

Informe final* del Proyecto JM044
Modelado de la distribución potencial de las musarañas (*Mammalia, Soricidae*)

Responsable: Dr. Víctor Sánchez Cordero Dávila
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología
Departamento de Zoología
Dirección: Av. Universidad # 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, 04510, Ciudad de México
Correo electrónico: victor@ib.unam.mx
Teléfono/Fax: Tel directo: (55)-5622-9163 Tel. Instituto Biología: conmutador: (0052-55) 5622-9147, ext.:47846 Tel. Jefatura de Zoología: 5622-9161/9129
Fecha de inicio: Mayo 31, 2012.
Fecha de término: Octubre 24, 2016.
Principales resultados: Base de datos, cartografía, informe final.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Sánchez-Cordero, V. y L. Guevara. 2016. "Modelado de la distribución potencial de las musarañas (*Mammalia, Soricidae*)". Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. **Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JM044.** Ciudad de México.

Resumen:

Las musarañas (Familia Soricidae) constituyen uno de los grupos de mamíferos más diversos y de mayor distribución en el mundo. Sin embargo, estos pequeños mamíferos se encuentran entre los menos conocidos y estudiados en México. A la fecha, algunas especies sólo se conocen de pocos ejemplares depositados en colecciones del extranjero; a su vez, existen registros no identificados a nivel de especie y hay especies que sólo se conocen de la localidad tipo. Recientemente, las musarañas han despertado el interés debido al gran número de especies en México, a su extraordinaria diversificación filogenética, a sus requerimientos ambientales estrictos y a la amplia variedad de hábitats que ocupan dentro del país. Sin embargo, la falta de la actualización de bases de datos y su escasa depuración compromete el conocimiento adecuado acerca de sus registros y la distribución potencial de la tercera familia de mamíferos más diversa en México, pero a la vez, la menos conocida.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

I. Modelado de la distribución potencial de las musarañas (Mammalia, Soricidae).

II. DATOS GENERALES

Datos del responsable del proyecto	
Nombre	Dr. Víctor Manuel Sánchez-Cordero Dávila
Participantes	C. a Dr. Lázaro Guevara López M. en C. Stephanie Ortega García C. a Dr. Francisco Javier Botello López
Institución	Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
Correo-e Responsable	victor@ib.unam.mx

III. RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene como objetivo actualizar e incrementar la información de las 35 especies de musarañas (Familia Soricidae) registradas en México, para que sirva como la base para estimar su distribución potencial en el país. Para ello, se actualizó la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad mediante su depuración y la integración de registros recientes con la participación de uno de los especialistas en el grupo taxonómico. Asimismo, con el fin de corroborar la identificación taxonómica, se consultaron especímenes en colecciones biológicas nacionales y extranjeras. La base de datos resultante contiene 8,730 registros de las 35 especies que habitan en México. Debido a la escasez de localidades, no se estimó la distribución potencial de siete especies. El análisis descriptivo de los datos y el bajo ajuste en ciertos estimados de distribución potencial sugiere que para algunas especies el conocimiento de los requerimientos ambientales aún es insuficiente, por lo que es necesario continuar el acopio de información de campo. Este proyecto es el producto de la sistematización de la información recabada en bases de datos y colecciones científicas y de una exhaustiva revisión bibliográfica sobre las especies de musarañas registradas en México.

IV. INTRODUCCIÓN

Dentro de los mamíferos, las musarañas (Familia Soricidae) constituyen uno de los clados más diversos y de mayor distribución en el mundo (Wójcik y Wolsan 1998). Sin embargo, las musarañas se caracterizan por ser un grupo morfológicamente homogéneo y la confusión en la determinación taxonómica es un caso recurrente. En años recientes, la colecta de musarañas en México se ha incrementado, lo cual ha permitido la publicación

de registros importantes (Ramírez-Pulido *et al.* 2004; Cervantes *et al.* 2008; Cervantes y Guevara 2010; Guevara *et al.* 2011). Por el otro lado, en la mayoría de los casos las especies sólo se conocen de pocos ejemplares depositados en colecciones biológicas y, debido a los cambios taxonómicos y nomenclaturales recientes (Carraway 2007; Woodman 2011), algunos registros carecen de actualización. El desconocimiento en torno a estos pequeños mamíferos dificulta una adecuada valoración del estado de amenaza y, por lo tanto, proponer esfuerzos integrales de conservación.

En este sentido, una vez que los datos procedentes de colecciones biológicas han sido depurados taxonómica y geográficamente, la posibilidad de obtener una aproximación confiable de la distribución de las especies, así como de los factores ambientales que determinan dicha distribución incrementa considerablemente (Graham *et al.* 2004). El uso de modelos de nicho ecológico y la estimación de distribuciones potenciales tiene aplicaciones directas en diversas áreas de la biología, como la biogeografía, la biología de la conservación, la restauración ecológica y la salud pública (Peterson *et al.* 2011). Un aspecto menos explorado es el análisis de la distribución de las especies en el espacio ecológico, donde existen implementaciones potenciales en campos como la ecología teórica, la evolución y las proyecciones a futuro, cruciales en la conservación (Martínez-Meyer y Sánchez-Cordero 2006).

Las musarañas están despertando el interés debido al gran número de especies en México, a su extraordinaria diversificación filogenética, a sus requerimientos ambientales estrictos y a que, en conjunto, ocupan una amplia variedad de hábitats, desde zonas montañosas hasta las selvas secas. Sin embargo, la falta de limpieza de datos compromete el conocimiento adecuado sobre los registros actuales y la distribución potencial en México. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es la actualización de bases de datos y su depuración para generar modelos de nicho ecológico robustos, que permitan estimar la distribución potencial de las 35 especies de musarañas en México. Esto proporcionará información clave sobre los requisitos ambientales de las especies, así como la identificación de regiones prioritarias para emprender esfuerzos de colecta científica de uno de los grupos más diversos y con mayor tasa de endemismos.

V. DESARROLLO DEL PROYECTO

1. Calidad de Información

El presente proyecto está basado en la propuesta taxonómica de Hutterer (2005) para los géneros *Cryptotis*, *Megasorex* y *Notiosorex*. De acuerdo a la Opinión 2164 de la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN 2006) tratamos al género *Cryptotis* como masculino, por lo tanto, los nombres válidos para *C. magna*, *C. mexicana*, *C. obscura*, *C. parva* y *C. peregrina* son *C. magnus*, *C. mexicanus*, *C. obscurus*, *C. parvus* y *C. peregrinus*, respectivamente. Para el género *Sorex* se sigue la propuesta taxonómica de

Carraway (2007), con la excepción de *Sorex veraecrucis ibarraii* para la cual se sigue a Matson y McCarthy (2005) y para *S. saussurei* y *S. veraecrucis* se consideran las recomendaciones de Hutterer (2005) y Woodman *et al.* (2012) acerca de las poblaciones que habitan en Guatemala.

La revisión, análisis y validación de los datos taxonómicos y biogeográficos para la detección de posibles errores se llevó a cabo mediante la consulta de bases de datos y la revisión directa de ejemplares depositados en colecciones biológicas nacionales y extranjeras. Como primer paso, se solicitaron los registros de la familia Soricidae contenidos en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (**SNIB**) a través de la Coordinación de Información y Análisis de la CONABIO. A su vez, se consultaron las bases de datos del Mammal Networked Information System (**MaNIS**), el Global Biodiversity Information Facility (**GBIF**). Después, se visitaron las siguientes colecciones biológicas: la Colección Zoológica Regional (Mammalia) del Instituto de Historia Natural y Ecología (**CZRMA**); la Colección Mastozoológica de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de Las Casas, Chiapas (**ECO-SC-M**); la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología, UNAM (**CNMA**); la Colección de Mamíferos de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa (**UAM-I**); la Colección de Mamíferos del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias de la UNAM (**MZFC**); la Colección Mastozoológica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional (**ENCB-IPN**); la Colección Osteológica del Laboratorio de Arqueozoología “M. en C. Ticul Álvarez Solórzano” (**INAH**); la Colección de Mamíferos del Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla, UAEM (**CIByC**); la Colección Regional Mastozoológica del CIIDIR-Oaxaca (**OAXMA**), el Natural History Museum en The University of Kansas (**KU**) y el National Museum of Natural History del Smithsonian Institution (**USNM**).

Debido a la escasez de registros, se decidió solicitar la base de datos a otras colecciones biológicas para integrarlos o verificarlos con nuestra base de datos: la Colección de Vertebrados del Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad, U. de G.; Colección de Mamíferos, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; la Colección Regional de Mamíferos del CIIDIR-Durango; la Colección de Mamíferos del Museo de Historia Natural “Alfredo Dugès” de la Universidad de Guanajuato y la Colección de Mamíferos. Laboratorio de Mastozoolología “Dr. Bernardo Villa Ramírez”, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Con el fin de corroborar nuestros modelos y debido al gran acopio de información obtenida en la etapa intermedia del proyecto (*i.e.* cuatro veces más información de la comprometida en el convenio), decimos invertir esfuerzos en realizar una salida a campo a la región de Los Tuxtlas en el estado de Veracruz, para llevar a cabo trabajo de campo en busca de una de las especies de

musaraña más amenazada en el mundo, *Cryptotis nelsoni* (Cervantes y Guevara 2010; Woodman *et al.* 2010).

En el caso de localidades no georreferenciadas, siempre que fue posible fueron georreferenciadas utilizando la 'Error Calculator' disponible a través del proyecto VertNet (<http://vertnet.org/>). En el caso de localidades georreferenciadas en grados decimales, se hizo la conversión a coordenadas decimales por medio del portal del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (<http://antares.inegi.org.mx/traninv/>).

Una vez teniendo las localidades en grados decimales, la validación geográfica de los registros de todas las especies se realizó sobreponiendo el *shapefile* de las localidades en coordenadas decimales de cada una de las especie sobre el *shapefile* que contiene la distribución de mamíferos sugerida por la IUCN © International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/spatial-data#mammals>) y el *shapefile* de los países de América (<http://www.diva-gis.org/gdata>). Esto se realizó en el software ESRI ArcGIS© versión 10. Aquellos registros que se encontraban fuera del polígono que indica la distribución fueron revisados particularmente para corroborar la identificación taxonómica y la validación geográfica (ver Anexo II). En los casos de incertidumbre taxonómica y geográfica, corroboramos la consistencia de esos registros mediante la consulta de literatura especializada en musarañas (*i.e.* Merriam 1895; Hall y Dalquest 1963; Choate 1970; 1973; Hall 1981; Woodman y Timm 1993; 1999; Carraway y Timm 2000; Baker *et al.* 2003; Ramírez-Pulido *et al.* 2004, 2005; Hutterer 2005; Matson y McCarthy 2005; Carraway 2007; Cervantes y Guevara 2010; Guevara *et al.* 2011; Esteva *et al.* 2010; Woodman 2010; 2011; Woodman *et al.* 2012).

Finalmente, la base de datos contiene a 8,730 registros de las 35 especies de la familia Soricidae (Cuadro 1), esto es cuatro veces más de los comprometidos en el convenio (2,100 registros), con base en lo indicado en el *Instructivo para la conformación de bases de datos compatibles con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) para modelar la distribución geográfica de las especies 2011* y siguiendo la estructura del estándar *Darwin Core*. El formato del archivo de la base de datos se elaboró en una tabla utilizando Excel Starter 2010 (Anexo I). Para las especies *Notiosorex cockrumi*, *N. villai*, *Sorex macrodon*, *S. orizabae*, *S. sclateri*, *S. stizodon* y *S. emarginatus* no se estimó la distribución potencial debido a la escasez de registros con localidades georreferenciadas. No obstante, también se hace entrega de los registros obtenidos para esas especies.

Cuadro 1. Listado de especies incluidas en el presente proyecto. Se indica para cuales especies se estimó la distribución potencial (X, EDP).

Nombre científico	EDP
<i>Cryptotis alticola</i> (Merriam, 1895)	X
<i>Cryptotis goldmani</i> (Merriam, 1895)	X
<i>Cryptotis goodwini</i> Jackson, 1933	X
<i>Cryptotis griseoventris</i> Jackson, 1933	X
<i>Cryptotis magnus</i> (Merriam, 1895)	X
<i>Cryptotis mayensis</i> (Merriam, 1901)	X
<i>Cryptotis merriami</i> Choate, 1970	X
<i>Cryptotis mexicanus</i> (Coues, 1877)	X
<i>Cryptotis nelsoni</i> (Merriam, 1895)	X
<i>Cryptotis obscurus</i> (Merriam, 1895)	X
<i>Cryptotis parvus</i> (Say, 1823)	X
<i>Cryptotis peregrinus</i> (Merriam, 1895)	X
<i>Cryptotis phillipsii</i> (Schaldach, 1966)	X
<i>Cryptotis tropicalis</i> (Merriam, 1895)	X
<i>Megasorex gigas</i> (Merriam, 1897)	X
<i>Notiosorex crockrumi</i> Baker, O'Neill y McAliley, 2003	
<i>Notiosorex crawfordi</i> (Coues, 1877)	X
<i>Notiosorex evotis</i> (Coues, 1877)	X
<i>Notiosorex villai</i> Carraway y Timm 2000	
<i>Sorex arizonae</i> Diersing y Hoffmeister, 1977	X
<i>Sorex emarginatus</i> Jackson, 1825	
<i>Sorex ixtlanensis</i> Carraway, 2007	X
<i>Sorex macrodon</i> (Merriam, 1895)	
<i>Sorex mediopua</i> Carraway 2007	X
<i>Sorex milleri</i> Jackson, 1947	X
<i>Sorex monticolus</i> Merriam, 1890	X
<i>Sorex oreopolus</i> Merriam, 1892	X
<i>Sorex orizabae</i> Merriam, 1895	
<i>Sorex ornatus</i> Merriam, 1895	X
<i>Sorex saussurei</i> Merriam, 1892	X
<i>Sorex sclateri</i> Merriam, 1897	
<i>Sorex stizodon</i> Merriam, 1895	
<i>Sorex ventralis</i> Merriam, 1895	X
<i>Sorex veraecrucis</i> Jackson, 1925	X
<i>Sorex veraepacis</i> Alston, 1877	X

2. Criterio de selección de la región de referencia por especie ('M' en diagrama BAM (Soberón y Peterson 2005; Barve *et al.* 2011)).

La selección de las regiones de referencia ('M') se basó en hipótesis biogeográficas previas, conocimiento de registro fósil y requerimientos ambientales generales de las especies (Goldman 1951; Choate 1970; Woodman y Timm 1999; Carraway y Timm 2000; Ramírez-Pulido *et al.* 2004; Woodman 2005; Cervantes *et al.* 2008; Woodman *et al.* 2012). Para definir la coberturas se utilizaron los registros validados por cada especie y los intersectamos con las Ecorregiones Terrestres de México (INEGI, CONABIO e INE, 2008) o las Regiones y Provincias Mastogeográficas (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo 1999), para el caso de especies que se distribuyen más al sur de México, ampliamos el límite incluyendo a los países en los que existen registros (*e.g.* Guatemala, Honduras, El Salvador) y para el caso de las especies que también habitan en Estados Unidos y Canadá utilizamos las Ecorregiones Terrestres de Norte América a Nivel III (Commission for Environmental Cooperation 2009). Todos los *shapefiles* fueron proyectados al elipsoide WGS84 y el proceso se realizó en el programa ESRI ArcGIS© versión 10 (Spatial Analyst Tools/Extraction/Extract by Mask). Se generaron regiones de referencia para cada una de las 28 especies en las que los datos era suficientes para estimar la distribución potencial (5 o más localidades), las cuales se describen en el pie de figura (Figs. 1 – 28). Debido a la escasez de datos (*i.e.* < 5 localidades) no se generaron modelos para *Notiosorex cockrumi*, *N. villai*, *Sorex emarginatus*, *S. macrodon*, *S. orizabae*, *S. sclateri* y *S. stizodon*.

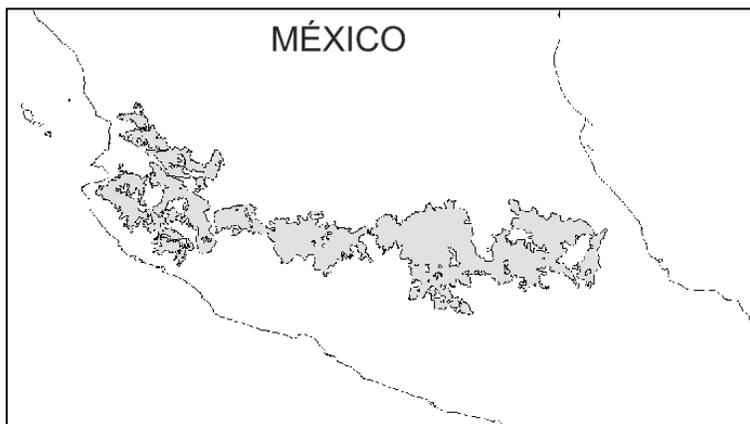


Fig. 1. Región de referencia para *Cryptotis alticola*. Esta región incluye a los Lomeríos y sierras con Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos del Centro de México (Faja Volcánica Transmexicana) y los Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Jalisco y Michoacán (Sierra Madre del Sur) (INEGI, CONABIO e INE, 2008).



Fig. 2. Región de referencia para *Cryptotis goldmani*. Esta región incluye a los bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca (Sierra Madre del Sur) (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

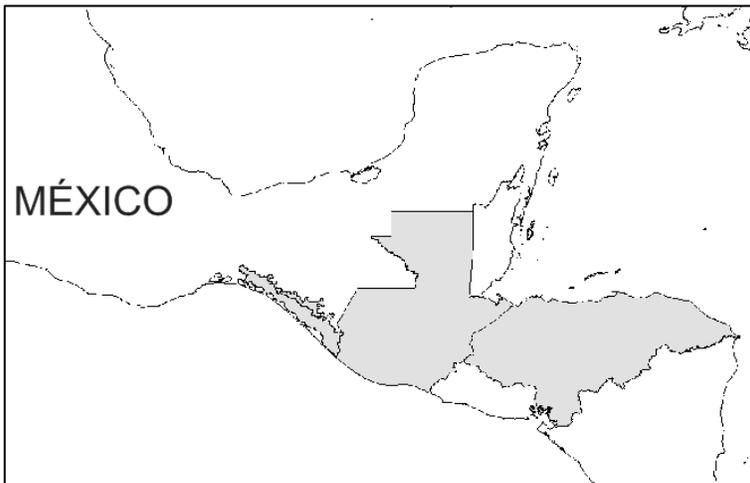


Fig. 3. Región de referencia para *Cryptotis goodwini*. Esta región incluye a la Planicie y Lomeríos Costeros del Soconusco con Selva Perennifolia (Planicie Costera y Lomeríos del Soconusco), los bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre Centroamericana (Sierra Madre Centroamericana y Altos de Chiapas) (INEGI, CONABIO e INE, 2008), Guatemala y Honduras.



Fig. 4. Región de referencia para *Cryptotis griseoventris*. Esta región incluye a los Bosque de Coníferas, Encino y Mixtos de los Altos de Chiapas (Sierra Madre Centroamericana y Altos de Chiapas) (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

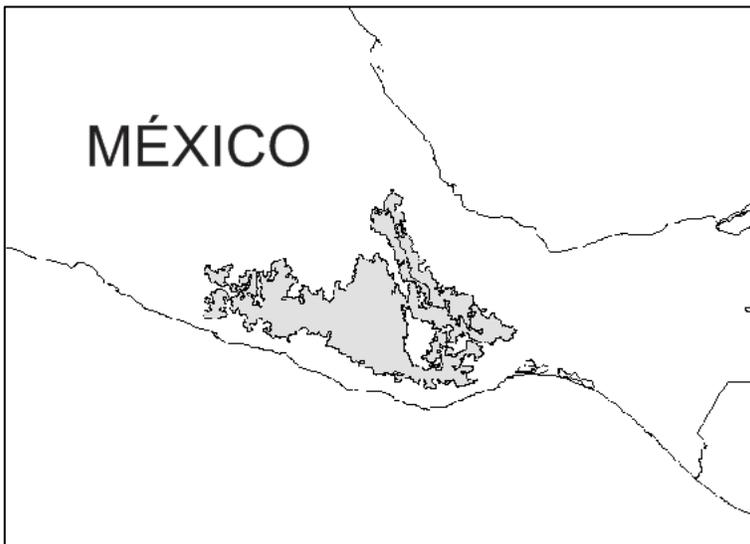


Fig. 5. Región de referencia para *Cryptotis magnus*. Esta región incluye a los Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca (Sierra Madre del Sur) (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

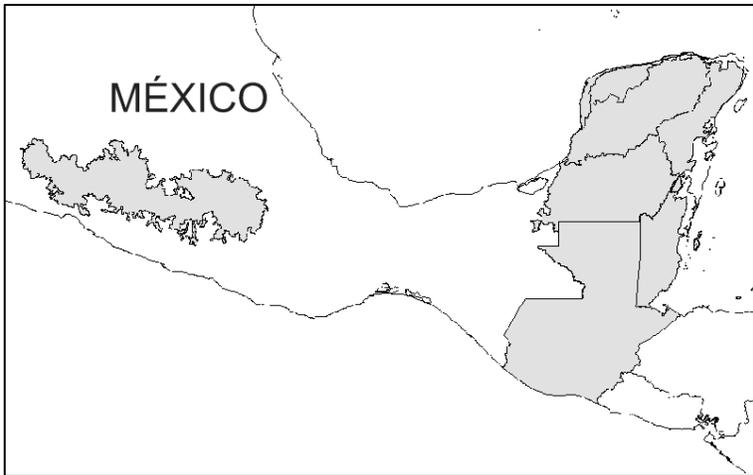


Fig. 6. Región de referencia para *Cryptotis mayensis*. Esta región incluye a los lomeríos del sur de la Península Yucateca con selva perennifolia, Depresión del Balsas con selva caducifolia y matorral xerófilo, planicie noroccidental de Yucatán con selva caducifolia, planicie oriental yucateca con selva perennifolia, planicie occidental yucateca con selva caducifolia, planicie noroccidental de Yucatán con selva caducifolia (INEGI, CONABIO e INE, 2008), Belice y Guatemala.

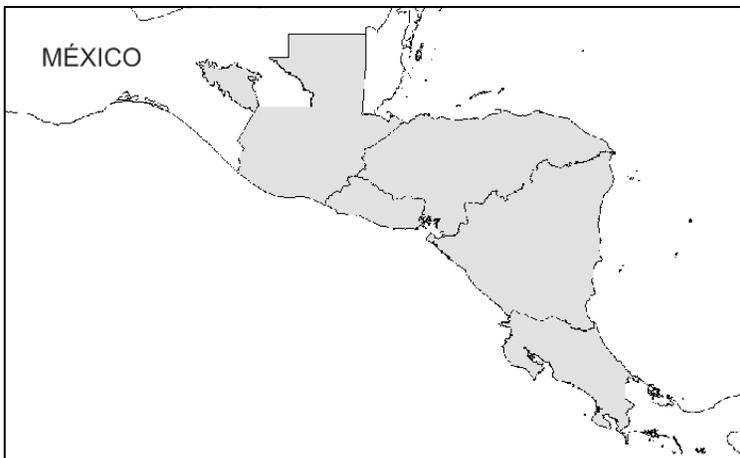


Fig. 7. Región de referencia para *Cryptotis merriami*. Esta región incluye a los bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de los Altos de Chiapas (Sierra Madre Centroamericana y Altos de Chiapas) (INEGI, CONABIO e INE, 2008), Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

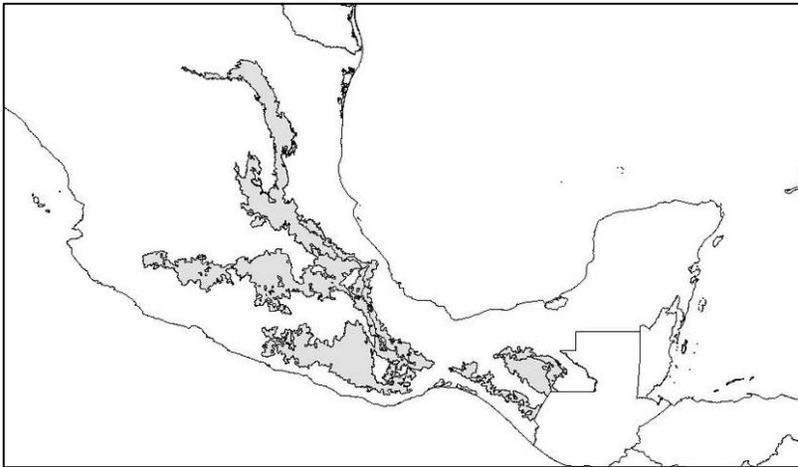


Fig. 8. Región de referencia para *Cryptotis mexicanus*. Esta región incluye a Lomeríos y Sierras con Bosques de coníferas, encino y mixtos del Centro de México; Bosques de Coníferas, Encino y mixtos de la Sierra Madre Oriental; Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca; Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos de la Sierra Madre Centroamericana y Bosque de Coníferas, Encinos y Mixtos de los Altos de Chiapas (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

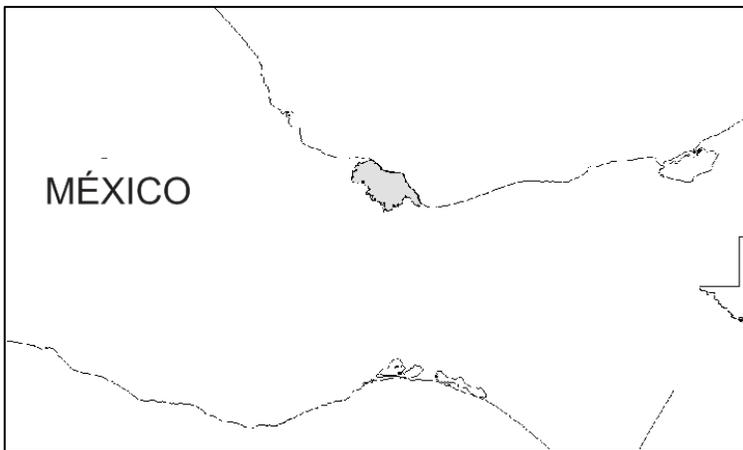


Fig. 9. Región de referencia para *Cryptotis nelsoni*. Esta región sólo incluye a la Sierra de Los Tuxtlas (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

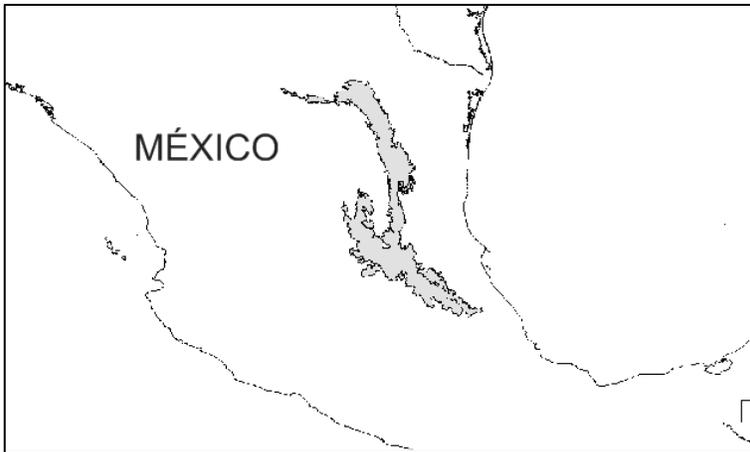


Fig. 10. Región de referencia para *Cryptotis obscurus*. Esta región incluye a los bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre Oriental (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

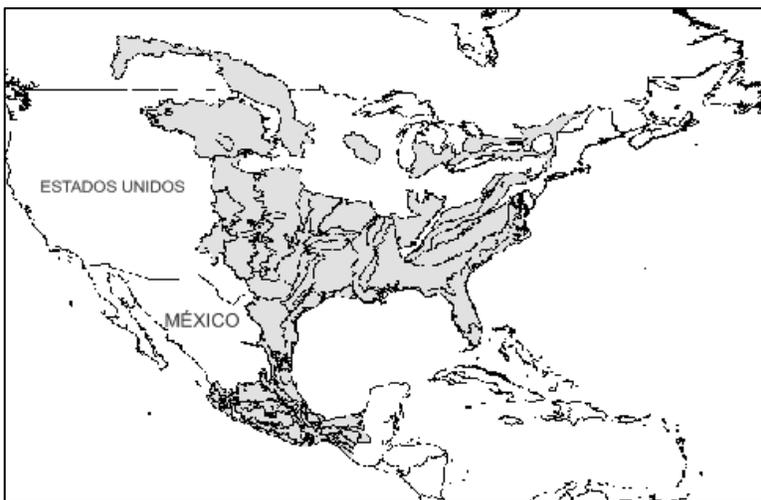


Fig. 11. Región de referencia *Cryptotis parvus*. Incluye las regiones del *Western Gulf Coastal Plain, Valleys and Depressions of Oaxaca and Puebla with Xeric Shrub and Low Tropical Deciduous Forest, Texas Blackland Prairies, Tehuantepec Canyon and Coastal Plain with Low Tropical Deciduous Forest and Low Thorn Forest, Southwestern Tablelands, Southwestern Appalachians, Southern Texas Plains/Interior Plains and Hills with Xerophytic Shrub and Oak Forest, Southern Florida Coastal Plain, Southern Florida Coastal Plain, Southern Coastal Plain, Southeastern Plains, South Pacific Hills and Piedmonts with Low Tropical Deciduous Forest, South Central Plains, South Central Plains, Sierras of Jalisco and Michoacán with Conifer, Oak, and Mixed Forests, Sierras of Guerrero and Oaxaca with Conifer, Oak, and Mixed Forests, Sierra Madre Oriental with Conifer, Oak, and Mixed Forests, Sierra Madre Oriental with Conifer, Oak, and Mixed Forests, Sierra Los Tuxtlas with High Tropical Evergreen Forest, S. Michigan/N. Indiana Drift Plains, Ridge and Valley, Ozark Highlands, Ouachita Mountains, Northwestern Great Plains, Mississippi Valley Loess Plains,*

Mississippi Alluvial Plain, Middle Rockies, Middle Atlantic Coastal Plain, Lake Erie Lowland, Interior Plateau, Interior Plains and Piedmonts with Grasslands and Xeric Shrub, Hills with High and Medium-high Tropical Evergreen Forest, Hills and Sierras with Conifer, Oak, and Mixed Forests, Hills and Sierra with Low Tropical Deciduous Forest and Oak Forest, High Plains, Gulf of México Coastal Plain with Wetlands and Tropical Evergreen Forest, Flint Hills, Edwards Plateau, Eastern Great Lakes and Hudson Lowlands, East Central Texas Plains, Driftless Area, Cross Timbers, Coastal Plain with Low Tropical Deciduous and Thorn Forest, Coastal Plain and Hills with High and Medium-high Tropical Evergreen Forest and Wetlands, Chiapas Highlands with Conifer, Oak, and Mixed Forests, Chiapas Depression with Low Tropical Deciduous and Medium-high Semi-Deciduous Forest, Central Irregular Plains, Central Great Plains, Central Appalachians, Central American Sierra Madre with Conifer, Oak, and Mixed Forests, Boston Mountains, Blue Ridge, Balsas Depression with Low Tropical Deciduous Forest and Xerophytic Shrub, Aspen Parkland/Northern Glaciated Plains, Arkansas Valley (Commission for Environmental Cooperation, 2009).

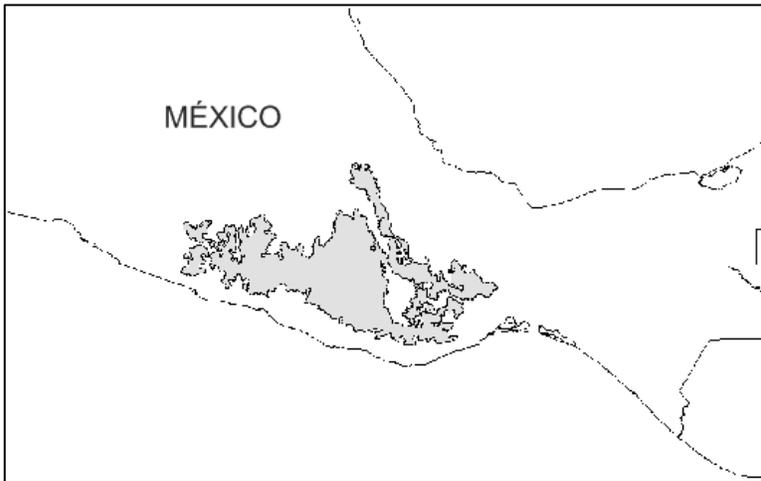


Fig. 12. Región de referencia *Cryptotis peregrinus*. Esta región incluye a los Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca (Sierra Madre del Sur) (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

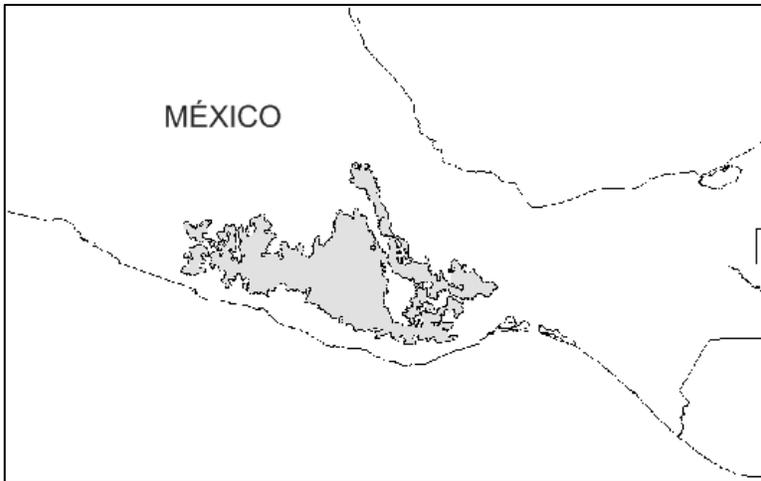


Fig. 13. Región de referencia *Cryptotis phillipsii*. Esta región incluye a los Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca (Sierra Madre del Sur) (INEGI, CONABIO e INE, 2008).



Fig. 14. Región de referencia *Cryptotis tropicalis*. Esta región incluye a la Planicie y Lomeríos Costeros del Soconusco con Selva Perennifolia, Bosque de Coníferas, Encino y Mixtos de los Altos de Chiapas, Bosque de Coníferas, Encino y Mixtos de los Altos de Chiapas, Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre Centroamericana (INEGI, CONABIO e INE, 2008), Belice y Guatemala.

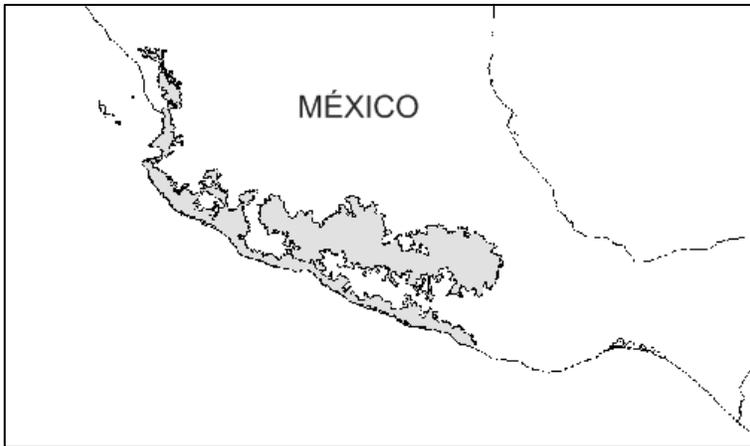


Fig. 15. Región de referencia para *Megasorex gigas*. Esta región incluye a la Depresión del Balsas con Selva Caducifolia y Matorral Xerofilo, Lomeríos y Piedemontes del Pacifico Sur Mexicano con Selva Espinosa, Lomeríos y Planicies Costeras de Nayarit y Jalisco con Selva Perennifolia (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

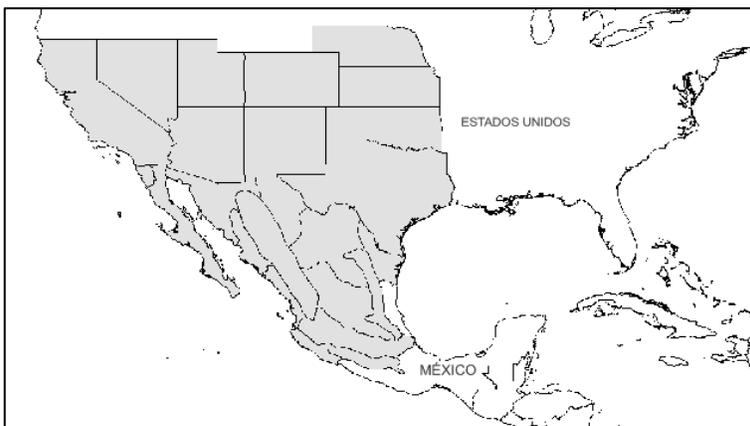


Fig. 16. Región de referencia para *Notiosorex crawfordi*. Esta región incluye los Estados de las planicies y tierras altas del centro-oeste de Estados Unidos que cuentan con registro actual y fósil (Carraway y Timm 2000) y las provincias Sonorense, Tamaulipeca, Volcánico-Transversa, Zacatecana, Sinaloense, Nayarita, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, del Balsas, del Cabo, Coahuilense, Chihuahahuense, Californiana y Baja Californiana (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990) .



Fig. 17. Región de referencia para *Notiosorex evotis*. Esta región incluye las provincias mastogeográficas con registro actual y fósil (Carraway y Timm 2000) que son las provincias del Balsas, Guerrerense, Nayarita, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Sinaloense y Volcánico-Transversa (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990).

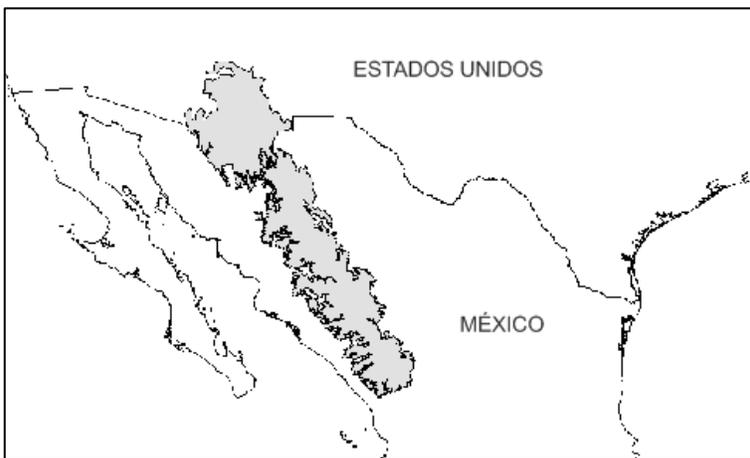


Fig. 18. Región de referencia para *Sorex arizonae*. Esta región incluye a los Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos de la Sierra Madre Occidental y al Archipiélago Madreano (INEGI, CONABIO e INE, 2008; Commission for Environmental Cooperation, 2009).

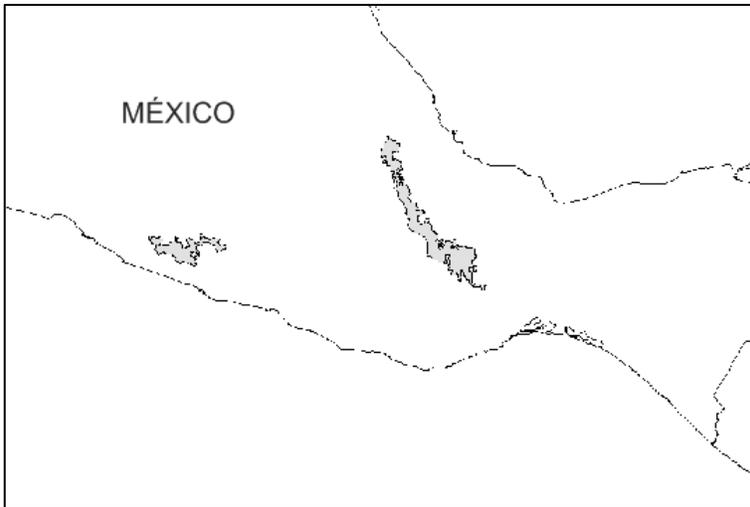


Fig. 19. Región de referencia para *Sorex ixtlanensis*. Esta región incluye a los Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca (Sierra Madre del Sur) (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

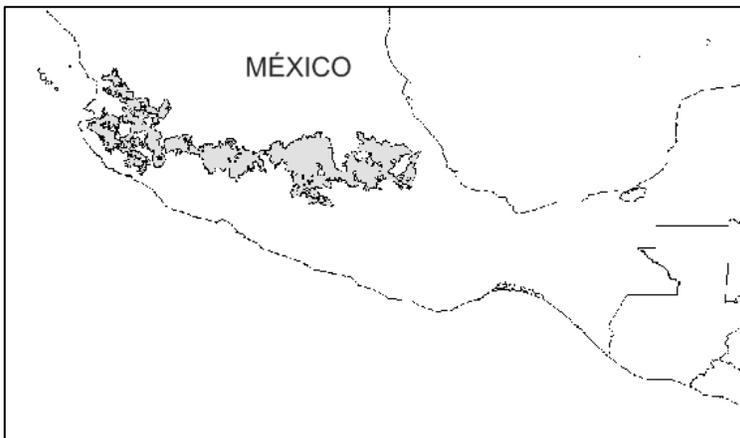


Fig. 20. Región de referencia para *Sorex mediopua*. Esta región incluye a los Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos del Centro de México, Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Jalisco y Michoacán (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

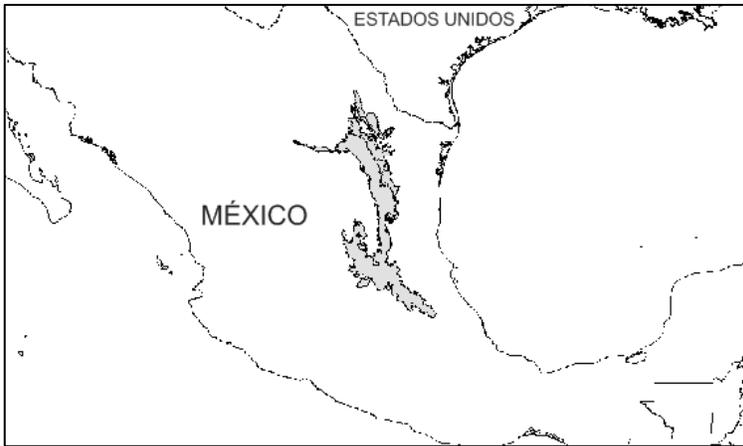


Fig. 21. Región de referencia para *Sorex milleri*. Esta región incluye a los Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre Oriental, Planicies del Sur de Texas- Planicies y Lomeríos Interiores con Matorral Xerófilo y Bosque de Encino (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

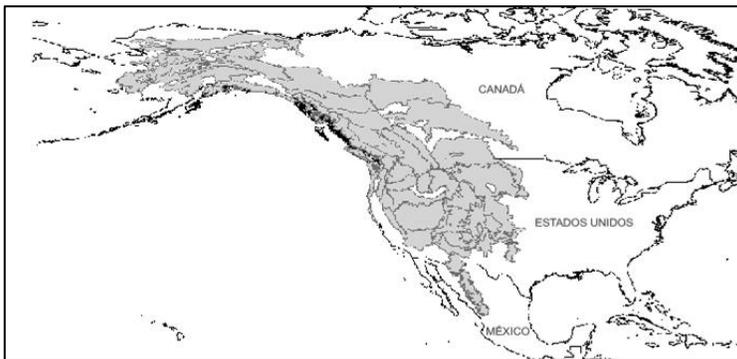


Fig. 22. Región de referencia para *Sorex monticolus*. Incluye al Yukon Flats, Yukon Flats, Wyoming Basin, Watson Highlands, Wasatch and Uinta Mountains, Thompson-Okanogan Plateau, Subarctic Coastal Plains, Strait of Georgia/Puget Lowland, Southwestern Tablelands, Southern Rockies, Skeena-Omineca-Central Canadian Rocky Mountains, Sierra Nevada, Sierra Madre Occidental with Conifer, Oak, and Mixed Forests, Pacific Coastal Mountains, Northwestern Great Plains, Northwestern Glaciated Plains, Northern Basin and Range, North Cascades, Mojave Basin and Range, Middle Rockies, Mid-Boreal Uplands and Peace-Wabaska Lowlands, Madrean Archipelago, Interior Highlands and Klondike Plateau, Interior Forested Lowlands and Uplands, Interior Bottomlands, Idaho Batholith, High Plains, Hay and Slave River Lowlands, Eastern Cascade Slopes and Foothills, Cypress Uplands, Copper Plateau, Cook Inlet, Columbia Plateau, Columbia Mountains/Northern Rockies, Colorado Plateaus, Coastal Western Hemlock-Sitka Spruce Forests, Coast Range, Chilcotin Ranges and Fraser Plateau, Central Basin and Range, Cascades, Canadian Rockies, Brooks Range/Richardson Mountains, Blue Mountains, Arizona/New México Mountains, Alaska Range, Alaska Peninsula Mountains (Commission for Environmental Cooperation, 2009).

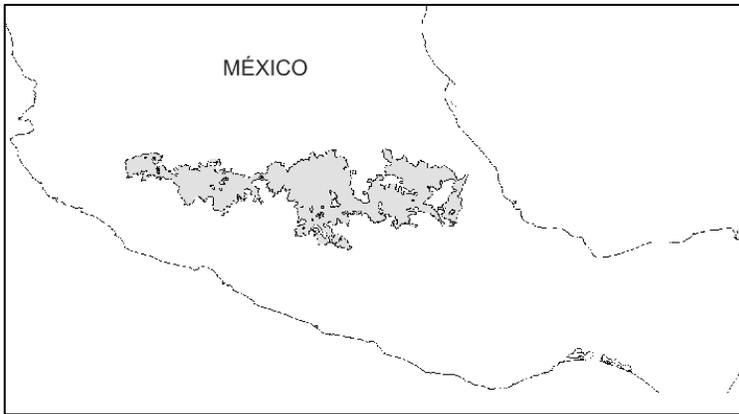


Fig. 23. Región de referencia para *Sorex oreopolus*. Esta región incluye a los Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos del Centro de México, Planicies y Piedemontes del Interior con Pastizal y Matorral Xerófilo (INEGI, CONABIO e INE, 2008).



Fig. 24. Región de referencia para *Sorex ornatus*. Esta región incluye a las montañas de pino-encino del sur y Baja California, la Sierra Nevada, Sierra La Laguna con bosques de coníferas y encino, Cuenca de Mojave, Planicie de Los Cabos con bosque tropical bajo caducifolio y matorral xerófilo, Valle de California Central, Cuenca Central, Costa de California, Chaparral y bosques de encino (INEGI, CONABIO e INE, 2008; Commission for Environmental Cooperation, 2009).

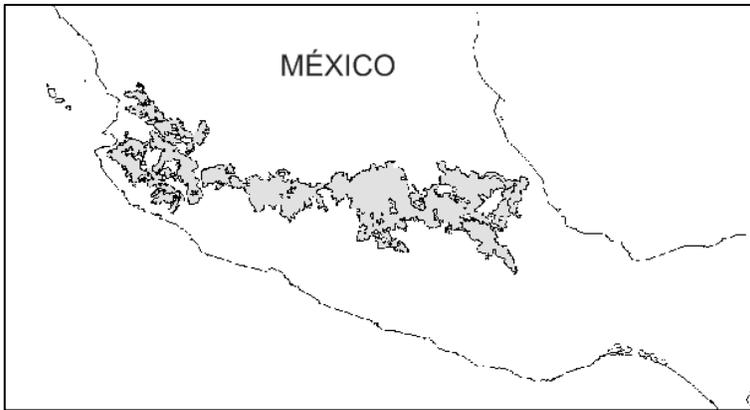


Fig. 25. Región de referencia para *Sorex saussurei*. Esta región incluye a los Valles y Depresiones de Oaxaca y Puebla con Selva Caducifolia y Matorral Xerófilo, Planicies y Piedemontes del Interior con Pastizal y Matorral Xerófilo, Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos del Centro de México, Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Jalisco y Michoacán (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

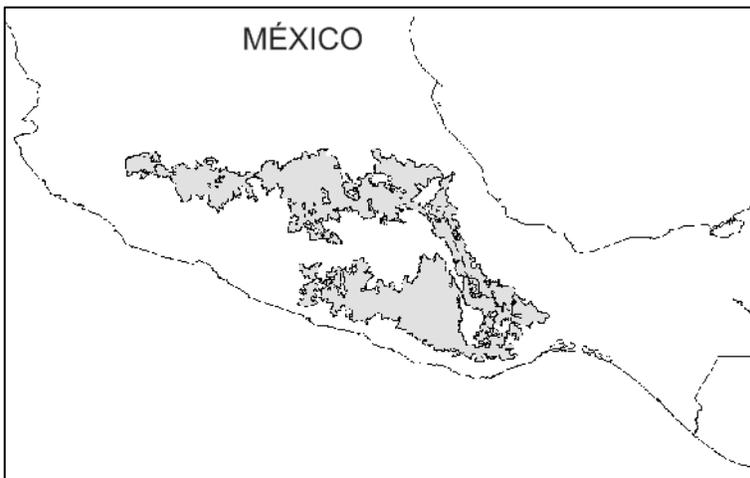


Fig. 26. Región de referencia para *Sorex ventralis*. Esta región incluye a los Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca, Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos del Centro de México, Planicies y Piedemontes del Interior con Pastizal y Matorral Xerófilo (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

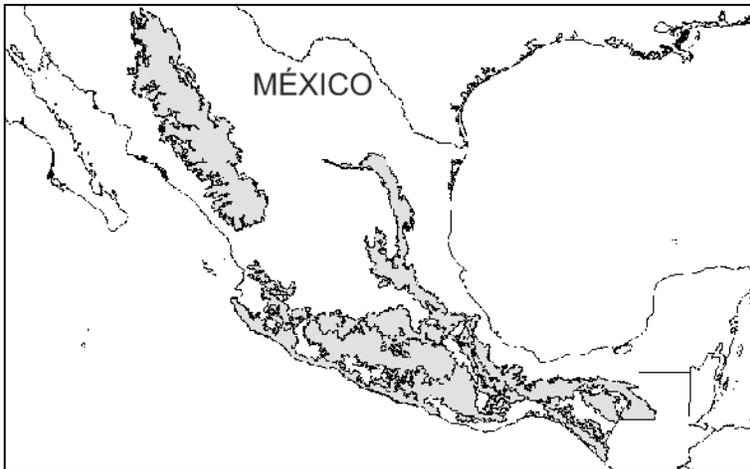


Fig. 27. Región de referencia para *Sorex veraecrucis*. Esta región incluye a la Planicie y Lomeríos Costeros del Soconusco con Selva Perennifolia, Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos del Centro de México, Lomeríos y Piedemontes del Pacífico Sur Mexicano con Selva Espinosa, Lomeríos con Selva Perennifolia, Depresión del Balsas con Selva Caducifolia y Matorral Xerófilo, Bosques de Coníferas, Encinos y Mixtos de la Sierra Madre Occidental, Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre Oriental, Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca, Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre Centroamericana, Bosque de Coníferas, Encino y Mixtos de los Altos de Chiapas. (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

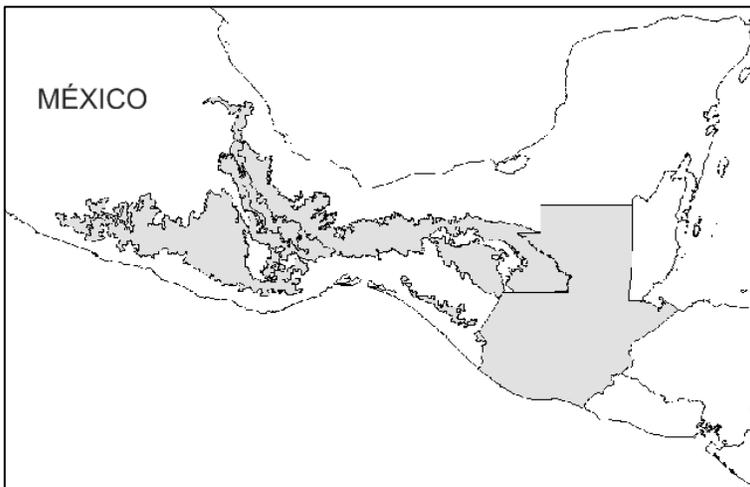


Fig. 28. Región de referencia para *Sorex veraepacis*. Esta región incluye a Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos del Centro de México, Lomeríos con Selva Perennifolia, Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca, Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre Centroamericana, Bosque de Coníferas, Encino y Mixtos de los Altos de Chiapas (INEGI, CONABIO e INE, 2008).

3. Variables utilizadas en la modelación

Inicialmente, las coberturas seleccionadas para estimar la distribución potencial fueron 19 variables ambientales del proyecto *WorldClim* (<http://www.worldclim.org/>) y tres variables topográficas proyecto Hydro1k (<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/>), cada una con resolución de 30 segundos ($\approx 1\text{km}^2$) y que cubren todo el continente americano (Cuadro 2). Las capas fueron recortadas para su análisis de acuerdo al área de interés de cada especie, esto es la región 'M' en diagrama BAM (Soberón y Peterson 2005). Para detalles de la selección de las áreas por cada especie ver el apartado anterior.

Cuadro 2. Variables climáticas y topográficas utilizadas inicialmente para la modelación.

Código	Significado	Código	Significado
bio01	Temperatura promedio anual	bio13	Precipitación del periodo más lluvioso
bio02	Oscilación diurna de la temperatura	bio14	Precipitación del periodo más seco
bio03	Isotermalidad	bio15	Estacionalidad de la precipitación
bio04	Estacionalidad de la temperatura	bio16	Precipitación del trimestre más lluvioso
bio05	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	bio17	Precipitación del trimestre más seco
bio06	Temperatura mínima promedio del periodo más frío	bio18	Precipitación del trimestre más cálido
bio07	Oscilación anual de la temperatura	bio19	Precipitación del trimestre más frío
bio08	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	asp	Aspecto (dirección de la pendiente)
bio09	Temperatura promedio del trimestre más seco	cti	Índice topográfico compuesto (también conocido como índice de humedad)
bio10	Temperatura promedio del trimestre más cálido	slop	Pendiente
bio11	Temperatura promedio del trimestre más frío	alt*	Altitud (a partir del nivel medio del mar)
bio12	Precipitación anual		

*La cobertura de altitud (alt) sólo se utilizó con fines descriptivos y para la limpieza de datos, no se utilizó los análisis multivariados para la selección de las variables útiles en la modelación.

En cada especie se extrajo la información bioclimática para cada una de las variables utilizando el programa ESRI ArcGIS© versión 10 (Spatial Analyst Tools/Extraction/Extract Multi Values to Points). Los valores extraídos se convirtieron a su logaritmo natural y fueron los empleados en un Análisis de Componentes Principales (ACP) a través de una matriz de correlación. A partir del ACP se definieron los factores que en conjunto explicarían más del 85% de la varianza y que cada uno de ellos tuviera eigenvalor mayor a 1.0. De estos componentes principales que explicaron la mayor varianza se eligieron las

variables con la mayor magnitud en cada factor, las cuales fueron utilizadas en la estimación de la distribución potencial (ver anexo II para los datos por especie). Cabe resaltar que la cobertura topográfica de altitud sólo se utilizó con fines descriptivos y para la limpieza de datos (*e.g.* histogramas), no se usó en los análisis multivariados y, por lo tanto, no fue parte de la estimación de la distribución potencial (ver Peterson *et al.* 2011). Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa Statistica versión 7.1. (StatSoft. Inc. 2005).

4. Método de modelación y parámetros utilizados

La estimación de la distribución potencial se realizó bajo el método de máxima entropía en el programa MaxEnt v3.3. Este programa utiliza el principio de máxima entropía, el cual tiene como objetivo calcular una distribución de probabilidad de una especie en el espacio ambiental para poder ser proyectado sobre un espacio geográfico (Phillips *et al.* 2004; 2006). MaxEnt calcula la distribución con máxima entropía utilizando la asociación observada entre los registros de la especie y las coberturas ambientales o topográficas utilizadas como predictores. El modelo resultante es una distribución probabilística sobre las celdas que ocupan un espacio geográfico determinado y se ha comprobado que estos modelos realizados proveen información útil para explorar y predecir la distribución de múltiples taxones.

Se seleccionó un grupo de datos por especie como puntos de entrenamiento (25%) y el resto como puntos de prueba. Se desactivaron las opciones de Extrapolate y Do Clamping. Se eligió la opción de 10 percentil como regla de corte en las opciones avanzadas del programa.

5. Evaluación del modelo

La validación estadística de los modelos se determinó mediante el área parcial bajo la curva (AUC modificada; Peterson *et al.* 2008) del análisis *Receiver Operating Characteristic* (ROC) de la curva graficada, en el eje “y”, con la sensibilidad (la fracción de presencias correctamente predichas) y en el eje “x” con la especificidad (fracción de todas las ausencias correctamente predichas). A mayor área bajo la curva parcial del modelo es mejor, y modelos por debajo de 0.5 indican modelos que son semejantes a modelos aleatorios (Peterson *et al.* 2008; Botello *et al.* 2012).

Con el fin de ejemplificar la importancia en la limpieza y actualización de datos en uno de los grupos más complejos en cuanto a su taxonomía, a continuación se comparan algunos ejemplos de los modelos desarrollados en el presente proyecto con los modelos generados en un análisis de vacíos (GAP) previo (Figuras 29-44; Ceballos *et al.* 2006a-h).

Ejemplo 1. Distribución potencial de *Cryptotis goldmani*.

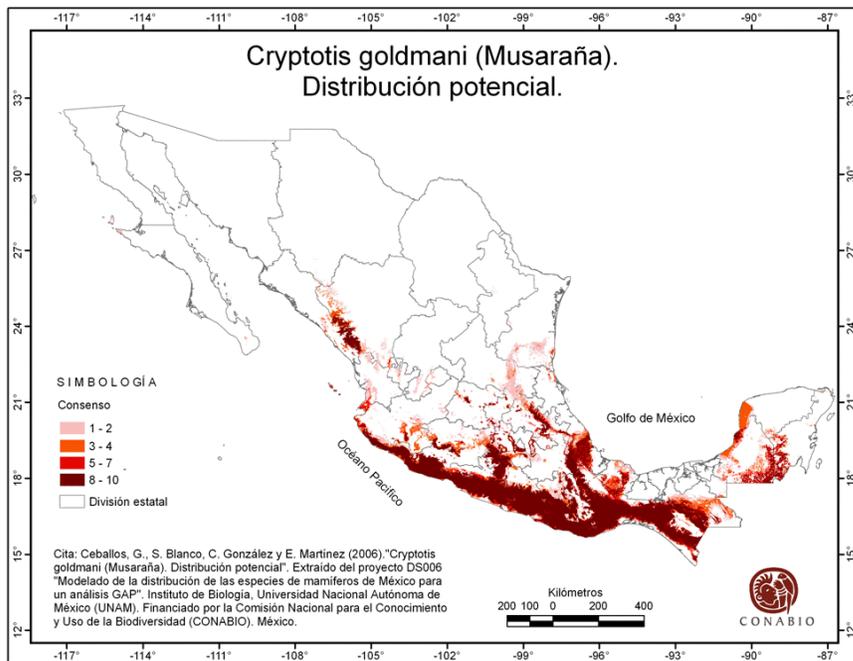
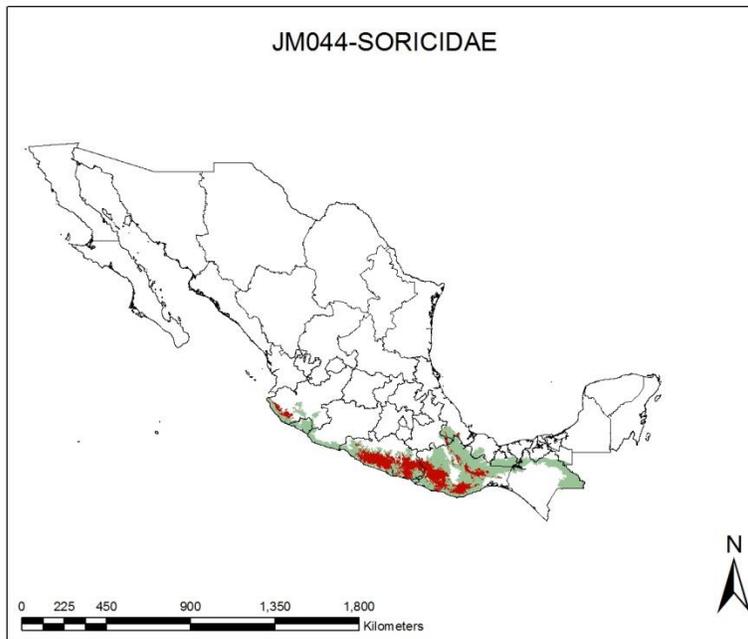


Figura 29. Distribución potencial de *C. goldmani* (Ceballos et al. 2006a).



Cryptotis goldmani

Figura 30. Distribución potencial de *C. goldmani* (presente proyecto). En rojo la distribución potencial, en verde la región de referencia utilizada en el proceso de modelado (AUC=0.855).

Ejemplo 2. Distribución potencial de *Cryptotis mexicanus*.

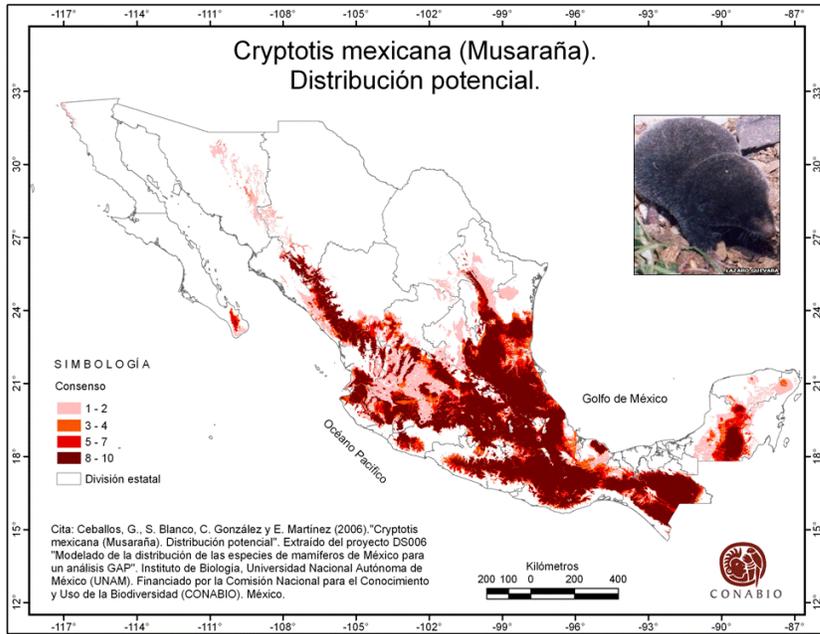
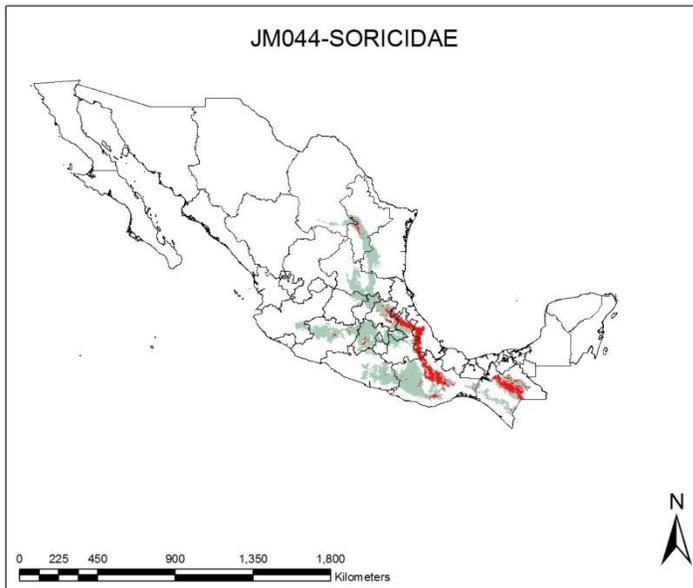


Figura 31. Distribución potencial de *C. mexicana* (Ceballos et al. 2006b).



Cryptotis mexicana

Figura 32. Distribución potencial de *C. mexicana* (presente proyecto). En rojo la distribución potencial, en verde la región de referencia utilizada en el proceso de modelado (AUC=0.941).

Ejemplo 3. Distribución potencial de *Cryptotis parvus*.

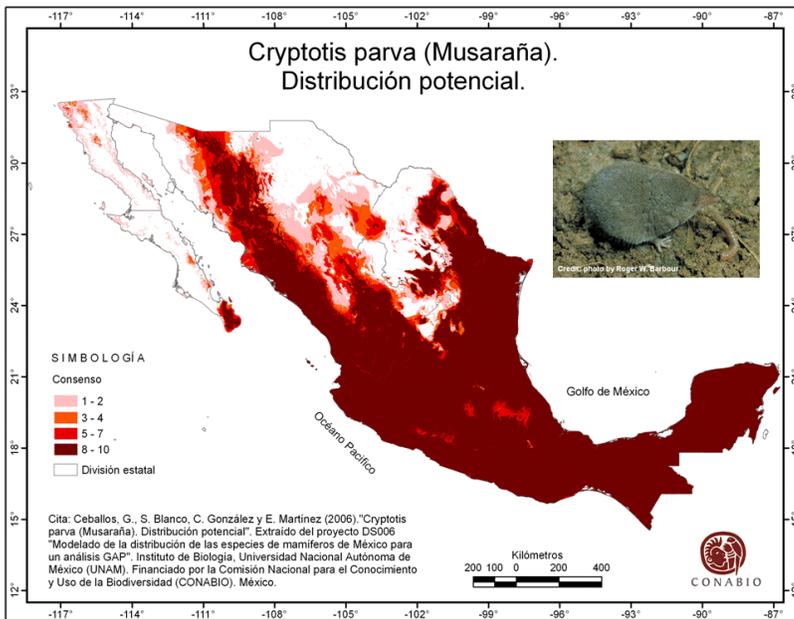
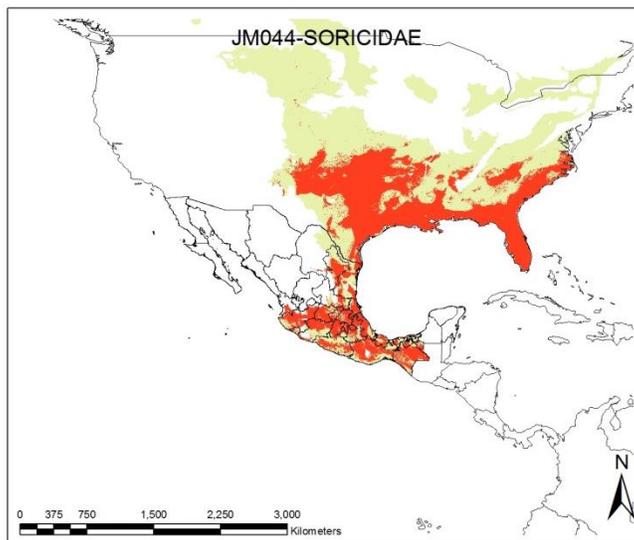


Figura 33. Distribución potencial de *C. parvus* (Ceballos et al. 2006c).



Cryptotis parvus

Figura 34. Distribución potencial de *C. parvus* (presente proyecto). En rojo la distribución potencial, en verde la región de referencia utilizada en el proceso de modelado (AUC=0.839).

Ejemplo 4. Distribución potencial de *Notiosorex evotis*.

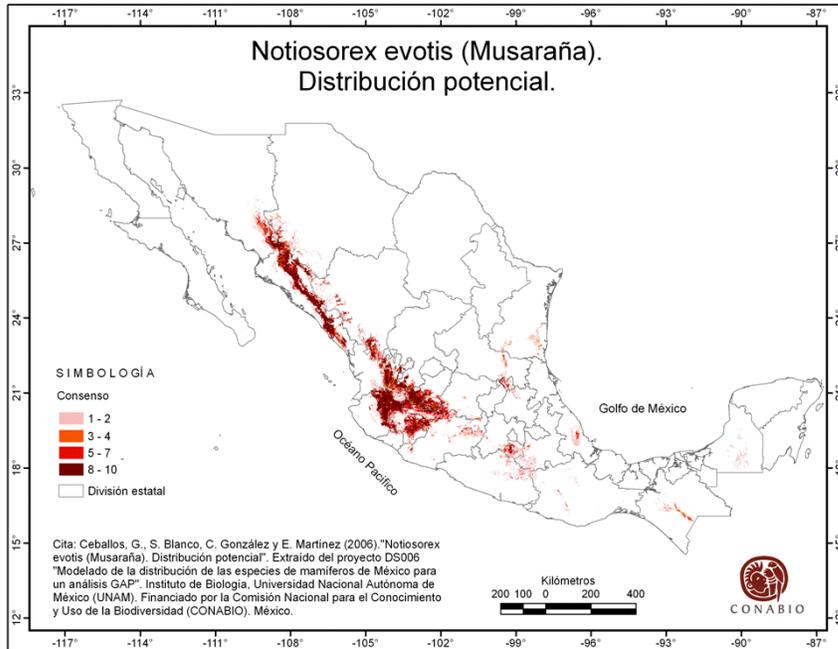
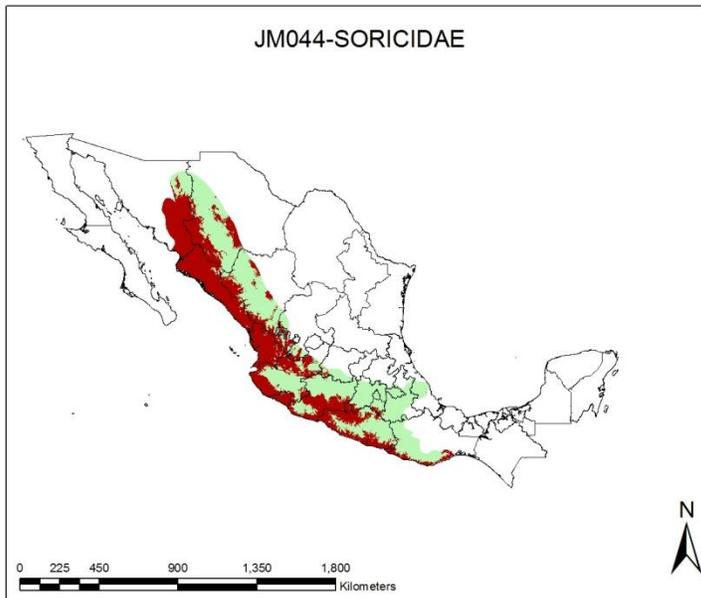


Figura 35. Distribución potencial de *N. evotis* (Ceballos et al. 2006d).



Notiosorex evotis

Figura 36. Distribución potencial de *N. evotis* (presente proyecto). En rojo la distribución potencial, en verde la región de referencia utilizada en el proceso de modelado (AUC=0.795).

Ejemplo 5. Distribución potencial de *Sorex oreopolus*.

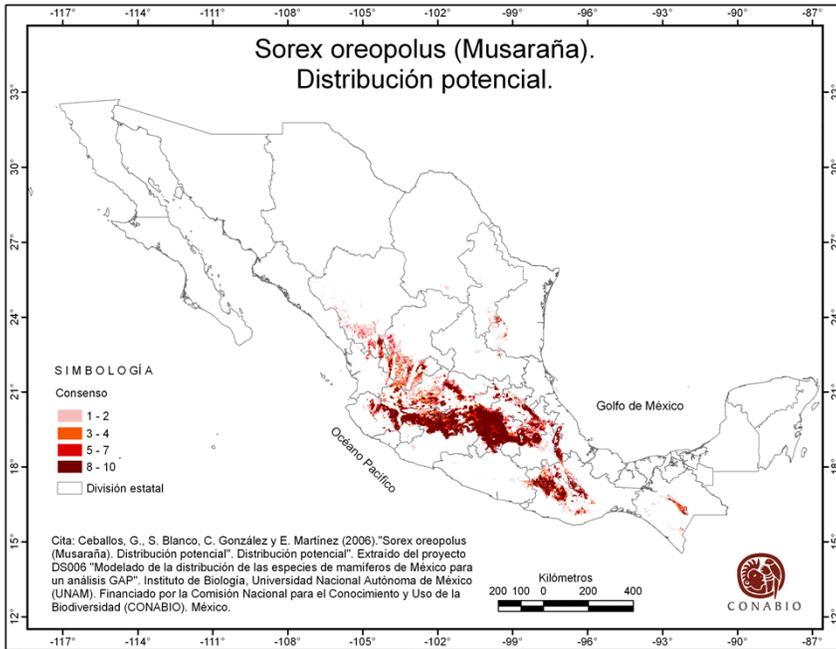
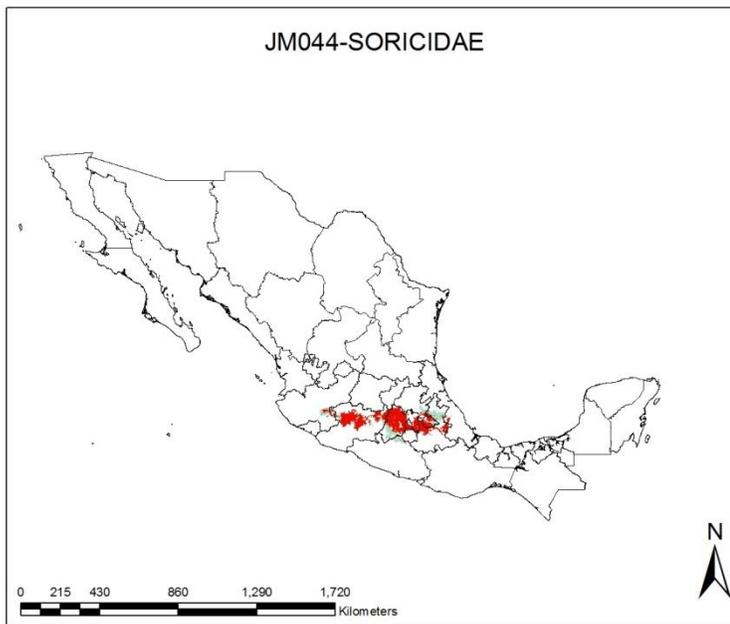


Figura 37. Distribución potencial de *S. oreopolus* (Ceballos et al. 2006e).



Sorex oreopolus

Figura 38. Distribución potencial de *S. oreopolus* (presente proyecto). En rojo la distribución potencial, en verde la región de referencia utilizada en el proceso de modelado (AUC=0.972).

Ejemplo 6. Distribución potencial de *Sorex saussurei*.

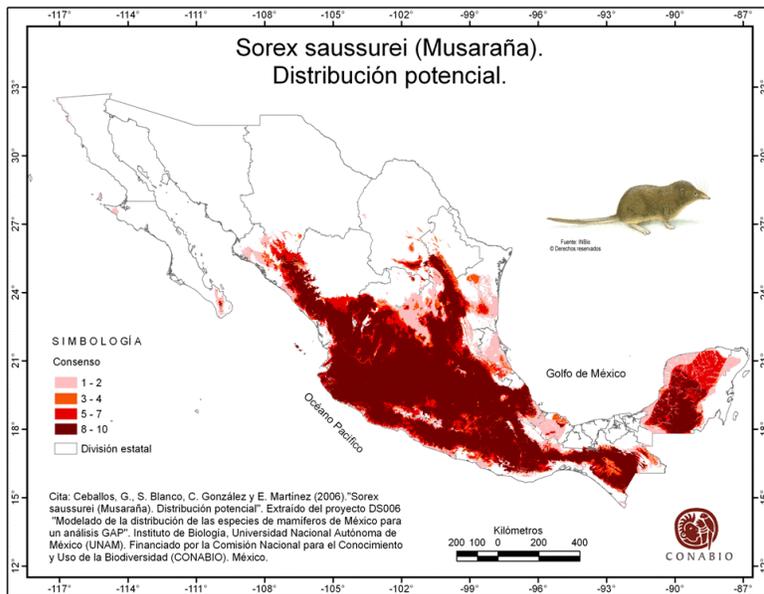
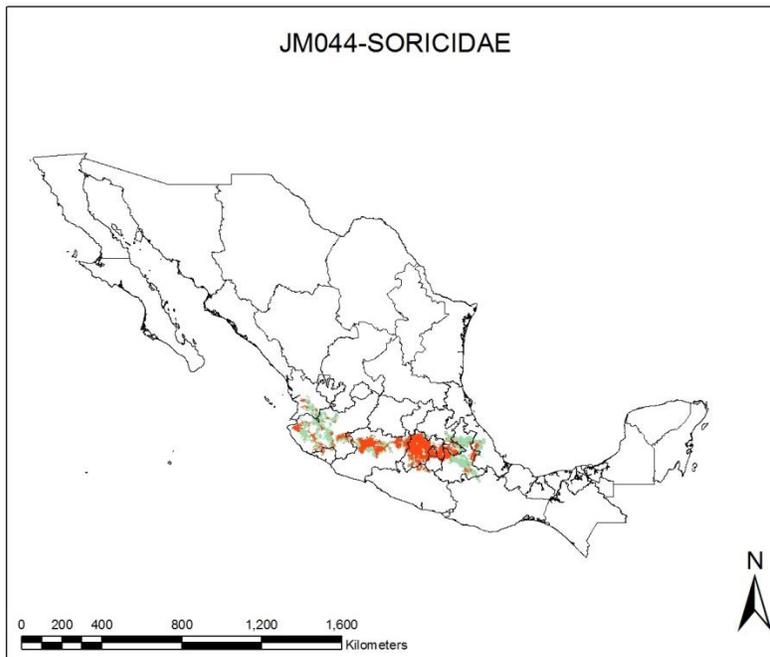


Figura 39. Distribución potencial de *S. saussurei* (Ceballos et al. 2006f).



Sorex saussurei

Figura 40. Distribución potencial de *S. saussurei* (presente proyecto). En rojo la distribución potencial, en verde la región de referencia utilizada en el proceso de modelado (AUC=0.685).

Ejemplo 7. Distribución potencial de *Sorex ventralis*.

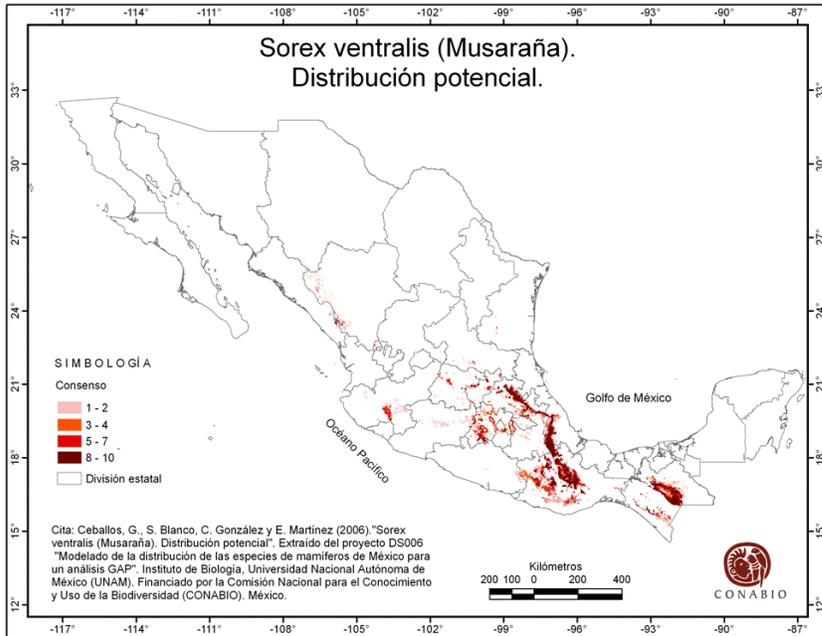
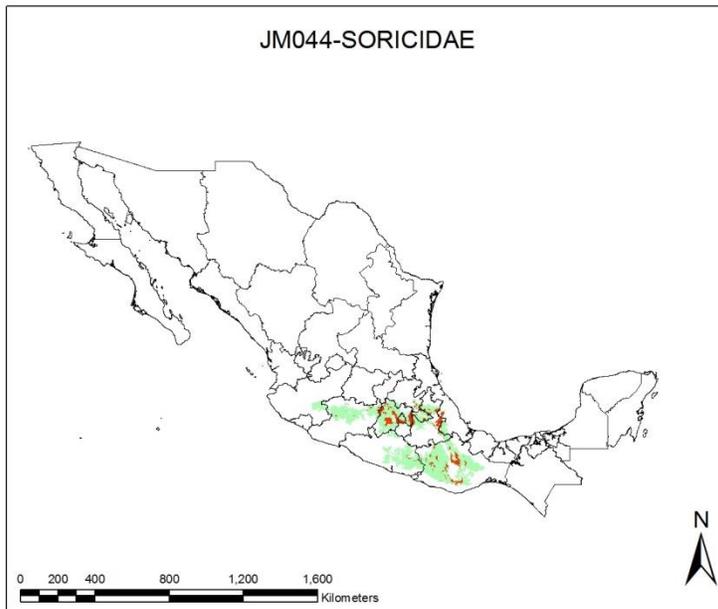


Figura 41. Distribución potencial de *S. ventralis* (Ceballos et al. 2006g).



Sorex ventralis

Figura 42. Distribución potencial de *S. ventralis* (presente proyecto). En rojo la distribución potencial, en verde la región de referencia utilizada en el proceso de modelado (AUC=0.663).

Ejemplo 8. Distribución potencial de *Sorex veraepacis*.

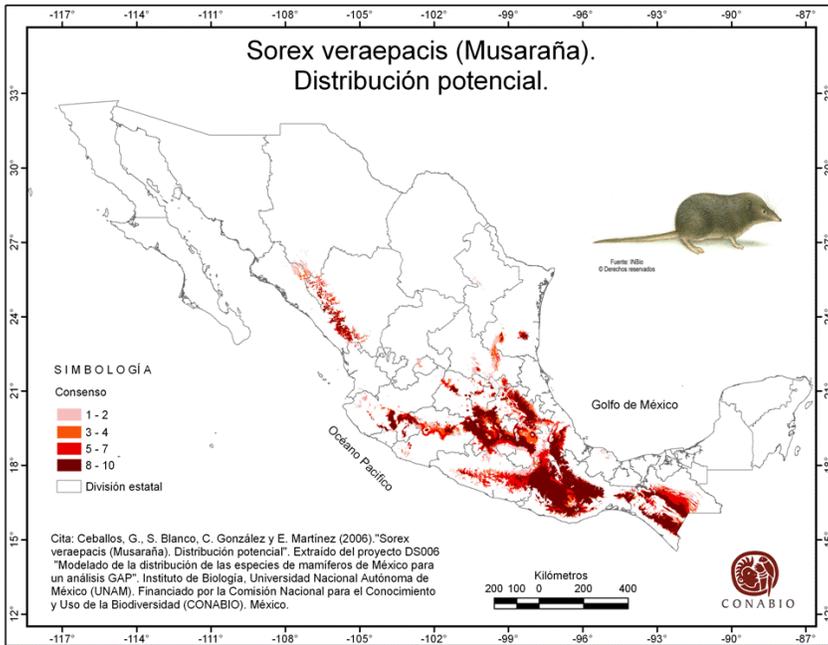
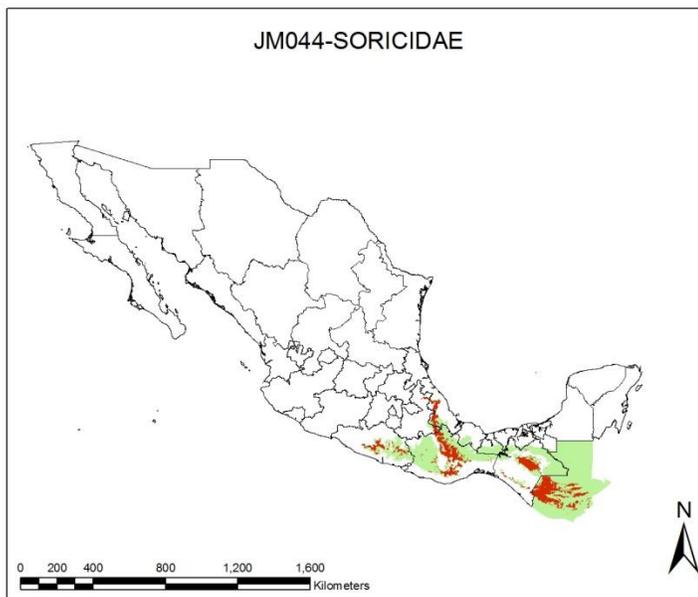


Figura 43. Distribución potencial de *S. veraepacis* (Ceballos et al. 2006h).



Sorex veraepacis

Figura 44. Distribución potencial de *S. veraepacis* (presente proyecto). En rojo la distribución potencial, en verde la región de referencia utilizada en el proceso de modelado (AUC=0.896).

6. Conclusiones y recomendaciones

Durante el presente proyecto se integró la base de datos de la familia Soricidae con base en una exhaustiva revisión bibliográfica, el acopio de diversas fuentes y la consulta de colecciones biológicas nacionales y extranjeras. La base de datos contempla cambios taxonómicos y nomenclaturales recientes que permiten actualizar el estado del conocimiento de las musarañas en México. No obstante, la similitud morfológica entre especies cercanamente relacionadas impide tener certeza en la identificación en zonas de simpatria de algunas especies (e.g. *Cryptotis mexicanus* y *C. obscurus*, *Sorex ixtlanensis* y *S. veraepacis mutabilis*). Las especies *Cryptotis mexicanus*, *C. obscurus*, *C. magnus*, *C. parvus*, *Notiosorex crawfordi*, *N. evotis*, *Sorex saussurei*, *S. ventralis*, *S. veraecrucis* y *S. veraepacis* presentan el mayor número de registros y localidades, lo cual se refleja en los modelos más robustos. La distribución alopátrica, la estadística descriptiva y el modelo con bajo ajuste de *Sorex ixtlanensis* sugiere que se requiere un estudio taxonómico detallado de esta especie recientemente descrita, ya que la población de Guerrero podría tratarse de otro taxón. Por otro lado, la escasez de datos evitó la estimación de la distribución de siete especies (20% del total), a pesar de que la base de datos contiene 6,710 registros más de los comprometidos inicialmente en el proyecto. El análisis descriptivo de los datos sugiere que en la mayoría de las especies el conocimiento de los requerimientos ambientales aún es insuficiente, por lo que es necesario continuar el acopio de información de campo. Finalmente, los datos indican que las especies *Cryptotis nelsoni*, *C. merriami*, *C. peregrinus*, *Notiosorex cockrumi*, *N. villai*, *Sorex emarginatus*, *S. sclateri* y *S. stizodon* requieren el mayor esfuerzo de colecta científica en el país. Las inconsistencias geográficas y taxonómicas encontradas en la base de datos del SNIB sugieren que es imprescindible la participación de especialistas de cada grupo taxonómico en el proceso de la limpieza de datos. Además, los especialistas en cada grupo también deberían formar parte crucial en la selección de áreas de referencias para el modelado y en la verificación de los resultados. Finalmente, la obtención de más ejemplares y de datos detallados de los lugares de colecta beneficiarán los modelos de nicho ecológico futuros y el conocimiento de uno de los grupos más diversos y más amenazados en México.

7. Referencias

- BAKER R, O'NEILL M, McALILEY R (2003) A new species of desert shrew, *Notiosorex*, based on nuclear and mitochondrial sequence data. *Occas Pap Tex Tech Univ Mus* 222:1+1-12
- BARVE N, BARVE V, JIMÉNEZ-VALVERDE A, LIRA-NORIEGA A, MAHER SP, PETERSON AT, SOBERÓN J, VILLALOBOS F (2011) The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling* 222: 1810–1819.

- BOTELLO F, SÁNCHEZ-CORDERO V, MAGAÑA-COTA GE, CECAIRA-RICOY R, KATO-MIRANDA E (2012) Instrumentos y Prioridades de Conservación para el Estado de Guanajuato. *In* La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de estado. Instituto de Ecología del Estado; la Universidad de Guanajuato; el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN-Irapuato; el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; el Instituto de Ecología A.C. y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- CARRAWAY, LN (2007) Shrews (Eulypotyphla: Soricidae) of Mexico. *Monographs of the West N Am Nat* 3:1-91
- CEBALLOS G, BLANCO S, GONZÁLEZ C, MARTÍNEZ E (2006a). '*Cryptotis goldmani* (Musaraña). Distribución potencial'. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- CEBALLOS G, BLANCO S, GONZÁLEZ C, MARTÍNEZ E (2006b). '*Cryptotis mexicana* (Musaraña). Distribución potencial'. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- CEBALLOS G, BLANCO S, GONZÁLEZ C, MARTÍNEZ E (2006c). '*Cryptotis parva* (Musaraña). Distribución potencial'. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- CEBALLOS G, BLANCO S, GONZÁLEZ C, MARTÍNEZ E (2006d). '*Notiosorex evotis* (Musaraña). Distribución potencial'. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- CEBALLOS G, BLANCO S, GONZÁLEZ C, MARTÍNEZ E (2006e). '*Sorex oreopolus* (Musaraña). Distribución potencial'. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- CEBALLOS G, BLANCO S, GONZÁLEZ C, MARTÍNEZ E (2006f). '*Sorex saussurei* (Musaraña). Distribución potencial'. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de

- México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- CEBALLOS G, BLANCO S, GONZÁLEZ C, MARTÍNEZ E (2006g). 'Sorex ventralis (Musaraña). Distribución potencial'. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- CEBALLOS G, BLANCO S, GONZÁLEZ C, MARTÍNEZ E (2006h). 'Sorex veraepacis (Musaraña). Distribución potencial'. Extraído del proyecto DS006 'Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GAP'. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México
- CERVANTES FA, GUEVARA L (2010) Rediscovery of the critically endangered Nelson's small-eared shrew (*Cryptotis nelsoni*), endemic to Volcán San Martín, Eastern México. *Mamm Biol* 75:451-454.
- 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.
- CHOATE J (1973) *Cryptotis mexicana*. *Mammalian Species* 28:1-3.
- COMMISSION FOR ENVIRONMENTAL COOPERATION (2009) Ecological Regions of North America. Level III. Vector digital data. Canada
- ESTEVA ME, CERVANTES FA, BRANT S, COOK J (2010) Molecular phylogeny of long-tailed shrews (genus *Sorex*) from México and Guatemala. *Zootaxa* 2615:47-65
- FERNÁNDEZ JA, FA CERVANTES, CORONA VARGAS MC (2007). New distributional records for mammals from Tlaxcala, México. *The Southwestern Naturalist* 52:328-333
- GRAHAM C, RON R, SANTOS J, SCHNEIDER C, MORITZ C (2004) Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs. *Evolution*. 58 (8): 1781 - 1793.
- GOLDMAN EA (1951) Biological investigations in México. Smithsonian Miscellaneous Collections. 115: 476pp.
- GUEVARA L, H. RAMÍREZ-CHAVEZ, CERVANTES FA (2011) Leucismo en la musaraña de orejas cortas *Cryptotis mexicana* (Mammalia: Soricomorpha), endémica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 731-733.
- GUEVARA L, CONSUELO LORENZO, ORTEGA-GARCÍA STEPHANIE, SÁNCHEZ-CORDERO V (in press) Noteworthy records of an endemic shrew from México (Mammalia, Soricomorpha, *Cryptotis griseoventris*), with comments on taxonomy. *Mammalia*.
- HALL RE (1981) The mammals of North America. 2ª ed. Volumes I and II. Wiley-Interscience Publication, New York. 480 pp.
- HALL RE, DALQUEST W (1963) The mammals of Veracruz. University of Kansas, Lawrence, KS.
- HUTTERER R (2005) Order Soricomorpha. p. 220-311 in: *Mammal Species of the world: a taxonomical reference*. Third edition (D. E. Wilson & D. A. Reeder, eds.). Baltimore, John Hopkins University Press.

- INEGI, CONABIO e INE (2008) Ecorregiones terrestres de México. Escala 1:1000000. México.
- 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.
- MATSON JO, McCARTHY TJ (2005) A new subspecies of Verapaz shrew (*Sorex veraepacis*) from Guatemala. In: Advances in the Biology of Shrews ii (J. F. Merritt, S. Churchfield, R. Hutterer y B. I. Sheftel, eds). Special Publications of the International Society of Shrews Biologists, 1:63-70.
- MERRIAM CH (1895) Revision of the shrews of the American genera *Blarina* and *Notiosorex*. North American Fauna, 10:5-34.
- PETERSON AT, PAPEŞ M, SOBERÓN J (2008) Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. Ecological Modelling 213: 63-72.
- PETERSON AT, SOBERÓN J, PEARSON RG, ANDERSON RP, MARTÍNEZ-MEYER E, NAKAUMRA M, ARAÚJO MB (2011). Ecological Niches and Geographic Distributions. Monographs in Population Biology. Princeton University Press. 314pp
- PHILLIPS S, DUBIK M, SCHAPIRE RE (2004) A maximum entropy approach to species distribution modeling. Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning. 655-662.
- PHILLIPS S, ANDERSON RP, SCHAPIRE RE (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling 190:231-259.
- RAMÍREZ-PULIDO J, ARROYO-CABRALES J, CASTRO-CAMPILLO A (2005) Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. Acta Zool Mex (n.s.) 21:21-82
- RAMÍREZ-PULIDO J, A. CASTILLO-MORALES, A. SALAME-MÉNDEZ, A. CASTRO-CAMPILLO y N. GONZÁLEZ-RUIZ (2005) Variación y distribución de *Sorex* (Mammalia: Soricomorpha) del centro de México. Rev Soc Mex Hist Nat 3º Época 2:189-189.
- RAMÍREZ-PULIDO J, CASTRO-CAMPILLO A (1999) Regiones y Provincias Mastogeográficas. Escala 1:4 000 000. Extraído de Regionalización Mastofaunística, IV.8.8. Atlas Nacional de México. Vol. III. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- SOBERÓN J, PETERSON AT (2005) Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. Biodiversity Informatics, 2:1-10
- WÓJCIK JM, WOLSAN M(eds) (1998) Evolution of shrews. Mammal Reserach Institute, Polish Academy of Sciences, Bialowieza. 458 pp.
- WOODMAN N (2005) Evolution and biogeography of Mexican small-eared shrews of the *Cryptotis mexicana*-group (Insectivora: Soricidae). In: Sánchez-Cordero V, Medellín RA (eds). Contribuciones mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa. Instituto de Biología, UNAM; Instituto de Ecología, UNAM, CONABIO, México. pp. 523-534
- WOODMAN N (2010) Two new species of shrews (Soricidae) from the western highlands of Guatemala. J Mammal 91:566-579
- WOODMAN N (2011) Patterns of morphological variation amongst semifossorial shrews in the highlands of Guatemala, with the description of a new species (Mammalia, Soricomorpha, Soricidae). Zool J Linn Soc 163:1267-1288

- WOODMAN N, TIMM R (1993) Intraspecific and interspecific variation in the *Cryptotis nigrescens* species complex of small-eared shrews (Insectivora: Soricidae), with the description of a new species from Colombia. *Fieldiana: Zoology* 4:1-30
- WOODMAN N, TIMM R (1999) Geographic variation and evolutionary relationships among broad-clawed shrews of the *Cryptotis goldmani*-group (Mammalia: Insectivora: Soricidae). *Fieldiana: Zoology* 91:1-35
- WOODMAN N, TIMM R (2000) Taxonomy and evolutionary relationships of Phillips' small-eared shrew, *Cryptotis phillipsii* (Schaldach, 1966) from Oaxaca, Mexico (Mammalia: Insectivora: Soricidae). *Proc Biol Soc Wash* 113:339–355
- WOODMAN N, MATSON J, CUARÓN A, de GRAMMONT PC (2010) *Cryptotis nelsoni*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Revisado el 11 Febrero 2013.

* Lista de responsable que aportaron los datos de musarañas en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (**SNIB**) : A 26, CONABIO: B 114, CONABIO: A 4, CONABIO: B 144, CONABIO: AA 3 , CONABIO: BA 9 , CONABIO: B 11, CONABIO: BC 4 , CONABIO: BK 22, CONABIO: J 123, CONABIO: BK 3 , CONABIO: L 47, CONABIO: BK 47, CONABIO: M 99, CONABIO: H 160, CONABIO: P 130, CONABIO: J 121, CONABIO: P 20, CONABIO: R 44, CONABIO: P 27, CONABIO: T 9 , CONABIO: P 64, CONABIO: U 14, CONABIO: P 8, CONABIO: V 2 , CONABIO: R 104, CONABIO: V 43, CONABIO: V 50, CONABIO: X 11, CONABIO: Y 21.