was instrumental in hiring Jim and claims that this was the best decision that he made as director. Since then, Jim has worked for the Department of Zoology (now Integrative Biology) and the Museum of Vertebrate Zoology, where besides being Professor, he has been Curator of the Mammal Collection and Associate Director of the Museum. Here is where he developed his long and successful career as Mammalogist. His research interests have been the evolution, genetics, systematics and biogeography of mammals with emphasis on Neotropical rodents and marsupials.

The knowledge generated by Jim has been meaningful in evolutionary biology since the beginning of his career. His two graduate theses are iconic in the study of mammalian evolution and the related publications are among the most cited since. First, his article on chromosomal evolution in *Perognathus goldmani* pioneered the field of evolutionary cytogenetics, due to the use of chromosomal data in the study of mammals and to the implementation of a new technique he developed himself. On the other hand, the discovery and evaluation of a hybrid zone between two species of pocket gophers of the genus *Thomomys*, opened the door to a number of publications with a new insight into the process of speciation and species boundaries in mammals.

With no doubt, one of the things that he has enjoyed in his career is doing fieldwork and collecting specimens. His catalog records over 23,000 collected mammals, all prepared with a unique curatorial quality. He has traveled and collected in 15 countries, including of course Mexico, the first country he went outside the USA. This was a trip in the late 60's with Al Gardner and Don Wilson, whose main objective was to bring some live specimens of *Desmodus rotundus*, for which he was willing to draw blood from a horse to feed. Perhaps this is one of the funniest stories Jim could tell. After this trip, he returned regularly to Mexico for almost 13 years.

Throughout his career, he has shown a high commitment to curatorial work and to scientific collections, highlighting the value that exists in the information contained therein. With this vision, Jim has been a mainstay in building information systems for

accessing collections databases in North America. Not surprisingly, Jim is also a research associate of important collections such as the American Museum of Natural History, the Museum of Southwestern Biology, University of New Mexico, and the Museum of Texas Tech University in Lubbock, Texas.

His scientific output includes over 230 publications, including five monographs. His research and publications about Mexican mammals have focused primarily in the Northwest Mexico, particularly on heteromyids, geomyids, and the genus *Neotoma*. He is member of 13 scientific associations, taking leadership positions in five of them. His enthusiasm, vision and ethics have led him on to other important positions of leadership and direction as mentioned in other museums, but also as part of evaluation panels for the National Science Foundation and as associate editor of major journals such as *Journal of Mammalogy*, *Evolution*, *Systematic Biology*, *Current Mammalogy*, *Genetics and Israel Journal of Zoology*. In recognition of his research he was recipient of the C. Hart Merriam Award from the American Society Mammalogists in 1984, Member of the California Academy of Sciences in 1984, Distinguished Research by the Museum of Zoology, University of Michigan 1984, Member of American Association for the Advancement of Science in 1986, Sewell Wright Award from the University of Chicago in 1994, and Honorary Member of the American Society of Mammalogists in 2001. In addition, six species and one genus have been described honoring his name.

Jim is an educator in every sense of the word and he is highly regarded for his ease and patience to teach and to guide students. The list includes countless hours of lecture in classroom, field, lab, and museum. He has mentored 37 graduate students and 13 postdoctoral students. Beyond these numbers, many can tell that the impact of his teachings still pours through generations of students trained by his disciples and collaborators. That is why he has received the Award for Excellence in Teaching from the University of Berkeley in 1989 and the Joseph Grinnell Award for Excellence in Education in Mammalogy by the ASM in 1998.

The work of this researcher is recognized for its high quality and professionalism, but Jim, the person, is characterized by a strong sense of ethics, humility and above all for his generosity. This is not noticed in the list of publications, projects, students, classes, and awards, but it is only seen when you meet him, and even if you only had the chance to talk to him or even send an e-mail. When a student first meets him, he/she would never guess that he is one of the world's top mammalogists. Jim always has the courtesy to talk to those who approach him, to answer questions and messages, to share his knowledge and even data or information to enable the advance in science, or just for the sake of maintaining contact with those who seek it. Still, with the simplicity that characterizes him, Jim often refers to himself as "just an old rat trapper".

Jim decided to retire in 2001, but he continues to work every minute. He is currently Professor and Curator Emeritus at the Department of Integrative Biology and Museum of Vertebrate Zoology in California University at Berkeley, in addition to continuing as a research associate at other collections in the United States and doing editorial and fieldwork. Fortunately, when it is at his reach, Jim continues supporting young, and not so young, researchers who request it. In a recent book that compiles items in his honor, where the first chapter presents his biography (Rodríguez-Robles and Greene, 2005), he says that his father once told him, "What ever you do, do it well and enjoy doing it". Definitely he followed to

point instruction, he did and does it well, still doing well, and still enjoying it. Thanks for all that Jim. It is a truly honor for the AMMAC to present the José Ticul Álvarez Solórzano Award 2014 to Dr. James L. Patton.

EA, FXG, and DSR

Anecdotes from colleagues or students of James L. Patton

I met Jim on 1997, at the *VII International Theriological Congress* in Acapulco, Mexico, when I was not only starting my PhD, but in reality I was also just initiating my relationship with mammals –I must say I did my undergraduate thesis with marine invertebrates. Jim was giving a plenary talk and, when he finished, some students and I approached him. He, with a joy that I will never forget, listened to our questions, gave us suggestions, and shared his immensurable enthusiasm –the truth be said an enthusiasm many of us were only recently acquiring– for the work with rodents (not the most charismatic mammals for those of us with early dreams of working with dolphins!).

Several years later, and a little after I started working at the Instituto de Ecología, UNAM, I had the bold idea of organizing a Symposium within the *VII National Congress of Mastozoology* at San Cristóbal de las Casas, México; I also had the audacious intention of inviting Jim Patton, among other great speakers, whom most probably did not even remember me. With the kindness that has always characterize him, and with the fondness he has always had and still has for México, and to my great surprise, Jim accepted the invitation right away.

From that congress was borne not only my cherished friendship with Jim and with Carol, his wife for more than 48 years, but also the publication of the book “Genetics and Mexican mammals: present and future”, which compiled the talks of all the speakers in the symposium, together with a Preface that Jim wrote. I must highlight also that we were able to publish the book thanks to Jim’s enormous generosity, who helped financing it almost in its entirety. It is also thanks to his help that, for several years and in different forums, we have been able to donate numerous books.

I want to quote here some of the words included in the book’s preface that reflect, as I mentioned before, that fondness that Jim has for México, for its people and for its wild mammals: “I began my own scholarly career in mammalian evolutionary biology . . . My field of enquiry at the time was comparative cytogenetics, and much of my work centered on species of heteromyid and geomyid rodents inhabiting the North American deserts and mountains, areas that included the northwestern Mexican states. The field of mammalian genetics, as applied to Mexican mammals and more generally, has changed substantially since those days in the early 1960s . . . In many respects, this volume marks both events: the burgeoning advances in the application of genetic methodologies to understanding the history and diversity of Mexican mammals and the exceptional development of scientific infrastructure and scholarly programs within the country itself. Looking back over the past 40+ years, I applaud, and am in awe, of both.”

Jim’s research, field, and curatorial work have been recognized in a variety of ways, but among the most charismatic for me are the many species that have been named after him: a rodent genus *Pattonomys*, two Neotropical rodent species *Proechymys pattoni* and *Phyllomys pattoni*, one fossil porcupine species *Neosteiromys pattoni*, a bat *Lonchophylla pattoni*, a Pocket gopher *Geomys doecus pattoni* and one species of snake (*Liophidium pattoni*) from Madagascar!

Jim's tireless activity has been of great fortune for many, me amongst them, for which I had the opportunity to share with him a field expedition to a remote area in Guatemala, in the Cerro San Gil, where he mentioned every day "I am an old man now, I cannot do fieldwork as I used to ..." I actually think he did it just to make us feel less bad because, the truth was, we were the ones that could not keep with Jim's pace! Jim not only walked more, he also set more traps, captured more individuals and, on top of all, he was the one finding the most interesting things (interesting even for him after 50 years of field work), like an individual of *Heteromys* who had in its pouches ... bones from another rodent!!

It is, in all aspects of his daily life, where Jim proves and demonstrates his incredible kindness, joy, and team spirit, making those who share with him, undoubtedly better persons. I shall finish by congratulating Jim for this very well deserved award –and congratulate me because I can count, in my life, with the privilege of knowing him, to include me among his friends, and to cherish him for always.

EVD

I had the opportunity to meet Jim in the field, when he was invited to participate as member of my Masters tutorial committee, to which he kindly accepted immediately. During that trip through Baja California Sur, the first thing that surprised me about Jim, was the vitality and facility with which he moved in field, despite the grueling sun and arid desert, he would dig holes in every place that showed evidence of gophers. While Sergio Ticul and I took hours placing and checking a few traps, heated, tired, and without much collecting success; Jim took us a great advantage with several gophers in the bag and always with a big smile on his face. There he taught me my first lesson, to do what we love always happy and positive, despite of the circumstances. During the long hours of taxidermy in the field, it was a pleasure to listen to his stories, while his skillful hands opened little bodies, took tissues off, and stuffed skins. It was also during that trip, along with Jim, when I first tasted fried gophers; although I must admit that when taking the bite, my teeth thundered by the remains of sawdust left in the cooked bodies.

Later, Jim welcomed me into the MVZ to work the molecular part of my thesis. There I got to know more about him, particularly his great discipline. He arrived on time to the Museum every day. I knew that he always included morning exercise in his daily routine. For lunch time, the Museum usually stayed practically empty, only a few were still hanging around. Jim, from inside his office, just pulled out his big sandwich and enjoyed it without departing from the desk, always concentrated at work; and just when was check out time, he finished what was proposed for the day and he was leaving, to return home to his wife Carol.

The day of my dissertation defense, those present witnessed the pleasure of Jim to transmit just part of his great knowledge, when, to extend my answer to a question that he asked me, he got up to the blackboard and explained it with diagrams in a very illustrative way, showing the experience and passion he has on the subject. I have always considered Jim a great teacher and a beautiful human being, I appreciate his teachings and to spread in me the interest in studying "pocket gophers." I am pleased to read the publications that up today he still produces about mammals.

ER

Jim Patton's Influence on my Life as a Researcher

I first met Jim Patton in the spring of 1974 when I traveled to the Museum of Vertebrate Zoology to examine specimens in the museum's impressive mammal collection. I was working toward my Master's degree at Occidental College in southern California, and my visit to MVZ was part of a small project for an evolution course I was taking. Jim was unaware that Bill Lidicker, the other Curator of Mammals at MVZ, had given me permission to work in the collection, so when Jim discovered me handling specimens in his collection he immediately challenged me in his characteristically booming voice, "DO YOU HAVE PERMISSION TO WORK IN THE MAMMAL COLLECTION?" Once the echoes subsided, I responded meekly, "Yes, Dr. Lidicker gave me permission to work in the collection..." Immediately, Jim's facial expression changed from a frown to a friendly smile, and we had a long and enjoyable chat about small mammals. No one could ever question that Jim Patton cared about his mammal collection and protected it like a mother bear. I did my best to follow Jim's curatorial ethos throughout my own career as a curator.

I began working as a Ph. D. student in Jim's lab in the fall of 1975. The next four years were mostly a blur to me, because I had a wife and two young daughters at home and I wanted to finish my degree and get a job as soon as possible. Despite the whirlwind pace of my graduate student days at MVZ, a few memories of Jim stand out prominently. Foremost among these was his oft-stated admonition: "If you are going to do a project, do it thoroughly." He chafed against the growing trend of publishing short, superficial papers that contributed little of substance to the mammalogical literature. As a result, he had fewer publications than some of his peers at that time, but his papers were always considered substantive and meaningful, and his research has stood the test of time.

Another indelible memory I have from my time with Jim was his advice to avoid treating other scientists working in your research area as intruders or competitors; instead, he advised us to welcome other researchers as members of a team working toward a common goal and let them inspire you to do even better work. Jim's advice served me well through the years, and many of my research collaborations were rooted in Jim's preference for collaboration over competition.

I think the strongest influences Jim Patton had on my life as a researcher was his work ethic and his scientific integrity. No one worked harder than Jim in the lab and field, and this effort paid off in terms of large sample sizes, copious data, and thorough analyses. He was a critical thinker before critical thinking became popular, and he taught me that critical thought led inevitably to scientific integrity.

In summary, Jim Patton is richly deserving of the José Ticul Álvarez Solórsano Award given by the Asociación Mexicana de Mastozoología A. C., and I am exceedingly pleased to see him honored in this way.

MSH

Jim is one of those unique individuals who become a watershed in your personal and academic life. I met Jim in one of those critical moments of academic life that happens to all those who intend to do research some time in their life. That moment was in the 90s when I was going through a very strong personal crisis and finishing my doctoral studies. One has to admit that by the time we are done with graduate studies we have the crisis of what comes next. Personally, I was bored with more of the same, and it was Jim who taught me

at first instance, with his simplicity and great support, that things have different angles. I learned that the “limit” to research is “limited” only by the ideas one can generate, and that the simplest ideas are the most important. Jim is a person with enormous naturalness and incredible knowledge.

Jim, as another one of my mentors, reaffirmed that daily work is not a job, but an activity we like, enjoy, live passionately, and in addition, we get paid for it. I have been fortunate of regularly having spent time with Jim for 18 years, and much of that time, Jim has been “legally retired” but I know that he works, better said, enjoys doing research every day as if time were short to finish all the projects he has in mind and hopes to carry out.

I had the opportunity of working with Jim for the first time in the late 90s, when I was invited to the Museum of Vertebrate Zoology for a research stay. Up to that time, I cannot discern yet what struck me more, motivation and change from then on for the rest of my life. On the one hand, I was with one of the most influential researchers in the history of Mammalogy, but at the same time with one of the simplest, friendliest person, open to listen, ready to review, give advice and recommendations in all respects; in a few words, someone more than admirable by his essence as a person and his infinite effort to help others. On the other hand, at that time he put me to work with PCR and sequencing, something completely new for me, which combined with his reflexive thoughts and full of ideas managed to open myself up to knowledge and flux of ideas, completely changing my academic career. Since then, I have visited Jim regularly in short sabbatical stays, and I have always found in him a constant source of motivation, new ideas, learning, simplicity, humility, and support.

More than one decade ago, I had the opportunity to do fieldwork with him and a group of students from CIBNOR in Baja California Sur. It has probably been the most rewarding journey of my life. At all times we learned things, and Jim was always the first one to get up and start working; the one who placed the most traps; who collected the most; who prepared the most and the best, and so on, but he never boasted about it; the best of the best. At the end of the journey a female student then, and now a collaborator, said some words that were engraved in me, and which truly represent the essence of Jim “Doc, you know what? Jim is like the Grandpa that we’ve all wanted to have some time (MDLPC)”.

STAC

It is my pleasure to contribute a narrative supporting Jim Patton’s nomination for the 2014 Ticul Álvarez Solórzano award from AMMAC. I have known Jim since 1978 when I applied to graduate school at the University of California, Berkeley, to work with him. I had written Jim an introductory letter and was excited to receive a very encouraging letter back (a copy of which I still possess). Eventually I was accepted to begin a Ph. D. under his direction and decided to visit the Berkeley campus. The cheapest flight from Dallas to San Francisco was a “red eye”, but Jim was adamant that he would meet me at the airport even though my flight arrived at 02:30 hrs. As it turns out, both Jim and his wife Carol were there, as well as one of his graduate students, Don Straney. Because I was from Texas and was (and still am) in awe of Jim’s stature as a Mammalogist, my greeting to him went something like “It’s a pleasure to meet you sir.” To which Jim replied, “None of that sir bullshit, just call me Jim.” During the course of my visit over the next several days, Jim and Carol had me stay at their home and Jim spent a considerable amount of time touring me around campus and the Museum of

Vertebrate Zoology, and introducing me to faculty and graduate students. Jim answered all my questions; some of which must have seemed trivial and kind of ridiculous, as I look back on things now. Nevertheless, Jim patiently answered all my queries and provided his own perspectives on graduate school and what would be expected of a student working in the Museum of Vertebrate Zoology. At the end of my stay, Jim drove me back to the airport. As proved to be typical for Jim, he followed up my formal acceptance letter from the Department of Zoology with one from him, telling me that he was pleased that I had been accepted and offering to fund me from "one of his NSF grants" prior to the start of the fall semester if I was interested.

This background serves to illustrate several important things about Jim Patton. He is first and foremost, an unassuming, "get down to business" person. Jim is not at all formal, but very personable and kind. Although he describes himself as "just an old rat trapper", Jim is much more than that. He is willing to spend his valuable time with you. Above all, Jim is patient to the greatest degree when helping others, which he does more readily than most, if not all, professional scientists I know. By helping, I mean that Jim shares his time, expertise, data, resources; anything to make it easier for other Mammalogists to make progress in their careers. Most people may not think of Jim as patient, but you have to realize that Jim is so organized, efficient and such a hard worker that he *has* to be patient; because nobody can keep up with him!

Jim spent the first 13 or so years of his career conducting extensive fieldwork in northern Mexico, and he has contributed to the development of Mammalogy in Mexico in several important ways. His early research involved Mexican mammals because he was examining patterns of karyotype variation, mostly in pocket mice and gophers. Most, but not all, Mexican Mammalogists are aware that Jim developed the method of using bone marrow from small mammals to produce karyotypes in T. C. Hsu's lab in Houston, Texas, and then gladly shared this method with other graduate students while he was at the University of Arizona. Jim's 1967 paper on "Chromosomes studies of certain pocket mice, genus *Perognathus* (Rodentia: Heteromyidae)" published in the *Journal of Mammalogy* describes his "in vitro" bone marrow karyotyping technique. Since this procedure could also be done in the field, as long as you had a centrifuge, Mammalogists have taken "hand crank" centrifuges into remote areas of Mexico (and all over the world) and have used Jim's basic technique to produce karyotypic data for all sorts of taxa, resulting in hundreds of publications adding to our knowledge about mammalian cytogenetics. Jim also contributed to our understanding of the biology of Mexican mammals through his own work and through that of his graduate students and post-docs, some of whom have conducted research on Mexican mammals for decades now. During the middle of his professional career, Jim devoted a major part of his research effort to understanding the evolutionary history of rodents and marsupials in Latin America, principally in Peru and Brazil. More recently, Jim has again shifted his interest closer to "home" and in collaboration with Ticul, among others, has contributed to our understanding of the systematics of pocket gophers and desert woodrats in northern Mexico and the southwestern United States. As the majority of Mexican Mammalogists are aware, Jim was recently honored by AMMAC by presenting an invited talk titled "La aplicación de métodos genéticos moleculares para el estudio de los mamíferos mexicanos: una perspectiva personal" at the AMMAC meeting held in San Cristobal de las Casas, Chiapas, in 2004.

To date, Jim's CV lists more than 230 publications. While this is certainly impressive, the number of publications he has authored is not representative of his overall contribution to the discipline of Mammalogy. This is because Jim believes that his graduate students' publications are theirs – he does not seek, and typically refuses offers of co-authorship of papers that his students publish based on their Masters or Ph. D. dissertations. This is despite the fact that Jim's intellectual and financial contributions were substantial. To my knowledge, Jim never has co-authored a paper simply because the work was done in his lab or he contributed some reagents, tissue samples, or simply providing his editorial suggestions on the manuscript.

In summary, Jim is truly an exceptional individual, Mammalogist and collaborator. He is uniquely unselfish when it comes to helping other investigators with his time, expertise and resources. In my opinion, Jim is, and likely will be, the greatest mammalogist any of us will ever know. We would all do well as professionals to emulate him as best we can. Therefore, I can think of nobody more deserving of the Ticul Álvarez Solórzano award from AMMAC than Jim.

DSR



La Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. entrega el Premio al Mérito Académico Ticul Álvarez Solórzano 2014 a James L. Patton

Semblaza

La mastozoología en México se ha moldeado a través del trabajo y la generación de conocimiento por parte de muchos investigadores. Su contribución se refleja hoy en día no solo en publicaciones y proyectos, sino también en la formación de recursos humanos, en donde un solo investigador puede tener gran impacto a lo largo de varias generaciones. El reconocimiento a estos investigadores por parte de la Asociación Mexicana de Mastozoología es ya una tradición. Ésta es la cuarta ocasión que se entrega el Premio al Mérito Académico Ticul Álvarez Solórzano al investigador cuya carrera académica ha contribuido profundamente al conocimiento y la formación de mastozoólogos en México. En esta ocasión se otorga este premio al Dr. James L. Patton, por su destacada contribución al estudio de los mamíferos, la cual es reconocida en México y en todo el mundo. La presente semblanza pretende mostrar algo de la gran trayectoria académica del galardonado y un poco de su gran personalidad; describirlo como lo merece requiere mucho más papel y tinta y mejores relatores que los autores. Sin embargo, para tener la oportunidad de conocer más sobre él, se incluyen al final de este escrito las palabras de algunos colaboradores y/o estudiantes que han aceptado compartir esa experiencia.

Jim nació en 1941 en San Louis Missouri. Es el hermano menor de John Franklin Patton II, médico urólogo, y Marjorie Allyn Marquardt. Estudió la licenciatura en Antropología en la Universidad de Arizona, graduándose con honores en 1963. Afortunadamente

para nosotros, durante sus estudios de Maestría en Antropología Física, se dio cuenta de la necesidad de estudiar otros mamíferos más allá de los primates. Fue entonces que un curso de Mastozoología, en el que Al Gardner era profesor asistente, lo hizo tomar el camino correcto y cambiarse al Departamento de Zoología en esta misma Universidad. Ese semestre también tomó un curso de Genética Humana y, como parte de un proyecto semestral, desarrolló una técnica que le permitiera dar seguimiento a la división celular de roedores. Este trabajo derivó en una publicación (Patton, 1967), que es hoy reconocida como un Science Citation Classic. Lo que vino después de este “pequeño proyecto”, junto con el enamoramiento que crecía al descubrir la inmensa diversidad mastozoológica, formó en él la idea de estudiar esta parte de la naturaleza desde una perspectiva diferente. Es así que obtuvo los grados de Maestría y Doctorado desarrollando investigación de punta sobre la evolución de roedores. Finalizó los estudios de posgrado en 1969. Ese mismo año, Oliver Pearson, quien era entonces el director del Museo de Zoología de Vertebrados de la Universidad de California en Berkeley, tuvo la acertada idea de contratar a Jim y afirma que ésta fue la mejor decisión que hizo como director. Desde entonces, Jim ha trabajado para el Departamento de Zoología (ahora Biología Integrativa) y el Museo de Zoología de Vertebrados, donde además de ser profesor, ha sido curador de la Colección de Mamíferos y Director Asociado del Museo. En este lugar es donde ha desarrollado su larga y exitosa carrera como mastozoólogo, siendo su línea de estudio la evolución, genética, sistemática y biogeografía de mamíferos con énfasis en roedores y marsupiales neotropicales.

Desde el inicio de su carrera, el conocimiento que Jim ha generado ha sido significativo para la biología evolutiva. Sus dos tesis de posgrado son ícono en el estudio de la evolución de mamíferos, y las publicaciones derivadas son de las más citadas desde entonces. Primeramente, su artículo sobre evolución cromosómica en *Perognathus goldmani* fue pionero en el área de la citogenética evolutiva, por utilizar datos cromosómicos en el estudio de mamíferos, y por la implementación de una nueva técnica que él mismo desarrolló. Por otro lado, el descubrimiento y evaluación de una zona de hibridación entre dos especies de tuzas del género *Thomomys*, abrió la puerta a una serie de publicaciones con una nueva visión sobre el proceso de especiación y los límites de especies en mamíferos.

Sin duda, una de las cosas que más ha disfrutado Jim en su carrera es hacer trabajo de campo y coleccionar ejemplares. Su catálogo registra más de 23,000 mamíferos coleccionados, todos ellos preparados con una calidad curatorial única. Ha viajado y coleccionado en 15 países, incluyendo por supuesto México, el primer país en que coleccionó fuera de Estados Unidos. Fue un viaje a finales de los 60's con Al Gardner y Don Wilson, cuyo principal objetivo fue llevar algunos ejemplares vivos de *Desmodus rotundus*, para lo que estuvo dispuesto a sacar sangre de un caballo para alimentarlos. Tal vez ésta es una de las más divertidas anécdotas que podría contar Jim. Después de este primer viaje, regresó periódicamente durante casi 13 años.

A lo largo de su carrera, ha mostrado un alto compromiso con el trabajo curatorial y las colecciones científicas, resaltando el valor que existe en la información de estos acervos. Con esta visión, Jim ha sido un pilar en la creación de sistemas de información para el acceso a bases de datos de colecciones en Norte América. No en vano, además es investigador asociado de importantes Colecciones como la del Museo Americano de

Historia Natural, del Museo de Biología del Suroeste de la Universidad de Nuevo México y del Museo de la Universidad de Texas Tech, en Lubbock Texas.

Su producción científica comprende más de 230 publicaciones, incluyendo 5 monografías. Su trabajo de investigación y sus publicaciones sobre mamíferos mexicanos se ha enfocado principalmente en el área del Noroeste de México, en estudios sobre heterómidos, geómidos y el género *Neotoma*. Es miembro de 13 asociaciones científicas, teniendo cargos directivos en cinco de ellas. Su entusiasmo, visión y ética lo han llevado a ocupar otros importantes puestos de liderazgo y dirección como los mencionados en otros museos, pero además como integrante de paneles de evaluación de la National Science Foundation y como editor asociado de importantes revistas como *Journal of Mammalogy*, *Evolution*, *Systematic Biology*, *Current Mammalogy*, *Genetica* e *Israel Journal of Zoology*. En reconocimiento a este trabajo de investigación se le otorgó el Premio C. Hart Merriam de la Sociedad Americana de Mastozoólogos, en 1983, Miembro de la Academia de Ciencias de California en 1984, Investigador Distinguido por el Museo de Zoología de la Universidad de Michigan en 1984, Miembro de Asociación Americana para el Avance de la Ciencia en 1986, Premio Sewell Wrigth por la Universidad de Chicago en 1994 y Miembro Honorario de la Sociedad Americana de Mastozoólogos en 2001. Además, se han descrito seis especies y un género honrando su nombre.

Jim es un educador en todo el sentido de la palabra y es especialmente reconocido por su facilidad y paciencia para enseñar, así como para guiar estudiantes. La lista incluye innumerables horas de clase en aula, campo, laboratorio y museo. Ha formado 37 estudiantes de posgrado y 13 de posdoctorado. Más allá de estos números, muchos podemos decir que el impacto de sus enseñanzas se derrama aún a las generaciones de estudiantes formados por sus discípulos y colaboradores. Es por esto que ha recibido el Premio a la Excelencia en la Docencia por la Universidad de Berkeley en 1989 y el Premio Joseph Grinnell por la Excelencia en la Educación en Mastozoología por parte de la ASM en 1998.

El trabajo de este investigador se reconoce por su alta calidad y profesionalismo, pero Jim, la persona, se caracteriza por su inmenso sentido de la ética, sencillez y sobre todo por su generosidad. Esto no se alcanza a ver en la lista de publicaciones, proyectos, estudiantes, clases y premios, se ve solo cuando lo has conocido a él, y se percibe si tan sólo has tenido la oportunidad de hablar con él o aún de escribirle en alguna ocasión. Cuando un estudiante habla con él por primera vez, difícilmente se puede imaginar que se trata de uno de los mastozoólogos más importantes del mundo. Jim siempre tiene la gentileza de platicar con quien se acerca a él, de responder a preguntas y a mensajes, de compartir su conocimiento e incluso datos o información que permitan el avance en la ciencia, o solo por el hecho de mantener contacto con aquellos que lo buscan. Con todo esto, y con la humildad que lo caracteriza, él mismo se describe como "un viejo atrapa ratas".

Jim decidió retirarse en el año 2001, pero no ha dejado de trabajar un minuto. Actualmente es Profesor y Curador Emérito del Departamento de Biología Integrativa y del Museo de Zoología de Vertebrados de la Universidad de Berkeley. Además continúa como investigador asociado de otras colecciones en Estados Unidos y sigue haciendo trabajo editorial y de campo. Afortunadamente, cuando está a su alcance, Jim sigue

apoyando a los jóvenes, y no tan jóvenes, investigadores que se lo solicitan. En un reciente libro que compila artículos en su honor, y cuyo primer capítulo presenta su biografía (Rodríguez-Robles and Greene, 2005) él comenta que su padre una vez le dijo: "Sin importar lo que hagas, hazlo bien y disfrútalo". Sin duda siguió al pie de la letra la instrucción, hizo bien su trabajo, lo sigue haciendo bien y lo sigue disfrutando. Gracias por todo eso Jim.

Es un verdadero honor para la AMMAC entregar el Premio al Mérito Académico Ticul Álvarez Solórzano 2014 al Dr. James L. Patton.

EA, FXG y DSR

Anécdotas de colegas o estudiantes de James L. Patton.

Conocí a Jim en 1997, en el *VII Congreso Teriológico Internacional* en Acapulco, cuando yo no sólo empezaba el doctorado, sino que en realidad apenas iniciaba mi relación con los mamíferos –pues he de decir que hice la licenciatura con invertebrados marinos. Jim daba una conferencia magistral y al terminar, nos acercamos algunos estudiantes y él, con una alegría que no se me olvidará nunca, nos escuchó, nos dio sugerencias y nos compartió su desmedido entusiasmo –que la verdad sea dicha nosotros recién adquiríamos- por el trabajo con ratones (¡no los mamíferos más carismáticos para quienes nos habíamos soñado trabajando con delfines!).

Varios años después, y a poco de que empecé a trabajar en el Instituto de Ecología de la UNAM, tuve la aventurada ocurrencia de organizar un Simposio dentro del *VII Congreso Nacional de Mastozoología* en San Cristóbal de las Casas, con la osada intención de invitar, entre otros grandes personajes, a Jim Patton, quien seguramente ni se acordaba de mi. Con la gentileza que lo caracteriza y el cariño que siempre tuvo y tiene por México, para mi agradable sorpresa Jim aceptó la invitación sin chistar.

De ese congreso no sólo derivó mi atesorada amistad con Jim y con Carol, su pareja por ya más de 48 años, sino la publicación del libro "Genética y mamíferos mexicanos: presente y futuro", el cual compila las presentaciones de los ponentes del simposio, así como un prefacio que escribió Jim. Pero he de resaltar, además, que la impresión del libro fue posible sólo gracias a la enorme generosidad de Jim, quien la financió casi en su totalidad. Es también gracias a ello que por varios años y en varios foros hemos podido donar ejemplares, incluyendo este XII Congreso Nacional de Mastozoología.

Quiero retomar unas de las palabras vertidas en el prefacio del libro, que reflejan como decía yo ese cariño que tiene Jim por México, su gente y sus mamíferos silvestres: "Comencé mi carrera profesional en biología evolutiva de mamíferos ... y mi campo de estudio en ese tiempo era sobre citogenética comparada y mucho de mi trabajo se centraba en especies de roedores heterómidos y geómidos de los desiertos y montañas de Norte América, áreas que incluían estados del noroeste mexicano. El campo de la genética, tanto en general, como la aplicada a los mamíferos mexicanos en particular, ha cambiado sustancialmente desde aquellos días de principios de los 1960s. En muchos aspectos, este libro marca estos dos eventos: los grandes avances en la aplicación de metodologías genéticas para entender la historia y diversidad de los mamíferos mexicanos y el desarrollo excepcional de la infraestructura científica y de programas escolares dentro del país mismo. Viendo hacia atrás estos 40 años o más, aplaudo, y me sorprende, de ambos eventos."

El trabajo de investigación, de campo y curatorial de Jim ha sido reconocido de muy variadas formas, pero de las más carismáticas para mí ha sido el haber nombrado, en su honor, un género de roedor *Pattonomys*, dos especies de roedores neotropicales, *Proechymys pattoni* y *Phyllomys pattoni*, una especie de puercoespín fósil, *Neosteiromys pattoni*, una de murciélago, *Lonchophylla pattoni*, una de 'pocket gopher', *Geomydoecus pattoni* y una especie de serpiente (*Liophidium pattoni*) de Madagascar!

La incansable actividad de Jim ha sido una suerte para muchos, entre ellos yo, que me llevó a compartir una expedición de campo en un área remota en Guatemala, el Cerro San Gil, donde nos repetía cada día "I am an old man now, I cannot do fieldwork as I used to ..." en realidad yo creo era para que no nos sintiéramos tan mal, porque en realidad los que no le aguantábamos el paso ¡¡éramos nosotros!! Y no solo caminaba más, sino que ponía más trampas, capturaba más organismos y, encima, encontraba los casos más extraños e interesantes (aún para Jim después de 50 años de trabajo de campo), como un individuo de *Heteromys* que tenía en los abazones ... ¡¡ huesos de otro roedor !!

Es, en todos los aspectos de su vida diaria donde Jim muestra y demuestra su increíble sencillez, alegría y camaradería, haciendo de quienes lo comparten, indudablemente mejores personas. No me queda más que felicitar a Jim por este tan merecido premio –y felicitarme a mí por poder contar, en mi haber, del privilegio de conocerlo, contarme entre sus amigos y quererlo por siempre.

EVD

Tuve la oportunidad de conocer personalmente a Jim en el campo, cuando se le invitó a participar como parte de mi comité tutorial de maestría, al cual él gustoso aceptó de inmediato. Durante ese viaje por Baja California Sur, lo primero que me sorprendió de Jim fue su vitalidad y facilidad con la que se movía en campo, a pesar de lo extenuante del sol y la aridez del desierto, él cavaba hoyos en todo sitio que mostrara evidencia de tuzas. Mientras Sergio Ticul y yo tardábamos horas colocando y revisando unas cuantas trampas, asoleados y cansados, sin mucho éxito de colecta, Jim ya nos llevaba una gran ventaja con varias tuzas en la bolsa y siempre con una gran sonrisa dibujada en su rostro. Ahí me enseñó la primera lección, hacer lo que nos apasiona siempre con gusto y positivismo, a pesar de las circunstancias. Durante las largas jornadas de taxidermia en campo, era un placer escuchar sobre sus anécdotas, mientras sus hábiles manos abrían cuerpecitos, sacaba tejidos y rellenaba pieles. Fue también durante ese viaje, junto a Jim, cuando probé por primera vez tuzas fritas; aunque he de reconocer que al tomar el bocado mis dientes tronaban por los restos de aserrín que se nos llegaban a quedar en los cuerpos cocinados.

Tiempo después, Jim me recibió en el MVZ para trabajar la parte molecular de mi tesis. Ahí pude conocer más sobre él, particularmente su gran disciplina. Todos los días llegaba al Museo puntualmente, supe que en su rutina diaria siempre incluía el ejercicio por las mañanas. Para la hora del lunch, el Museo solía quedarse prácticamente vacío, sólo algunos cuantos seguíamos rondando por ahí. Jim, desde el interior de su oficina, sólo sacaba su gran sándwich y lo disfrutaba sin separarse del escritorio, siempre concentrado en el trabajo; y justo cuando daba la hora de salida, terminaba lo propuesto para ese día y se retiraba, para regresar a casa junto a su esposa Carol.

El día de mi examen de grado, los ahí presentes fuimos testigos del gusto que Jim tiene para transmitir parte de su gran conocimiento, cuando para ampliar la respuesta que di sobre

una pregunta que me realizó, se levantó hacia el pizarrón y con diagramas nos explicó de forma muy ilustrativa, dejándonos ver la experiencia y pasión que tiene sobre el tema. A Jim siempre lo he considerado como un gran maestro y bello ser humano, le agradezco sus enseñanzas y contagiarme el interés por estudiar a las “pocket gophers”. Me es muy grato leer las publicaciones que hasta hoy sigue produciendo sobre mamíferos.

ER

La influencia de Jim Patton en mi vida como investigador

Conocí a Jim Patton en la primavera de 1974, cuando viajé al Museo de Zoología de Vertebrados (MVZ, por sus siglas en inglés) a examinar especímenes en la impresionante Colección de Mamíferos del Museo. Estaba trabajando en mi Maestría en el Occidental College en el sur de California y mi visita al MVZ era parte de un pequeño proyecto para el curso de evolución que estaba tomando. Jim no sabía que Bill Lidicker, el otro Curador de mamíferos en MVZ, me había dado permiso de trabajar en la colección, así que cuando Jim me descubrió manipulando especímenes en su colección, de inmediato me desafió con su característica voz resonante, “¿TIENES PERMISO DE TRABAJAR EN LA COLECCIÓN DE MAMÍFEROS?” Una vez que el eco se apagó, respondí humildemente, “Sí, el Dr. Lidicker me permitió trabajar en la colección...” Inmediatamente, la expresión de Jim cambió de un ceño fruncido a una sonrisa, y tuvimos una larga y agradable charla sobre pequeños mamíferos. Nadie podría cuestionar que Jim Patton se preocupaba por su colección de mamíferos y la protegía como una mamá oso. Hice todo lo posible para seguir el “ethos” curatorial de Jim lo largo de mi propia carrera como curador.

Comencé a trabajar como estudiante de doctorado en el laboratorio de Jim en el otoño de 1975. Los siguientes cuatro años fueron muy confusos para mí, porque ya tenía esposa y dos hijas en casa, y quería terminar mi grado y obtener un trabajo tan pronto como fuera posible. A pesar del ritmo tempestuoso de mi época de estudiante de posgrado en el MVZ, algunos recuerdos de Jim destacan de manera prominente. La primera de ellas fue su reiterado consejo: “Si vas a hacer un proyecto, hazlo bien”. Le molestaba la creciente tendencia en la publicación de documentos breves y superficiales, que contribuyen poco a la literatura mastozoológica. Como resultado, él tenía menos publicaciones que algunos de sus compañeros en ese momento, pero sus publicaciones siempre han sido consideradas como esenciales y significativas, y su investigación ha resistido la prueba del tiempo.

Otro recuerdo imborrable que tengo del tiempo que he pasado con Jim, es su consejo para evitar tratar a otros científicos que trabajan en tu área de la investigación, como intrusos o competidores; en su lugar, nos aconsejó dar la bienvenida a otros investigadores como miembros de un equipo que trabaja con un objetivo común, y dejar que te inspiren a realizar un trabajo aún mejor. El consejo de Jim me sirvió a través de los años, y muchos de mis colaboraciones de investigación se arraigan en la preferencia de Jim de la colaboración sobre la competencia. Creo que las influencias más fuertes que Jim Patton tuvo en mi vida como investigador, fue su ética de trabajo y su integridad científica. Nadie trabajó más duro que Jim en el laboratorio y el campo, y este esfuerzo dio sus frutos en términos de tamaños de muestra grandes, datos copiosos y análisis exhaustivos. El ya era un pensador crítico, antes que el pensamiento crítico se hiciera popular, y él me enseñó que el pensamiento crítico lleva inevitablemente a la integridad científica. En resumen,

Jim Patton es totalmente merecedor del Premio José Ticul Álvarez Solorzano otorgado por la Asociación Mexicana de Mastozoología A. C , y estoy sumamente contento de ver que se le honre de esta manera.

MSH

Jim es una de esas personas únicas, que se convierten en un parteaguas en tu vida personal y académica. A Jim lo conocí en uno de esos momentos críticos de la vida académica, que pasa todo aquel que pretende hacer investigación alguna vez en su vida. Ese momento fue en los noventas, cuando estaba en una fuerte crisis personal y terminando mis estudios de doctorado. Hay que reconocer que al terminar el doctorado casi todos tenemos la crisis del qué seguirá. En lo personal estaba aburrido de más de lo mismo y fue Jim, con su sencillez y gran apoyo, que en primera instancia me enseñó que las cosas tienen varias caras, que el "límite" de la investigación está "limitado" únicamente por las ideas que puedas generar y que las ideas sencillas son las más importantes. Una persona que con su enorme sencillez e increíbles conocimientos.

Jim, como otro de mis maestros, me reafirmó que el hacer diario no es un trabajo, sino una actividad que nos gusta, disfrutamos, vivimos apasionadamente y además nos pagan por ello. Tengo la fortuna de convivir regularmente con Jim desde hace 18 años, gran parte de ese tiempo Jim ha estado "legalmente jubilado", pero me consta que trabaja, más bien dicho, disfruta hacer investigación todos los días como si faltara tiempo para terminar todos los proyectos que tienen en mente y desea hacer.

Tuve la oportunidad de trabajar por primera vez con Jim a finales de los noventas, cuando me invitó a ir al Museo de Zoología de Vertebrados a hacer una estancia de investigación. A la fecha todavía no puedo discernir qué fue lo que me impactó. Motivo y cambio a partir de entonces por el resto de mi vida. Por una parte estaba con uno de los investigadores más influyentes en la historia de la mastozoología, pero al mismo tiempo con una de las personas más sencillas, amigables, abiertas a escuchar, prontas a opinar, dar consejo y recomendaciones en todos sentidos, en pocas palabras alguien más que admirable por su esencia como persona y sus acciones infinitas de ayuda y atenciones. Por la otra parte, en ese momento me puso a trabajar con PCR y secuenciación, algo completamente nuevo para mí, eso aunado a sus pensamientos reflexivos y llenos de ideas logró abrirme al conocimiento y flujo de ideas y cambiar por completo mi carrera académica. Desde ese entonces he visitado periódicamente a Jim en estancias cortas y el sabático, y siempre he encontrado en él una fuente constante de motivación, nuevas ideas, aprendizaje, sencillez, humildad y apoyo.

Hace más de una década tuve oportunidad de trabajar con él en campo, en baja California Sur, además de un grupo de estudiantes del CIBNOR. Ese ha sido posiblemente el viaje más gratificante de mi vida, en todo momento aprendíamos cosas, y siempre era el primero en levantarse y empezar a trabajar, el que más trampas colocaba, el que más colectaba, el que más y mejor preparaba, etc., pero jamás se jactó de eso. El mejor de lo mejor, al final del viaje una estudiante en ese entonces y ahora colaboradora dijo unas palabras que se me quedaron grabadas, pero que realmente representan toda la esencia de Jim "Doc, sabe qué? Jim es como el abuelito que todos hemos querido tener algunas veces (MDLPC)".

STAC

Es un placer contribuir con una narrativa en apoyo a la nominación de Jim Patton para el premio Ticol Álvarez Solórzano 2014 de la AMMAC. Conozco a Jim desde 1978, cuando me solicitó admisión en la escuela de posgrado en la Universidad de California en Berkeley, para trabajar con él. Yo había escrito una carta introductoria a Jim y estaba emocionado de recibir una carta de respuesta muy alentadora (una copia que aún poseo). Eventualmente fui aceptado para iniciar el doctorado bajo su dirección y decidí visitar el campus de Berkeley. El vuelo más barato de Dallas a San Francisco era un “vuelo nocturno”, pero Jim insistió en que me recibiría en el aeropuerto a pesar de que mi vuelo llegaba a las 02:30 hrs. Resulta que, tanto Jim y su esposa Carol estaban allí, así como uno de sus estudiantes de posgrado, Don Straney. Debido a que yo era de Texas y estaba (y todavía lo estoy) intimidado por la talla de Jim como mastozoólogo, mi saludo fue algo como “Es un placer conocerlo, señor.” A lo que Jim respondió: “Nada de esa basura de señor, solo llámame Jim”. En el transcurso de mi visita en los siguientes días, Jim y Carol me dejaron quedarme en su casa, y Jim pasó considerable tiempo paseándome por el campus y el Museo de Zoología de Vertebrados, y presentándose con los profesores y los estudiantes de postgrado. Jim respondió a todas mis preguntas; algunas de las cuales debieron parecer triviales y un poco ridículas, ahora que veo las cosas hacia atrás. Sin embargo, Jim respondió pacientemente a todas mis preguntas y me proporcionó sus propios puntos de vista sobre la escuela de posgrado y lo que se esperaba de un estudiante trabajando en el Museo de Zoología de Vertebrados. Al final de mi estancia, Jim me llevó al aeropuerto. Como resulta ser típico de Jim, él le dio seguimiento a la carta formal de aceptación del Departamento de Zoología, junto con una de él diciendo que le complacía que me hubieran aceptado, y me ofrecía financiarme con “fondos de uno de sus proyectos de NSF” antes del inicio del semestre de otoño, si estaba interesado.

Este antecedente sirve para ilustrar varias cosas importantes sobre Jim Patton. Él es, ante todo, una persona sencilla que “va directo al grano”. Jim no es nada formal, pero es muy agradable y amable. Aunque él se describe como “un viejo cazador de ratas”, Jim es mucho más que eso. Él está dispuesto a pasar su valioso tiempo contigo. Por encima de todo, Jim es paciente al máximo cuando ayuda a otros, y lo hace con mayor facilidad que muchos, si no es que todos, los científicos profesionales que conozco. Al referirme a ayudar, quiero decir que Jim comparte su tiempo, experiencia, datos, recursos; cualquier cosa para facilitar a otros mastozoólogos avanzar en sus carreras. La mayoría de la gente no puede pensar en Jim como paciente, pero hay que darse cuenta de que Jim es tan organizado, eficiente y tan trabajador, que tiene que ser paciente; porque nadie puede aguantarle el paso!

Jim pasó aproximadamente los primeros 13 años de su carrera realizando trabajo de campo exhaustivo en el norte de México, y ha contribuido al desarrollo de Mastozoología en México en varios aspectos importantes. Sus primeras investigaciones involucraron mamíferos mexicanos ya que él estaba examinando los patrones de variación en cariotipos, sobre todo en los ratones de abazones y en tuzas. La mayoría los mastozoólogos mexicanos, aunque no todos, seguramente saben que Jim desarrolló la técnica del uso de médula ósea de pequeños mamíferos para obtener cariotipos en el laboratorio de T. C. Hsu’ en Houston, Texas, y luego con gusto compartió este método con otros estudiantes de posgrado, mientras estaba en la Universidad de Arizona. El artículo de Jim de 1967, “Chromosomes studies of certain pocket mice, genus *Perognathus* (Rodentia: Heteromyidae)”, publicado en *Journal of Mammalogy* describe su técnica de cariotipo de médula ósea “in vitro”. Ya que este procedimiento también se podía realizar en el campo, siempre y cuando se tuviera una centrífuga, los mastozoólogos

han llevado centrífugas “de manivela” a áreas remotas de México (y a todo el mundo) y han utilizado la técnica básica de Jim para producir datos cariotípicos de todo tipo de taxones, resultando en cientos de publicaciones que han contribuido a nuestro conocimiento sobre la citogenética en mamíferos. Jim también ha contribuido a nuestra comprensión de la biología de mamíferos mexicanos a través de su propio trabajo y por medio del de sus estudiantes graduados y posdoctorados, algunos de los cuales han llevado a cabo investigaciones sobre mamíferos mexicanos desde hace décadas. Durante la mitad de su carrera profesional, Jim dedicó una parte importante de su esfuerzo de investigación en entender la historia evolutiva de los roedores y marsupiales en América Latina, principalmente en Perú y Brasil. Más recientemente, Jim ha vuelto a dirigir su interés más cerca de “casa” y en la colaboración de Ticul, entre otros, ha contribuido a la comprensión de la sistemática de tuzas y de ratas del desierto en el norte de México y el suroeste de los Estados Unidos. Como la mayoría de mastozoólogos mexicanos saben, Jim fue honrado recientemente por la AMMAC invitándolo a impartir una conferencia titulada “La aplicación de métodos genéticos moleculares para el estudio de los mamíferos mexicanos: una perspectiva personal” en el congreso de la AMMAC celebrado en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, en 2004.

A la fecha, el curriculum vitae de Jim incluye más de 230 publicaciones. Aunque esto es ciertamente impresionante, el número de publicaciones en las que ha sido autor no es representativo de su contribución general a la disciplina de Mastozoología. Esto es porque Jim cree que las publicaciones de sus estudiantes de posgrado son de ellos - él no busca, y por lo general rechaza, ofertas de co-autoría de documentos que sus estudiantes publican basados en sus tesis de maestría o doctorado. Esto a pesar de que las contribuciones intelectuales y financieros por parte de Jim hayan sido considerables. Hasta donde yo sé, Jim nunca ha sido coautor de un artículo simplemente porque el trabajo se realizó en su laboratorio, o porque contribuyó con algunos reactivos, o muestras de tejido, o simplemente por proporcionar sugerencias editoriales en el manuscrito.

En resumen, Jim es realmente excepcional como persona, como mastozoólogo y como colaborador. Él es particularmente desinteresado cuando se trata de ayudar a otros investigadores con su tiempo, experiencia y recursos. En mi opinión, Jim es, y será probablemente, el mejor mastozoólogo que cualquiera de nosotros podrá conocer. Nosotros como profesionales, haríamos bien en emularlo lo mejor que podamos. Por lo tanto, no puedo pensar en nadie más merecedor del premio Ticul Álvarez Solórzano de AMMAC que Jim.

DSR

**Elizabeth Arellano¹, Francisco X. González¹, Duke S. Rogers², Ella Vázquez Domínguez³, Evelyn Ríos⁴,
Mark Hafner⁵, Sergio Ticul Álvarez Castañeda⁴**

¹Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad # 1001, Col. Chamilpa. Cuernavaca, Morelos, 62209 México. elisabet@uaem.mx (EA); xavier@uaem.mx (FXG).

²Department of Biology, Brigham Young University, 4143 LSB, Provo, UT 84602 USA. duke_rogers@byu.edu. (DSR).

³Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ap. Postal 70-275 Ciudad Universitaria, México D.F. 04510 México. evazquez@ecologia.unam.mx (EVD).

⁴Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Instituto Politécnico Nacional 195. La Paz 23096, Baja California Sur. México. E-mail: sticul@cibnor.mx (ER, STA-C)

⁵Department of Biological Sciences, Louisiana State University. 854 Forge Avenue Baton Rouge, Louisiana 70808 USA. namark@LSU.edu. (MH)

Literatura citada

- RODRÍGUEZ-ROBLES, J. A., AND H. W. GREENE.** 2005. Genes, rats, and sinking boats: a biographical perspective on James L. Patton, Pp. 5-56 in *Mammalian diversification: from chromosomes to biogeography (A Celebration of the Career of James L. Patton)* (E. A. Lacey, and P. Myers, eds.). University of California Publications in Zoology 133:1-383.
- PATTON, J. L.** 1967. Chromosome studies of certain pocket mice genus *Perognathus* (Rodentia: Heteromyidae). *Journal of Mammalogy* 48:27-37.

Corrigendum

Escobar-Lasso, S., J. Cerón-Cardona, J. H. Castaño-Salazar, L. Mendieta-Giraldo y O. Ospina-Herrera. 2014. Los felinos silvestres del departamento de Caldas, en la región andina de Colombia: composición, distribución y conservación. *Therya* 5:575-588.

Los autorer de la foto 2b son Andrés F. Ramírez-Mejía y Francisco Sánchez.
The authors of the photo 2b are Andrés F. Ramírez-Mejía and Francisco Sánchez.