

**Species richness, distribution, and conservation of moles and shrews
(Mammalia, Eulipotyphla) from Mexico**

Riqueza, distribución y conservación de los topos y las musarañas (Mammalia, Eulipotyphla) de México

Lázaro Guevara^{1,2*}, Fernando A. Cervantes² y Víctor Sánchez-Cordero²

¹Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Ciudad Universitaria 3000, Coyoacán 04360, Distrito Federal, México. E-mail: llg@st.ib.unam.mx (LG),

²Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Ciudad Universitaria 3000, Apartado Postal 70-153, Coyoacán 04360, Distrito Federal, México. E-mail: fac@ib.unam.mx (FAC). victor@ib.unam.mx (VSC).

*Corresponding author

Introduction: Moles (Talpidae) and shrews (Soricidae) are the only representatives of the order Eulipotyphla in Mexico and they account for 7 % of mammals in the country. Despite their richness, even basic aspects such as their species-level taxonomic knowledge and geographical distribution are still uncertain. The scarcity of such information implies that the biology and conservation status of eulipotyphlans are also unclear or unevaluated, which involves a serious impediment to the design of management strategies for a group that tends to be susceptible to climate change and impacts of anthropogenic habitat transformation. Here, we performed a comprehensive assessment of the current state of knowledge and threats to the survival of Mexican moles and shrews using information from natural history collections and spatial environmental data.

Methods: We reviewed the available information in biological collections, databases, and literature records of Mexican eulipotyphlans, and evaluated the bias road in the collection of specimens. The current distribution was estimated for nearly all moles and shrews recorded in Mexico, using ecological niche modeling and retaining the remnant vegetation areas. Finally, we calculated the extent of distribution for each species within protected areas and within the most threatened ecosystems in Mexico to identify the most vulnerable taxa.

Results: The eulipotyphlan diversity of Mexico is represented by three species of moles and 36 of shrews. Of all these, 26 species (67 %) are endemic to the country and 27 (69 %) are listed in a risk category by Mexican government or global assessments. Eleven taxa are known only from no more ten specimens or from very few collecting sites. The shrew *Sorex stizodon* has not been recorded for more than a century. Current distributions of twelve species were not estimated because they are represented by just a few locality records (< 5). The region that could contain most taxonomic richness is the highlands of central and southern Mexico. The species with the highest percentage of transformed habitat are the mole *Scalopus latimanus* and the shrews *Cryptotis merriami*, *C. mexicanus*, *C. obscurus*, and *Sorex ornatus*. Based on the current distribution, the number of records, the current protection within AP and /or potential threats, *Cryptotis griseoventris* and the recently described *C. lacandonensis* should be protected by the Mexican government.

Discussion and Conclusions: This paper provides the first detailed documentation of available information on the taxonomy, nomenclature, current distribution, and threats of moles and shrews in Mexico. Information from natural history collections corroborates the sparse and biased knowledge about the distribution of eulipotyphlans (Ramírez-Pulido *et al.* 2005; Carraway 2007). Our spatial analyses provide evidence that several species may be more endangered than suggested by global approaches (IUCN) and Mexican government legislation. Several species of moles and shrews may be represented sparsely in collections because of insufficient collecting. Our niche models projected onto a map to identify the distribution should be used in directing field survey efforts and scientific collecting in order to increase the information regarding the current population status of moles and shrews.

Key words: bias road, current distribution, field surveys, Insectivora, natural history collections, small mammals.

Introducción

El orden Eulipotyphla es un grupo monofilético que incluye a los erizos del Viejo Mundo (Erinaceidae), a los solenodontes (Solenodontidae) de las Antillas Mayores, a las musarañas (Soricidae) y a los topos (Talpidae; Stanhope *et al.* 1998; Douady *et al.* 2002). Anteriormente se agrupaban en el orden Insectivora junto a los topos dorados del sur de África (Chrysochloridae) y a los tenrecs originarios de Madagascar (Tenrecidae); actualmente, estas dos últimas familias pertenecen a un clado africano denominado Afrotheria (Stanhope *et al.* 1998). Otros esquemas alternativos de clasificación han agrupado a todas estas familias en diversos órdenes, como Soricomorpha, Erinaceomorpha y Lipotyphla (Simpson 1945; Hutterer 2005; Ramírez-Pulido *et al.* 2008; Asher y Helgen 2010; Wilson y Redder 2011). Lo cual refleja que la taxonomía y sistemática de estos mamíferos pequeños han sido un reto constante dentro del estudio evolutivo de los mamíferos (Simpson 1945; Stanhope *et al.* 1998; Douady *et al.* 2002; Douady y Douzery 2003; Nikaido *et al.* 2003; Symonds 2005).

El linaje que dio origen al orden Eulipotyphla es tan antiguo en la historia de los mamíferos que incluso precede a la extinción de los dinosaurios, hace cerca de 66 millones de años (Douady y Douzery 2003; Roca *et al.* 2004). El tiempo transcurrido desde su origen ha producido un grupo con más de 450 especies que se distribuyen en casi todo el planeta y con una gran diversidad de formas y estrategias de vida (Symonds 2005). En México, los eulipotiflos están representados por los topos y las musarañas (Maldonado 1999; Carraway 2007), con más de 35 especies que, en general, se caracterizan por su tamaño relativamente pequeño y por alimentarse principalmente de insectos y artrópodos. La mayoría de los topos son fosoriales, es decir, están adaptados a una vida debajo de la tierra, tienen forma de torpedo, poseen ojos y orejas diminutas y los sentidos olfativo, auditivo y táctil están bien desarrollados (Symonds 2005; Merritt 2010). Los topos mexicanos habitan marginalmente en el extremo norte del país (Maldonado 1999). Por su parte, las musarañas se encuentran entre los mamíferos terrestres de menor tamaño en el planeta, poseen ojos diminutos, cabeza alargada y hocico particularmente puntiagudo y, debido a su apetito voraz, se mantienen activas tanto en el día como en la noche (Churchfield 2002). Las musarañas están distribuidas en casi todo el territorio mexicano (Carraway 2007). Los eulipotiflos integran uno de los componentes mastozoológicos de la biodiversidad en México más importantes en cuanto a su número de especies, apenas por detrás de los roedores, murciélagos, carnívoros y artiodáctilos (incluyendo cetáceos, Asher y Helgen 2010).

El común denominador para ambas familias es que son poco estudiadas y se encuentran entre los mamíferos menos conocidos del país (Carraway 2007; Cervantes *et al.* 2008). Quizá la dificultad que implica, tanto su captura como la identificación taxonómica de los taxones, son factores que han limitado su estudio (Ramírez-Pulido *et al.* 2005; Carraway 2007; Woodman *et al.* 2012). Como consecuencia, el número de especies reconocidas podría ser incierto, sus distribuciones geográficas parcialmente conocidas y su estado de conservación poco evaluado (Cervantes *et al.* 2008; Guevara *et al.* 2014a; Guevara *et al.* 2014b). El notable vacío de información en el conocimiento de su riqueza taxonómica y distribución geográfica no ha permitido realizar una adecuada valoración del estado de conservación y las amenazas que enfrentan en México. Los topos y las musarañas son potencialmente vulnerables a los efectos de los cambios asociados con la destrucción del hábitat inducida por el humano y por el cambio climático (Schloss *et al.* 2012; Woodman *et al.* 2012).

Los estudios recientes sobre eulipotiflos mexicanos incluyen la revalidación y descripción de especies (Yates y Salazar-Bravo 2005; Carraway 2007; Guevara *et al.* 2014b) y estudios sobre taxonomía y sistemática filogenética (Ramírez-Pulido *et al.* 2004, 2005; Esteva *et al.* 2010; Woodman 2010; Guevara y Cervantes 2014). Estos esfuerzos han marcado el inicio de la utilización integral

de los datos obtenidos en acervos biológicos con información geográfica que están siendo manejados para incrementar nuestro conocimiento sobre taxonomía y aspectos ecológicos y evolutivos, que repercuten en la planeación de estrategias de conservación (Graham *et al.* 2004; Sánchez-Cordero *et al.* 2001, 2005).

En este sentido, en las últimas décadas se ha desarrollado el modelado del nicho ecológico (MNE), una herramienta que brinda la opción de combinar la información geográfica relacionada a los ejemplares de museo con variables bioclimáticas que caractericen los requerimientos ambientales de las especies para mantener poblaciones viables (Soberón y Peterson 2005). De esta forma, el MNE permite identificar regiones en el espacio geográfico donde una especie no ha sido registrada, pero es probable que ocurra (Sánchez-Cordero *et al.* 2001, 2005). Por esto, los MNE se han aplicado ampliamente en muchos estudios relacionados con la delimitación de las distribuciones de especies y la planeación de estrategias de conservación (Peterson *et al.* 2011), incluso para taxones con un número reducido de registros (Pearson *et al.* 2007; Jackson y Robertson 2011). Por lo anterior, los objetivos de la presente contribución son explorar y dar a conocer la información disponible en colecciones biológicas y bases de datos en torno al orden Eulipotyphla en México, integrar los cambios nomenclaturales y de clasificación taxonómica recientes y, finalmente, modelar el nicho ecológico de las especies para estimar sus distribuciones actuales e identificar a los linajes más vulnerables en el país.

Material y Métodos

Información taxonómica y geográfica. La actualización taxonómica y nomenclatural se basó en las evaluaciones del estado taxonómico, descripción de taxones nuevos y en propuestas nomenclaturales recientes (Matson y McCarthy 2005; Yates y Salazar-Bravo 2005; Carraway 2007; Esteva *et al.* 2010; Woodman 2012; Woodman *et al.* 2012; Guevara *et al.* 2014a, 2014b; Ramírez-Pulido *et al.* 2014). Para la obtención de los datos geográficos se solicitaron los registros contenidos en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y se consultaron las bases de datos del Mammal Networked Information System (MaNIS; <http://www.manisnet.org>) y el Global Biodiversity Information Facility (GBIF; <http://www.gbif.org>) para un registro inicial de 15,732 ejemplares. Una vez teniendo las localidades en grados decimales ($n = 7,778$), se realizó la validación geográfica de los registros de cada especie sobreponiendo la capa de localidades de cada una de las especies sobre el polígono estimado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2013). A la vez, se consultaron las siguientes colecciones biológicas para validar la información taxonómica y geográfica: Colección Zoológica Regional (Mammalia) del Instituto de Historia Natural y Ecología, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (CZRMA); Colección Nacional de Mamíferos, Distrito Federal (CNMA); Colección Mastozoológica El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas (ECO-SC-M); The University of Kansas, Natural History Museum, Lawrence (KU); Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Distrito Federal (MZFC); Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Distrito Federal (UAMI); Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán (UADY); Colección Osteológica del Laboratorio de Arqueozoología "M. en C. Ticul Álvarez Solórzano", Distrito Federal (INAH); Colección de Mamíferos del Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla, UAEM, Cuernavaca, Morelos (CIByC); Colección Regional Mastozoológica del CIIDIR-Oaxaca, Oaxaca de Juárez (OAXMA) y el National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington (USNM). Se puso especial atención en el número de ejemplares depositados en colecciones biológicas por cada especie como indicativo del conocimiento de las especies.

Modelado de nicho ecológico. La estimación del nicho ecológico se realizó con el método de máxima entropía en el programa Maxent v. 3.3 (Phillips *et al.* 2006), ya que proporciona información útil y establece una aproximación de la distribución de múltiples taxones (Sánchez-Cordero *et al.* 2005). Al estimar la distribución de las especies se requiere definir el área de estudio en la cual se calibra el modelo (ver Peterson *et al.* 2011) y debe hacerse en función del área accesible que tiene la especie para expandir su distribución (región 'M' en diagrama BAM de Soberón y Peterson 2005). La selección de las áreas de estudio por especie se realizó al intersectar los registros validados con la regionalización biogeográfica de las Ecorregiones Terrestres del Mundo a Nivel III (*Commission for Environmental Cooperation*; <http://www.cec.org>), más un *buffer* adicional de 40 kilómetros para permitir la inclusión de áreas con registro fósil, en los casos en los que existen (Choate 1970; Carraway 2007). Ante la falta de un mayor conocimiento biogeográfico de las especies, consideramos que esta selección de áreas de calibración es un supuesto explícito que puede ser puesto a prueba conforme se obtenga mayor evidencia.

Las coberturas bioclimáticas seleccionadas como predictores de la distribución fueron 19 variables bioclimáticas (<http://www.worldclim.org>): temperatura promedio anual (bio01), oscilación diurna de la temperatura (bio02), isothermalidad (bio03), estacionalidad de la temperatura (bio04), temperatura máxima promedio del periodo más cálido (bio05), temperatura mínima promedio del periodo más frío (bio06), oscilación anual de la temperatura (bio07), temperatura promedio del trimestre más lluvioso (bio08), temperatura promedio del trimestre más seco (bio09), temperatura promedio del trimestre más cálido (bio10), temperatura promedio del trimestre más frío (bio11), precipitación anual (bio12), precipitación del periodo más lluvioso (bio13), precipitación del periodo más seco (bio14), estacionalidad de la precipitación (bio15), precipitación del trimestre más lluvioso (bio16), precipitación del trimestre más seco (bio17), precipitación del trimestre más cálido (18), precipitación del trimestre más frío (bio19) y la variable topográfica que indica la pendiente del terreno (pen; <http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro>), cada una con resolución de 30 segundos ($\approx 1 \text{ km}^2$). Todas las capas fueron recortadas para su análisis de acuerdo al área seleccionada de cada especie. Con la intención de evitar el problema de la multicolinealidad entre variables, se usó el coeficiente de correlación de Pearson para eliminar a las variables bioclimáticas correlacionadas para cada especie en el programa ENMTools (Warren *et al.* 2010; Tablas 1 y 2).

No se generaron modelos de distribución para las especies en las que los registros son insuficientes ($n \leq 4$). Para el caso de las especies con ≥ 5 y ≤ 25 registros utilizamos el método de *Jackknife* (Pearson *et al.* 2007; Tabla 1). En este enfoque, el modelo se calibra usando $n-1$ registros y se evalúa la capacidad de predecir el registro faltante en la etapa de calibración, repitiendo el proceso hasta que todos los registros se han utilizado para la evaluación. Este método requiere la aplicación de un umbral (Pearson *et al.* 2007; Jackson y Robertson 2011). Se eligió el valor más bajo predicho que está asociado con cualquiera de los registros de presencia observados (umbral de presencia más bajo, Pearson *et al.* 2007; *Minimum training presence* en Maxent). Este umbral puede interpretarse como el reconocimiento de píxeles que son al menos tan adecuados para la especie, como aquellos en los que se ha confirmado su presencia. Dicho umbral se eligió debido al control estricto sobre la presencia para estas especies y a que la intención es detectar regiones que potencialmente podrían albergar poblaciones aún no descubiertas (Peterson *et al.* 2011). Se usó el

software desarrollado por Pearson *et al.* (2007) para calcular el porcentaje de registros predichos correctamente y el *P*-valor para evaluar la significancia de las predicciones.

Para el caso de las especies con ≥ 26 registros (Tabla 2), se utilizó el método de validación cruzada (*k*-fold) para evaluar la consistencia de los modelos por cada especie usando diferentes subconjuntos de datos para la calibración, permitiendo un máximo de 50 réplicas. Debido a la incertidumbre en el límite taxonómico entre las musarañas *Cryptotis mexicanus* y *C. obscurus* (Choate 1970; Guevara y Cervantes 2014), se utilizaron los registros por arriba de los 20° 30' para *C. obscurus* y por debajo de los 20° para *C. mexicanus* (ver Choate 1970). La validación independiente del umbral de estos modelos se determinó mediante el área bajo la curva (AUC) del análisis *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Se incluye la diferencia entre los datos de calibración y los de evaluación (AUC_{di}). Entre menor sea la diferencia entre los datos de calibración y evaluación, menor es el riesgo de que los modelos estén sobre ajustados, es decir, que sean específicos a los datos de calibración (Warren y Seifiter 2011). Los valores de AUC_{ev} (de evaluación) y AUC_{di} son apropiados para las comparaciones de modelos producidos para la misma especie, en el mismo sitio de estudio o área de calibración y bajo diferentes parámetros (Anderson y González Jr. 2011). Para la evaluación dependiente del umbral, se permitió error de comisión al incluir el 90 % de los datos de calibración (*10 percentile training presence* en Maxent).

Sesgo de muestreo. Maxent compara los valores ambientales en los registros de presencia de las especies con puntos generados a través del área de estudio conocidos como *background*, los cuales son generados bajo el supuesto de que toda el área ha sido muestreada sin sesgo (Phillips *et al.* 2006). Aquí se evaluó si existe un sesgo en el muestreo dirigido hacia las carreteras, ya que este sesgo geográfico podría estar acompañado de sesgo ambiental que afectaría a los modelos (Phillips *et al.* 2009). Debido a la escasez de registros de la familia Talpidae para México, este análisis solo se realizó para la familia Soricidae. Para ello, se utilizó la ruta de caminos en formato *shapefile* disponible a través del *Digital Chart of the World* (<http://www.princeton.edu>). Se importaron los puntos de colecta para la familia en formato *shapefile* (datos observados; 651 localidades únicas) y calculamos la distancia de cada punto al camino más cercano. Después, se generó el mismo número de puntos al azar y se calcularon las distancias a los caminos con el fin de evaluar si ambas distribuciones de puntos son diferentes mediante una prueba no-paramétrica para dos muestras independientes (prueba de Mann-Whitney) en el paquete estadístico Statistica (STATSOFT INC. 2005).

Con base en este cálculo, se creó un *buffer* hacia los caminos igual a la media más 1 desviación estándar del valor observado en los registros y se generó un archivo en formato ASCII para poder ingresarlo al programa Maxent. Al usar este archivo de sesgo, se espera que los datos de *background* posean el mismo sesgo que los datos de presencia (Phillips *et al.* 2009). Con fines de comparación, todos los MNE se realizaron con y sin información sobre el sesgo en el muestreo. Los mapas presentados por especie (Apéndice 1) se seleccionaron de acuerdo a los resultados de la evaluación del modelo y a la inspección visual en el espacio geográfico.

Distribución actual y análisis de amenazas. Se convirtió la distribución estimada a la distribución actual al contabilizar y excluir zonas transformadas por el hombre que reducen la posibilidad de encontrar poblaciones viables de las especies (zonas urbanas, desprovisto de vegetación, asentamientos humanos, sin vegetación aparente; Serie V; INEGI 2014). Con la finalidad de conocer la vulnerabilidad de las especies en México, se calculó el área de distribución actual

por especie que se encuentra dentro de las áreas protegidas (AP) de cualquier categoría (IUCN y UNEP 2014) y dentro de los dos ecosistemas más amenazados de México: el bosque mesófilo de montaña y bosque tropical perennifolio (Challenger y Soberón 2008; selvas altas y medianas perennifolias y subperennifolias según INEGI 2014). Se incluyeron las categorías de riesgo de extinción para cada especie de acuerdo a los estándares del gobierno mexicano (SEMARNAT 2010) e internacionales (IUCN 2013). Las distribuciones por especie se sumaron para presentar la riqueza taxonómica en México; debido al número de especies, esto solo se hizo para la familia Soricidae (Figura 1). Con la finalidad de mostrar el control de calidad sobre los datos de presencia con los que se construyeron los modelos, se muestra el intervalo altitudinal de los registros (Tabla 3) y sus valores de temperatura promedio anual y la precipitación anual (bio01, bio12; <http://www.worldclim.org>) representados en una gráfica de dispersión, junto con los valores climáticos para México y para el área en la que se calibró el modelo (Apéndice 1).

Resultados

Taxonomía y nomenclatura. Se presenta una lista con tres especies de topos y 36 de musarañas registradas en México, lo que representa el 8% y 9% de la diversidad mundial para cada grupo, respectivamente. Nuestra propuesta de las 39 especies alistadas es similar a las listas recientes (Ceballos y Arroyo-Cabrales 2013; Ramírez-Pulido *et al.* 2014), más la inclusión de una especie nueva de musaraña descrita recientemente (Guevara *et al.* 2014b). En contraste con Ceballos y Arroyo-Cabrales (2013) y de acuerdo con Ramírez-Pulido *et al.* (2014), consideramos a *Cryptotis griseoventris* y a *Sorex saussurei* como endémicas de México y a *C. tropicalis* con distribución hasta Guatemala (Woodman *et al.* 2012). El 67 % de las especies son endémicas de México (Tabla 3). Para la familia Talpidae se sigue la propuesta de Yates y Salazar-Bravo (2005) que reconocen como especie válida a *Scapanus anthonyi*, anteriormente considerada como una subespecie de *S. latimanus*. Con esto, *S. latimanus* está representado en México por la subespecie *S. l. occultus*. Por su parte, *Scalopus aquaticus* posee a las subespecies *S. a. inflatus* y *S. a. montanus*. En cuanto a la familia Soricidae, se trata al género *Cryptotis* como masculino (ICZN 2006), por lo que los nombres válidos para *C. magna*, *C. mexicana*, *C. obscura* y *C. parva* son: *C. magnus*, *C. mexicanus*, *C. obscurus* y *C. parvus*, respectivamente. Se integra al listado a *Cryptotis lacandonensis*, una especie nueva descrita de la Selva Lacandona en el sureste tropical mexicano (Guevara *et al.* 2014b). Mantenemos a *C. parvus pueblensis* como una subespecie (Choate 1970; Carraway 2007; Ceballos y Arroyo-Cabrales 2013), aunque existen menciones para ser reconocida a nivel específico (Woodman y Croft 2005; Guevara y Cervantes 2014). Con base en el artículo 31.2.1 del ICZN (1999), la terminación *cola* como parte de un sustantivo es retenida sin importar que el género con el que combina sea femenino o masculino; por lo anterior, los nombres válidos son *C. alticola* y *S. monticola* (ver Woodman 2012). Para el género *Sorex* se consideran las propuestas de Matson y McCarthy (2005), Carraway (2007) y Woodman *et al.* (2012).

Información geográfica y ejemplares de museo. El análisis del sesgo en el muestreo para las musarañas indicó que existe una tendencia significativa a colectarlas cerca de los caminos más cercanos ($X = 3.78$ km, $Z = 4.38$, $P < 0.001$). En este sentido, en las regiones en donde disminuye la red de carreteras como en el Istmo de Tehuantepec o en la Península de Baja California se observa una menor densidad de puntos de colecta. En cuanto al número de ejemplares, algunas especies del orden se conocen por tres o

menos ejemplares colectados en México, como es el caso del topo *Scalopus aquaticus* y de las musarañas *C. lacandonensis*, *C. merriami*, *Notiosorex cockrumi*, *N. villai*, *Sorex arizonae* y *S. stizodon* (Tabla 3). Cabe destacar que para *Scalopus aquaticus* solo se recopilaron dos registros en México, siendo el ejemplar más reciente uno obtenido en 1950. En el caso de las musarañas, los registros más recientes para *C. merriami* y *Sorex sclateri* en México son de 1965, para *N. cockrumi* y *S. macrodon* de 1975 y para *S. stizodon* el único registro fue obtenido en 1895. Las especies con el menor número de localidades (≤ 5 localidades) son *Scapanus anthonyi*, *C. lacandonensis*, *C. nelsoni*, *N. cockrumi*, *N. villai*, *Sorex emarginatus*, *S. macrodon*, *S. orizabae*, *S. sclateri* y *S. stizodon*. En el otro extremo están los taxones que han sido ampliamente colectados en el país, encabezando la lista las musarañas *C. mexicanus*, *C. parvus*, *S. salvini*, *C. obscurus*, *S. saussurei*, *C. goldmani*, *S. veraepacis* y *C. magnus*.

Tabla 1. Prueba de *Jackknife* para los modelos de nicho de 17 especies de musarañas de México de los géneros *Cryptotis*, *Megasorex* *Notiosorex* y *Sorex* con y sin información del sesgo en el muestreo.

	n	Con sesgo		Sin sesgo		Variables ambientales
		éxito	P-valor	éxito	P-valor	
<i>C. alticola</i>	19	91.7	0.000*	94.7	0.000*	bio01, bio02, bio03, bio04, bio07, bio12, bio15, bio18, pen
<i>C. goodwini</i>	16	84.6	0.000*	93.3	0.000*	bio01, bio03, bio04, bio05, bio12, bio15, bio17, bio18, bio19, pen
<i>C. griseoventris</i>	5	80.0	0.000*	80.0	0.000*	bio01, bio03, bio04, bio05, bio07, bio12, bio15, bio18, bio19, pen
<i>C. magnus</i>	25	94.1	0.000*	96.0	0.000*	bio01, bio04, bio05, bio07, bio12, bio15, pen
<i>C. mayensis</i>	25	82.6	0.000*	83.3	0.000*	bio01, bio03, bio04, bio05, bio12, bio15, bio18, pen
<i>C. merriami</i>	16	85.7	0.000*	85.7	0.000*	bio01, bio02, bio03, bio04, bio06, bio12, bio15, bio18, bio19, pen
<i>C. peregrina</i>	5	75.0	0.000*	80.0	0.000*	bio01, bio02, bio03, bio04, bio05, bio12, bio14, bio15, bio18, bio19, pen
<i>C. phillipsii</i>	21	81.3	0.000*	88.9	0.000*	bio01, bio02, bio03, bio04, bio05, bio12, bio14, bio15, bio18, bio19, pen
<i>C. tropicalis</i>	8	87.5	0.225	87.5	0.396	bio01, bio02, bio03, bio05, bio07, bio12, bio14, bio15, bio18, bio19, pen
<i>M. gigas</i>	23	76.2	0.000*	87.0	0.000*	bio01, bio02, bio03, bio04, bio05, bio12, bio14, bio15, bio18, bio19, pen
<i>N. evotis</i>	19	66.7	0.015*	63.1	0.000*	bio01, bio02, bio03, bio05, bio07, bio12, bio15, bio17, bio18, bio19, pen
<i>S. arizonae</i>	18	94.1	0.000*	94.1	0.000*	bio01, bio02, bio03, bio07, bio10, bio12, bio14, bio15, bio19, pen
<i>S. ixtlanensis</i>	10	90.0	0.000*	60.0	0.002*	bio01, bio02, bio03, bio05, bio12, bio14, bio15, bio18, pen
<i>S. mediopua</i>	6	75.0	0.114	83.3	0.155	bio01, bio02, bio03, bio04, bio06, bio12, bio14, bio15, bio18, pen
<i>S. milleri</i>	6	50.0	0.000*	50.0	0.000*	bio01, bio02, bio03, bio10, bio11, bio12, bio14, bio15, bio16, pen
<i>Soreopolus</i>	11	88.9	0.000*	90.0	0.000*	bio01, bio02, bio03, bio04, bio05, bio12, bio14, bio15, bio18, pen
<i>S. ventralis</i>	22	91.0	0.000*	93.8	0.000*	bio01, bio02, bio03, bio04, bio06, bio12, bio14, bio15, bio18, pen

n = número de localidades; éxito de predicción representado en porcentaje. *Especies con significancia estadística durante la evaluación (Pearson et al. 2007). Se muestran las variables ambientales utilizadas por especie (ver Materiales y Métodos)

Modelos de nicho ecológico. En 15 de las 17 especies analizadas bajo el método de *Jackknife* por su pequeño número de muestra (Pearson *et al.* 2007), los resultados predictivos fueron significativos (Tabla 1). En todos los casos el porcentaje de registros correctamente predichos fue mayor al 75%, excepto para *Sorex milleri* y *Notiosorex evotis* (Tabla 1). Las especies con predicciones no diferentes a lo esperado al azar fueron *C. tropicalis* y *S. mediopua*, por lo que no se propone una estimación de su distribución actual. Una posible explicación a este resultado, además del tamaño de muestra, es que en ambas especies los datos de colecta muestran una notable variación en el espacio ambiental, dificultando la estimación del nicho ecológico (Figura 2). Para el caso de las especies con ≥ 26 registros (Tabla 2), todos los modelos mostraron valores relativamente altos de AUC_{ev} (> 0.87), excepto para el caso del topo *Scalopus aquaticus* ($AUC_{ev} = 0.821$) y valores de AUC_{di} fueron bajos (0.014 – 0.041), lo cual sugiere que los modelos no están sobre ajustados a los datos de calibración (Warren y Seifter 2011). Cuando comparamos los modelos realizados con y sin el archivo del sesgo en el muestreo, no encontramos tendencia hacia la mejora en la evaluación de los modelos para alguno de ellos (Tablas 1 y 2). Lo mismo ocurrió al inspeccionar los MNE proyectados en el espacio geográfico.

Tabla 2. Evaluación de modelos de nicho de dos especies de topos de los géneros *Scalopus* y *Scapanus* y 10 especies de musarañas de los géneros *Cryptotis*, *Notiosorex* y *Sorex* de México con y sin información del sesgo en el muestreo.

	n	Con sesgo		Sin sesgo		Variables ambientales
		AUC_{ev}	AUC_{di}	AUC_{ev}	AUC_{di}	
Talpidae						
<i>S. aquaticus</i>	804			0.821 ± 0.043	0.034	bio01, bio02, bio05, bio11, bio12, bio14, bio15, bio19, pen
<i>S. latimanus</i>	595			0.904 ± 0.039	0.018	bio01, bio05, bio07, bio11, bio12, bio14, bio17, bio19, pen
Soricidae						
<i>C. goldmani</i>	30	0.978 ± 0.052	0.006	0.961 ± 0.059	0.012	bio01, bio05, bio07, bio12, bio15, bio18, pen
<i>C. mexicanus</i>	93	0.889 ± 0.107	0.028	0.908 ± 0.101	0.031	bio01, bio02, bio05, bio07, bio12, bio14, bio15, bio18, pen
<i>C. obscurus</i>	42	0.948 ± 0.118	0.021	0.953 ± 0.091	0.015	bio01, bio02, bio03, bio05, bio06, bio07, bio12, bio15, pen
<i>C. parvus</i>	660	0.875 ± 0.057	0.021	0.87 ± 0.066	0.021	bio01, bio02, bio03, bio05, bio08, bio12, bio15, bio17, bio18, pen
<i>N. crawfordi</i>	260	0.871 ± 0.126	0.041	0.874 ± 0.123	0.035	bio01, bio02, bio03, bio07, bio08, bio09, bio12, bio13, bio17, bio19, pen
<i>S. monticola</i>	764	0.906 ± 0.036	0.014	0.911 ± 0.031	0.010	bio01, bio02, bio03, bio07, bio08, bio12, bio14, bio15, bio18, pen
<i>S. ornatus</i>	212	0.942 ± 0.045	0.018	0.944 ± 0.042	0.017	bio01, bio02, bio03, bio07, bio08, bio09, bio10, bio12, bio15, bio18, pen
<i>S. saussurei</i>	38	0.917 ± 0.1	0.028	0.931 ± 0.096	0.021	bio01, bio02, bio03, bio04, bio07, bio12, bio15, bio18, pen
<i>S. salvini</i>	64	0.948 ± 0.084	0.014	0.946 ± 0.094	0.015	bio01, bio02, bio03, bio05, bio12, bio14, bio15, bio18, bio19, pen
<i>S. veraepacis</i>	50	0.935 ± 0.076	0.014	0.945 ± 0.065	0.017	bio01, bio02, bio03, bio05, bio12, bio14, bio18, bio19, pen

n = número de localidades; AUC_{ev} : AUC de datos de evaluación; AUC_{di} : diferencia de AUC entre datos de calibración y de evaluación. Se muestran las variables ambientales utilizadas por especie (ver Materiales y Métodos)

La suma de los modelos de distribución encontró 11,305 km² predichos como habitables para la familia Talpidae y 1,012,197 km² para la familia Soricidae dentro de México (Tabla 3, Apéndice 1). Las especies con la mayor superficie de distribución actual son las musarañas *Notiosorex crawfordi*, *Cryptotis parvus*, *N. evotis*, *Sorex ventralis* y *C. mayensis* (> 125,000 km²), mientras que las especies endémicas de México que poseen distribución más restringida son *S. milleri*, *C. peregrina*, *C. griseoventris* y *C. magnus* (< 5,000 km², Tabla 3). El 75.6 % de la superficie estimada para la familia Soricidae es adecuada para al menos una especie, localizándose principalmente en las zonas desérticas del norte de México y en la Península de Yucatán, en donde se extienden las distribuciones de *N. crawfordi*, *C. parvus* y *C. mayensis*, principalmente. Mientras tanto, la región que podría albergar a la mayor riqueza taxonómica se encuentra en las zonas altas del centro y sur del país al estimar que el 5.89 % de la superficie es habitable incluso para cinco a nueve especies de los géneros *Cryptotis* y *Sorex* (Figura 1), como las especies endémicas de México *C. alticola*, *C. goldmani*, *C. griseoventris*, *C. magnus*, *C. mexicanus*, *C. peregrina*, *C. phillipsii*, *Sorex ixtlanensis*, *S. oreopolus*, *S. saussurei* y *S. ventralis*; además de *S. macrodon*, *S. mediopua*, *S. orizabae*, *S. sclateri* y *S. ventralis* que a pesar de no haber estimado su distribución, también habitan esas zonas.

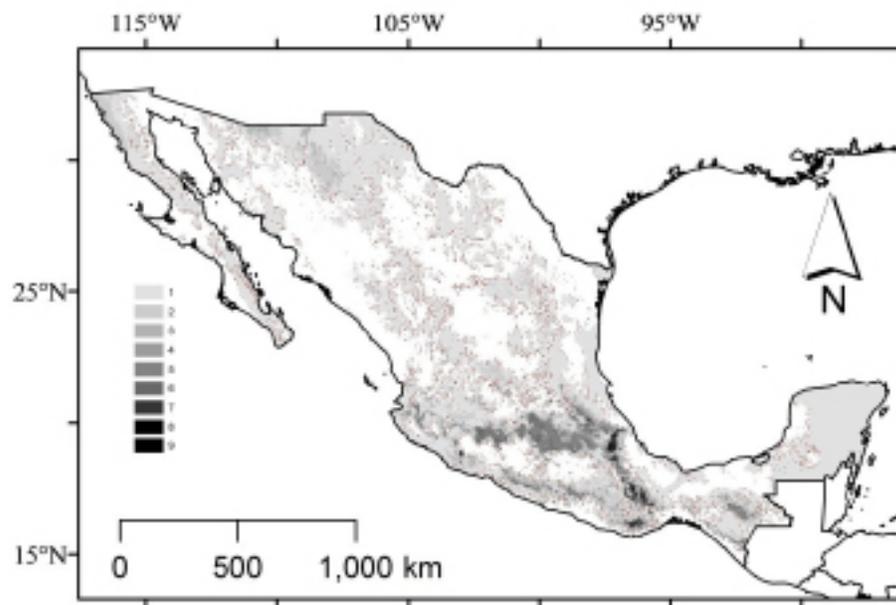


Figura 1. Riqueza de especies de musarañas (orden Eulipotyphla) en México. Las zonas más oscuras muestran la distribución actual estimada para un mayor número de especies (1 a 9 especies).

Al contabilizar el hábitat transformado por el hombre dentro de la distribución predicha como habitable, las especies con el mayor porcentaje de afectación son el topo *Scalopus latimanus* y las musarañas *Cryptotis merriami*, *C. mexicanus*, *Sorex ornatus* y *C. obscurus* (Tabla 3). Por otro lado, las especies con menor proporción de suelo transformado son las musarañas *S. milleri*, *C. peregrina*, *S. arizonae*, *S. monticola*, *C. magnus* y *C. goldmani*. Cabe mencionar que el cálculo del hábitat transformado fue conservador, ya que no se consideró el rubro de áreas de uso en agricultura, debido a que algunas especies pueden tolerar esta transformación (Cervantes et al. 2008; Guevara et al. 2011). De ser incluidas, el área de distribución actual de las especies podría ser menor.

Tabla 3. Número de ejemplares de topos y musarañas colectados en México (*n*), superficie de la distribución actual y porcentaje dentro de hábitat transformado, en áreas protegidas (AP) y en ecosistemas terrestres más amenazados de México (BMM, Bosque Mesófilo de Montaña; BTP, Bosque Tropical Perennifolio). Se presenta la categoría de riesgo de extinción (SEMARNAT 2010 y IUCN 2013) y el intervalo altitudinal de los registros (msnm). El fondo gris señala a las especies endémicas del país.

	<i>n</i>	Cobertura (km ²)	Transformado (%)	Dentro de AP (%)	BMM y BTP (%)	IUCN	SEMARNAT	Altitud (m)
FAMILIA TALPIDAE (topos)								
<i>Scalopus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	2	4,761	3.9	14.2	0.0	LC	P	0 - 1333
<i>Scapanus anthonyi</i> J. A. Allen, 1893	12	-	-	-	-	-	A	1712 - 2389
<i>Scapanus latimanus</i> (Bachman, 1842)	7	6,544	8.4	0.4	0.0	LC	P	0 - 2801
FAMILIA SORICIDAE (musarañas)								
<i>Cryptotis alticola</i> (Merriam, 1895)	60	63,170	3.6	19.3	1	-	PR	2242 - 4134
<i>Cryptotis goldmani</i> (Merriam, 1895)	116	41,824	0.9	1.6	6.3	LC	PR	961 - 3433
<i>Cryptotis goodwini</i> Jackson, 1933	4	1,546	5.0	52.1	32.5	LC	-	1464 - 3085
<i>Cryptotis griseoventris</i> Jackson, 1933	21	3,067	1.5	1.6	0.2	V	-	1912 - 2775
<i>Cryptotis lacandonensis</i> Guevara et al., 2014	2	-	-	-	-	-	-	90
<i>Cryptotis magnus</i> (Merriam, 1895)	105	3,610	0.6	8.0	20.6	V	PR	1300 - 3109
<i>Cryptotis mayensis</i> (Merriam, 1901)	82	125,079	2.3	19.9	11.2	LC	PR	0 - 600
<i>Cryptotis merriami</i> Choate, 1970	1	16,431	7.9	15.9	15.6	LC	-	438 - 1659
<i>Cryptotis mexicanus</i> (Coues, 1877)	461	41,509	6.9	7.2	10.3	LC	-	435 - 3150
<i>Cryptotis nelsoni</i> (Merriam, 1895)	56	-	-	-	-	CE	PR	932 - 1426
<i>Cryptotis obscurus</i> (Merriam, 1895)	160	6,326	6.3	19.2	10.2	V	PR	790 - 2615
<i>Cryptotis parvus</i> (Say, 1823)	396	332,387	4.6	10.4	3.3	LC	PR	0 - 2532
<i>Cryptotis peregrina</i> (Merriam, 1895)	44	2,205	0.2	4.1	4.3	-	PR	2559 - 3056
<i>Cryptotis phillipsii</i> (Schaldach, 1966)	53	5,780	2.0	0.8	4.7	V	-	885 - 2417
<i>Cryptotis tropicalis</i> (Merriam, 1895)	14	-	-	-	-	-	-	444 - 1594
<i>Megasorex gigas</i> (Merriam, 1897)	59	61,335	3.1	8.3	0.9	LC	A	706 - 1412
<i>Notiosorex cockrumi</i> Baker et al., 2003	2	-	-	-	-	LC	A	888 - 1475
<i>Notiosorex crawfordi</i> (Coues, 1877)	86	388,464	1.3	13.4	0.02	LC	A	15 - 2323
<i>Notiosorex evotis</i> (Coues, 1877)	38	143,899	2.9	8.8	0.3	LC	A	2 - 1856
<i>Notiosorex villai</i> Carraway y Timm, 2000	3	-	-	-	-	V	A	750 - 1258
<i>Sorex arizonae</i> Diersing y Hoffmeister, 1977	1	42,061	0.5	14.7	0.0	LC	P	1470 - 2435
<i>Sorex emarginatus</i> Jackson, 1925	8	-	-	-	-	LC	-	1757 - 2496
<i>Sorex ixtlanensis</i> Carraway, 2007	38	16,905	4.4	3.4	23.3	-	-	1185 - 2886
<i>Sorex macrodon</i> Merriam, 1895	11	-	-	-	-	V	A	752 - 1697
<i>Sorex mediopua</i> Carraway, 2007	39	-	-	-	-	LC	-	1480 - 2973
<i>Sorex milleri</i> Jackson, 1947	51	611	0.0	22.6	0.0	V	PR	2521 - 3573
<i>Sorex monticola</i> Merriam, 1890	15	22,794	0.5	9.3	0.0	LC	A	495 - 4027
<i>Sorex oreopolus</i> Merriam, 1892	17	52,222	5.6	19.3	0.9	LC	-	2243 - 3823
<i>Sorex orizabae</i> Merriam 1895	30	-	-	-	-	LC	-	2103 - 3557
<i>Sorex ornatus</i> Merriam, 1895	50	14,259	6.7	9.9	0.0	LC	A	0 - 2659
<i>Sorex saussurei</i> Merriam, 1892	136	53,042	4.3	21.4	1.4	LC	-	1733 - 3941
<i>Sorex sclateri</i> Merriam, 1897	5	-	-	-	-	CE	A	1341 - 1483
<i>Sorex stizodon</i> Merriam, 1895	1	-	-	-	-	CE	A	2130
<i>Sorex ventralis</i> Merriam, 1895	86	131,738	3.6	12.4	1.7	LC	-	1571 - 4129
<i>Sorex salvini</i> Merriam, 1897	234	95,791	1.5	13.2	4.1	LC	A	1403 - 3941
<i>Sorex veraepacis</i> Alston, 1877	109	29,980	4.5	8.9	16.4	LC	A	907 - 3162

El 63 % de las especies del orden poseen registros confirmados dentro de las Áreas Protegidas (AP), mientras que los modelos sugieren que todas las especies en las que se estimó su distribución actual habitan dentro de las AP. Del total de la superficie estimada, el topo *Scapanus latimanus* y las musarañas *C. goldmani*, *C. griseoventris* y *C. phillipsii* tienen menos del 2 % de sus distribuciones dentro de las AP; por el otro lado, la especie con la mayor proporción en AP es *C. goodwini* (52.1 %), aunque su distribución en México es relativamente pequeña (< 1,546 km²). En referencia a los dos ecosistemas terrestres más amenazados del país (Challenger y Soberón 2008), *C. goodwini* (32.5 %), *Sorex ixtlanensis* (23.3 %) y *C. magnus* (20.6 %), son las especies que poseen la mayor distribución actual dentro de los bosques mesófilos de montaña y los bosques tropicales perennifolios. A estas especies habrá que sumar otras más para las que no se estimó su distribución, pero sus registros se ubican en estos ecosistemas, como las musarañas *C. lacandonensis*, *C. nelsoni*, *S. sclateri* y *S. stizodon*.

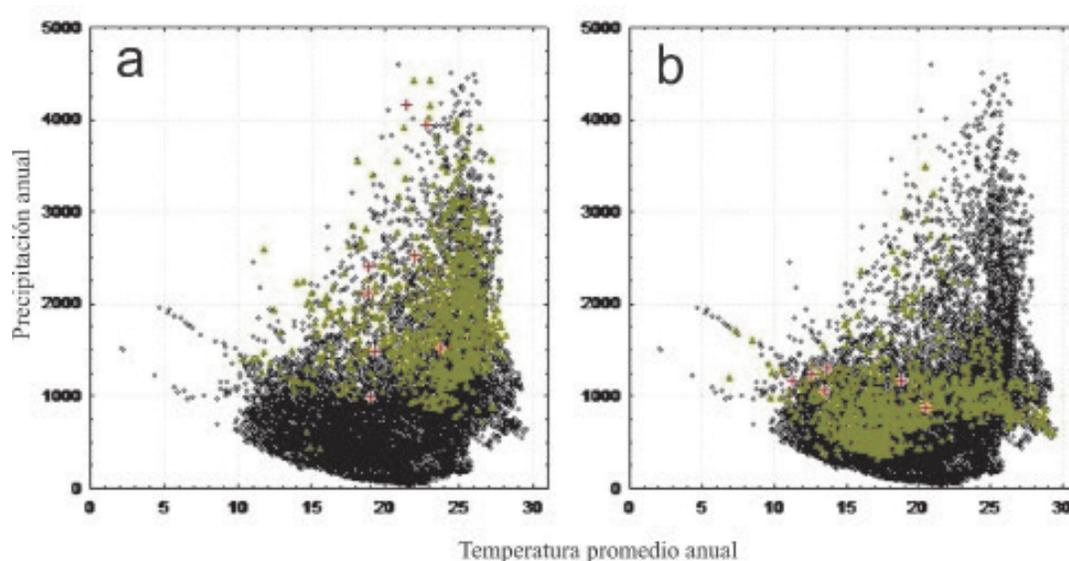


Figura 2. Gráfica de dispersión de las localidades de colecta (cruces rojas) de *Cryptotis tropicalis* (a) y *Sorex mediopua* (b) en el espacio ambiental. Los puntos negros son los valores para México y los puntos verdes los valores para el área de calibración del modelo.

Discussion

Sumado a las revisiones de Maldonado (1999) y Carraway (2007), los resultados de este estudio representan el mayor esfuerzo integral por dar a conocer el estado del conocimiento sobre el orden Eulipotyphla en México. Actualmente, 11 de las 39 especies del orden poseen menos de 10 ejemplares de museo colectados dentro del país. Si bien es cierto que esto puede deberse a la dificultad que implica la captura de topos y musarañas, la cantidad de registros también podría indicar el estado de riesgo de las especies (Escalante-Espinosa 2003). Cualquiera que fuese el caso, la colecta científica sigue siendo un aspecto esencial para la adquisición y validación de datos que van desde la taxonomía alfa hasta el manejo y la toma de decisiones en conservación (Sánchez-Cordero et al. 2001; Patterson 2002; Rocha et al. 2014). Al menos antes del inicio del presente siglo, la colecta de topos y musarañas en México podría definirse como contingente, ya que era un resultado circunstancial al tratar de coleccionar diversas especies de roedores (Ramírez-Pulido et al. 2004; Carraway 2007).

En el caso de las musarañas, sólo los esfuerzos más recientes han explotado el uso de técnicas de bajo precio para colectarlas, como las trampas de caída o tipo "pitfall", aunque sólo se ha realizado en contadas regiones del país (Cervantes *et al.* 2008; Guevara *et al.* 2011).

Es posible que algunas especies de eulipotiflos que no han sido colectadas durante las últimas décadas en México, ya se encuentren extirpadas o extintas (Ceballos y Navarro 1991). El caso más alarmante es la musaraña de San Cristóbal de Las Casas, *Sorex stizodon* que sólo se conoce del holotipo colectado en 1895 (Goldman 1951; Naranjo y Espinoza 2001). Otro caso ejemplar es el del topo *Scalopus aquaticus*, ya que el último registro confirmado dentro del país tiene más de medio siglo y el estado de conservación de sus poblaciones es desconocido (Ceballos y Navarro 1991). Un caso diferente, donde se ha redescubierto a una especie, lo representa la musaraña *Cryptotis nelsoni*, ya que sólo se conocía de la serie tipo colectada en 1894, pero más de un siglo después se obtuvieron nuevos ejemplares y más localidades de colecta en la Sierra de Los Tuxtlas, en la costa este de México (Cervantes y Guevara 2010).

Con base en la distribución actual, el número de registros, la protección actual dentro de AP y/o las amenazas potenciales, consideramos que las musarañas *Cryptotis griseoventris* y la recientemente descrita *C. lacandonensis* deberían estar protegidas por el gobierno mexicano. Actualmente, *C. griseoventris* se encuentra catalogada como vulnerable por las normas internacionales, debido a su distribución restringida y a que su área de distribución está severamente fragmentada debido a la extensa deforestación (IUCN 2013; Guevara *et al.* 2014a). Otras especies también enfrentan elevadas tasas de deforestación dentro de sus áreas históricas como *S. macrodon*, en la que se ha estimado que solo permanece alrededor del 15 % de la cobertura forestal original en su distribución (Sánchez-Cordero *et al.* 2005). Las zonas con mayor riqueza taxonómica y mayor número de endemismos del orden coincide con regiones de particular importancia en la conservación de los mamíferos en México como la Faja Volcánica Transmexicana, la Sierra Madre del Sur y Los Altos de Chiapas (Escalante-Espinosa 2003; Vázquez *et al.* 2009). Estas regiones poseen actualmente extensas áreas que han sido transformadas para su uso en la agricultura y el urbanismo (Sánchez-Cordero *et al.* 2005, 2009; PACC 2011). Las especies endémicas que se distribuyen en estas regiones serían las más vulnerables, como las musarañas *Cryptotis alticola*, *C. goldmani*, *C. griseoventris*, *C. phillipsii*, *Sorex oreopolus*, *S. saussurei*, *S. sclateri*, *S. stizodon* y *S. ventralis*. Todas las especies del género *Cryptotis* de estas zonas se encuentran en alguna categoría de riesgo federal o internacional (Tabla 3), mientras que para el género *Sorex*, solo *S. sclateri*, y *S. stizodon* están bajo alguna categoría de riesgo (Semarnat 2010; IUCN 2013).

El cambio climático también podría ser una amenaza para los topos y las musarañas en México, sin olvidar que cada especie reacciona de manera particular (Peterson *et al.* 2001; Trejo *et al.* 2011; Schloss *et al.* 2012). Estimaciones recientes sugieren que cerca del 68 % de la extensión de los bosques mesófilos en México se perderán durante el presente siglo como una consecuencia del cambio climático (Ponce-Reyes *et al.* 2012); de cumplirse este escenario, al menos 24 de las 36 especies de musarañas perderán el hábitat adecuado para su sobrevivencia. Para el caso de los boques tropicales perennifolios, el cambio climático será responsable de una pérdida cercana al 80 % en la distribución para la musaraña *Megasorex gigas* (Trejo *et al.* 2011), representante de un género monotípico y uno de los 12 géneros de mamíferos endémicos de México.

Es importante mencionar que, los estudios recientes en torno a la familia Soricidae en México han contribuido a actualizar el conocimiento sobre la riqueza y distribución actual de las especies (Carraway 2007; Cervantes *et al.* 2008; Cervantes y Guevara 2010; Guevara *et al.* 2014b) y a incrementar el conocimiento sobre su variación morfológica intra e interespecífica (Ramírez-Pulido *et al.* 2004, 2005; Carraway 2007). Como lo indican estudios previos y como lo sugiere la distribución fragmentada en diversas especies de los géneros *Cryptotis* y *Sorex* (Apéndice 1), aún se requieren evaluaciones taxonómicas para esclarecer el límite taxonómico entre algunas especies (Esteva *et al.* 2010; Guevara y Cervantes 2014). Para el caso de la familia Talpidae ha habido un escaso conocimiento generado durante las últimas décadas y se conoce poco sobre el estado de las poblaciones (Ceballos y Navarro 1991), por lo que el paso inmediato a seguir es poner en claro la situación actual de las poblaciones de las tres especies de topo.

A pesar del sesgo significativo de colecta a lo largo de los caminos como en el caso de las musarañas, la comparación entre los MNE que consideran el sesgo contra los que no lo consideran, muestran que los resultados son similares. Esto podría indicar que el sesgo geográfico en el muestreo de este grupo de mamíferos no ha arrastrado un sesgo ambiental. No obstante, otras aproximaciones que evalúan el sesgo geográfico para ser incorporado en el MNE podrían ser exploradas en el futuro (Phillips *et al.* 2009; Anderson y González Jr. 2011). En cuanto al número de muestra, infortunadamente la mayoría de la especies de eulipotiflos en México poseen un número reducido de localidades, por lo que en esos casos las estimaciones deberían tomarse con mayor cautela, a pesar de haber elegido el método más apropiado (Pearson *et al.* 2007). Conforme se incrementa el número de localidades, será posible validar y robustecer los resultados para especies con tamaños de muestra reducidos (Jackson y Robertson 2011). Consideramos que los esfuerzos de colecta deberían enfocarse a los taxones menos representados en las colecciones biológicas y en aquellos que no han sido registrados en décadas. Un paso inicial podría ser el impulso de inventarios dirigido a estas especies, particularmente dentro de las AP (Sánchez-Cordero *et al.* 2005, 2009; Ceballos 2007; Rocha *et al.* 2014). Además, es importante utilizar métodos adecuados de colecta y dar prioridad a las regiones actualmente adecuadas para las especies (Apéndice 1; Raxworthy *et al.* 2003; Woodman *et al.* 2012). A medida que se obtengan más datos y se actualicen sobre los topos y las musarañas en México, las evaluaciones y los análisis subsecuentes podrán redefinir las prioridades de conservación dentro de uno de los grupos de mamíferos más diversos del país.

Agradecimientos

Los siguientes curadores y asistentes ofrecieron, en todo momento, las facilidades para examinar ejemplares en las colecciones bajo su cargo: F. X. González Cózatl y E. Arellano (CMC-CEAMISCH); A. Riechers (CZRMA); C. Lorenzo (ECO-SC-M); J. Arroyo Cabrales (INAH); R. M. Timm (KU); L. León Paniagua (MZFC); M. Briones Salas (OAXMA); S. Hernández Betancourt (UADY); J. Ramírez Pulido y N. González Ruíz (UAMI); N. Woodman y S. Peurach (USNM). S. Ortega García contribuyó invaluablemente en la depuración de la base de datos de la familia Soricidae. LG agradece al Posgrado en Ciencias Biológicas (UNAM) y al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACyT) por las becas y apoyos económicos para realizar los estudios de posgrado.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad aportó apoyo económico para la depuración de bases de datos y consulta de museos (CONABIO, FB1587/JM044/12).

Resumen

Introducción. Los topos (Talpidae) y las musarañas (Soricidae) son los únicos representantes del orden Eulipotyphla en México, conformando cerca del 7 % de la mastofauna del país. A pesar de su riqueza, algunos aspectos básicos como la taxonomía alfa y el conocimiento de su distribución geográfica permanecen incompletos. La falta de esta información implica que el estado de conservación de los eulipotiflos también permanezca sin ser evaluado, lo que implica un serio impedimento para el diseño de estrategias de manejo para un grupo que tiende a ser especialmente susceptible al cambio climático y a los impactos en la transformación del hábitat. Por tal motivo, con base en la información de colecciones de historia natural y datos ambientales espaciales se realizó una evaluación del estado actual del conocimiento y las posibles amenazas a la supervivencia de los topos y musarañas mexicanos.

Metodología. Revisamos la información disponible en las colecciones biológicas, bases de datos y registros de la literatura. Evaluamos el sesgo geográfico de colecta y estimamos la distribución actual de casi todas las especies de topos y musarañas registrados en México mediante el modelado de sus nichos ecológicos, reteniendo áreas con hábitat natural remanente. Por último, calculamos la extensión de la distribución de cada especie dentro de las Áreas Protegidas y dentro de los ecosistemas más amenazados en México con la finalidad de identificar a los taxones más vulnerables.

Resultados. La diversidad mexicana de eulipotiflos está representada por tres especies de topos y 36 de musarañas. 26 de estas especies (67 %) son endémicas del país y 27 (69 %) se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo al gobierno mexicano o por instancias internacionales. Once taxones se conocen por no más de 10 ejemplares o por muy pocas localidades en el país. Una musaraña en particular (*Sorex stizodon*) no ha sido registrada desde hace más de un siglo. Debido al escaso número de localidades (< 5), no se estimó la distribución actual de 12 especies. La región que podría albergar a la mayor riqueza taxonómica se encuentra en las zonas altas del centro y sur del país. Las especies con el mayor porcentaje de hábitat transformado son el topo *Scalopus latimanus* y las musarañas *Cryptotis merriami*, *C. mexicanus*, *C. obscurus* y *Sorex ornatus*. Con base en la distribución actual, el número de registros, la protección actual dentro de AP y/o las amenazas potenciales, las musarañas *Cryptotis griseoventris* y la recientemente descrita *C. lacandonensis* deberían estar protegidas por el gobierno mexicano.

Discusión y conclusiones. Este trabajo proporciona la primera documentación detallada de la información disponible sobre la taxonomía, nomenclatura, distribución y amenazas de los topos y musarañas en México. La información obtenida en colecciones de historia natural corrobora el escaso y sesgado conocimiento sobre la distribución actual de los eulipotiflos (Ramírez-Pulido *et al.* 2005; Carraway 2007). Nuestro análisis espacial proporciona evidencia de que algunas especies podrían estar más amenazadas de lo que actualmente se reconoce por criterios globales (UICN) y por el gobierno mexicano. El bajo número de ejemplares (< 10) de algunos eulipotiflos podría ser consecuencia de la falta de muestreo. Conforme se incrementa el número de localidades, será posible validar y robustecer los resultados de modelado de nicho ecológico para especies con tamaños de muestra reducidos. Nuestros modelos de nicho convertidos a distribución actual deberían ser utilizados para dirigir esfuerzos de estudios de campo y colecta científica, con el fin de incrementar la información sobre el estado actual de las poblaciones de topos y musarañas.

Palabras clave: colecciones biológicas, distribución actual, Insectívora, inventarios, mamíferos pequeños, sesgo a caminos.

Literatura citada

- ANDERSON, R. P., E I. GONZALEZ JR. 2011. Species-specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distributions: an implementation with Maxent. *Ecological Modelling* 222: 2796-2811.
- ASHER, R. J., Y K. M. HELGEN. 2010. Nomenclature and placental mammal phylogeny. *BMC Evolutionary Biology* 10:102.

- CARRAWAY, L. N.** 2007. Shrews (Eulipotyphla: Soricidae) of Mexico. *Monographs of the Western North American Naturalist* 3:1-91.
- CEBALLOS, G.** 2007. Conservation priorities for mammals in megadiverse Mexico: the efficiency of reserve networks. *Ecological Applications* 17:569-578.
- CEBALLOS, G., Y J. ARROYO-CABRALES.** 2013. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época* 2:27-80.
- CEBALLOS, G., Y D. NAVARRO.** 1991. Diversity and conservation of Mexican mammals. Pp: 167-198 en *Latin American Mammalogy: history, diversity and conservation* (Mares, M. A., y D. J. Schmidly, eds.). University of Oklahoma Press. Norman, EE.UU.
- CERVANTES, F. A., A. MONTIEL, Y A. GARCÍA.** 2008. Shrews (Mammalia, Soricomorpha) from Colima, México. *The Southwestern Naturalist* 53:101-104.
- CERVANTES, F. A., Y L. GUEVARA.** 2010. Rediscovery of the critically endangered Nelson's small-eared shrew (*Cryptotis nelsoni*), endemic to Volcán San Martín, Eastern México. *Mammalian Biology* 75:451-454.
- CHALLENGER, A., Y J. SOBERÓN.** 2008. Los ecosistemas terrestres. Pp. 87-108 en *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- CHOATE, J.** 1970. Systematics and Zoogeographic of Middle American shrews of the genus *Cryptotis*. *University of Kansas Publications. Museum of Natural History* 19:195-317.
- CHURCHFIELD, S.** 2002. Why are shrews so small? The costs and benefits of small size in northern temperate *Sorex* species in the context of foraging habits and prey supply. *Acta Theriologica* 47:169-184.
- DOUADY, C. J., P. I. CHATELIER, O. MADSEN, W. W. DE JONG, F. CATZEFELIS, M. S. SPRINGER, Y M. J. STANHOPE.** 2002. Molecular phylogenetic evidence confirming the Eulipotyphla concept and in support of hedgehogs as the sister group to shrews. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 25:200-209.
- DOUADY, C. J., Y E. J. DOUZERY.** 2003. Molecular estimation of eulipotyphlan divergence times and the evolution of "Insectivora". *Molecular Phylogenetics and Evolution* 28:285-296.
- ESCALANTE-ESPINOSA, T.** 2003. Determinación de prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología* 74:211-237.
- ESTEVA, M. E., F. A. CERVANTES, S. BRANT, Y J. COOK.** 2010. Molecular phylogeny of long-tailed shrews (genus *Sorex*) from México and Guatemala. *Zootaxa* 2615:47-65.
- GOLDMAN, E. A.** 1951. Biological investigations in México. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 115. Washington, EE.UU.
- GRAHAM, C. H., S. FERRIER, F. HUETTMAN, C. MORITZ, Y A. T. PETERSON.** 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution* 19:497-503.
- 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.
- GUEVARA, L., C. LORENZO, S. ORTEGA-GARCÍA, Y V. SÁNCHEZ-CORDERO.** 2014a. Noteworthy records of an endemic shrew from México (Mammalia, Soricomorpha, *Cryptotis griseoventris*), with comments on taxonomy. *Mammalia* 78: 405-408.
- GUEVARA, L., V. SÁNCHEZ-CORDERO, L. LEÓN-PANIAGUA, Y N. WOODMAN.** 2014b. A new species of small-eared shrew (Mammalia, Eulipotyphla, *Cryptotis*) from the Lacandona rainforest, México. *Journal of Mammalogy* 95:739-753.

- GUEVARA, L., y F. A. CERVANTES.** 2014. Molecular systematics of small-eared shrews (Soricomorpha, Mammalia) within *Cryptotis mexicanus* species group from Mesoamérica. *Acta Theriologica* 59:233-242.
- HUTTERER, R.** 2005. Order Soricomorpha. Pp. 220-311 in *Mammal Species of the world: A taxonomic and geographic reference* (Wilson, D. E., y D. M. Reeder, eds.). The John Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA).** 2014. Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000, Serie V, Departamento de Uso del Suelo, Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México. Sitio del INEGI en Internet: www.inegi.org.mx
- IUCN (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE).** 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1.
- IUCN (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE), y UNEP (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME).** 2014. *The World Database on Protected Areas (WDPA)*. UNEP-WCMC. Cambridge, United Kingdom.
- ICZN (INTERNATIONAL COMMISSION ON ZOOLOGICAL NOMENCLATURE).** 1999. International code of zoological nomenclature. Cuarta edición International Trust for Zoological Nomenclature. London, United Kingdom.
- ICZN (INTERNATIONAL COMMISSION ON ZOOLOGICAL NOMENCLATURE).** 2006. Opinion 2164 (Case 3328). *Didelphis* Linnaeus, 1758 (Mammalia, Didelphidae): gender corrected to feminine, and *Cryptotis* Pomel, 1848 (Mammalia, Soricidae): gender fixed as masculine. *Bulletin of Zoological Nomenclature* 63:282–283.
- JACKSON, C. R., y M. P. ROBERTSON.** 2011. Predicting the potential distribution of an endangered cryptic subterranean mammal from few occurrence records. *Journal for Nature Conservation* 19:87-94.
- MALDONADO, J. E.** 1999. Family Talpidae. Pp: 53-55 en *Mamíferos del noroeste de México* (Álvarez-Castañeda S. T., y J. L. Patton, eds.). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur, México.
- MATSON, J. O., y T. J. MCCARTHY.** 2005. A new subspecies of Verapaz shrew (*Sorex veraepacis*) from Guatemala. Pp. 63-70 en *Advances in the Biology of Shrews II* (Merritt, J. F., S. Churchfield, R. Hutterer, y B. I. Sheftel, eds.). Special Publication of the International Society of Shrew Biologist. New York, EE.UU.
- MERRITT, J. F.** 2010. *The biology of small mammals*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- NARANJO, E. J., y E. ESPINOZA.** 2001. Los mamíferos de la reserva ecológica Huitepec, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5:58-67.
- NIKAIDO, M., Y. CAO, M. HARADA, N. OKADA, y M. HASEGAWA.** 2003. Mitochondrial phylogeny of hedgehogs and monophyly of Eulipotyphla. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 28:276-284.
- PACC (PROGRAMA DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE CHIAPAS).** 2011. Anexo técnico III Modelo de Deforestación del Estado de Chiapas. Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/paacc/descargas/paacc_chiapas.pdf. Consultado el 14 de mayo de 2013.
- PATTERSON, B. D.** 2002. On the continuing need for scientific collecting of mammals. *Mastozoología Neotropical* 9:253-262.
- PEARSON, R. G., C. J. RAXWORTHY, M. NAKAMURA, y A. T. PETERSON.** 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34:102-117.

- PETERSON, A. T., V. SÁNCHEZ-CORDERO, J. SOBERÓN, J. BARTLEY, R. W. BUDDEMEIER, Y A. NAVARRO-SIGÜENZA. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modeling* 144:21-30.
- PETERSON, A.T., J. SOBERÓN, R. G. PEARSON, R. P. ANDERSON, E. MARTÍNEZ-MEYER, M. NAKAMURA, Y M. B. ARAÚJO. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Monographs in Population Biology. Princeton University Press. Princeton, EE.UU.
- PHILLIPS, S. J., R. P. ANDERSON, Y R. E. SCHAPIRE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- PHILLIPS, S. J., M. DUDÍK, J. ELITH, C. H. GRAHAM, A. LEHMANN, A., J. LEATHWICK, Y S. FERRIER. 2009. Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications* 19:181-197.
- PONCE-REYES, R., V. H. REYNOSO-ROSALES, J. E. M. WATSON, J. VANDERWAL, R. A. FULLER, R. L. PRESSEY, Y H. P. POSSINGHAM. 2012. Vulnerability of cloud forest reserves in Mexico to climate change. *Nature Climate Change* 2:448-452.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., A. CASTILLO-MORALES, A. SALAME-MÉNDEZ, Y A. CASTRO-CAMPILLO. 2004. Características morfológicas y morfométricas de cinco especies de *Cryptotis* (Mammalia: Soricomorpha). *Acta Zoológica Mexicana* 20:9-37.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., A. CASTILLO-MORALES, A. SALAME-MÉNDEZ, A. CASTRO-CAMPILLO, A., Y N. GONZÁLEZ-RUIZ. 2005. Variación y distribución de *Sorex* (Mammalia: Soricomorpha) del centro de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 3ra. Época 2:178-192.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., J. ARROYO-CABRALES, Y N. GONZÁLEZ-RUIZ. 2008. Mamíferos. CD 1 en Catálogo taxonómico de especies de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad (Ocegueda, S., y J. Lorente-Bousquets, coord.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 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 Museum of Texas Tech University* 63:1-69.
- RAXWORTHY, C. J., E. MARTINEZ-MEYER, N. HORNING, R. A. NUSSBAUM, G. E. SCHNEIDER, M. A. ORTEGA-HUERTA, Y A. T. PETERSON. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature* 426:837-841.
- ROCA, A. L., G. BAR-GAL, K., E. EIZIRIK, K. M. HELGEN, R. MARIA, R., M. S. SPRINGER, S. J. O'BRIEN, Y W. J. MURPHY. 2004. Mesozoic origin for West Indian insectivores. *Nature* 429:649-651.
- ROCHA, L. A., A. ALEIXO, G. ALLEN, F. ALMEDA, C. C. BALDWIN, M. V. BARCLAY, J. M. BATES, A. M. BAUER, F. BENZONI, C. M. BERNS, M. L. BERUMEN, D. C. BLACKBURN, S. BLUM, F. BOLAÑOS, R. C. K. BOWIE, R. BRITZ, R. M. BROWN, C. D. CADENA, K. CARPENTER, L. M. CERÍACO, P. CHAKRABARTY, G. CHAVES, J. H. CHOAT, K. D. CLEMENTS, B. B. COLLETTE, A. COLLINS, J. COYNE, J. CRACRAFT, T. DANIEL, M. R. DE CARVALHO, K. DE QUEIROZ, F. DI DARIO, R. DREWES, J. P. DUMBACHER, A. ENGLISH JR., M. V. ERDMANN, W. ESCHMEYER, C. R. FELDMAN, B. L. FISHER, J. FJELDSÅ, P. W. FRITSCH, J. FUCHS, A. GETAHUN, A. GILL, M. GOMON, T. GOSLINER, G. R. GRAVES, C. E. GRISWOLD, R. GURALNICK, K. HARTEL, K. M. HELGEN, H. HO, D. T. ISKANDAR, T. IWAMOTO, Z. JAAFAR, H. F. JAMES, D. JOHNSON, D. KAVANAUGH, N. KNOWLTON, E. LACEY, H. K. LARSON, P. LAST, J. M. LEIS, H. LESSIOS, J. LIEBHERR, M. LOWMAN, D. L. MAHLER, V. MAMONEKENE, K. MATSUURA, G. C. MAYER, H. MAYS JR., J. MCCOSKER, R. W. MCDIARMID, J. MCGUIRE, M. J. MILLER, R. MOOI, R. D. MOOI, C. MORITZ, P. MYERS, M. W. NACHMAN, R. A. NUSSBAUM, D. Ó FOIGHIL, L. R. PARENTI, J. F. PARHAM, E. PAUL, G. PAULAY, J. PÉREZ-EMÁN, A. PÉREZ-MATUS, S. POE, J. POGONOSKI, D. L. RABOSKY, J. E. RANDALL, J. D. REIMER, D. R. ROBERTSON, M.-O. RÖDEL, M. T. RODRIGUES, P.

- ROOPNARINE, L. RÜBER, M. J. RYAN, F. SHELDON, G. SHINOHARA, A. SHORT, W. B. SIMISON, W. F. SMITH-VANIZ, V. G. SPRINGER, M. STIASSNY, J. G. TELLO, C. W. THOMPSON, T. TRNSKI, P. TUCKER, T. VALQUI, M. VECCHIONE, E. VERHEYEN, P. C. WAINWRIGHT, T. A. WHEELER, W. T. WHITE, K. WILL, J. T. WILLIAMS, G. WILLIAMS, E. O. WILSON, K. WINKER, R. WINTERBOTTOM, Y C. C. WITT. 2014. Specimen collection: an essential tool. *Science* 344:814-815.
- SÁNCHEZ-CORDERO, V., A. T. PETERSON, Y P. ESCALANTE-PLIEGO. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. Pp. 359–379 en *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad* (Hernández, H. M., A. N. García-Aldrete, F. Álvarez, y M. Ulloa, eds.). Ediciones Científicas Universitarias Fondo de Cultura Económica, Academia Mexicana de Ciencias, A.C., Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- SÁNCHEZ-CORDERO, V., P. ILLOLDI-RANGEL, M. LINAJE, S. SARKAR, Y A. T. PETERSON. 2005. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126:465-473.
- SÁNCHEZ-CORDERO, V., P. ILLOLDI-RANGEL, M. LINAJE, T. ESCALANTE, F. FIGUEROA, Y S. SARKAR. 2009. Deforestation and biodiversity conservation in Mexico. Pp. 279-298 en *Endangered Species: New Research* (Columbus, A., y L. Kuznetsov, eds.). Nova Science Publishers. New Haven, EE.UU.
- SCHLOSS, C. A., T. A. NUÑEZ, Y J. J. LAWLER. 2012. Dispersal will limit ability of mammals to track climate change in the Western Hemisphere. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109:8606-8611.
- 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 la inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México, México.
- SIMPSON, G. G. 1945. The principles of classification and a classification of mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 85:1–350.
- SOBERÓN, J., Y A. T. PETERSON. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1–10.
- STANHOPE, M. J., V. G. WADDELL, O. MADSEN, W. DE JONG, S. B. HEDGES, G. C. CLEVEN, K. DIANA, Y M. S. SPRINGER. 1998. Molecular evidence for multiple origins of Insectivora and for a new order of endemic African insectivore mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95:9967-9972.
- STATSOFT INC. 2005. STATISTICA (data analysis software system) version 7.1. Disponible en: <http://www.statsoft.com/>. Tulsa, EE.UU.
- SYMONDS, M. R. 2005. Phylogeny and life histories of the 'Insectivora': controversies and consequences. *Biological Reviews* 80:93-128.
- TREJO, I., E. MARTÍNEZ-MEYER, E. CALIXTO-PÉREZ, S. SÁNCHEZ-COLÓN, R. VÁZQUEZ DE LA TORRE, Y L. VILLERS-RUIZ. 2011. Analysis of the effects of climate change on plant communities and mammals in México. *Atmósfera* 24:1-14.
- VÁZQUEZ, L. B., C. G. BUSTAMANTE-RODRÍGUEZ, Y D. G. BAHENA-ARCE. 2009. Area selection for conservation of Mexican mammals. *Animal Biodiversity and Conservation* 32.1:29-39.
- YATES, T. L., Y J. SALAZAR-BRAVO. 2005. A revision of *Scapanus latimanus*, with the revalidation of a species of Mexican mole. Pp. 479-496 en *Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa* (Sánchez-Cordero, V., y R. Medellín, eds.). Instituto de Biología e Instituto de Ecología, UNAM. Ciudad de México, México.

- WARREN, D. L., R. E. GLOR, Y M. TURELLI.** 2010. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. *Ecography* 33:607-611.
- WARREN, D. L., Y S. N. SEIFERT.** 2011. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications* 21:335-342.
- WILSON, D. E., Y D. M. REEDER.** 2011. Class Mammalia Linnaeus, 1758. In *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa* 3148:56-60.
- WOODMAN, N., Y D. A. CROFT.** 2005. Fossil shrews from Honduras and their significance for late glacial evolution in body size (Mammalia: Soricidae: *Cryptotis*). *Fieldiana Geology* 51:1–30.
- WOODMAN, N.** 2010. Two new species of shrews (Soricidae) from the western highlands of Guatemala. *Journal of Mammalogy* 91:566–579.
- WOODMAN, N.** 2012. Taxonomic status and relationships of *Sorex obscurus parvidens* Jackson, 1921, from California. *Journal of Mammalogy* 93:826-838.
- WOODMAN, N., J. O. MATSON, T. J. MCCARTHY, R. P. ECKERLIN, W. BULMER, Y N. ORDÓÑEZ-GARZA.** 2012. Distributional records of shrews (Mammalia, Soricomorpha, Soricidae) from Northern Central America with the first record of *Sorex* from Honduras. *Annals of Carnegie Museum* 80:207–237.

Summited: July 2, 2014

Review: August 22, 2014

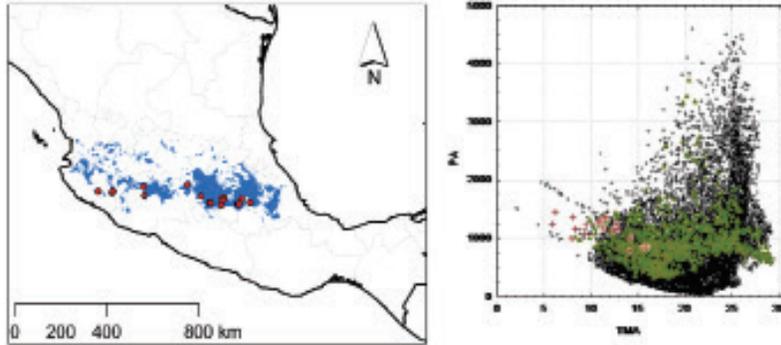
Accepted: October 20, 2014

Associated editor: Consuelo Lorenzo

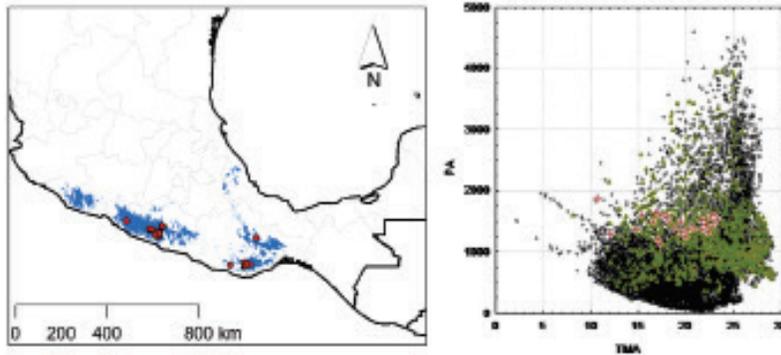
Apéndice 1

Distribución actual de 2 especies de topos de los géneros *Scalopus* y *Scapanus* y 25 de musarañas de los géneros *Cryptotis*, *Megasorex*, *Notiosorex* y *Sorex* dentro de México. De izquierda a derecha se muestra el nombre científico, la distribución actual (azul) con las localidades registradas para México (puntos en rojo) y la ubicación de las localidades con las que se generaron los modelos (cruces en rojo) en el espacio ambiental: temperatura promedio anual (TMA, eje x) y precipitación anual (PA, eje y). También se muestran los valores para ambas variables para México (puntos negros) y para el área de calibración del modelo (puntos verdes). Al final, se presentan las localidades para las especies para las cuales no se generaron modelos de nicho ecológico.

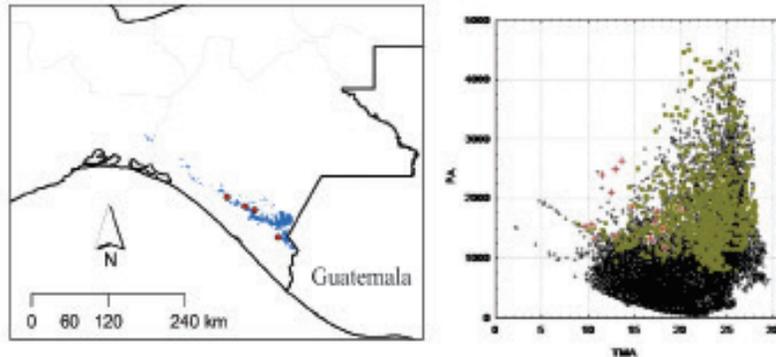
Cryptotis alticola



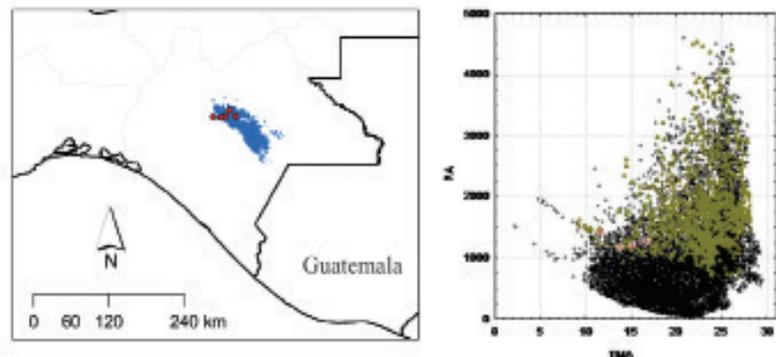
C. goldmani



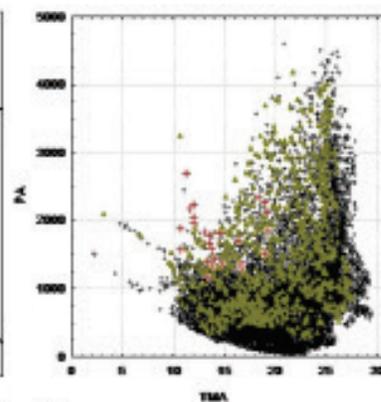
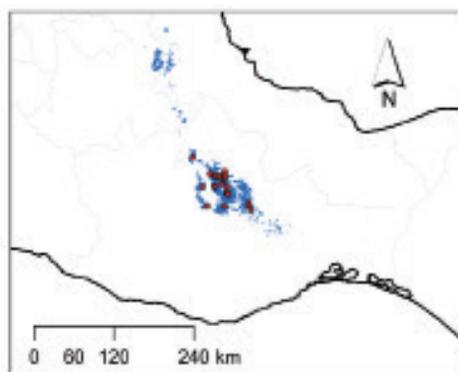
C. goodwini



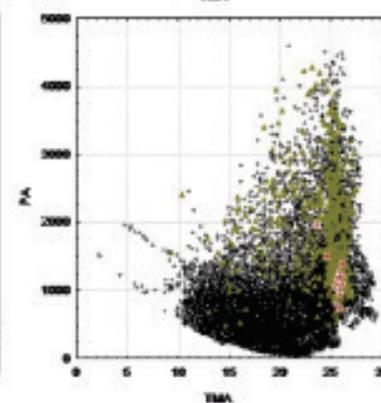
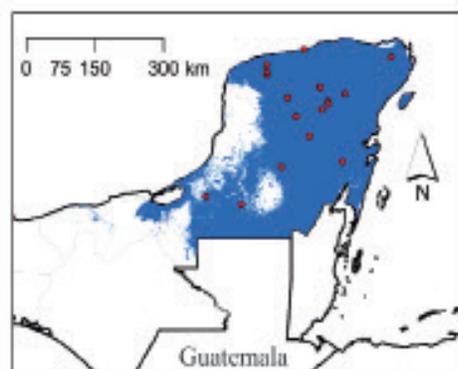
C. griseiventris



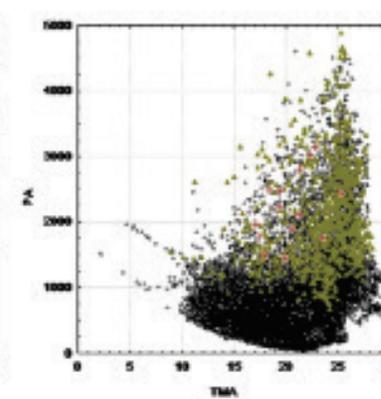
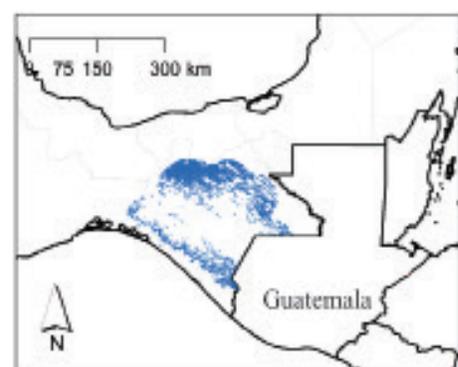
C. magnus



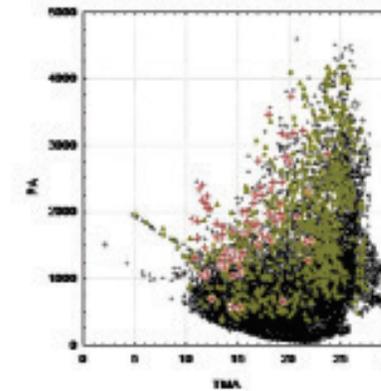
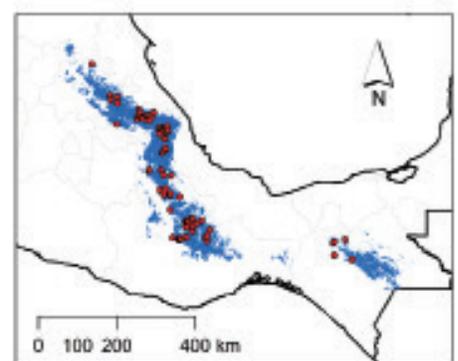
C. mayensis



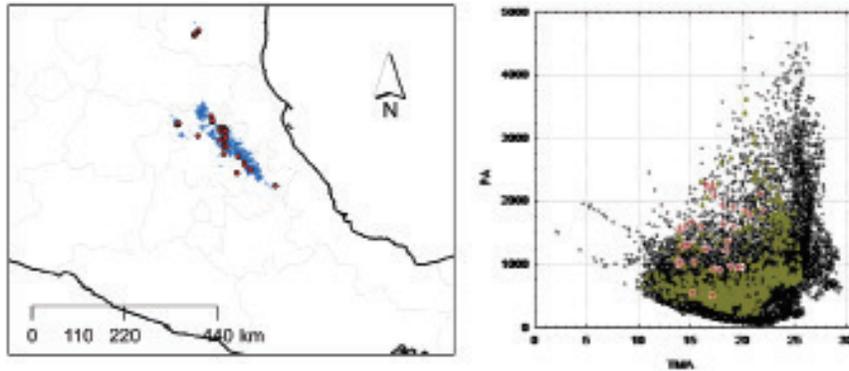
C. merriami



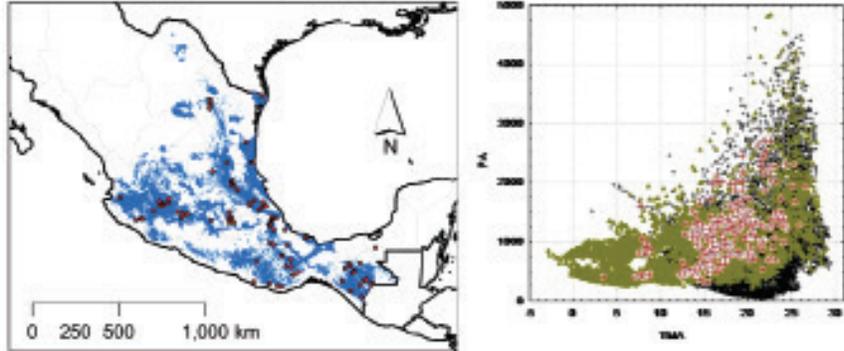
C. mexicanus



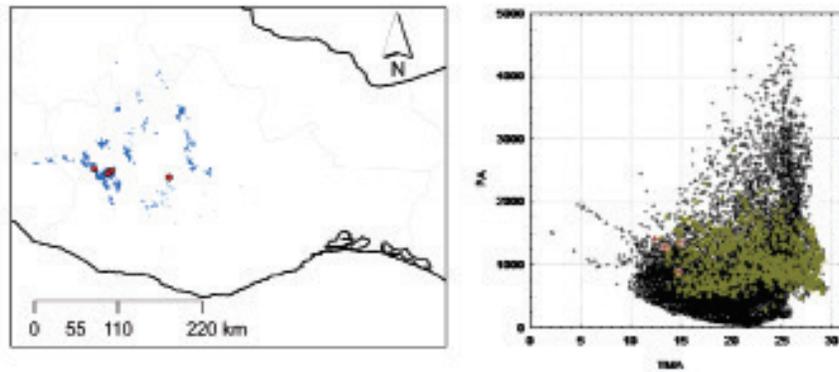
C. obscurus



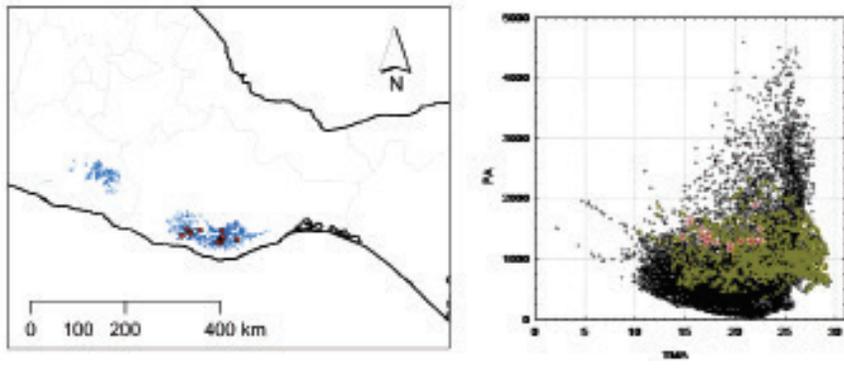
C. parvus



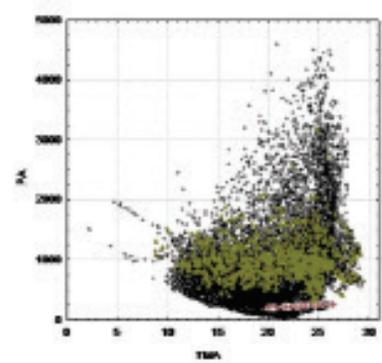
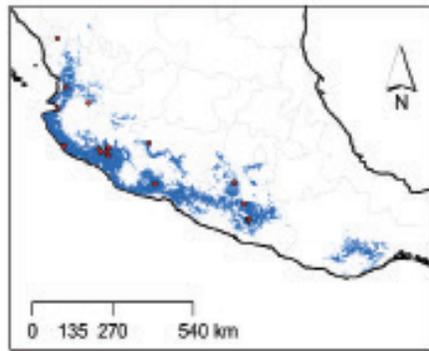
C. peregrinus



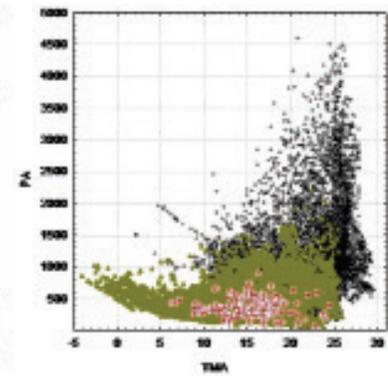
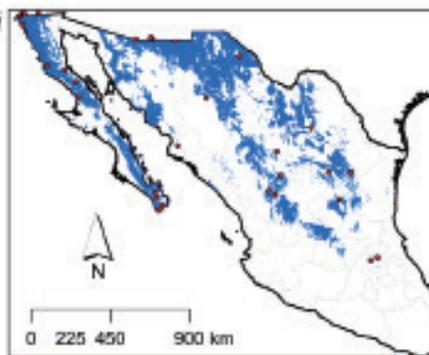
C. phillipsii



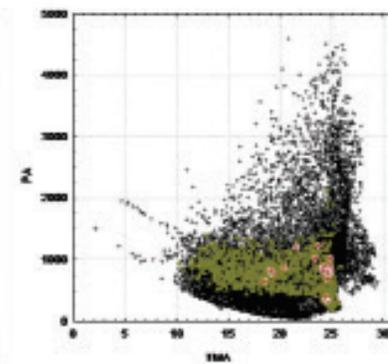
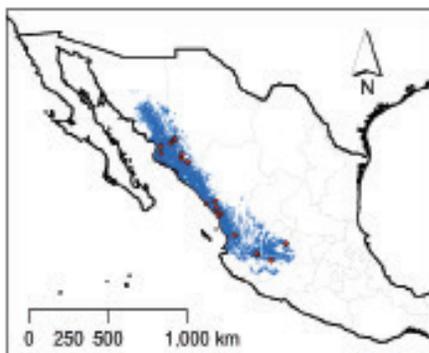
Megasorex gigas



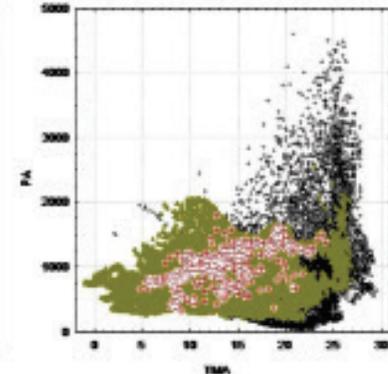
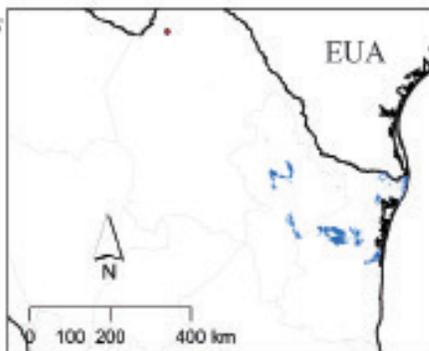
Notiosorex crawfordi



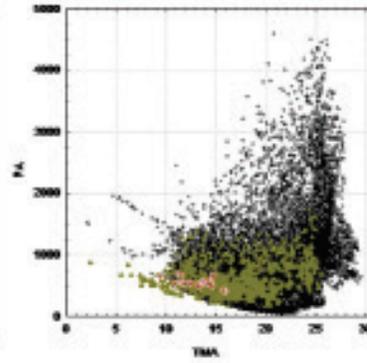
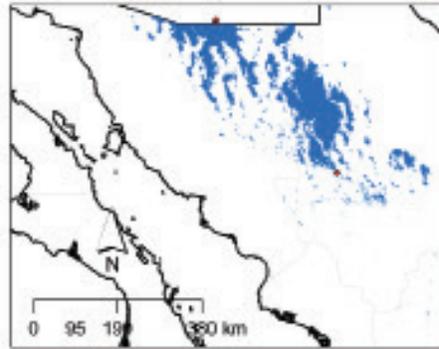
N. evotis



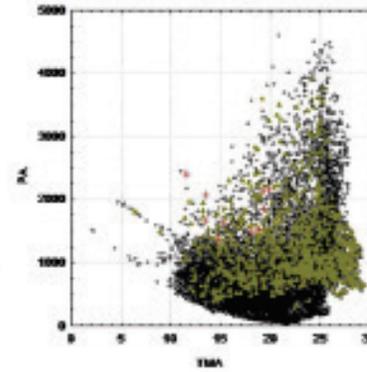
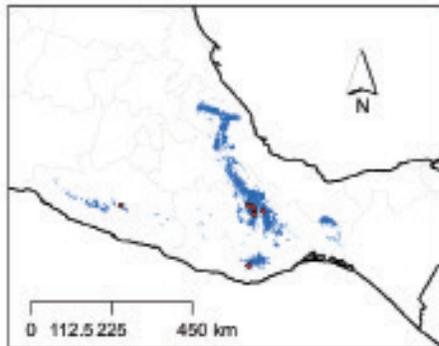
Scalopus aquaticus



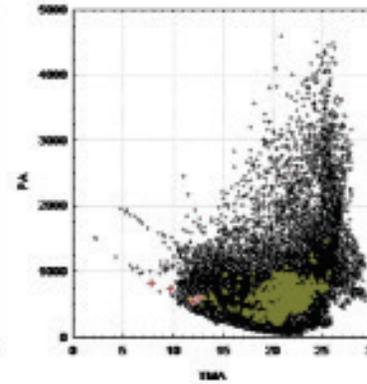
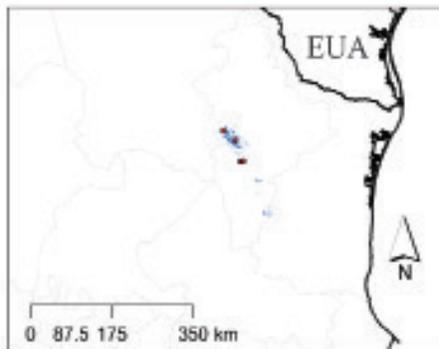
Sorex arizonae



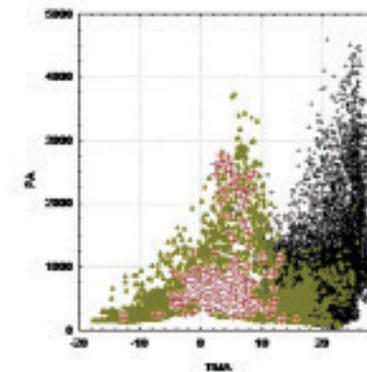
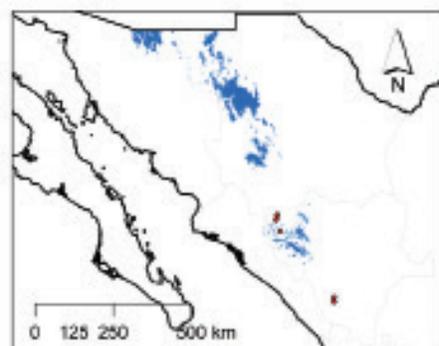
S. ixtlanensis



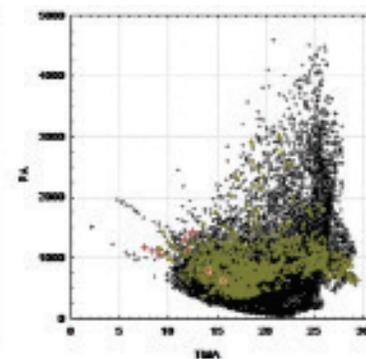
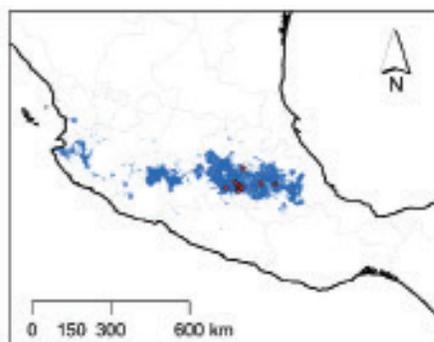
S. milleri



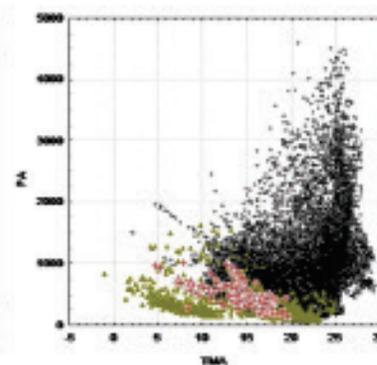
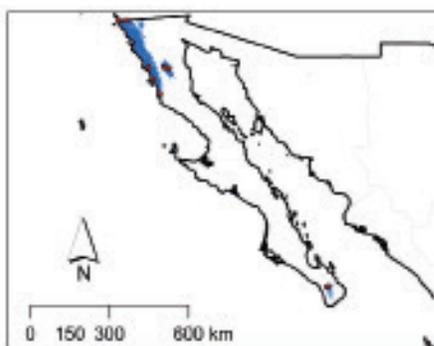
S. monticola



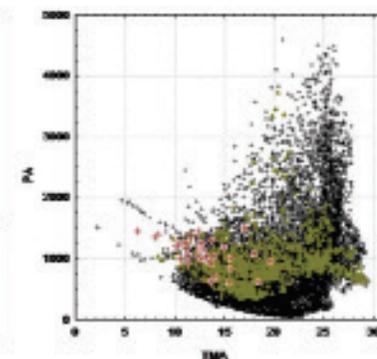
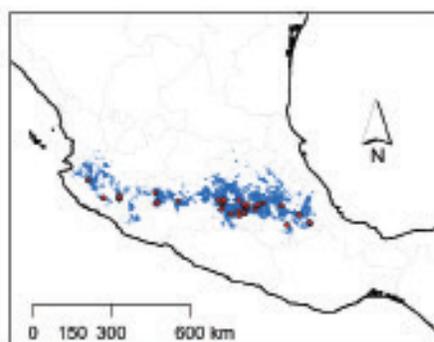
S. oreopolus



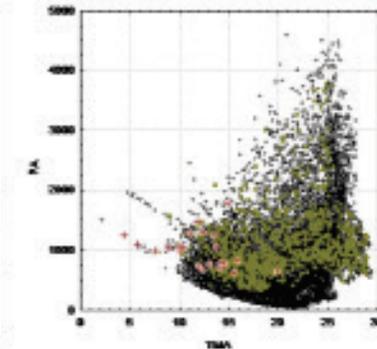
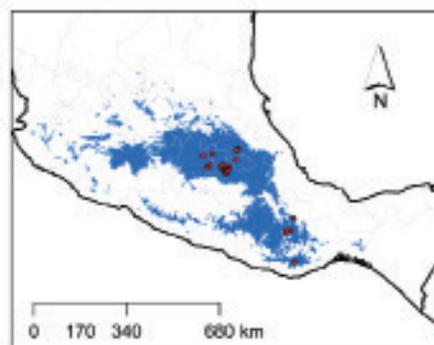
S. ornatus



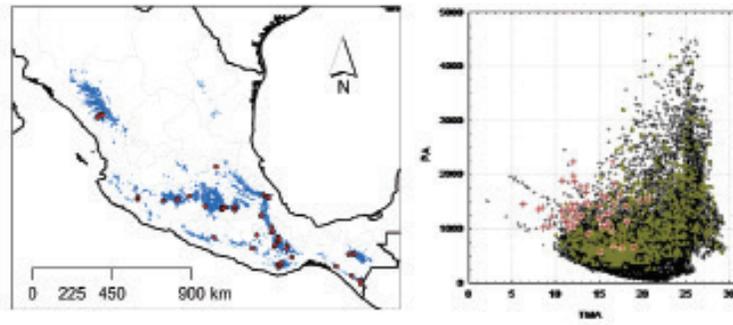
S. saussurei



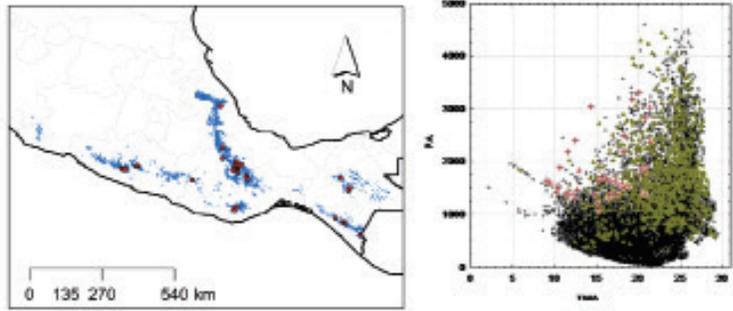
S. ventralis



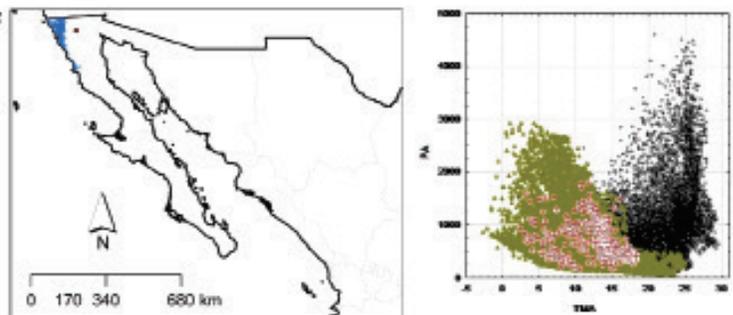
S. salvini



S. veraepacis



Scapanus latimanus



Especies sin modelo de nicho ecológico (ver Materiales y métodos)

