



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**PATRONES BIOGEOGRÁFICOS DE LA MASTOFAUNA  
DE LAS ZONAS MONTANAS DE MESOAMÉRICA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**B I Ó L O G A**

**P R E S E N T A :**

**CIRENE GUTIÉRREZ BLANDO**

**DIRECTORA DE TESIS: Dra. LIVIA SOCORRO LEÓN PANIAGUA  
CO-DIRECTOR: M. en C. CÉSAR ANTONIO RÍOS MUÑOZ**



**MÉXICO, D. F.**

**NOVIEMBRE 2009**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Hoja de Datos del Jurado

<p>1. Datos del alumno Gutiérrez Blando Cirene 25 91 74 40 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Biología 99113898</p>
<p>2. Datos del tutor Dr. Livia Socorro León Paniagua</p>
<p>3. Datos del sinodal 1 Dr. Luis Antonio Sánchez González</p>
<p>4. Datos del sinodal 2 Dr. Joaquín Arroyo Cabrales</p>
<p>5. Datos del sinodal 3 M. en C. César Antonio Ríos Muñoz</p>
<p>6. Datos del sinodal 4 Biól. César Andrés Torres Miranda</p>
<p>7. Datos del trabajo escrito Patrones biogeográficos de la mastofauna de las Zonas Montanas de Mesoamérica 77 p 2009</p>

# ÍNDICE

<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
<b>Área de estudio .....</b>	<b>8</b>
<b>Contexto geológico.....</b>	<b>12</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>14</b>
<b>Métodos.....</b>	<b>15</b>
<b>Resultados .....</b>	<b>17</b>
Patrones de riqueza.....	18
Patrones de endemismo.....	20
Análisis de parsimonia de endemismos.....	21
<b>Discusión.....</b>	<b>37</b>
<b>Literatura citada .....</b>	<b>53</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

<b>Figura 1.</b> Zonas montanas mesoamericanas.....	8
<b>Figura 2.</b> Sistemas montañosos del Núcleo e Istmo Centroamericanos y este de Panamá.....	11
<b>Figura 3.</b> Características tectónicas mesoamericanas.....	13
<b>Figura 4.</b> Riqueza de las 181 especies cuya distribución se encuentra asociada a las zonas montanas mesoamericanas .....	18
<b>Figura 5.</b> Riqueza con base en las 61 especies con preferencia de hábitat en zonas montanas.....	19
<b>Figura 6.</b> Distribución de las 53 especies endémicas a las zonas montanas de Mesoamérica... ..	20
<b>Figura 7.</b> Cladograma consenso estricto de todas las especies .....	22
<b>Figura 8.</b> Cladograma consenso estricto resumido de todas las especies .....	23
<b>Figura 9.</b> Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres .....	24
<b>Figura 10.</b> Cladograma consenso estricto de las especies terrestres.....	34
<b>Figura 11.</b> Cladograma consenso estricto resumido de las especies terrestres.....	35
<b>Figura 12.</b> Áreas de endemismo en Mesoamérica a partir de los mamíferos terrestres.....	36
<b>Tabla 1.</b> Número de familias, géneros y especies distribuidas en las zonas montanas de Mesoamérica .....	17

**Tabla 2.** Distribución de las especies reconocidas en las zonas montanas de Mesoamérica ...17

**Tabla 3.** Nodos del cladograma consenso estricto resumido del total de especies, mostrando las sinapomorfias y autapomorfias encontradas .....24

**Tabla 4.** Nodos del cladograma consenso estricto resumido de las especies terrestres, mostrando las sinapomorfias encontradas.....36

**APÉNDICES**

<b>Apéndice 1.</b> Colecciones científicas nacionales y extranjeras que proporcionaron información para la elaboración de la base de datos.....	69
<b>Apéndice 2.</b> Coberturas utilizadas en este trabajo .....	71
<b>Apéndice 3.</b> Lista de especies utilizadas en el trabajo .....	72

## **RESUMEN**

Los estudios sobre la mastofauna de las zonas montañas mesoamericanas son escasos y delimitados a una reducida fracción de su distribución. En este trabajo se presenta una regionalización biogeográfica de las zonas montañas mesoamericanas integrando modelos ecológicos de nicho y el análisis de parsimonia de endemismos (PAE). Se compiló una base de datos actualizados y georreferenciados de los mamíferos que habitan estas zonas. Los patrones de riqueza y endemismo se realizaron a escala mesoamericana, siendo las zonas montañas que circundan el Istmo de Tehuantepec (Sierra Madre de Oaxaca y Núcleo Centroamericano), y algunas ubicadas en la Faja Volcánica Transmexicana, las que destacaron tanto en los análisis de riqueza como en la concentración de endemismos. La regionalización obtenida con base en las especies terrestres (excluyendo mamíferos voladores) mostró mayor resolución, siendo el Istmo de Tehuantepec la zona que marcó la principal separación, dividiendo las zonas montañas mesoamericanas en dos grandes grupos, al este y oeste del mismo. Estos resultados coinciden con trabajos realizados en estas zonas basados en otros grupos taxonómicos. Además se identificaron áreas de endemismo que no habían sido reconocidas anteriormente.

## **Abstract**

Studies about montane mesoamerican mastofauna are scarce and limited to a reduced fraction of the distribution for one or at most a little group of species. This work presents a biogeographic regionalization of montane mesoamerican zones by integrating ecological niche modeling and Parsimony Analysis of Endemicity (PAE). I compiled an updated georeferenced database of the mammals inhabiting these mountains. The patterns of richness and endemism were obtained at a mesoamerican scale. The results showed that the highlands around the Isthmus of Tehuantepec (Sierra Madre of Oaxaca and the Core Central American highlands) are the ones showing high species richness and endemisms. The regionalization that was obtained, based on the terrestrial species (to the exclusion of flying mammals), showed the highest resolution. The Isthmus of Tehuantepec produced the main separation. It divides the mesoamerican highlands in two main groups that are located east and west of it. These results concur with other works carried out in these zones based on other taxonomic groups. In addition different areas of endemism not identified in previous the works.



## INTRODUCCIÓN

Los patrones de distribución espacial de las especies reflejan su historia evolutiva, los componentes de la biodiversidad y los procesos (tanto geológicos como fluctuaciones climáticas) que han influido en ellos (Toledo, 1982).

Mesoamérica es una de las regiones biológicamente más complejas del mundo, debido a su topografía y a su historia biogeográfica que ha implicado eventos de intercambio biótico y diversificación *in situ* (Stehli y Webb, 1985; Llorente, 1996; Ramamoorthy *et al.*, 1998). Su compleja topografía y los periodos glaciares e interglaciares han dado lugar a episodios de prolongado aislamiento y continuidad de los bosques montanos (Toledo, 1982; Graham, 1993; Luna-Vega *et al.*, 1999), eventos que han favorecido la dispersión y especiación al propiciar diferenciaciones morfológicas y genéticas entre poblaciones aisladas en zonas montanas (García-Moreno *et al.*, 2004); por ejemplo, la Sierra Madre del Sur representa uno de los sistemas montañosos más aislados (Carleton *et al.*, 2002), lo que ha favorecido que concentre especies endémicas de flora y fauna (Ceballos y Navarro, 1991; Luna-Vega y Llorente, 1993).

Además de los eventos vicariantes que representan el Istmo de Tehuantepec y la Depresión de Nicaragua en Mesoamérica (Peterson *et al.*, 1999; Watson y Peterson, 1999; Carleton *et al.*, 2002), también los sistemas montañosos mesoamericanos han influido de manera importante en la distribución de los mamíferos (Rogers *et al.*, 2007). De acuerdo con Carleton *et al.*, (2002), la mayor densidad de especies restringidas a las regiones montanas de Mesoamérica se presenta en ambos lados del Istmo de Tehuantepec, en las zonas altas de Oaxaca y del Núcleo Centroamericano. Esta última región además contiene, un gran porcentaje de especies endémicas, equiparable con los altos niveles de endemismo en la Faja Volcánica Transmexicana (p.e. los géneros *Romerolagus* y *Zygogeomys*, además de 90 especies de pequeños mamíferos; Fa y Morales 1998; Monroy-Vilchis *et al.*, 1999; Ceballos y Chávez, 2000; Escalante *et al.*, 2002; 2007a) y la Sierra de Talamanca en Costa Rica (Carleton *et al.*, 2002).

Las montañas de Mesoamérica son reconocidas como una región con altos niveles de diversificación y endemismo para varios taxones, incluyendo plantas (Luna-Vega *et al.*, 1999, 2001), insectos (Halffter, 1976, 1987; Marshall y Liebherr, 2000; Morrone y Márquez, 2001), anfibios y reptiles (Duellman, 1966, 1970; Flores-Villela y Goyenechea, 2000) aves (Hernández-Baños *et al.*, 1995; Navarro *et al.*, 2001; García-Moreno *et al.*, 2004) y mamíferos (Woodman y Timm, 1999; Tiemann-Boege *et al.*, 2000; Sullivan *et al.*,

1997, 2000; Conroy *et al.*, 2001; León-Paniagua *et al.*, 2007). De acuerdo con Watson y Peterson (1999), las zonas montanas son regiones de bosque denso caracterizadas por un alto nivel de humedad, ejemplo de éstas son los bosques mesófilos de montaña, bosques de pino-encino, bosques de encino, bosques de pino, bosques de coníferas y zacatonales subalpinos, éstos últimos si bien no presentan altos niveles de humedad, son característicos de zonas montanas. A pesar, de que estas zonas han sido poco estudiadas debido a las dificultades para acceder a ellas (Llorente y Escalante-Pliego, 1992), los trabajos recientes han generado descripciones de nuevas especies de mamíferos, como *Habromys delicatulus* (Carleton *et al.*, 2002) y *H. schmidlyi* (Romo-Vázquez *et al.*, 2005), ambas localizadas en la Faja Volcánica Transmexicana; dos especies más del mismo género distribuidas en la Sierra Mazateca de Oaxaca y en la Sierra de las Minas en Guatemala (León-Paniagua *et al.*, en preparación), *Reithrodontomys bakeri* (Bradley *et al.*, 2004a) y *Peromyscus schmidlyi* (Bradley *et al.*, 2004b) de la Sierra de Atoyac en Guerrero y de la Sierra Madre Occidental, respectivamente.

Si bien existen trabajos enfocados en el reconocimiento de patrones biogeográficos en zonas montanas tanto mesoamericanas como neotropicales con base en ciertos grupos (Halffter, 1987; Liebherr, 1994; Hernández-Baños *et al.*, 1995; Sánchez-González *et al.*, 2008), son escasos los enfocados en la mastofauna, algunos de ellos centrados en una determinada zona (Sierra Madre Oriental, León-Paniagua *et al.*, 2004; Faja Volcánica Transmexicana, Escalante *et al.*, 2007a) y, pocos lo abordan a escala nacional (Escalante *et al.*, 2005). Hasta ahora ninguno ha considerado la continuidad de las zonas montanas entre México y Centroamérica, aún cuando es bien sabido que para las especies no existen límites políticos en su distribución.

Los bosques montanos al estar restringidos altitudinalmente, están limitados en su extensión (Watson y Peterson, 1999), condición que junto con la alta presión de deforestación debido a la industria maderera, la agricultura de subsistencia y vivienda, han propiciado que algunos parches de vegetación de estas zonas montanas estén considerados en riesgo de conservación (Wilson, 1988; Laurance y Bierregagrd, 1997; Mittermeier *et al.*, 1998; Rodrigues *et al.*, 2004; León-Paniagua *et al.*, 2007) situación que también representa una gran amenaza para las especies restringidas a estos sistemas montañosos (León-Paniagua *et al.*, 2007).

Por todo lo anterior, es importante conocer los patrones biogeográficos de la mastofauna de zonas montanas a escala mesoamericana, ya que sus resultados brindarán información importante acerca de la historia biótica de esta región.

## ANTECEDENTES

Paul Kirchhoff (1943) acuñó por primera vez el término Mesoamérica, refiriéndolo como una región geográfica en el hemisferio occidental, la cual compartía una unidad cultural básica, límites geográficos, composición étnica y características culturales en el tiempo de la Conquista, quedó conformada por la parte sur y centro de México, junto con la Península de Yucatán, Guatemala, El Salvador y algunas partes de Honduras, Nicaragua y el norte de Costa Rica (Golfo de Nicoya; Mercado, 2004). Esta definición ha sido reinterpretada y expandida a lo largo de los años. Sin embargo, hoy en día, no existe consenso acerca de los límites geográficos de Mesoamérica, principalmente porque la definición de Kirchhoff se basa en aspectos geográficos, el resto en aspectos bióticos, generándose diferencias debido a los patrones biogeográficos de los grupos estudiados. Por ejemplo, ha sido referida como la región conformada por Centro América, las Antillas y el sur de México (McCafferty *et al.*, 1992); también como el área entre las tierras bajas del centro de México y Panamá (Wake, 1992); como la zona comprendida por Chiapas, las tierras bajas del Golfo de México y el Pacífico, extendiéndose hasta América Central (Morrone y Márquez, 2003); así como, la región que corresponde a los macizos montañosos: Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Serranías Meridionales (Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur y Sierra Madre de Oaxaca) y Serranías Transístmicas (montañas de Chiapas hasta las regiones elevadas de la mitad septentrional de Centroamérica; Rzedowski, 1994); y como el territorio comprendido por México y los siete países Centroamericanos (Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá; Johnson, 2000; Campbell, 1999). Esta última propuesta corresponde con la delimitación de Mesoamérica considerada en el presente trabajo.

A partir de la segunda mitad del siglo XIX, ha habido numerosos esfuerzos por sistematizar los patrones de distribución de la biota latinoamericana y caribeña en regiones, subregiones y provincias biogeográficas (Sclater, 1858; Grisebach, 1876; Fournier, 1876; Wallace, 1876; Hemsley, 1887; Ramírez, 1899; Sclater y Sclater, 1899; Cabrera y Yepes, 1940; Smith, 1941; Mello-Leitão, 1943; Dice, 1943; Goldman y Moore, 1945; Stuart, 1964; Savage, 1966; Rapoport, 1968; Fittkau, 1969; Kuschel, 1969; Müller, 1973; Álvarez y Lachica, 1974; Ringuélet, 1975; Rzedowski, 1981; Rivas-Martínez y Tovar, 1983; Casas-Andreu y Reyna-Trujillo, 1990; Ferrusquía-Villafranca, 1990; Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990; Rzedowski y Reyna-Trujillo, 1990; Rivas-Martínez y Navarro, 1994; Ramírez-Pulido *et al.*, 1994; Dinerstein *et al.*, 1995; Arriaga-Cabrera *et al.*,

1997; Fa y Morales, 1998; Campbell, 1999; Morrone, 2001a; Morrone y Escalante, 2002; Escalante *et al.*, 2002; Smith y Bermingham, 2005; Quijano-Abril *et al.*, 2006), porque para conocer la biota es necesario en primer lugar, el reconocimiento de los patrones espaciales de las especies debido a que, los patrones biogeográficos evidencian la historia evolutiva de las biotas (Morrone, 2001a).

Si bien existen trabajos con base en la mastofauna tanto a escala de México (Dice, 1943; Goldman y Moore, 1945; Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990; Álvarez-Castañeda *et al.*, 1995; Fa y Morales, 1998; Escalante *et al.*, 2002; 2003; 2005; 2007a) como de Centroamérica (Ryan, 1963), son escasos los centrados en las zonas montañas (León-Paniagua *et al.*, 2004; Escalante *et al.*, 2005; Escalante *et al.*, 2007a). Existen otros trabajos enfocados en el reconocimiento de los patrones biogeográficos de diferentes grupos en zonas montañas ya sea a escala nacional, mesoamericana o neotropical, como plantas (Luna-Vega *et al.*, 1994; Luna-Vega *et al.*, 2001; Luna-Vega y Álcantara-Ayala, 2001; Contreras-Medina *et al.*, 2007), insectos (Halffter, 1987; Liebherr, 1994) y aves (Hernández-Baños *et al.*, 1995; Sánchez-González *et al.*, 2008).

Los patrones biogeográficos que muestra la biodiversidad constituyen un fenómeno esencialmente espacial, ya que áreas diferentes albergan distinta representación de especies y taxones supraespecíficos (Escalante, 2003a). Debido a que la biodiversidad tiene una distribución espacio-temporal tanto en su condición actual como en su evolución, resulta necesario documentar este carácter espacio-temporal, para así representar la estructura evolutiva de la biodiversidad en un sistema de clasificación biogeográfica natural (Morrone y Espinosa-Organista, 1998; Morrone, 2001b). Por tanto, las colecciones biológicas son fundamentales debido a que son centros de información, ya que los ejemplares son representativos de especies, poblaciones y del medio en el que viven (Peláez-Goycochea, 1994); por lo tanto representan el acervo de referencia para la descripción y el análisis de la biodiversidad (Crisci *et al.*, 1994). Además, una base de datos curatorial al poder integrarse a un Sistema de Información sobre Biodiversidad (SIB) que por lo general incluye en su estructura a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), hace posible la realización de estudios biogeográficos y ecogeográficos que son un referente importante en la toma de decisiones sobre la biodiversidad (Escalante, 2003a).

Recientemente, se ha cuestionado si los datos de colecciones son aptos para realizar análisis biogeográficos (Escalante, 2003a). Sin embargo, es a partir del trabajo de Colwell y Coddington (1994) que las colecciones biológicas han sido revaloradas,

haciendo patente que los datos de las colecciones son útiles, siempre que sean sometidos a ciertos controles de calidad (León-Cortés *et al.*, 1998; Soberón *et al.*, 2000; Steege *et al.*, 2000; Ponder *et al.*, 2001), que junto con la incorporación de más datos y actualización e incorporación a sistemas de información, incrementan su potencial de análisis, por ejemplo al utilizarse en la obtención de regionalizaciones naturales con base en el reconocimiento de homologías espaciales (Escalante, 2003a).

Para identificar probables relaciones entre unidades biogeográficas con base en los taxones que las habitan, los métodos basados en algoritmos de parsimonia han sido propuestos como una herramienta biogeográfica (Morrone y Escalante, 2002). El análisis de parsimonia de endemismos (PAE, Rosen, 1988; Morrone, 1994) es un método analítico para definir unidades en biogeografía histórica. En principio, este método fue propuesto por Rosen (1988) para estudiar cómo los fósiles pueden brindar información espacial en una escala geográfica y utiliza las localidades como unidades de estudio. Más tarde, otros autores (Craw, 1988; Morrone, 1994) también analizan datos distribucionales a través de la aplicación de algoritmos de parsimonia, aunque con unidades de estudio diferentes, Craw (1988) utilizó áreas que él definió como de alto y bajo endemismo, con base en datos empíricos. Finalmente, Morrone (1994) propone la aplicación de un algoritmo de simplicidad para delimitar áreas de endemismo, utilizando cuadrículas como unidades de análisis. El PAE agrupa localidades, áreas o cuadrículas (análogos a taxones) en función a los taxones compartidos (análogos a caracteres) mediante la solución más simple. Este agrupamiento de las áreas en el cladograma al basarse en las especies compartidas, podría sugerir causas de historia común entre las áreas (Morrone, 1994; Luna-Vega *et al.*, 1999). En ocasiones, un mismo grupo de datos puede resultar en distintos cladogramas igualmente parsimoniosos. En estos casos, se pueden construir cladogramas de consenso o de compromiso (Morrone, 2003). El cladograma de consenso estricto es el único que incluye sólo los componentes totalmente no ambiguos, ya que es el resultado de combinar sólo los componentes que aparecen repetidos en todos los cladogramas originales (Morrone, 2003).

El PAE es uno de los métodos en Biogeografía Cladista que más ha sido criticado, debido a que este método no requiere de las hipótesis filogenéticas de las especies analizadas, para identificar alguna hipótesis preliminar de las relaciones históricas entre las áreas que ocupan (Rosen, 1988; Morrone y Crisci, 1995; Brooks y van Veller, 2003). De acuerdo con Morrone (2004), PAE es un método que identifica homología primaria ya

que reconoce únicamente los componentes de una biota ancestral, sin identificar la secuencia de fragmentación de la misma, lo que correspondería a la homología secundaria por lo cual, propone este método como primer paso al realizar un análisis biogeográfico, ya que al reconocer los componentes que deben ser analizados, éstos pueden ser contrastados por medio de otro método de biogeografía histórica que tome en cuenta las hipótesis filogenéticas de las especies del área en estudio. Nihei (2006) establece una división del PAE como fue concebido originalmente por Rosen (1988) y el uso que actualmente ha tenido, dividiendo sus aplicaciones en dinámicas (lo que implica encontrar relaciones de los taxones entre diferentes horizontes geológicos) y estáticas (estudios que involucran sólo un horizonte). No obstante, critica la utilización tanto de áreas no naturales o incompletas como de distribuciones parciales que falsean las relaciones obtenidas.

En los análisis de áreas se han utilizado registros puntuales, que en ocasiones son un inconveniente, por ejemplo, cuando la información de algunas especies es escasa ya que por falta de ésta se estaría sesgando el análisis. Una alternativa para evitar este sesgo, es el uso de mapas de distribución potencial generados por modelos ecológicos de nicho a partir de puntos de registro de la especie (Peterson, 2001), lo cual permite completar los espacios vacíos existentes en las distribuciones puntuales de la especie, como resultado de un muestreo incompleto, sobre todo en regiones montañosas (Llorente y Escalante-Pliego, 1992; Sánchez-González *et al.*, 2008). Por lo tanto, el análisis y las explicaciones biogeográficas mejoran (Rojas-Soto *et al.*, 2003). En biogeografía, estos modelos se han utilizado para obtener predicciones del área de distribución geográfica de un taxón, que pueden emplearse para identificar patrones biogeográficos, los cuales podrían conducir a proponer regionalizaciones biogeográficas que resultan importantes en la toma de decisiones en cuanto a conservación (Iloldi-Rangel *et al.*, 2004; Escalante *et al.*, 2007b; Iloldi-Rangel *et al.*, 2008).

Maxent (Phillips *et al.*, 2006) es uno de los diferentes algoritmos de modelado que existen, el cual está basado en el principio de máxima entropía, utiliza una aproximación mecanicista para realizar predicciones a partir de información incompleta. Maxent evalúa la distribución más uniforme a lo largo del área de estudio con la restricción de que el valor esperado para cada variable ambiental coincida con los valores promedio para el conjunto de datos de presencia (Phillips *et al.*, 2004, 2006). Este algoritmo evalúa (pesa)

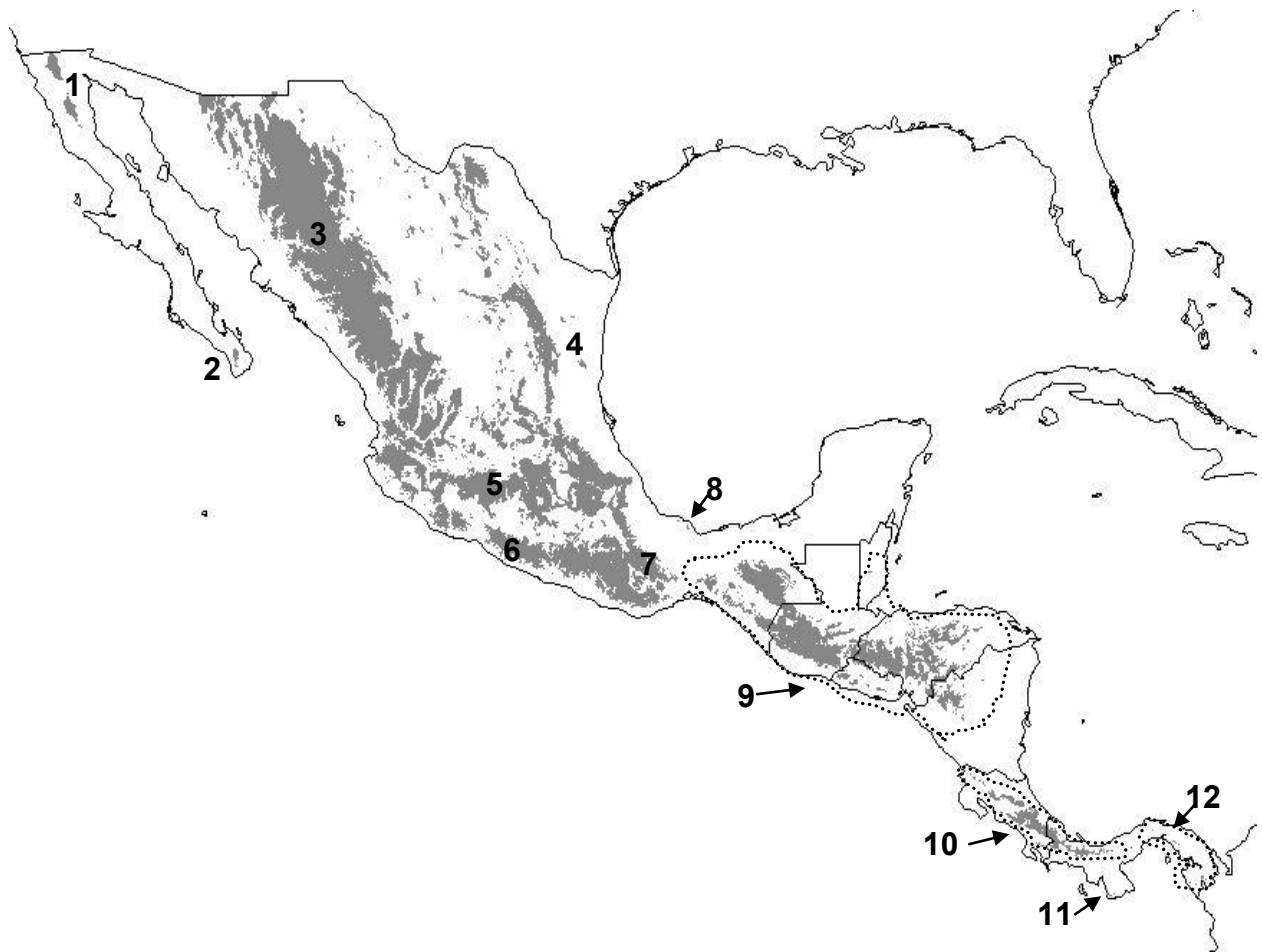
cada variable ambiental al multiplicarla por una constante y, después la divide para garantizar valores de probabilidad entre cero y uno.

Este programa comienza con una distribución uniforme de probabilidades e iterativamente modifica el peso de una variable a la vez para maximizar la similitud de los datos de ocurrencia. Las predicciones generadas para cada celda analizada refieren valores acumulativos, donde el valor de probabilidad está representado como porcentaje para la celda. Así, dentro del área de estudio una celda con valor de 1 (=100) es la más probable, mientras que celdas con valores cercanos a cero son las menos probables (Phillips *et al.*, 2004).



## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio para el presente trabajo está conformada por las zonas montañas de Mesoamérica que de acuerdo con Campbell (1999) pueden dividirse en tres regiones principales: las ubicadas al norte y oeste del Istmo de Tehuantepec; las zonas altas ubicadas entre el Istmo de Tehuantepec y la Depresión de Nicaragua; y, las montañas de Costa Rica y Panamá (Fig. 1).



**Figura 1.** Zonas montañas mesoamericanas. 1, Sierra de Juárez y Sierra San Pedro Mártir; 2, Sierra de La Laguna; 3, Sierra Madre Occidental; 4, Sierra Madre Oriental; 5, Faja Volcánica Transmexicana; 6, Sierra Madre del Sur; 7, Sierra Madre de Oaxaca; 8, Sierra de Los Tuxtlas; 9, Núcleo Centroamericano; 10, Istmo Centroamericano; 11, Península de Azuero; 12, Este de Panamá.

Conformando la primera región se encuentran los siguientes sistemas montañosos: el sistema montañoso de Baja California, que si bien es un sistema bióticamente norteamericano, es interesante incluirlo en el presente análisis, ya que hasta el momento no existe un trabajo que incluya a todos los sistemas montanos de México. La Península de Baja California presenta su mayor desarrollo en el norte donde se ubican las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir, alcanzando esta última hasta 2400 m y, al sur de la Península se ubica la Sierra de La Laguna (Rzedowski, 1994); la Sierra Madre Occidental que es el sistema montañoso más largo y continuo de México, su límite norte se ubica muy cerca de la frontera con Estados Unidos en los límites de Chihuahua y Sonora, llegando hasta la altura del Río Grande de Santiago ubicado en la frontera entre Nayarit y Jalisco donde converge con la Faja Volcánica Transmexicana, alcanzando una altitud promedio que varía entre 2000 m y 3000 m (Rzedowski, 1994; Campbell, 1999); la Sierra Madre Oriental se extiende al norte a partir del estado de Coahuila, corriendo hacia el sur-sureste, hasta el centro de Puebla y Veracruz, donde se une a la Faja Volcánica Transmexicana, sus cumbres alcanzan entre 2000 m y 3000 m. Aunque existen elevaciones importantes, como el Cerro Potosí en Nuevo León con 3650 m y el de San Antonio Peña Nevada en los límites de Nuevo León y Tamaulipas, con 3450 m (Rzedowski, 1994-1986).

La Faja Volcánica Transmexicana es un conjunto de cordilleras y volcanes alineados en una franja que cruza México de oeste (en Cabo Corrientes, Nayarit) a este (en Sierra de Chinconquiaco, Veracruz), concentrando las cumbres más altas de México (Campbell, 1999; Espinosa-Organista y Ocegueda, 2007) como el Pico de Orizaba (5750 m), Popocatepetl (5400 m), Iztaccíhuatl (5286 m), Malinche (4461 m), Nevado de Toluca (4392 m), Cofre de Perote (4280 m) y Nevado de Colima (4265 m); la mayoría de los valles intermontanos se sitúan en altitudes cercanas a 2000 m (Rzedowski, 1994; Campbell, 1999).

La Sierra Madre del Sur se extiende paralelamente y próxima a la costa del Pacífico, desde Jalisco hasta el Istmo de Tehuantepec, convergiendo con la Faja Volcánica Transmexicana en Jalisco, Colima, montañas del norte de Oaxaca y del sureste de Puebla. Sus cumbres alcanzan en algunos lugares 2000 m, ocasionalmente excediendo los 3000 m, siendo el Cerro Teotepec su punto más alto con 3550 m (Rzedowski, 1994; Campbell, 1999).

El sistema montañoso de la Sierra Madre de Oaxaca comprende la mitad norte de Oaxaca y algunas áreas próximas de Puebla y de Veracruz, localizándose sus cumbres

más altas en la Sierra de Juárez, sobresaliendo el Cerro Zempoaltépetl con 3400 m (Rzedowski, 1994; Campbell, 1999).

La Sierra de los Tuxtlas se ubica en la costa del Golfo al sureste de Veracruz, aislada de otros sistemas montañosos, el Volcán San Martín Tuxtla con 1600 m es su punto más alto (Campbell, 1999).

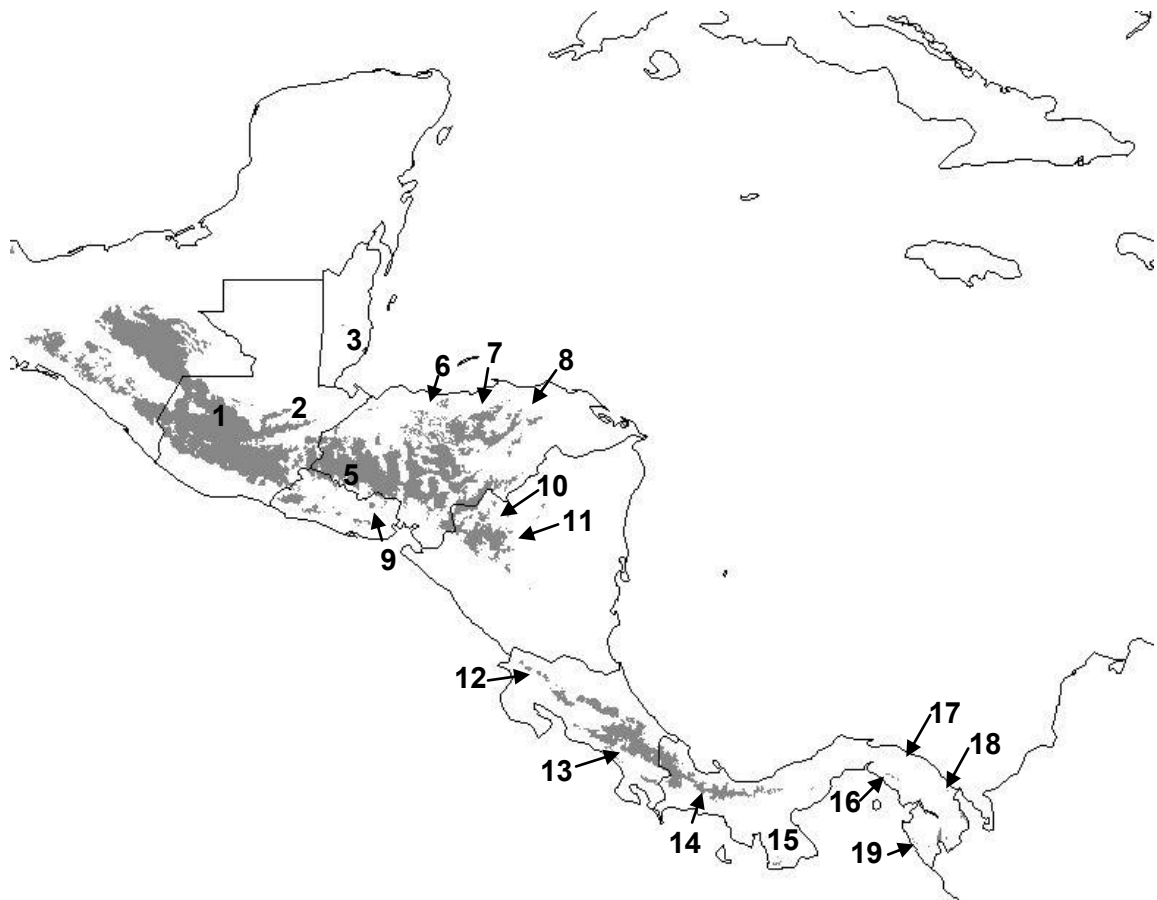
El territorio ubicado entre el Istmo de Tehuantepec y la Depresión de Nicaragua conforma el Núcleo Centroamericano (Campbell, 1999; Fig. 1). Las tierras altas del oeste del Núcleo Centroamericano (Fig. 2), incluyen la Sierra Madre de Chiapas que se extiende a lo largo del litoral pacífico de Chiapas hasta el Istmo de Tehuantepec, donde constituye una proyección de las serranías centroamericanas, su elevación más alta es el Volcán Tacaná con 4064 m ubicado en la frontera con Guatemala, mientras que en el resto de la cordillera las altitudes varían entre 1000 m y 3000 m (Rzedowski, 1994). La Meseta Central de Chiapas es otra de las prolongaciones de las serranías centroamericanas y, separa la Depresión Central de Chiapas de la Planicie costera sur-oriental, alcanzando las mayores altitudes (2860 m) en la región de San Cristóbal. En Guatemala se encuentran Montaña de Cuilco, Sierra de Chuacús, zonas montañosas de Verapaz, Sierra de los Cuchumatanes que alcanza altitudes por arriba de los 3500 m y Sierra de las Minas cuyo punto más alto es el Cerro Raxón con 3015 m (Campbell, 1999; Cano, 2006). La Cordillera Maya (Belice) alcanza en su pico más alto 1120 m (Reid, 1997).

El este del Núcleo Centroamericano está conformado por las zonas altas del este de Chiquimulan en Guatemala, la Sierra de Merendón ubicada en el sur de la frontera entre Guatemala y Honduras, el arco volcánico de El Salvador (Cerro Grande); en Honduras, la Sierra del Espíritu Santo, la Sierra de Opalaca, los Cerros de Cangreja, la Sierra de la Esperanza y la Sierra de Agalta, donde se ubica el pico más alto (2590 m) del este de Honduras y las zonas altas de Nicaragua están conformadas por las Cordilleras Isabelia y Dariense (Campbell, 1999).

Las zonas montañosas de Costa Rica y Panamá (Fig. 2) se pueden dividir en las tierras altas del Istmo Centroamericano (Costa Rica y oeste de Panamá) y del este de Panamá. En el Istmo Centroamericano se encuentra la Cordillera de Guanacaste con cinco cumbres que exceden 1500 m; la Cordillera de Tilarán con una cresta que pasa los 1500 m; la Cordillera Central que concentra varios volcanes con elevaciones entre 2705 m y 3432 m; la Cordillera de Talamanca tiene diez cimas de más de 3000 m, siendo Chirripó Grande con 3820 m el punto más alto del sur de Centroamérica. La Cordillera de

Talamanca continua en Panamá como la Serranía de Tabasará que se eleva por encima de los 1200 m, por ejemplo el Volcán Barú alcanza 3500 m (Reid, 1997), que junto con las zonas altas en la Península de Azuero, conforman las zonas montañas del oeste de Panamá.

Las tierras altas del este de Panamá incluyen la Serranía del Darién, sobresaliendo el Cerro Tacarcuna con 1875 m; la Serranía de Pirre, la Serranía de Jungurudó que exceden los 1500 m. Un tanto aisladas se ubican cercanas a la costa del Pacífico la Serranía de Maje y la Serranía del Sapo, ubicadas por debajo de los 1500 m en gran parte de sus cumbres (Campbell, 1999).



**Figura 2.** Sistemas montañosos del Núcleo e Istmo Centroamericanos y Este de Panamá. 1, Sierra de los Cuchumatanes; 2, Sierra de las Minas; 3, Cordillera Maya; 4, Sierra del Espíritu Santo; 5, Sierra de Opalaca; 6, Cerros de Cangreja; 7, Sierra de la Esperanza; 8, Sierra de Agalta; 9, Cerro Grande; 10, Cordillera Isabelia; 11, Cordillera Dariense; 12, Cordillera de Guanacaste; 13, Cordillera de Talamanca; 14, Serranía de Tabasará; 15, Península de Azuero; 16, Serranía de Majé; 17, Cordillera de San Blas; 18, Serranía del Darién; 19, Serranía del Sapo.

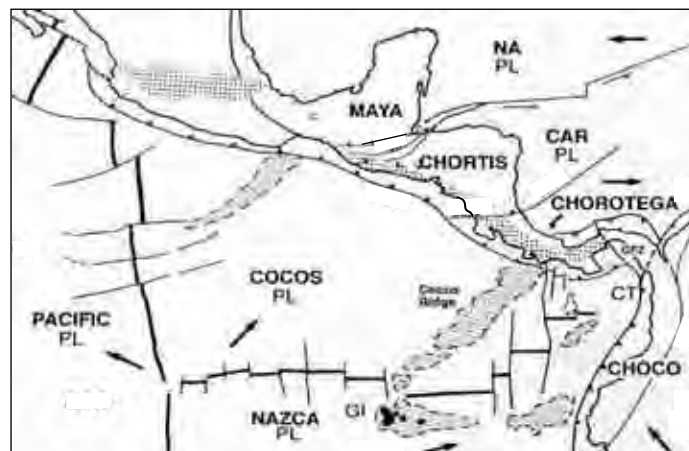
Las zonas montanas están caracterizadas por distintos tipos de vegetación (bosques mesófilos, pino-encino, coníferas, pino, encino, oyamel, pino-oyamel-encino y zacatonal subalpino), hábitats que durante el Pleistoceno presentaron una distribución más amplia. Sin embargo, desde hace casi diez mil años han quedado restringidos en su mayoría a las cadenas montañosas mesoamericanas (Watson y Peterson, 1999). Por lo tanto, el mapa de las zonas montanas mesoamericanas se hizo considerando los trabajos de Rzedowski (1981) para México y Olson *et al.*, (2001) para Centroamérica y la Península de Baja California (Fig.1), con el fin de conocer las cotas altitudinales de los tipos de vegetación característicos de estas zonas y así establecer los rangos altitudinales del área de estudio entre 800 y 3000 msnm.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

Hace 80 millones de años (Ma), Sudamérica quedó alejada de África y de otras masas continentales con lo que Norteamérica y Sudamérica quedaron separadas por una ruta marítima proto-Caribeana, resultado de un despliegue del suelo marino del sistema Atlántico (Pindell y Barrett, 1990). Sin embargo, este espacio fue sustituido por un puente terrestre, producto de la actividad tectónica a lo largo del margen suroeste de la Placa del Caribe (Fig. 3), que al moverse hacia el noreste durante el Cretácico Tardío (70 Ma), propició una comunicación ístmica que conectó ambos continentes, pero finalmente dio lugar a las Antillas Mayores (Savage, 2002). Al mismo tiempo el Bloque Maya, que conformaría el este mexicano y el norte del Núcleo Centroamericano, se encontraba en su actual posición y el Bloque Chortis, que constituiría el sur del núcleo centroamericano, se dirigió al oeste. Al suroeste del Bloque Chortis había unas islas volcánicas, producto de la subducción de la Placa de Farallón debajo de la del Caribe, que más tarde se unieron a los Bloques Chorotega y Chocó (Savage, 2002).

Para el Paleogeno temprano (Paleoceno 66.4 Ma), en México se originó la Sierra Madre del Sur, con su más reciente levantamiento durante el Mioceno-Plioceno (23.7 Ma y 5.3 Ma, respectivamente; Savage, 2002). Mientras tanto, a fines del Paleoceno (57.8 Ma) el puente terrestre entre Norteamérica y Sudamérica había pasado por varias fragmentaciones permaneciendo sumergidas algunas zonas (Marshall y Sempere, 1993), con esto ambos continentes no tenían conexión, quedando aisladas las faunas de Norte y Sudamérica. Durante esta época tuvo lugar una regresión masiva del mar, incrementándose así la superficie terrestre al noreste de México, dando paso a la génesis y desarrollo durante el Eoceno (52 Ma) de la Sierra Madre Oriental (su más reciente elevación fue durante el Mioceno-Plioceno), las cordilleras y mesetas localizadas entre Chihuahua-Coahuila (Savage, 2002; Ferrusquía-Villafranca y González-Guzmán, 2005). El desarrollo de la Sierra Madre Oriental representó un evento fundamental para que elementos de altitudes superiores y afinidades neárticas y paleárticas colonizaran la parte sur de Norteamérica al formar este sistema montañoso parte del Mega sector Oriental (Ferrusquía-Villafranca *et al.* 2005), posibilitando la movilidad de la biota en la región oriental de México antes que en el occidental (Challenger, 1998; Ferrusquía-Villafranca y González-Guzmán, 2005). Es también durante el Eoceno que, en la región centroamericana, el Bloque Chortis y el arco isleño al sur de Centroamérica iniciaron su movimiento hacia el este quedando unidos al Bloque Maya.

Más tarde, durante el Oligoceno temprano (36.6 Ma), se desarrolló la Sierra Madre Occidental debido a una intensa actividad volcánica, teniendo durante el Mioceno su más reciente levantamiento (Savage, 2002; Ferrusquía-Villafranca y González-Guzmán, 2005; Ferrusquía-Villafranca *et al.* 2005). Mientras que la Faja Volcánica Transmexicana se originó y desarrolló durante el Mioceno medio (16.6 Ma), interrumpiendo la continuidad del Mega sector Oriental, con esto finalizó el contacto entre las biotas templadas y tropicales de las regiones Neártica y Neotropical (Ferrusquía-Villafranca y González-Guzmán 2005; Ferrusquía-Villafranca *et al.* 2005). Durante el Mioceno-Plioceno, en la región centroamericana, las islas volcánicas que conformaban los Bloques Chorotega y Chocó se movieron hacia el este, cerrando así el espacio entre el Bloque Chortis y norte de Sudamérica, aunado al incremento en la elevación del área, generado por la subducción de la cadena Cocos debajo del Bloque Chorotega y el choque del Bloque Chocó con Sudamérica, de esta manera en el Plioceno medio (3.4 Ma) la región del Bloque de Chortis y Sudamérica quedaron comunicados por un corredor terrestre (Pitman *et al.* 1993; Briggs, 1994; Murphy y Lugo, 1995; Coates y Obando, 1996). El intenso vulcanismo, propició el desarrollo durante el Mioceno de las zonas montañas ubicadas entre el Istmo de Tehuantepec y la Depresión de Nicaragua (Núcleo Centroamericano), alcanzando sus actuales elevaciones en el Plioceno (5.3 Ma; Savage, 1982; 2002), también durante el Mioceno las zonas montañas de Costa Rica y Panamá se elevaron (Savage, 2002). Para el Plioceno, la Sierra de los Tuxtlas se originó pasando por modificaciones sustanciales debido al vulcanismo del Cuaternario (1.6 Ma; Campbell, 1999).



**Figura 3.** Características tectónicas mesoamericanas. **Bloques:** Chocó, Chorotega, Chortis y Maya. **Fallas (F):** R, Romeral; SC, del Caribe Sur. **Zonas de Fractura (FZ):** G, Gatún; M, Motagua; SE, Santa Elena. **Placas tectónicas (PL):** CAR, del Caribe; NA, Norteamericana; SA, Sudamericana. **Trincheras (T):** C, Colombiana; MA, Mesoamericana. GI, Islas Galápagos. (Mapa tomado de Savage, 2002).

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar los patrones biogeográficos de la mastofauna de las zonas montanas mesoamericanas.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- \* Elaborar una base de datos georreferenciada actualizada de los mamíferos que habitan las zonas montanas de México y Centroamérica.
- \* Generar hipótesis de la distribución potencial de las especies presentes empleando el algoritmo Maxent.
- \* Conocer los patrones de endemismo y riqueza de especies de los mamíferos que habitan la región.
- \* Obtener una regionalización biogeográfica de las zonas montanas mesoamericanas con base en su mastofauna, empleando el análisis de parsimonia de endemismos (PAE).
- \* Comparar la hipótesis sobre las relaciones entre las áreas de endemismo resultante de este trabajo con las de otros autores.



## MÉTODOS

Las cotas altitudinales para los tipos de vegetación seleccionados (bosques mesófilos de montaña, pino-encino, coníferas, pino, encino, oyamel, pino-oyamel-encino y zacatonal subalpino) fueron elegidas con base en Rzedowski (1981) y Challenger (1998), estableciéndose así los intervalos del área de estudio entre los 800 y 3000 msnm, para después elaborar el mapa de las zonas montañas mesoamericanas considerando las propuestas de Rzedowski (1981) para México y Olson *et al.* (2001) para Centroamérica (Fig.1).

La selección de las especies consideradas en este estudio se hizo mediante la revisión de literatura (Reid, 1997; Ceballos y Oliva, 2005) utilizando la propuesta de Wilson y Reeder (2005) como autoridad taxonómica. El criterio de selección fue que las especies estuvieran presentes en tipos de vegetación característicos de zonas montañas (bosques mesófilos de montaña, pino-encino, coníferas, pino, encino, oyamel, pino-oyamel-encino y zacatonal subalpino), es decir, que tuvieran dentro de sus preferencias de hábitat estos tipos de vegetación, de acuerdo a lo señalado en la literatura consultada (Reid, 1997; Ceballos y Oliva, 2005). La base de datos se elaboró en Access 2000 (Microsoft, 2000). Para evitar duplicidad de datos en la elaboración de esta base, se elaboró una lista de equivalencias taxonómicas (ó sinonimias) entre Hall (1981), Reid (1997), Ramírez-Pulido *et al.* (2005) y Wilson y Reeder (2005).

Se recopiló información de distintas colecciones científicas nacionales y extranjeras (ver Apéndice 1) por medio de sus catálogos disponibles en bases de datos en línea ([http://vertebrates.si.edu/mammals/mammals\\_databases.html](http://vertebrates.si.edu/mammals/mammals_databases.html); <http://entheros.amnh.org/db/emuwebamnh/logon.php>); concentradores de bases de datos de distintas colecciones (<http://www.gbif.org>; <http://www.manis.org>) y mediante la revisión de literatura (Hall, 1981; Escalante *et al.*, 2002; León-Paniagua *et al.*, 2004). Esta base de datos fue georreferenciada mediante la consulta de gaceteros publicados (p. ej. Monroe, 1968), en línea (<http://www.biogeomancer.org>; <http://www.fallingrain.com>) o por georreferenciación directa en cartas topográficas (e.g. INEGI, 1982) y atlas digitales (e.g. Atlas Encarta, 1997).

Para generar el mapa de distribución potencial para cada especie se empleó el algoritmo Maxent (Phillips *et al.*, 2004; 2006; disponible en: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>) utilizando coberturas climáticas

(Worldclim 1.4 en <http://www.worldclim.org>) y topográficas (<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>) (Apéndice 2).

Los mapas de distribución potencial obtenidos se contrastaron con mapas de distribución de la literatura Hall (1981), Villa y Cervantes (2003) y Ceballos y Oliva (2005) para eliminar la sobrepredicción en los lugares donde se sabe que el taxón no puede estar o donde no ha sido registrado (Illoldi-Rangel y Escalante, 2008) para así obtener lo que fue considerado como la hipótesis de distribución de cada especie. El manejo de la información geográfica se realizó con ArcView 3.2 (ESRI 1999). Con ayuda de estos mapas se cubrieron los espacios entre los puntos de presencia conocida, los cuales son reflejo de un esfuerzo de colecta diferencial principalmente por la poca accesibilidad a ciertas áreas (Llorente y Escalante-Pliego, 1992; Rojas-Soto *et al.*, 2003).

Los patrones de riqueza y endemismo de especies se obtuvieron al sumar las distribuciones potenciales de las especies analizadas. Para la riqueza de especies se realizaron dos análisis, uno basado en el total de especies (las 181 especies de las que se tienen registros) y otro con base en las especies cuyos hábitats de preferencia únicamente son tipos de vegetación característicos de zonas montañas (62 especies). El endemismo fue considerado a escala mesoamericana.

A partir de las distribuciones potenciales obtenidas, se realizaron dos análisis biogeográficos utilizando PAE, uno con el total de especies incluyendo al orden Chiroptera y otro sólo con las especies terrestres, en ambos casos se utilizó una malla de 0.5 grados por lado, que cubrió la totalidad del área de estudio. A partir de esto, se construyó una matriz de datos codificada de manera binaria (0 para ausencia y 1 para presencia) que incluyó un renglón codificado con ceros para enraizar el cladograma. Esta matriz fue analizada mediante parsimonia con una búsqueda ratchet en el programa NONA (Goloboff, 1993) y su interfase Winclada ver. 0.9.99 (Nixon, 1999). Debido a que se obtuvieron varios árboles igualmente parsimoniosos, se realizó un consenso estricto, con el fin de combinar en el cladograma final todos los componentes que se repitan en todos los cladogramas originales (Morrone, 2003).

## RESULTADOS

La lista final de especies estuvo conformada por 223 especies (Apéndice 3). Sin embargo, no se contó con localidades de colecta para 42 especies, por lo que el número total de especies consideradas en este trabajo fue de 181, las cuales se distribuyeron en 9 órdenes, 20 familias y 69 géneros (Tabla 1). De estas 181 especies, 53 son endémicas a zonas montañas mesoamericanas. La base de datos estuvo conformada por un total de 58518 registros distribuidos en 5169 localidades únicas. Del total de registros, 1459 se localizaron en Centroamérica con 111 localidades únicas; 57059 correspondieron a México con 5058 localidades únicas.

**Tabla 1.** Número de familias, géneros y especies distribuidas en las zonas montañas de Mesoamérica.

<b>Orden</b>	<b>Familias</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>
Didelphimorphia	1	1	1
Cingulata	1	1	1
Lagomorpha	1	2	6
Soricomorpha	1	3	18
Chiroptera	3	17	32
Carnivora	6	13	16
Perissodactyla	1	1	1
Artiodactyla	2	3	4
Rodentia	4	28	102
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>69</b>	<b>181</b>

De acuerdo a su distribución las especies trabajadas se agruparon en cinco categorías (Tabla 2). La categoría que mayor número de especies agrupó fue la mesoamericana con el 56% (101), y la de menor número fue la continental con el 5% (9).

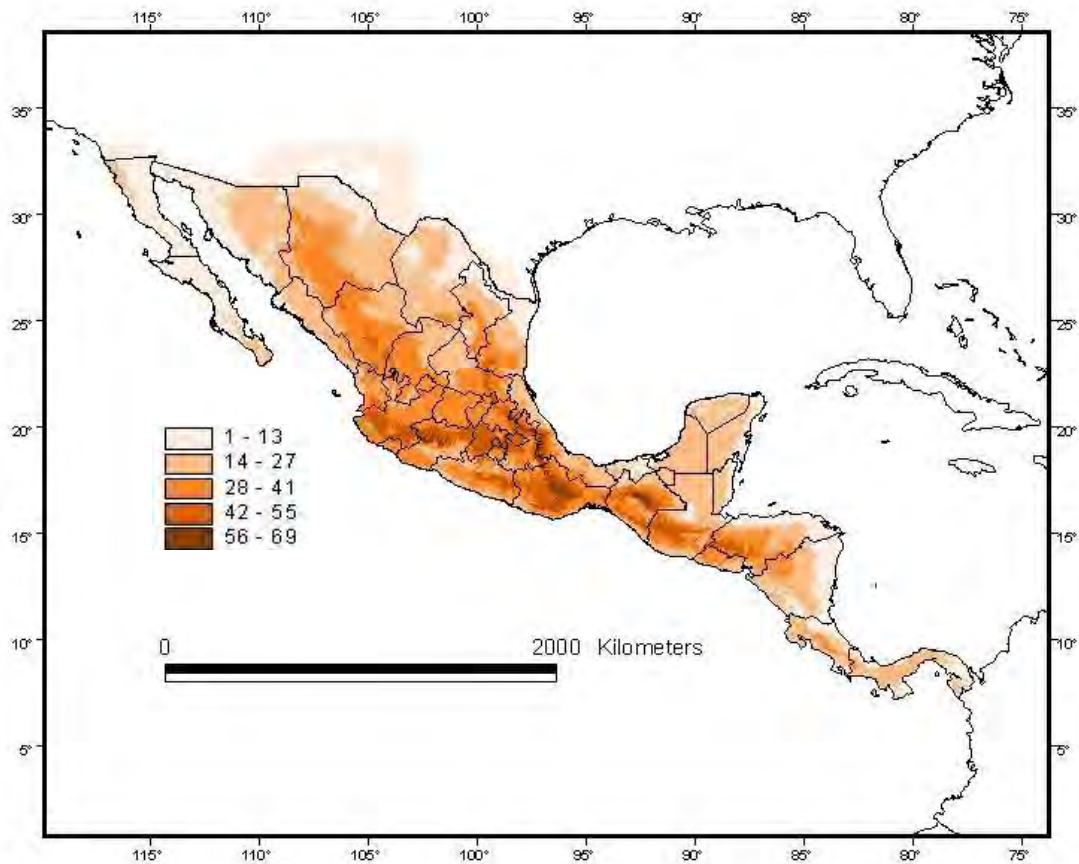
**Tabla 2.** Distribución de las especies reconocidas en las zonas montañas de Mesoamérica.

<b>Distribución</b>	<b>Número de especies</b>
México y Centroamérica	101 (56%)
Canadá y/o E.U.A. a México	39(21%)
México a Sudamérica	21(12%)
Canadá y/o E.U.A. a Centroamérica	11(6%)
Canadá y/o E.U.A. a Sudamérica	9(5%)
<b>Total</b>	<b>181</b>

## PATRONES DE RIQUEZA

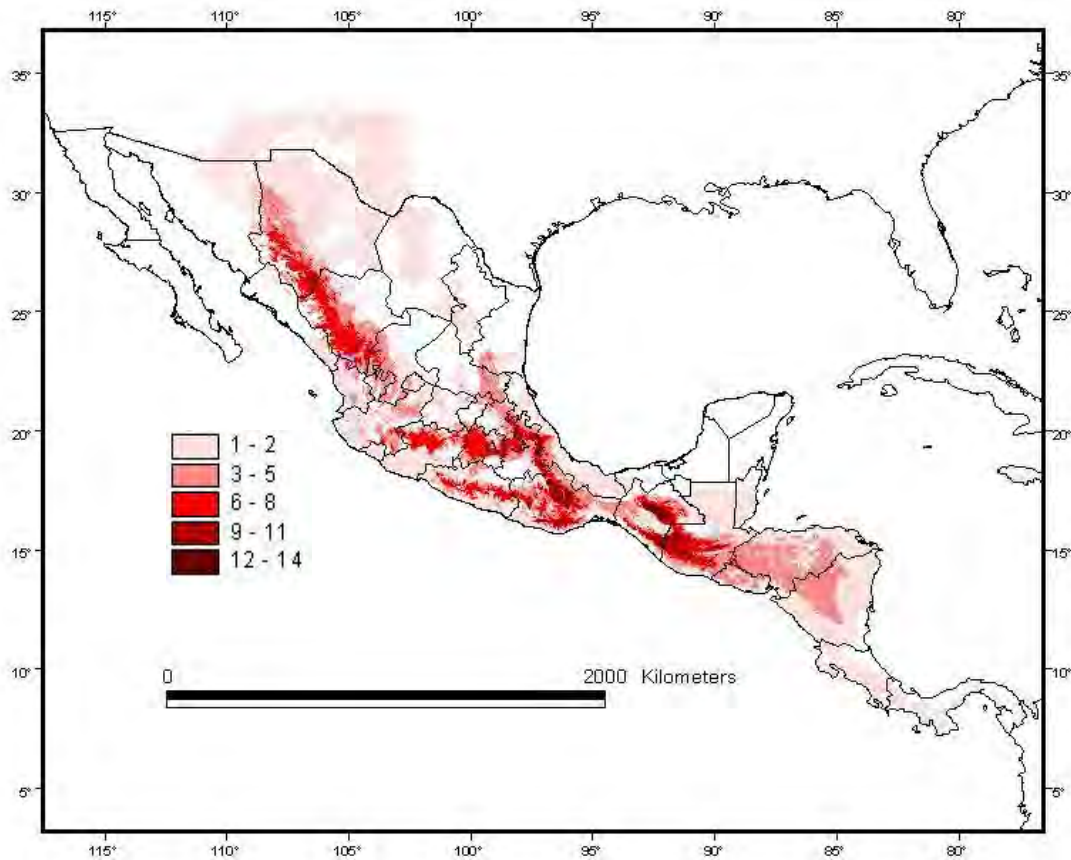
Los patrones de riqueza obtenidos del total de especies utilizadas y de las especies cuya preferencia de hábitat son las zonas montañosas mesoamericanas, se muestran en las figuras 4 y 5, respectivamente.

Los patrones de riqueza para el total de especies (Fig. 4) muestran que las zonas con mayor riqueza se ubican al oeste de la Faja Volcánica Transmexicana (en parches al sureste de Jalisco, en un continuo al norte de Michoacán); en el sur de la Sierra Madre Oriental; en la Sierra Madre de Oaxaca; en la Sierra Madre del Sur con parches al centro y este de Guerrero y sur de Oaxaca; Altos de Chiapas; parches en la ladera oeste de la Sierra Madre de Chiapas y centro de la Sierra de los Cuchumatanes en Guatemala con cifras que van de 56 a 69 especies.



**Figura 4.** Riqueza de las 181 especies cuya distribución se encuentra asociada a las zonas montañosas mesoamericanas.

Los patrones de riqueza de las especies cuya preferencia de hábitat son las zonas montañosas (Fig. 5), muestran que las zonas con mayor riqueza, con cifras que van de 11 a 14 especies, se ubican en el sur de la Sierra Madre Oriental; este de la Faja Volcánica Transmexicana; en las Sierras Madre de Oaxaca que se mantienen como zonas con alta riqueza, al igual que los Altos de Chiapas y la Sierra de los Cuchumatanes en Guatemala; y sur de la Sierra Madre de Chiapas y la Sierra de las Minas en Guatemala.

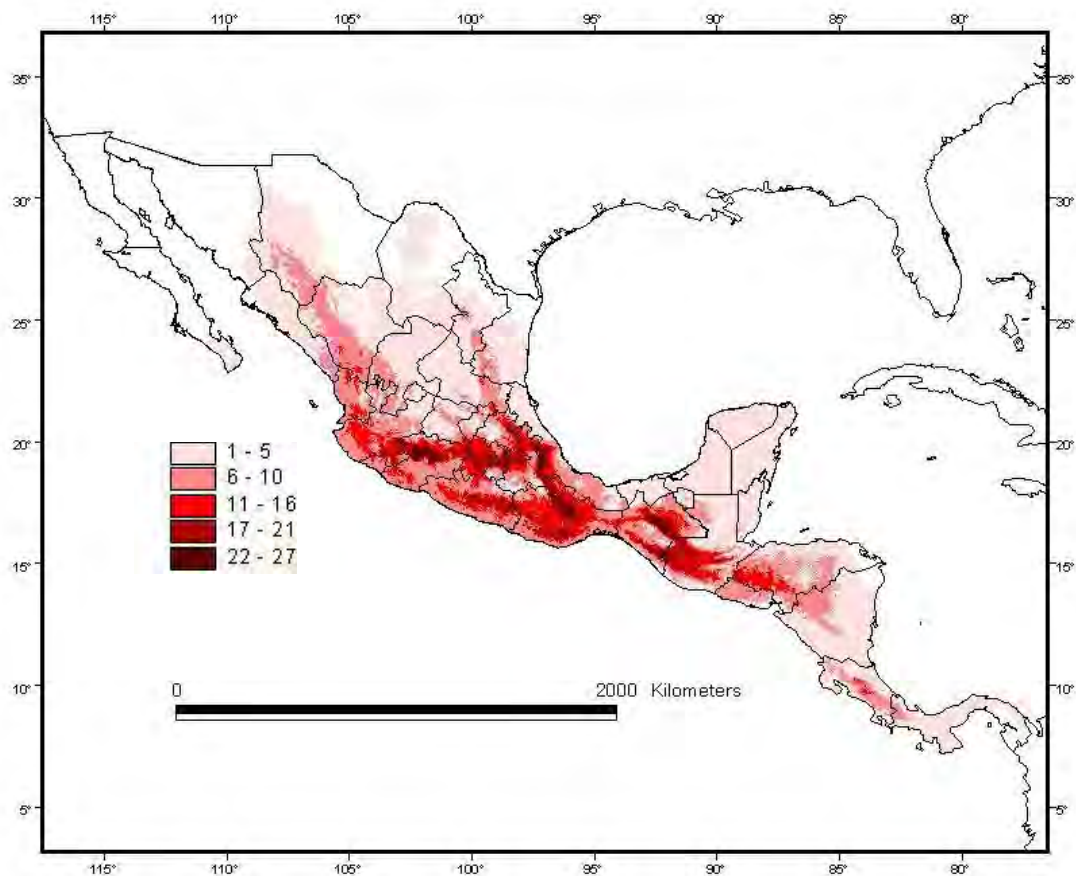


**Figura 5.** Riqueza con base en las 61 especies con preferencia de hábitat en zonas montañosas.

## PATRONES DE ENDEMISMO

La mayor concentración de especies endémicas a Mesoamérica (Fig. 6) se localiza en parches aislados a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana; sur de la Sierra Madre Oriental; en algunas zonas a través de la Sierra Madre del Sur; en la Sierra Madre de Oaxaca; Altos de Chiapas; sur de la Sierra Madre de Chiapas; y parches a lo largo de las Sierras de los Cuchumatanes y de las Minas en Guatemala.

Las zonas montañas que fueron constantes tanto en los análisis de riqueza como en la concentración de endemismos son: la Sierra Madre de Oaxaca; sur de la Sierra Madre Oriental; Altos de Chiapas; Sierra Madre de Chiapas y Sierra de los Cuchumatanes en Guatemala.



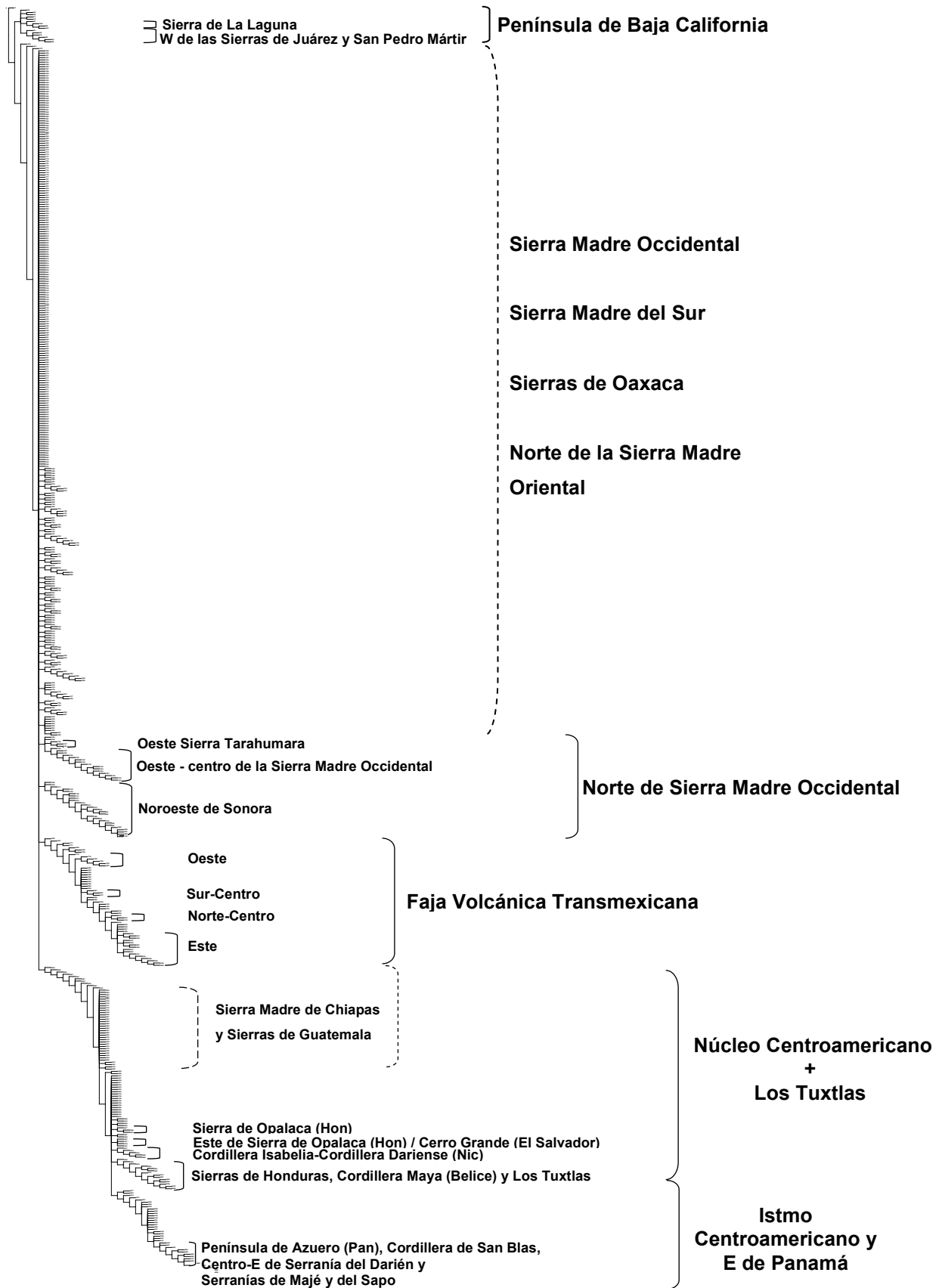
**Figura 6.** Distribución de las 53 especies endémicas a las zonas montañosas de Mesoamérica.

## **ANÁLISIS DE PARSIMONIA DE ENDEMISMOS**

A partir del análisis de parsimonia de endemismos se obtuvieron dos cladogramas de áreas, el primero a partir del análisis del total de especies (Figs 7 y 8; Tabla 3), el segundo sólo con las especies terrestres (Figs 9, 10 y 11; Tabla 4).

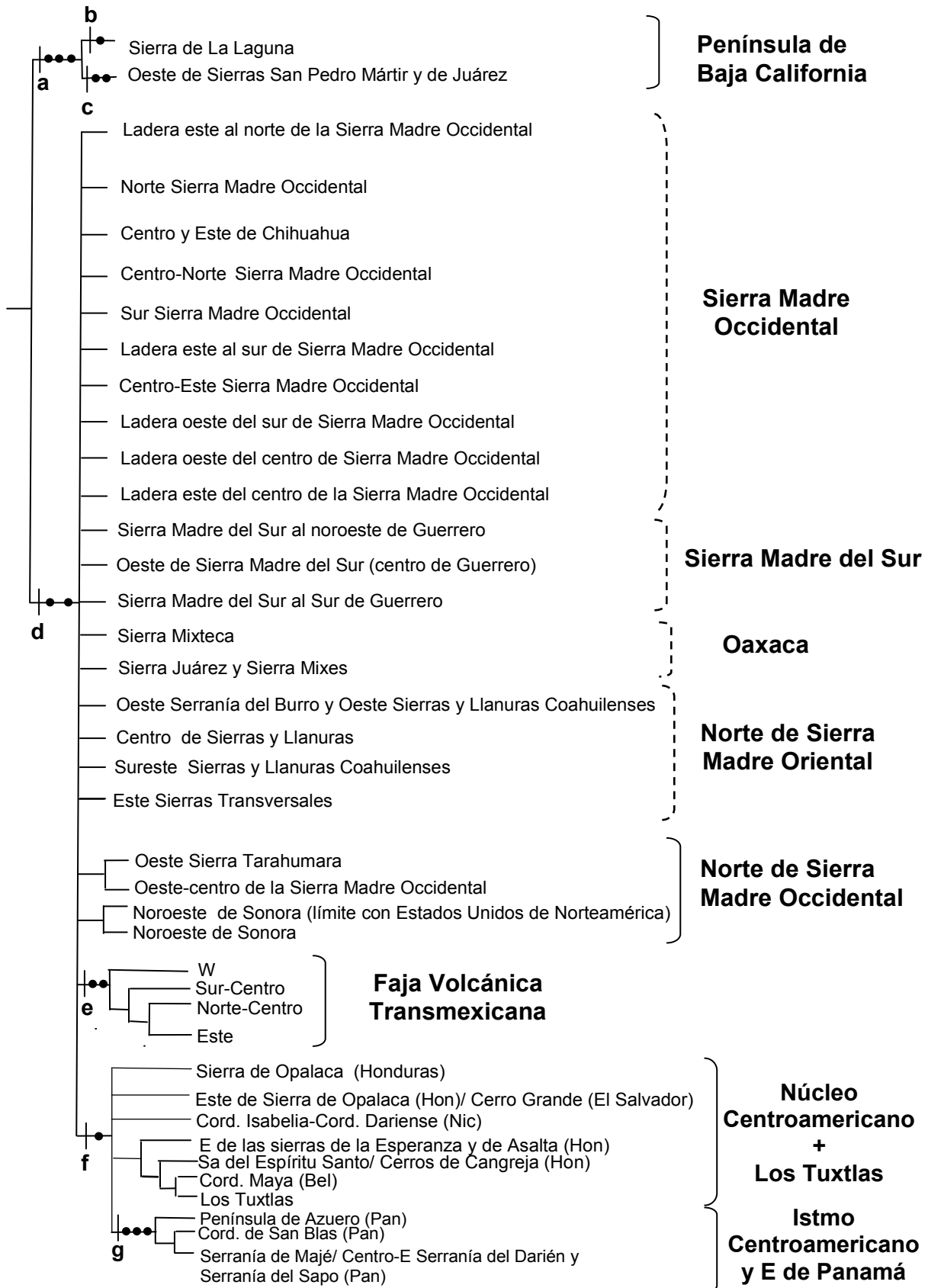
Para el total de especies se produjeron 21 árboles igualmente parsimoniosos con una longitud (L) de 1918 pasos, un índice de consistencia (IC) de 9 y un índice de retención (IR) de 90, a partir de los cuales se obtuvo un consenso estricto (Fig. 7). Este cladograma tiene dos grupos principales, el primero agrupa las zonas montañas de la Península de Baja California y el segundo agrupa en una politomía las zonas montañas del resto de México, Núcleo Centroamericano, Istmo Centroamericano y este de Panamá (Figs 7 y 8).

Dentro del primer clado, es posible reconocer dos subgrupos, uno corresponde a la Sierra de La Laguna, otro al oeste de las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir. Las áreas de la politomía del segundo clado corresponden geográficamente a zonas de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre de Oaxaca y norte de la Sierra Madre Oriental, aunque es posible reconocer cuatro cladogramas: el primero muestra una dicotomía que geográficamente corresponde al oeste de la Sierra Tarahumara y al oeste-centro de la Sierra Madre Occidental y que junto con el segundo clado, que corresponde al noroeste de Sonora, representan el norte de la Sierra Madre Occidental. El tercer clado agrupa cuatro regiones de la Faja Volcánica Transmexicana: región oeste (oeste de Jalisco y Colima); sur-centro (sureste de Michoacán); región norte-centro (sur de Guanajuato), y región este (centro de Veracruz). El cuarto clado muestra una politomía que agrupa las zonas montañas ubicadas entre el Istmo de Tehuantepec y Panamá, más Los Tuxtlas. En su parte inferior se reconocen cinco grupos que corresponden a: Sierra de Opalaca (Honduras); este de Sierra de Opalaca y Cerro Grande (El Salvador); Cordilleras de Isabelia y Dariense en Nicaragua; el cuarto agrupa las Sierras de Honduras (La Esperanza, Agalta y Cerros de Cangreja), Cordillera Maya (Belice) y Los Tuxtlas. Finalmente el quinto agrupa las zonas montañas de Costa Rica y Panamá, reconociéndose áreas ubicadas en el sur de Panamá.



**Figura 7.** Cladograma consenso estricto de todas las especies. Líneas discontinuas denotan correspondencia geográfica pero sin resolución; líneas continuas indican correspondencia geográfica y clados identificados. E, este; W, oeste; Hon, Honduras; Nic, Nicaragua; Pan, Panamá.





**Figura 8.** Cladograma consenso estricto resumido de todas las especies. Líneas discontinuas denotan correspondencia geográfica pero sin resolución; líneas continuas indican correspondencia geográfica y clados identificados. Las letras refieren las sinapomorfias y autapomorfias que soportan algunos de los clados identificados (Tabla 3). E, este; W, oeste; Hon, Honduras; Cord., cordillera; Nic, Nicaragua; Pan, Panamá.

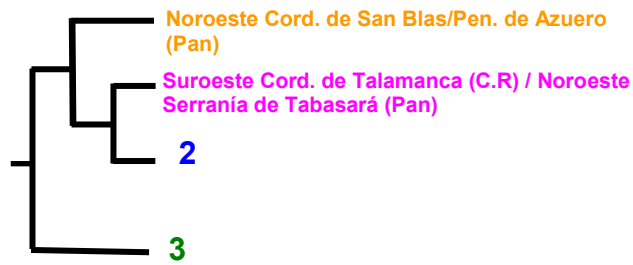
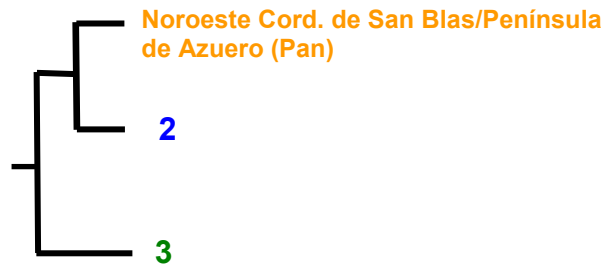
**Tabla 3. Nodos del cladograma consenso estricto resumido del total de especies, mostrando las sinapomorfias y autapomorfias encontradas. Los asteriscos indican especies que soportan sólo parcialmente los grupos.**

Nodos	Especies
a	<i>Neotoma lepida</i> , <i>Peromyscus truei</i> y <i>Sylvilagus bachmani</i>
b	<i>Myotis peninsularis</i>
c	<i>Peromyscus fraterculus</i> y <i>Peromyscus californicus</i>
d	<i>Mustela frenata</i> y <i>Conepatus leuconotus</i>
e	<i>Romerolagus diazi</i> y <i>Neotomodon alstoni</i> *
f	<i>Oryzomys saturator</i>
g	<i>Oryzomys devius</i> , <i>Tylomys watsoni</i> y <i>Anoura cultrata</i>

En cuanto a las especies terrestres, se produjeron 118 árboles igualmente parsimoniosos con longitud (L) de 4768 pasos, un índice de consistencia de (IC) 3 y un índice de retención de (IR) 63, a partir de los cuales se obtuvo un consenso estricto con (L =1371, IC= 10 e IR= 90, Fig. 9). El cladograma muestra dos clados principales, el primero agrupa las zonas montañas centroamericanas (oeste y este del Núcleo Centroamericano, Istmo Centroamericano y este de Panamá) y Los Tuxtlas; el segundo agrupa al resto de las zonas montañas mexicanas en una dicotomía: el primer grupo corresponde a las zonas montañas de la Península de Baja California y el segundo agrupa las ubicadas al norte del Istmo de Tehuantepec (Fig. 9, 10, 11, Tabla 4).



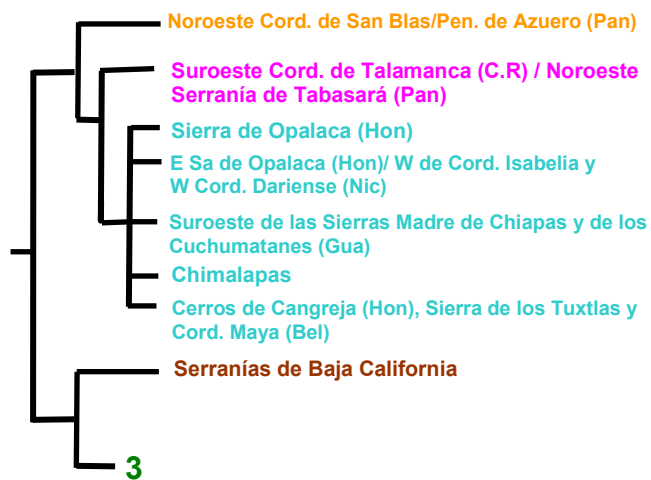
**Figura 9.** Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres. La columna izquierda indica la secuencia de formación del cladograma simplificado y en la derecha, la correspondencia geográfica de las áreas de endemismo.



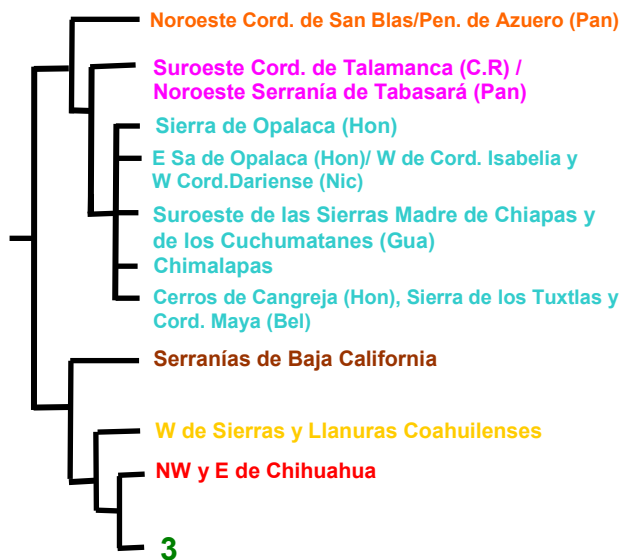
**Figura 9.** Continuación 1. Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres. La columna izquierda indica la secuencia de formación del cladograma simplificado y en la derecha, la correspondencia geográfica de las áreas de identificadas.



**Figura 9.** Continuación 2. Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres. La columna izquierda indica la secuencia de formación del cladograma simplificado y en la derecha, la correspondencia geográfica de las áreas de endemismo.



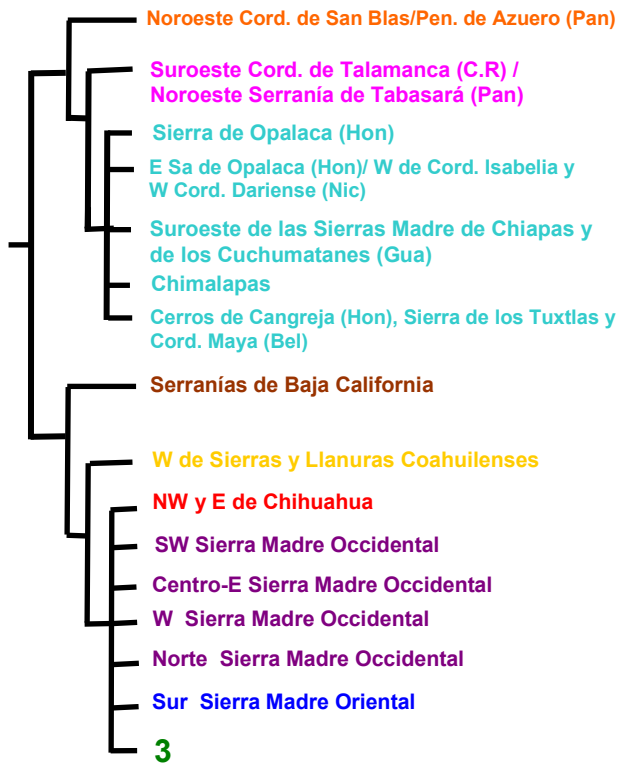
**Figura 9.** Continuación 3. Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres. La columna izquierda indica la secuencia de formación del cladograma simplificado y en la derecha, la correspondencia geográfica de las áreas de endemismo.



**Figura 9.** Continuación 4. Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres. La columna izquierda indica la secuencia de formación del cladograma simplificado y en la derecha, la correspondencia geográfica de las áreas de endemismo.



**Figura 9.** Continuación 5. Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres. La columna izquierda indica la secuencia de formación del cladograma simplificado y en la derecha, la correspondencia geográfica de las áreas de endemismo.



**Figura 9.** Continuación 6. Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres. La columna izquierda indica la secuencia de formación del cladograma simplificado y en la derecha, la correspondencia geográfica de las áreas de endemismo.





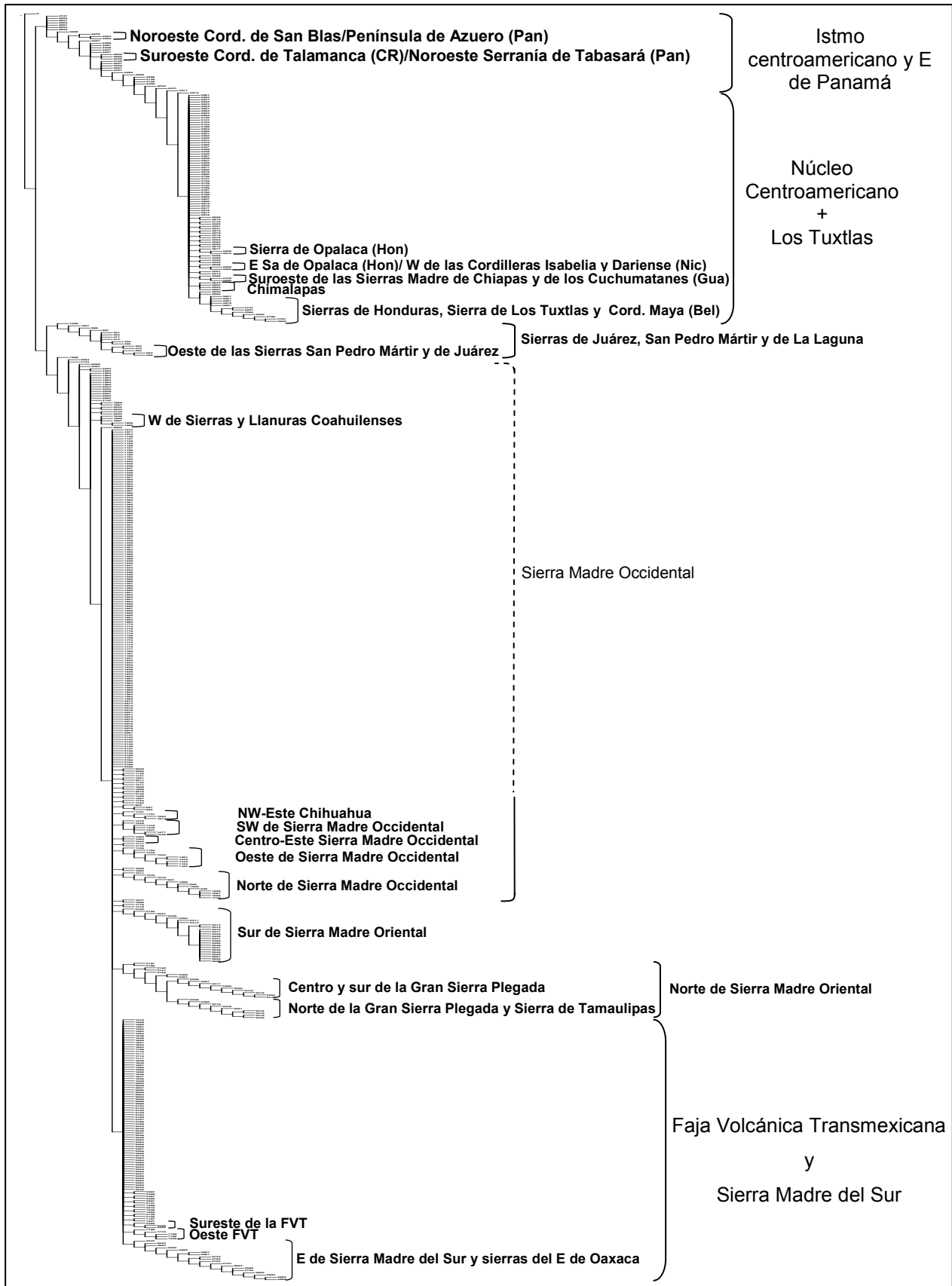
**Figura 9.** Continuación 7. Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres. La columna izquierda indica la secuencia de formación del cladograma simplificado y en la derecha, la correspondencia geográfica de las áreas de endemismo.



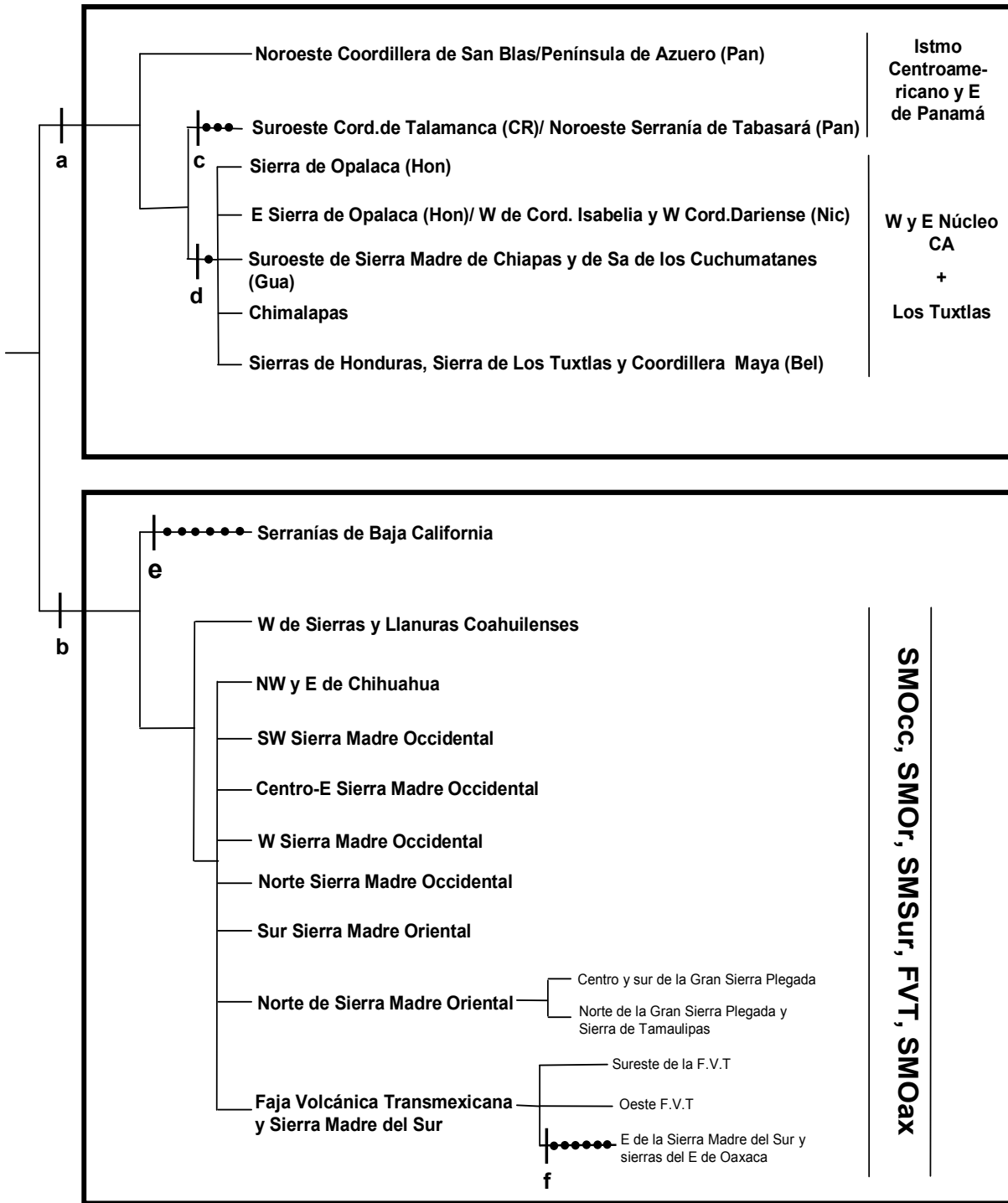
**Figura 9.** Continuación 8. Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres. La columna izquierda indica la secuencia de formación del cladograma simplificado y en la derecha, la correspondencia geográfica de las áreas de endemismo.



**Figura 9.** Continuación 9. Secuencia de formación de la regionalización mediante el PAE con base en las especies terrestres. La columna izquierda indica la secuencia de formación del cladograma simplificado y en la derecha, la correspondencia geográfica de las áreas de endemismo.



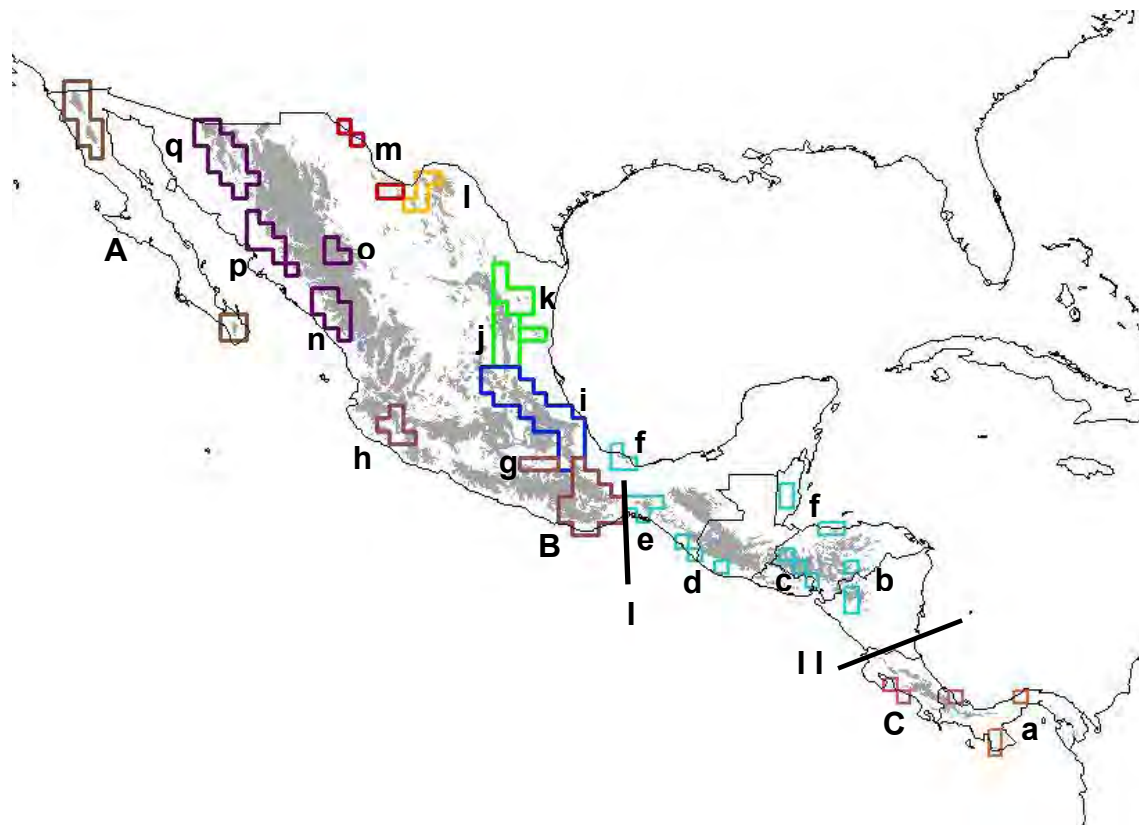
**Figura 10.** Cladograma consenso estricto de las especies terrestres. Líneas discontinuas denotan sólo correspondencia geográfica; líneas continuas indican correspondencia geográfica e identificación de grupos definidos. Pan, Panamá; CR, Costa Rica; Hon, Honduras; Nic, Nicaragua; Gua, Guatemala; Bel, Belice; FVT, Faja Volcánica Transmexicana; Cord, Cordillera; E, este; W, oeste; NW, noroeste; SW, suroeste.



**Figura 11.** Cladograma consenso estricto resumido de las especies terrestres. Las letras refieren las sinapomorfias y autapomorfias que soportan algunos de los clados identificados (Tabla 4). Pan, Panamá; Cord., cordillera; CR, Costa Rica; Hon, Honduras; Nic, Nicaragua; Gua, Guatemala; Bel, Belice; E, este; W, oeste; NW, noroeste; SW, soroeste; FVT, Faja Volcánica Transmexicana.

**Tabla 4. Nodos del cladograma consenso estricto resumido de las especies terrestres, mostrando los sinapomorfias encontradas. Los asteriscos indican especies o géneros que soportan sólo parcialmente los grupos.**

Nodo	Especies
<b>a</b>	<i>Reithrodontomys brevirostris</i> *, <i>Neotoma chrysomelas</i> *, <i>Isthmomyss flavidus</i> *, <i>Orthogeomys cavator</i> *, <i>Rheomys raptor</i> *, <i>R. underwoodi</i> * y <i>Sigmodontomys aphantus</i> *
<b>b</b>	<i>Cratogeomys</i> *, <i>Neotomodon</i> *, <i>Pappogeomys</i> *, <i>Romerolagus</i> *, <i>Spermophilus</i> *, <i>Tamias</i> * y <i>Zygogeomys</i> *
<b>c</b>	<i>Orthogeomys cherriei</i> , <i>Orthogeomys heterodus</i> y <i>Oryzomys devius</i>
<b>d</b>	<i>Oryzomys saturator</i> , <i>Peromyscus mayensis</i> * y <i>Cryptotis hondurensis</i> *
<b>e</b>	<i>Neotoma lepida</i> , <i>Peromyscus californicus</i> , <i>Peromyscus fraterculus</i> , <i>Peromyscus truei</i> , <i>Sylvilagus bachmani</i> y <i>Tamias obscurus</i>
<b>f</b>	<i>Cryptotis peregrina</i> , <i>Cryptotis magna</i> , <i>Habromys lepturus</i> , <i>Megadontomys cryophilus</i> , <i>Microtus umbrosus</i> y <i>Peromyscus melanocarpus</i>



**Figura 12. Áreas de endemismo en Mesoamérica a partir de los mamíferos terrestres.** Clados bien soportados (con dos o más sinapomorfias): **A**, Península de Baja California; **B**, Sierra Madre de Oaxaca y este de Sierra Madre del Sur; **C**, Suroeste Cordillera de Talamanca y Noroeste Serranía de Tabasará. Otras áreas: **a**, Noroeste Cordillera de San Blas y Península de Azuero; **b**, este de Sierra de Opalaca, oeste de las Cordilleras Isabelia y Dariense; **c**, Sierra de Opalaca; **d**, Suroeste de las Sierras Madre de Chiapas y de los Cuchumatanes; **e**, Chimalapas; **f**, Sierra de Los Tuxtlas, Cordillera Maya y Cerros de Cangreja; **g** y **h**, Sureste y oeste de la Faja Volcánica Transmexicana, respectivamente; **i**, Sur de Sierra Madre Oriental; **j**, Centro y sur de la Gran Sierra Plegada; **k**, Norte de la Gran Sierra Plegada y Sierra de Tamaulipas; **l**, Oeste de Sierras y Lanuras Coahuilenses; **m**, Noroeste y este de Chihuahua; **n**, Sur de Sierra Madre Occidental; **o**, Este de Sierra Madre Occidental; **p**, Oeste de Sierra Madre Occidental; **q**, Norte de Sierra Madre Occidental; **I**, Istmo de Tehuantepec; **II**, Depresión de Nicaragua.

## **DISCUSIÓN**

Las colecciones científicas son el acervo más importante cuando se habla de conocer y estudiar la biodiversidad (Escalante, 2003a; Martínez-Meyer y Sánchez-Cordero, 2006). Su importancia reside en que representan centros de información, ya que los ejemplares son referentes tanto de poblaciones como del medio en el que viven (Escalante, 2003a). Debido a que la mayor parte de esta información se encuentra en museos y universidades a través de América del Norte y Europa y que a menudo no está computarizada, siendo a veces considerada propiedad de las instituciones o personas, el acceso a esta información es un proceso lento, lo que ha propiciado que el avance en esfuerzos científicos que tienen que ver con el manejo de datos sea poco eficiente (Navarro *et al.*, 2003; Escalante, 2003a; Martínez-Meyer y Sánchez-Cordero, 2006).

En el proceso de generar la base de datos, un inconveniente fue la imposibilidad de hallar datos de recolecta para algunas especies que se distribuyen en la región centroamericana (Apéndice 3). Sin embargo, esta base es hasta el momento la más completa hablando de la mastofauna montana mesoamericana, constituida por 58518 registros distribuidos en 5169 localidades únicas. Al respecto, a pesar de que el apoyo de distintos gobiernos e instituciones para la conformación de estos bancos de información sobre biodiversidad (México, CONABIO; Costa Rica, Inbio) ha ido en aumento (Navarro *et al.*, 2003) y existe una fuerte iniciativa en pro de una mayor apertura y facilitación de los datos de museos y colecciones científicas (Martínez-Meyer y Sánchez-Cordero, 2006), existen países como Panamá, que carecen de inventarios mastozoológicos detallados reflejo de que a escala nacional, la mastofauna de este país ha sido muy poco estudiada (Samudio, 2002). Sin olvidar que para la mayoría de las especies se carece de un número suficiente de especímenes recolectados, por lo que a menudo el conocimiento sobre éstas es incompleto (Navarro *et al.*, 2003). Además de que existe una colecta diferencial entre las zonas bajas, cercanas a los caminos y carreteras y aquellas en regiones abruptas y de poca accesibilidad como las de las zonas montañas (Llorente y Escalante-Pliego, 1992).

Gracias al reciente desarrollo de tecnologías y metodologías de almacenamiento, organización y análisis de datos, ha habido un notable impulso a los sistemas de consulta y, por tanto, al uso que se le da a la información de estos acervos. Por lo que, el desarrollo de los sistemas de bases de datos y redes distribuidas es esencial (MaNIS, REMIB; Martínez-Meyer y Sánchez-Cordero, 2006). Sin duda, las limitantes en el acceso a los datos de las colecciones, propició que su uso fuera menos frecuente (Escalante, 2003a). Sin embargo, actualmente están siendo revalorados (Colwell y Coddington, 1994) haciendo manifiesta la importancia de

someterlos a un control de calidad debido a que podrían existir errores nomenclaturales como la asignación de nombres que han caído en sinonimia; errores en la determinación de los ejemplares; en los nombres de las localidades de recolecta y falta de referencia geográfica, que una vez resueltos generan datos más confiables y precisos (Escalante, 2003a).

Por lo anterior, en el presente trabajo se elaboró una lista de equivalencias taxonómicas (ó sinonimias) entre Hall (1981), Reid (1997), Ramírez-Pulido *et al.* (2005) y Wilson y Reeder (2005), para evitar duplicidad de datos en la base generada. Además de que, al recopilar la información de las distintas colecciones científicas nacionales y extranjeras consultadas, la probabilidad de enriquecer los registros de recolecta para cada una de las especies analizadas aumentó, ya que pocas veces existe un consenso en cuanto a la autoridad taxonómica seguida por estas colecciones.

Si bien existen diferentes métodos que permiten estimar las áreas de distribución de las especies, recientemente, la informática de la biodiversidad ha desarrollado enfoques analíticos que han posibilitado la aproximación a la distribución geográfica de las especies de manera robusta, a través del modelado de sus nichos ecológicos, que son modelos utilizados para desarrollar relaciones entre los valores ambientales y los datos de presencia, presencia-ausencia y/o abundancia conocidos de las especies (Martínez-Meyer y Sánchez-Cordero, 2006; Illoldi-Rangel y Escalante, 2008). Por lo que, la posibilidad de obtener una aproximación confiable de la distribución de las especies a partir tanto de datos de colecciones, como de los factores ambientales que determinan tal distribución, ha dado lugar a la ágil propagación del modelado de nichos ecológicos en distintas disciplinas, sobre todo, en biogeografía, muestra de ello es que los primeros estudios que emplearon datos de colecciones y el modelado de nichos, estuvieron enfocados en análisis biogeográficos (Peterson, 2001; Fera y Peterson, 2002; Illoldi-Rangel *et al.*, 2004) que tradicionalmente están basados en localidades individuales y registros puntuales de las especies, lo cual es una limitante ya que para la mayoría de las especies se carece de un número suficiente de especímenes recolectados (Navarro *et al.*, 2003). Por lo que, la posibilidad de construir mapas de la distribución de las especies, aumenta significativamente las potencialidades del análisis, al llenar los huecos que las distribuciones de las especies presentan, como resultado del muestreo incompleto, sobre todo en regiones montanas (Navarro *et al.*, 2003; Sánchez-González *et al.*, 2008).

En el caso del PAE, se ha observado que las áreas de distribución potencial mejoran la definición geográfica de las áreas de endemismo (Rojas-Soto *et al.*, 2003; Sánchez-González *et al.*, 2008). En el presente trabajo, para generar el mapa de distribución potencial para cada especie se empleó el algoritmo Maxent, por representar la mejor alternativa para la generación



de estos mapas, ya que se ha visto que logra mejores tasas de éxito predictivo, particularmente, en tamaños de muestra reducidos (Pearson *et al.*, 2007). Además de que este algoritmo, tiende al sobreajuste, generando modelos de distribución potencial con poca sobrepredicción, comparado por ejemplo, con el algoritmo GARP, que tiende a sobrepredecir más (Peterson *et al.*, 2007). Por tanto, el uso de Maxent resultó de gran utilidad debido a la distribución restringida que caracteriza a los mamíferos montanos como por ejemplo, *Romerolagus diazi*, *Reithrodontomys chrysopsis*, *Peromyscus guatemalensis*, *P. melanocarpus*, *Pappogeomys alcorni*, *Zygogeomys trichopus*, *Rheomys raptor*, *R. thomasi*, *R. underwoodi* ó las especies del género *Habromys*.

Debido a que existen factores que determinan que una especie se encuentre en un área determinada (bióticos, abióticos, capacidades evolutivas para adaptarse a nuevas condiciones, procesos de extinción, barreras geográficas), un modelo de nicho ecológico podría estar sobrerrepresentando el área de distribución de la especie, ya que considera todos los sitios donde se encuentran las mismas condiciones ecológicas bajo las cuales se obtuvieron los sitios de recolecta de la especie. Por lo que para proyectar un modelo de nicho ecológico como el área de distribución geográfica de una especie y eliminar esta sobrepredicción, se han empleado provincias fisiográficas (Escalante *et al.*, 2007b; Escalante *et al.*, 2007c); ecorregiones terrestres (Rojas-Soto *et al.*, 2003; Sánchez-González *et al.*, 2008) ó información distribucional de las especies analizadas (Sánchez-González *et al.*, 2008), como se hizo en el presente trabajo.

El Análisis de Parsimonia de Endemismos ha sido criticado por la utilización tanto de áreas no naturales o incompletas como de distribuciones parciales que falsean las relaciones obtenidas (Nihei, 2006). Pero la principal crítica al PAE es que ignora las relaciones filogenéticas entre los taxones, considerando solamente sus distribuciones (Rosen, 1988; Morrone y Crisci, 1995; Brooks y van Veller, 2003; Garzón-Orduña *et al.*, 2008). Sin embargo, Morrone (2004) plantea que PAE es un método que identifica homología primaria ya que permite reconocer únicamente los componentes de una biota ancestral sin identificar la secuencia de fragmentación de la misma, lo que correspondería a la homología secundaria. Por lo tanto, el presente trabajo constituye un análisis de homología biogeográfica primaria, cuyos resultados deberán ser comparados y probados con resultados obtenidos a partir de un análisis cladista, utilizando las filogenias propuestas para ciertas especies montanas (Sullivan *et al.*, 1997; Sullivan *et al.*, 2000; Arellano *et al.*, 2003; León- Paniagua *et al.*, 2007; Rogers *et al.*, 2007).

## **Patrones de riqueza y endemismo**

Para el continente Americano se han descrito patrones de distribución y diversidad de la mastofauna (Simpson, 1964; Wilson, 1974; McCoy y Connor, 1980) los cuales han documentado un aumento en la diversidad de especies y en el número de endemismos de norte a sur. Esta elevada diversidad y muy alto nivel de endemismo se ha explicado como resultado de la compleja interacción entre distintos factores, como el área, la latitud, la dinámica historia geológica, la interrelación entre diversos patrones climáticos, la topografía y los diversos tipos de vegetación. Sin embargo, es claro que todavía se está lejos de entender de manera precisa el papel de cada factor y las interacciones entre ellos (Goldman y Moore, 1945; Álvarez y Lachica, 1974; Iñiguez y Santana, 1993; Fa y Morales, 1998).

Se ha observado que la riqueza de especies de una región o país mantiene una estrecha relación positiva con el área. Esto es, a mayor área, mayor número de especies. En el caso de los mamíferos es sorprendente que el área explica alrededor del 70% de la variación en el número de especies entre países (Ceballos y Oliva, 2005). Sin embargo, en cuanto a México, una evaluación estadística de la relación entre el número de especies y el área ha permitido identificar que sostiene un mayor número de especies que el que se esperaría por su área a una escala global (Arita, 1993; Ceballos y Oliva, 2005).

También se sabe que existe una relación estrecha entre el número de especies y la variación de las características físicas de la superficie terrestre, esto es, latitud, altitud, aridez y otras (Brown, 1988), por lo que, los efectos latitudinales han sido analizados para diversos grupos taxonómicos en muchos escenarios geográficos (Pianka, 1966; Huston, 1979; McCoy y Connor, 1980; Stevens, 1989; Kaufman, 1995; Rosenzweig y Sandlin, 1997), observándose que en los macroorganismos terrestres la tendencia al incremento en el número de especies, va de las altas latitudes a las bajas (Fa y Morales, 1998). Estudios como los de Simpson (1964) y Wilson (1974) han señalado un incremento en la densidad de especies de mamíferos hacia el Ecuador. Sin embargo, la latitud no propicia por sí sola estos efectos sino son el resultado de su covarianza con otros factores lo que incide directamente en la distribución de la fauna y flora (e.g. precipitación, tasa de evapotranspiración, etc., Watson y Peterson, 1999).

En este trabajo, una alta riqueza y un elevado endemismo de especies fue encontrado en localidades que circundan el Istmo de Tehuantepec, tierras altas de Oaxaca y Núcleo Centroamericano, probablemente debido a que estas regiones presentan una topografía muy accidentada y permiten la presencia de microclimas. Este patrón se ha documentado para mamíferos (Wilson, 1974; Simpson, 1964; Iñiguez y Santana, 1993; Carleton *et al.* 2002), así como para otros grupos, ya sea en función de la riqueza (Duellman, 1966; Llorente y Escalante-

Pliego, 1992) ó del endemismo (Hernández-Baños *et al.*, 1995; Peterson *et al.*, 1998). Asimismo Los Altos de Chiapas han sido reconocidos como una región biogeográfica importante, además de albergar alta riqueza de especies y endemismos (Escalante, 2003b; Álvarez-Mondragón y Morrone, 2004; Escalante *et al.*, 2004).

Además de este patrón, se observó que tanto el sur de la Sierra Madre Oriental, como ciertas regiones en la Sierra Madre del Sur y Faja Volcánica Transmexicana presentaron también alta concentración de riqueza y endemismo, patrón que también ha sido observado en análisis mastozoológicos previos (Iñiguez y Santana, 1993; Carleton *et al.*, 2002; Ceballos *et al.*, 2002; Ceballos y Oliva, 2005).

En cuanto a la mastofauna de la Sierra Madre Oriental, León-Paniagua *et al.* (2004) encontraron que las zonas más ricas fueron el sur y norte de la misma. Sin embargo, con base únicamente en la mastofauna montana, sólo la zona sur presentó alta riqueza y endemismo. Este sistema montañoso ha sido señalado como un área importante para la diversificación de los mamíferos pequeños en México, y tanto la Sierra Madre Oriental como los sistemas montañosos asociados del sur de México han jugado un papel importante en las distribuciones actuales de pequeños mamíferos (Rogers *et al.*, 2007)

Con base en el total de especies, la región oeste de la Faja Volcánica Transmexicana mostró alta riqueza, al igual que el análisis de Ceballos *et al.* (2002) con base en el total de especies, especies endémicas y roedores, lo que nos habla de la importancia de esta región al ser una de las zonas montañosas más importantes en cuanto a especiación y la principal región de endemismo (Ramírez-Pulido y Mudespacher, 1987), representada por géneros endémicos, como *Zygozomys*, *Neotomodon* y *Romerolagus* (Ceballos y Oliva, 2005).

Al estudiar la fauna de la región mesoamericana se ha visto que las afinidades con los reinos neártico o neotropical influyen de forma importante en ésta, ya que en los límites entre las biotas neártica y neotropical se entrelazan las especies que se han extendido al norte o al sur durante una serie de intercambios (Fa y Morales, 1998).

Si bien, no existe consenso en cuanto a la línea limítrofe entre los reinos neártico y neotropical, la demarcación de estas regiones está asociada a la tolerancia ambiental de varios grupos de mamíferos, por ejemplo, en los roedores cricétidos, la distribución puede responder a un control ambiental (Fa y Morales, 1998).

Es bien sabido que México es el único país continental dentro de cuyas fronteras se encuentra la totalidad de los límites entre estas regiones biogeográficas, zona que es escenario de transiciones ecológicas y biogeográficas abruptas donde viven en simpatria numerosas

especies que en ninguna otra región del continente convergen (Iñiguez y Santana, 1993; Ceballos y Oliva, 2005).

Con el surgimiento del Istmo de Panamá durante el Plioceno (~4 Ma) fue posible el establecimiento de una conexión terrestre entre las Américas del Norte y Central con Sudamérica, propiciando un proceso de dispersión, extinción y reemplazo de especies tanto de Norte como Sudamérica (Samudio, 2002; Ceballos y Oliva, 2005). Otra consecuencia fue la presencia de un clima estacional que coincidió con otros cambios topográficos, climáticos y de vegetación a escala continental que trajo como resultado, la conformación de tres corredores biológicos en Centro América. En el occidente, un corredor más seco y frío de bosques y sabanas; al oriente un corredor de bosque tropical y un corredor de montaña desde la Sierra Madre en México hasta la Cordillera Centroamericana y de los Andes (Samudio, 2002). Por lo que México se desempeñó como un corredor obligado tanto para las especies que se dispersaron hacia el sur, como en el caso de los roedores heterómidos y sciúridos, los félidos, los cánidos y otros carnívoros, tapires y pecaríes y, como para las especies que se dispersaron hacia el norte, como los armadillos, los tlacuaches y otros marsupiales, los roedores sigmodontinos y los monos. El resultado de este intercambio es la presencia de un grupo elevado de taxa, que incluyen a especies, géneros y familias, que alcanzan su límite sur o norte de distribución en México (Ceballos y Oliva, 2005).

La dinámica historia geológica se expresa en una compleja composición geográfica, la cual propicia una elevada heterogeneidad ambiental, factor que también explica de manera importante, la riqueza mastozoológica, (Iñiguez y Santana, 1993; Ceballos y Oliva, 2005). Por lo que no sorprende que, los sistemas montañosos mesoamericanos influyan de forma importante en la distribución de los mamíferos (Ceballos y Oliva, 2005; Rogers *et al.*, 2007) al aportar importantes variaciones topográficas que dividen la región, propiciando una subdivisión en los tipos de vegetación que se evidencia en la elevada riqueza de especies y endemismos (Sullivan *et al.*, 1997; Woodman y Timm, 1999; Sullivan *et al.*, 2000; Tiemann-Boege *et al.*, 2000; Conroy *et al.*, 2001; León-Paniagua *et al.* 2007).

Existe una hipótesis que plantea que, la ruta principal de expansión hacia el norte de los elementos mesoamericanos de la entomofauna montana, estuvo conformada por las montañas de Oaxaca-Guerrero, este de la Faja Volcánica Transmexicana, la región sur de la Sierra Madre Oriental, que son más húmedas que la Sierra Madre Occidental y el oeste de la Faja Volcánica Transmexicana (Halffter, 1987). Sin embargo, encuentra pocos casos en que los elementos mesoamericanos alcanzan el sur de Sierra Madre Occidental, en su región más húmeda y cálida (Halffter, 1987). Lo anterior podría explicar lo encontrado en el presente trabajo, donde el

alto nivel de humedad requerido podría estar limitando la distribución de ciertas especies (Fa y Morales, 1998). No obstante, la Sierra Madre Occidental es una cadena montañosa relevante en México, ya que alberga parte de los bosques de pino-encino más ricos en el mundo, además de que ha sido reconocida como un área importante de endemismo de mamíferos (Ricketts *et al.*, 1999; Fa y Morales, 1998).

### **Patrones biogeográficos**

La elevada topografía, la interdigitación de distintos hábitats, la actividad tectónica e historia climática de Mesoamérica han contribuido sinérgicamente a su alto endemismo y diversidad. Sin embargo, la mayoría de los estudios biogeográficos concernientes a Mesoamérica han estado centrados en entender el papel de esta región en la dispersión biótica entre Norteamérica y Sudamérica, quedando los patrones biogeográficos de la biodiversidad mesoamericana en muchos casos desatendida (Castoe *et al.*, 2009). Se sabe que las distribuciones congruentes mostradas por diferentes taxa permite la identificación de áreas de endemismo (Platnick, 1991; Morrone, 1994), las cuales están frecuentemente delimitadas por eventos vicariantes, que promueven la especiación dentro de sus límites al interrumpir el intercambio genético (Hausdorf, 2002).

Debido a que el cladograma obtenido con base en las especies terrestres (Fig. 11) mostró mayor resolución que el cladograma a partir de todas las especies (Fig. 8), fue elegido como la regionalización analizada en este trabajo, donde el principal evento vicariante estuvo asociado con el Istmo de Tehuantepec, el cual separó las zonas montañas mesoamericanas en dos clados principales, que correspondieron a las zonas ubicadas al oeste y este del mismo.

En el oeste, las zonas montañas ubicadas en la Península de Baja California fueron las primeras en agruparse, en los dos análisis realizados (Figs. 8 y 11) destacando la presencia de *Neotoma lepida*, *Peromyscus californicus*, *P. fraterculus*, *P. truei*, *Sylvilagus bachmani* y *Tamias obscurus* como sinapomorfias (Tabla 4). Sin embargo, fue en el cladograma con base en todas las especies, donde se lograron identificar las sierras de San Pedro Mártir y de Juárez, además de la sierra de La Laguna donde habita *Myotis peninsularis*. Las dos primeras corresponderían a la Provincia de California (Morrone, 2001a, 2005) y la segunda, a la región del Cabo, que de acuerdo con otros autores (Cicero y Johnson, 1992; Cicero, 1996; Morrone *et al.*, 1999; Rojas-Soto *et al.*, 2003) guarda una relación cercana con las Provincias California y Baja California propuestas por Morrone (2001a, 2005). No obstante, existen trabajos que han sugerido que la región del Cabo tiene escasa relación biogeográfica con el resto de la Península, proponiéndola como una provincia biogeográfica independiente (Casas-Andreu y Reyna-Trujillo, 1990;

Ferrusquía-Villafranca, 1990; Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990; Rzedowski, 1990). Rojas-Soto *et al.*, (2003) han señalado la existencia de algunas áreas dentro de la Península de Baja California, que ha sido señalada como un área natural (Morrone *et al.*, 1999; Espinosa-Organista *et al.*, 2000; Rojas-Soto *et al.*, 2003 y Contreras-Medina *et al.*, 2007) y que el adicionar información de otros taxones permitiría el reconocimiento de distritos, como la Sierra de La Laguna que sólo con base en el total de especies fue identificada, en el presente trabajo.

En cuanto a la Sierra Madre Oriental, el cladograma (Fig. 11) mostró en subclados separados sus regiones norte y sur. Si bien estas áreas de endemismo no presentaron sinapomorfias que les dieran identidad, existen especies como *Myotis planiceps* que se distribuye en la región norte, mientras que al sur podemos encontrar a *Crateogeomys neglectus*, *Habromys simulatus* y *Peromyscus fuvvus*. Las regiones norte y sur de este sistema montañoso también han sido identificadas en otros trabajos (Smith, 1941; Luna-Vega *et al.*, 1994). De acuerdo con Márquez y Morrone (2004) la distribución geográfica de varios taxones de coleópteros sugiere que esta sierra no es un área natural, ya que su porción sur presenta varias especies endémicas, en cambio su porción norte no está claramente identificada por especies endémicas, por lo que concluyen que es necesario efectuar más colectas y estudios en la zona, debido al escaso número de registros que se tienen y así sustentar estos resultados. Sánchez-González *et al.* (2008) con base en la avifauna también reconoce el norte de la Sierra Madre Oriental como una área de endemismo. Una barrera geográfica que podría tener un papel importante en la definición de estas áreas son los cañones de la cuenca del río Pánuco que separa en dos a esta cordillera (Luna-Vega y Alcántara-Ayala, 2001). Existen otros trabajos que además de reconocer las regiones norte y sur, sugieren una región centro con base en distintos grupos: hongos (Cifuentes *et al.*, 2004); anfibios y reptiles (Canseco-Márquez *et al.*, 2004); aves (Navarro *et al.*, 2004) y mamíferos (León-Paniagua *et al.*, 2004). Probablemente, en el presente trabajo esa tercera región no se pudo identificar, debido a que se trabajó sólo con mamíferos montanos y no con el total de especies de mamíferos presentes en la Sierra Madre Oriental como en León-Paniagua *et al.* (2004).

Conformando el área de endemismo reconocida en el norte de la Sierra Madre Oriental, se identificaron unidades menores: centro y sur de la Gran Sierra Plegada y el norte de la Gran Sierra Plegada junto con las Serranías de Tamaulipas, zonas que corresponden con los distritos Potosí y este del Parras-Saltillo, respectivamente, reconocidos por Espinosa-Organista *et al.*, (2004). De acuerdo con Puig (1989) existe una relación cercana entre los bosques mesófilos en Tamaulipas y los ubicados en el norte de Sierra Madre Oriental, esto sólo a nivel de género, propuesta que coincide con lo observado en el presente trabajo.

Fue identificada también dos regiones, una región corresponde al noroeste del distrito Sierras y Llanuras Coahuilenses, propuesto por Espinosa-Organista *et al.* (2004) para la Sierra Madre Oriental y la otra localizada en el noreste y este de Chihuahua, ambas regiones se localizan en el norte de la provincia Altiplano Mexicano, que de acuerdo con Morrone *et al.* (1999) está relacionada en su porción sur con la provincia de la Sierra Madre Oriental y en su porción norte con las provincias Sonora y Sierra Madre Occidental. Por otro lado, Marshall y Liebherr (2000) unen gran parte de ésta última y el Altiplano Mexicano en una sola unidad biogeográfica, de acuerdo con sus taxones en común.

En la Sierra Madre Occidental se identificaron cuatro regiones (Figs.11 y 12): Sur, Este, Oeste y Norte. Aunque ninguna de estas áreas de endemismo presentó sinapomorfias, algunas de las especies que se distribuyen exclusivamente en esta sierra (*Sorex arizonae*, *S. monticolus*, *Sciurus aberti*, *S. colliaei*, *S. nayaritensis*, *Spermophilus madrensis* y *Peromyscus spicilegus*) coinciden en su distribución, con algunas de las regiones identificadas: *Sorex arizonae* coincide con la región norte; la de *Sciurus aberti* con las regiones sur, oeste y este, y la de *Spermophilus madrensis* con la región oeste.

Existen trabajos enfocados en la región occidental mexicana basados en su mastofauna (Iñiguez y Santana, 1993), como en su avifauna (García-Trejo y Navarro, 2004). Sin embargo, no se han identificado regiones menores como en el presente trabajo, las cuales corresponden con las zonas más altas dentro de esta sierra, siendo la región del sur (SMOccS) la de mayor altitud, seguida por las regiones del este, oeste y norte (SMOccN; INEGI, 1989).

En lo que respecta a la Faja Volcánica Transmexicana, en ambos análisis fue posible identificar unidades menores, que coinciden con la distribución de ciertas especies: oeste (*Pappogeomys alcorni*, *P. bulleri*) y sureste (Figs. 11 y 12); en el análisis con base en todas las especies: oeste, sur-centro (*Zygogeomys trichopus*), norte-centro (*Romerolagus diazi*) y este (*Cratogeomys merriami*, *Neotomodon alstoni*), mostrando un patrón oeste-este (Fig. 8).

Navarro *et al.* (2007) con base en la avifauna reconocen dos unidades mayores: la correspondiente a la zona de contacto con la Sierra Madre Oriental y el resto de la Faja Volcánica Transmexicana, que se mostró como una unidad integral con subdivisiones consecutivas hacia el oeste, si bien en este trabajo no se identificaron todas esas subdivisiones, las identificadas coinciden con el trabajo citado. Además fue posible identificar más unidades en comparación con Escalante *et al.* (2007a), que con base en todos los mamíferos de México identificaron dos porciones, una al este y otra al oeste, que si bien les asignaron la categoría de distrito, los autores señalan que es necesaria una evaluación detallada para analizar si deben ser consideradas provincias bióticas separadas. Estos resultados sugieren que con base en la

mastofauna, la Faja Volcánica Transmexicana no es una unidad homogénea, sino que representa una región compleja biogeográficamente y está conformada por varias entidades biogeográficas, donde se distribuyen especies como: *Romerolagus diazi*, *Nelsonia goldmani*, *Cratogeomys merriami*, *Pappogeomys alcorni*, *Zygozemys trichopus*, *Reithrodontomys chrysopsis* y *Neotomodon alstoni*.

En el mismo subclado que agrupó a la Faja Volcánica Transmexicana, se identificó otra área de endemismo que correspondió a la Sierra Madre de Oaxaca y este de la Sierra Madre del Sur, donde *Cryptotis peregrina*, *C. magna*, *Habromys lepturus*, *Megadontomys cryophilus*, *Microtus umbrosus* y *Peromyscus melanocarpus* fueron sinapomorfias (Tabla 4). De acuerdo con el presente trabajo y León-Paniagua y Morrone (2009), las tierras altas de Oaxaca no representan una área natural, sino una mezcla de al menos, dos componentes bióticos diferentes que son la Sierra Madre Oriental y Sierra Madre del Sur. Relaciones similares fueron planteadas también por Luna-Vega *et al.* (1999). León-Paniagua y Morrone (2009) encontraron soporte para la relación entre el Cerro Zempoaltépetl-Sierra de Juárez y la Sierra Madre del Sur, lo cual también coincide con Morrone (2005) que considera la provincia de Oaxaca, propuesta por Arriaga-Cabrera *et al.* (2000), como sinonimia de la Sierra Madre del Sur.

En ambos análisis, tanto las zonas montañas del Núcleo Centroamericano, del Istmo Centroamericano, del este de Panamá como Los Tuxtlas, se agruparon en un solo clado, sumándose el oeste de la Sierra Madre de Chiapas y los Chimalapas al cladograma de la regionalización propuesta (Figs. 11 y 12). De acuerdo con Morrone (2001a) en el Núcleo Centroamericano, Istmo Centroamericano y este de Panamá se ubican cuatro provincias: provincia de Chiapas; provincias del oriente de América Central y del occidente del Istmo de Panamá; y provincia del Chocó.

Si bien, en ambos análisis no se identificaron todas las zonas montañas que conforman el Núcleo Centroamericano, Istmo Centroamericano y este de Panamá, fue posible identificar los clados que agruparon estas regiones, que están caracterizadas por especies como *Oryzomys saturator*, autapomorfia del Núcleo Centroamericano; *Orthogeomys cherriei*, *Orthogeomys heterodus* y *Oryzomys devius* dieron identidad al clado del Istmo Centroamericano (Fig. 11, Tabla 4) y *Oryzomys devius*, *Tylomys watsoni* y *Anoura cultrata*, definieron el clado que agrupó al Núcleo Centroamericano, Istmo Centroamericano y este de Panamá en el cladograma con base en todas las especies (Fig. 8, Tabla 3). A pesar, de que faltaron registros de colecta para 21 especies (Apéndice 3), cuya distribución tiene límite superior en algún país centroamericano, fue posible identificar los principales grupos de zonas montañas centroamericanas, aunque no en todos los casos hubo sinapomorfias que les dieran identidad.



Los clados que agruparon al Istmo Centroamericano y este de Panamá fueron los primeros en separarse en el cladograma a partir sólo de las especies terrestres (Figs. 11 y 12); y en el obtenido con base en el total de especies, se agruparon en un subclado dentro del grupo correspondiente a las zonas montañas centroamericanas. Si bien las especies (Tablas 3 y 4) que definieron estas áreas se distribuyen en Costa Rica y/o Panamá, exceptuando *Anoura cultrata* cuya distribución tiene su límite superior en Costa Rica, de acuerdo con Gentry (1995) las plantas en los bosques montanos húmedos de México al norte de Nicaragua presentan mayor afinidad Neártica, mientras que las ubicadas en el sur de Centroamérica presentan una relación más cercana a los taxones andinos; como sucede en el caso de aves, donde Sánchez-González *et al.* (2008) encontraron que las avifaunas del sur de Centroamérica estuvieron incluidas dentro del clado sudamericano.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo y con la regionalización propuesta por Ryan (1963) para Centroamérica, se tiene que áreas de endemismo coincidieron con algunas de sus provincias: oeste de las Sierras Madre de Chiapas y de lo Cuchumatanes (Provincia Altos de Chiapas-Guatemala); Sierra de Opalaca (Provincia Lempira-Tegucigalpa); oeste de las Cordilleras Isabelia y Dariense (Provincia Montañas de Nicaragua); suroeste de la Cordillera de Talamanca y Península de Azuero (Provincia Puntarenas-Chiriquí); noroeste Serranía de Tabasará (Provincia Guatuso-Talamanca) y noroeste de la Cordillera de San Blas (Provincia Colón-Darién).

La Sierra de Los Tuxtlas se agrupó con las zonas montañas del Núcleo Centroamericano, en ambos cladogramas (Figs. 8 y 11), resultado que también se ha visto en otros trabajos (Hernández-Baños *et al.*, 1995; Sánchez-González *et al.*, 2008). De acuerdo con Luna-Vega *et al.*, (1999) el Volcán San Martín, ubicado en Los Tuxtlas, tiene una relación cercana con los bosques mesófilos de la provincia Serranías Transísmicas. Al analizar los patrones biogeográficos entre varios bosques mesófilos neotropicales, se encontró que Los Tuxtlas mantienen una relación cercana con los bosques mesófilos localizados en Honduras, Venezuela, Colombia y Perú (Luna-Vega *et al.*, 2001).

De acuerdo con Ferrusquía-Villafranca *et al.* (2005) la Sierra Madre Oriental, cuya génesis tuvo lugar en el Eoceno, al formar parte del Mega sector Oriental representó un evento fundamental que posibilitó el movimiento de la biota en la región oriental de México antes que en el occidental (Challenger, 1998; Ferrusquía-Villafranca y González-Guzmán, 2005). Sin embargo, la génesis de la Faja Volcánica Transmexicana en el Mioceno interrumpió la continuidad de este Mega sector (Ferrusquía-Villafranca y González-Guzmán 2005; Ferrusquía-Villafranca *et al.* 2005) siendo hasta el Plioceno que Los Tuxtlas tuvieron lugar (Campbell,

1999), esta sucesión de hechos y el papel que los cambios climáticos del Pleistoceno tuvieron en cuanto a los cambios en la continuidad de los bosques montanos (Rzedowski y McVaugh, 1966; Rzedowski, 1994, 1996) pudieron haber dado lugar a que un sistema montañoso tan aislado, como la Sierra de Los Tuxtlas y que incluso ha sido propuesta como un refugio pleistocénico (Toledo, 1982) que comparte especies (*Sciurus aureogaster*, *S. deppei*, *Oligoryzomys fulvescens*, *Peromyscus aztecus*, *P. mexicanus*, *Reithrodontomys fulvescens*, *R. mexicanus*, *Tylomys nudicaudus* y *Sylvilagus floridanus*) con el núcleo centroamericano.

La regionalización encontrada en este trabajo, coincide en mucho con lo hallado por Cabrera y Willink (1973) quienes al integrar la vegetación con la fauna, subdividen la región Neotropical en siete dominios y treinta provincias, donde el dominio Caribe concentra cinco provincias como la Mesoamericana de montaña que de acuerdo con los autores correspondería a las Sierras Madre Oriental y Occidental, Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur, zonas altas del Núcleo Centroamericano y las del Istmo de Panamá; y la Provincia del Bosque Montano que geográficamente correspondería a las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir, también identificadas en el cladograma para el total de especies.

Halffter (1987) encontró que los insectos montanos formaron dos grupos bien definidos, el primero corresponde a las cordilleras al norte del Istmo de Tehuantepec; el segundo a los sistemas montañosos al sur del Istmo: Sierra Madre de Chiapas y las montañas centroamericanas que se extienden hacia la Depresión de Nicaragua, este patrón coincide con lo encontrado en el presente trabajo (Ver Fig. 12), donde el Istmo de Tehuantepec marca la primera separación de los dos grandes grupos identificados.

### **Hipótesis sobre las relaciones entre áreas de endemismo**

PAE si bien es un método que identifica homología primaria ya que reconoce solamente los componentes de una biota ancestral sin la identificación de la frecuencia de fragmentación de la misma (Morrone, 2004a), resulta de interés destacar algunas contribuciones biogeográficas recientes que han sugerido hipótesis sobre las relaciones entre algunas de las distintas áreas de endemismo reconocidas en el presente trabajo.

De acuerdo con Morrone *et al.* (1999) la provincia de California, donde se ubican las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir, está estrechamente relacionada con la provincia de Baja California y viceversa, esta propuesta coincide con los resultados del presente trabajo. Además, proponen que la provincia de la Sierra Madre Occidental está relacionada con las provincias de Sonora, Tamaulipas y porción norte de la provincia del Altiplano Mexicano, ésta última

combinada con gran parte de la Sierra Madre Occidental en una sola unidad biogeográfica fue propuesta por Marshall y Liebherr (2000).

Morrone *et al.* (1999) proponen también que la provincia de la Sierra Madre Oriental se relaciona estrechamente con la región sur de la provincia del Altiplano Mexicano. Liebherr (1994) al realizar un análisis biogeográfico cladístico con base en 14 taxones de Carabidae (Coleoptera), el cladograma obtenido mostró que la Sierra Madre Oriental resultó ser el área hermana de las restantes áreas estudiadas, que constituyeron una tricotomía entre el sur de la Sierra Madre Occidental; la Sierra Madre Occidental unida al Altiplano Mexicano, el desierto de Sonora y las montañas de Arizona. Los trabajos citados han propuesto que entre las Sierras Madre Occidental y Oriental existe una relación cercana. Sin embargo, en el presente trabajo si bien se identificaron algunas zonas de la Sierra Madre Occidental ubicadas en el mismo subclado que las regiones sur y norte de la Sierra Madre Oriental, la Faja Volcánica Transmexicana y Sierra Madre del Sur, la relación entre estos sistemas montañosos no fue clara, aunque los dos últimos sistemas montañosos señalados se agruparon en un mismo clado (Fig. 11). De acuerdo con Liebherr (1994) la relación entre la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur está sustentada por su análisis. Existen trabajos que soportan la conjunción de la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur en una sola provincia llamada Serranías Meridionales (Marshall y Liebherr, 2000; Flores-Villela y Goyenechea, 2001). De acuerdo con Morrone (2005), la biota de esta provincia está relacionada con la biota de varias áreas montañas de México, soportando el elemento biótico Montano Mesoamericano. Sin embargo, ambos sistemas montañosos son abordados por separado en ciertos trabajos (Morrone *et al.*, 1999; Morrone, 2005, 2006). Morrone *et al.* (1999) mediante un análisis de parsimonia de endemismos con base en especies de plantas, insectos y aves, encuentran que la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana está relacionada estrechamente con las provincias de la Sierra Madre del Sur, la Costa Pacífica Mexicana y la Depresión del Balsas; y la provincia de la Sierra Madre del Sur se relaciona con las provincias de la Costa Pacífica Mexicana, Faja Volcánica Transmexicana y Depresión del Balsas. Cabe resaltar que la posición de la Faja Volcánica Transmexicana es singular debido a que conecta a las Sierra Madre Occidental, Oriental y Sur (Morrone, 2005), además de constituir un evento vicariante importante para muchos taxones (Marshall y Liebherr, 2000; Mateos *et al.* 2002; Hulsey *et al.* 2004).

Durante el análisis de Escalante *et al.*, (2005) la provincia de Chiapas se mantuvo como el área hermana de la región Neotropical, por lo que los autores supusieron que existe una estrecha relación entre ellas. Además señalan que a pesar de que en Chiapas se presentan

taxones relictuales de origen neártico (Escalante *et al.* 2004), hay mayor evidencia para que sea incluida en esta región que en la Zona de Transición Mexicana, [Morrone, (2004b) la restringe en sentido estricto al Componente Mexicano de Montaña conformado por las provincias: Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Faja Volcánica Transmexicana, Cuenca del Balsas y Sierra Madre del Sur; en Escalante *et al.*, (2004) las variantes son la no consideración de la Cuenca del Balsas y la incorporación de la provincia de Chiapas]. Sin embargo, los autores sugieren que deben realizarse más análisis con base en otros taxones, para así poder establecer si esta provincia pertenece a la Zona de Transición o a la Región Neotropical (Escalante *et al.*, 2005). Los resultados de los trabajos citados coinciden con los del presente trabajo, donde la Sierra Madre de Chiapas se agrupó con el resto del Núcleo Centroamericano (Fig. 11). En cuanto, a las provincias propuestas por Morrone (2001a) para Centroamérica (Provincias de Chiapas, del Oriente de América Central, del Occidente del Istmo de Panamá y del Chocó), de acuerdo con Müller (1973) la provincia de Chiapas se relaciona con la del oriente de América Central y viceversa; con base en Morrone *et al.* (1999) se relaciona estrechamente con la provincia del Golfo de México; y Marshall y Liebherr (2000) unen en una sola unidad biogeográfica las provincias de Chiapas y de la Península de Yucatán debido a sus taxones en común. La provincia del Occidente del Istmo de Panamá de acuerdo con Müller (1973) se relaciona con las provincias del Golfo de México y del Chocó, y ésta a su vez se relaciona con distintas áreas amazónicas y centroamericanas. Ron (2000) con base en un análisis de endemismos basado en anuros también encontró que la provincia del Chocó se relaciona con las provincias de América Central. Estas propuestas apoyan lo encontrado en este trabajo, ya que las zonas montañas del Istmo Centroamericano y este de Panamá aunque se identificaron en los primeros dos subclados que se separaron, si se agruparon con las zonas altas del Núcleo Centroamericano conformando uno de los dos grupos principales que conforman la regionalización aquí propuesta donde fue posible identificar ciertas áreas de endemismo (Fig. 12).

De acuerdo con Platnick, (1991) y Morrone (1994) las áreas de endemismo son las unidades básicas de estudio en biogeografía y están frecuentemente delimitadas por eventos vicariantes los cuales promueven la especiación al interrumpir el intercambio genético (Hausdorf, 2002). Los sistemas montañosos mesoamericanos han influido de manera importante en la conformación de las distribuciones, por ejemplo, de mamíferos pequeños y de taxones con los que coexisten (Rogers *et al.* 2007), aunado con los eventos vicariantes que representan el Istmo de Tehuantepec y la Depresión de Nicaragua (Peterson *et al.*, 1999; Watson y Peterson, 1999; Carleton *et al.*, 2002), los cuales fueron identificados en el presente

análisis, junto con el efecto peninsular reflejado en el hecho de que las zonas montanas ubicadas en la península de Baja California se agruparon en un solo clado, separadas del resto de la zona de estudio. El Istmo de Tehuantepec, geográficamente, separa las zonas montanas del sur de México (Sierra Madre Oriental y Sierra Madre del Sur) de las de Chiapas y Guatemala (Castoe *et al.* 2009) y de acuerdo con varios trabajos (Halffter, 1987; Marshall y Liebherr, 2000; Morrone y Márquez, 2001), esta región ha sido considerada como una zona de transición entre las regiones Neártica y Neotropical. Distintos trabajos con base en taxones específicos han identificado al Istmo de Tehuantepec como una barrera biogeográfica para especies montanas (Chippindale *et al.*, 1998; Sullivan *et al.*, 2000), aunado a trabajos que han destacado el papel del Istmo de Tehuantepec como un evento vicariante importante en Mesoamérica (Prance, 1982; Halffter, 1987; Llorente y Escalante-Pliego, 1992; Peterson *et al.*, 1999; Watson y Peterson, 1999; Morrone y Márquez, 2001; Carleton *et al.*, 2002), como es el caso de mamíferos montanos pequeños, donde el Istmo de Tehuantepec ha sido señalado como una barrera geográfica importante (Hooper, 1952; Baker, 1963; Choate, 1970; Engstrom *et al.* 1981; Sullivan *et al.*, 2000; Wooman y Timm, 1999; Edwards y Bradley, 2002; Arellano *et al.* 2005). De acuerdo con León-Paniagua *et al.*, (2007) este evento probablemente influyó en la diferenciación de *Habromys lophurus* (distribuido en las tierras altas de Chiapas y Centroamérica) con respecto a otras especies de *Habromys*. Sin embargo, no necesariamente representa la fuerza principal en la diferenciación del género, además de que aún no se tiene evidencia directa para relacionar estos eventos geográficos y los eventos de especiación con el género *Habromys* (León-Paniagua *et al.*, 2007).

La Depresión de Nicaragua separa dos zonas de tierras altas, las de Honduras y Nicaragua, al norte, y las tierras altas de Costa Rica y Panamá al sur (Castoe *et al.* 2009). Esta región ha sido también identificada como un evento biogeográfico para varios grupos, como ranas (Savage, 1987; Duellman, 1999), salamandras (Parra-Olea *et al.*, 2004), serpientes (Savage, 1982; Cadle, 1985; Castoe *et al.* 2009), aves (Pérez-Emán, 2005) y plantas, insectos y peces (Marshall y Liebherr, 2000; Halas *et al.*, 2005).

Las condiciones climáticas propiciadas por los eventos de oscilación climática durante el Pleistoceno, los cuales afectaron los trópicos, principalmente en cuanto a cambios de humedad (Toledo, 1982; Hewitt, 2004; García-Moreno *et al.*, 2006) que a su vez condujeron a reorganizaciones de los ecosistemas en la región (Toledo, 1982; Islebe y Hooghiemstra, 1997; Hewitt, 2000), particularmente en la continuidad de los bosques montanos durante las glaciaciones (Rzedowski y McVaugh, 1966; Rzedowski, 1994, 1996) podrían haber facilitado el movimiento a través de barreras como el Istmo de Tehuantepec (Campbell, 1999), propuesta

que podría explicar la distribución actual de *Peromyscus aztecus* o *Reithrodontomys sumichrasti*; y a través de la Depresión de Nicaragua, donde en el caso del género *Rheomys*, dos de las cuatro especies habitan zonas montañas de Costa Rica y Panamá (*Rheomys raptor* y *Rheomys underwoodi*), una es endémica a mesoamérica (*Rheomys thomasi*) y otra es endémica a México (*Rheomys mexicanus*).

La Península de Baja California es una región interesante desde el punto de vista biogeográfico, debido a su origen tectónico complejo y transformación ecológica que se han reflejado en una historia ambiental dinámica que ha tenido un papel importante en la estructura genética, evolución y distribución de los vertebrados terrestres de Baja California (Grismer, 2000), ejemplo de esto, es la distribución de especies como *Tamias obscurus* que está casi totalmente restringida a esta península; otras que continúan su distribución en el oeste de Estados Unidos (*Peromyscus californicus*, *Peromyscus fraterculus*, *Peromyscus truei* y *Sylvilagus bachmani*). Otros vertebrados también restringidos a la península son ciertas aves (*Glaucidium hoskinsii*, *Hylocharis xantusii* o *Junco bairdi*) y reptiles (*Anniella geronimensis*, *Crotaphytus vestigium* o *Bipes biporus*; Grismer, 2000).

## CONCLUSIONES

Los estudios sobre la mastofauna de las zonas montañas mesoamericanas son escasos y delimitados a una reducida fracción de su distribución, aún cuando Mesoamérica es una de las regiones biológicamente más complejas del mundo, cuyas montañas han sido reconocidas por sus altos niveles de diversificación y endemismo para varios taxones.

En este trabajo las zonas montañas que circundan el Istmo de Tehuantepec (Sierra Madre de Oaxaca y Núcleo Centroamericano), y sur de la Sierra Madre Oriental, fueron las que destacaron tanto en los análisis de riqueza como en la concentración de endemismos. El Istmo de Tehuantepec fue la región que marcó la principal separación, dividiendo las zonas montañas mesoamericanas en dos grandes grupos, (al este Nucleo Centroamericano, Los Tuxtlas e Istmo Centroamericano y al oeste Sierras de la Península de Baja California, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Faja Transmexicana y Sierra Madre del Sur). También fue posible reconocer tres áreas de endemismo junto con las especies que les dieron identidad: a las tierras altas de la Península de Baja California (*Neotoma lepida*, *Peromyscus californicus*, *Peromyscus fraterculus*, *Peromyscus truei*, *Sylvilagus bachmani* y *Tamias obscurus*); Sierra Madre de Oaxaca y este de Sierra Madre del Sur (*Cryptotis peregrina*, *Cryptotis magna*, *Habromys lepturus*, *Megadontomys cryophilus*, *Microtus umbrosus* y *Peromyscus melanocarpus*); y, suroeste de la Cordillera de Talamanca y noroeste de la Serranía de Tabasará (*Orthogeomys cherriei*, *Orthogeomys heterodus* y *Oryzomys devius*). Este trabajo constituye un análisis de homología biogeográfica primaria, por lo tanto, estos resultados deberán ser comparados y probados con los obtenidos a partir de un análisis cladista que utilice las filogenias propuestas para especies montañas.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Castañeda, S. T., C. A. Salinas-Zavala y F. de Lachica.** 1995. Análisis biogeográfico del noroeste de México con énfasis en la variación climática y mastozoológica. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 66: 59-86.
- Álvarez, T. y F. Lachica.** 1974. Zoogeografía en los vertebrados de México. En: El escenario geográfico. Recursos Naturales. SEP-INAH, México.
- Álvarez-Mondragón E. y J.J. Morrone.** 2004. Propuestas de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. *Interciencia* 29: 112-120.
- Arellano, E., D.S. Rogers y F.A. Cervantes.** 2003. Genetic differentiation and phylogenetic relationships among tropical harvest mice (*Reithrodontomys*: Subgenus *Aporodon*). *Journal of Mammalogy* 84 (1): 129-143.
- Arellano, E., F.X. González-Cozátl y D.S. Rogers.** 2005. Molecular systematics of Middle American harvest mice *Reithrodontomys* (Muridae), estimated from mitochondrial Cytochrome b gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37:529–540.
- Arita, H.T.** 1993. Riqueza de especies de la mastofauna de México. En: Medellín, R.A. y G. Ceballos (eds.). Avances en el estudio de los mamíferos de México, AMMAC, Publicaciones especiales, México.
- Arriaga-Cabrera, L., C. Aguilar, D. Espinosa y R. Jiménez (eds).** 1997. Regionalización ecológica y biogeográfica de México. Taller de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), México, D.F.
- Arriaga-Cabrera, L., J.M. Espinosa, C. Aguilar, E. Martínez y E. Loa.** 2000. Regiones prioritarias terrestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Baker, R.H.** 1963. Geographical distribution of terrestrial mammals in Middle America. *The American Midland Naturalist* 70:208–249
- Bradley, R., F. Méndez-Harclerode, M. Hamilton y G. Ceballos.** 2004a. A new species of *Reithrodontomys* from Guerrero, Mexico. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University* 231: 1-12.
- Bradley, R., D. Carroll, M. Haynie, R. Muñiz-Martínez, M. Hamilton y W. Kilpatrick.** 2004b. A new species of *Peromyscus* from western Mexico. *Journal of Mammalogy* 85 (6): 1184-1193.
- Briggs, J.** 1994. The genesis of Central America: biology versus geophysics. *Global Ecology and Biogeography Letters* 4: 169-172.
- Brooks, D.R. y M.G.P. van Veller.** 2003. Critique of parsimony analysis of endemism as a method of historical biogeography. *Journal of Biogeography* 30: 819-825.
- Brown, J.H.** 1988. Species diversity. En: A.A. Myers y P.S. Giller (eds.), *Analytical Biogeography: An Integrated Approach to the Study of Animal and Plant Distributions*. Chapman y Hall, Londres, Pp. 57-90.



- Cabrera, A. y J. Yepes.** 1940. Mamíferos sud-americanos (vida, costumbres y descripción). Historia Natural Ediar, Buenos Aires.
- Cabrera, A. L. y A. Willink.** 1973. Biogeografía de América Latina. Monografía 13, Serie de Biología, OEA, Washington, D.C.
- Cadle, J.E.** 1985. The Neotropical colubrid snake fauna (Serpentes: Clubridae): lineage components and biogeography. *Systematic Zoology* 34: 1-20.
- Camin, J. H. y R. R. Sokal.** 1965. A method for deducing branching sequences in phylogeny. *Evolution* 19: 311-326.
- Campbell, J. A.** 1999. Distribution Patterns of Amphibians in Middle America. En: Duellman, W. (ed.). Patterns of Distribution of Amphibians, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, pp. 111-210.
- Cano, E.B.** 2006. Biodiversidad de Guatemala. Vol. I. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.
- Canseco-Márquez L., F. Mendoza-Quijano y M.G. Gutiérrez Mayen.** 2004. Análisis de la distribución de la herpetofauna. En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, Las Prensas de Ciencias, México, D.F. Pp. 417-437.
- Carleton, M.D., O. Sánchez y G. Urbano-Vidales.** 2002. A new species of *Habromys* (Muroidea: Neotominae) from México, with generic review of species definitions and remarks on diversity patterns among Mesoamerican small mammals restricted to humid montane forests. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 115 (3): 488-533.
- Casas-Andreu, G. y T. Reyna-Trujillo.** 1990. Provincias Herpetofaunísticas. Escala 1: 4 000 000. Mapa IV. 8. 6. A. Atlas Nacional de México. Vol. 2. Instituto de Geografía, UNAM.
- Castoe, T.A., J.M. Daza, E.N. Smith, M.M. Sasa, U. Duch, J.A. Campbell, P.T. Chippindale y C.L. Parkinson.** 2009. Comparative phylogeography of pitvipers suggests a consensus of ancient Middle American highland biogeography. *Journal of Biogeography* 36: 88-103.
- Ceballos, G. y D. Navarro.** 1991. Diversity and Conservation of Mexican Mammals. En: M.A. Mares y D.J. Schmidly (eds). *Latin American Mammalogy, History, Biodiversity and Conservation*, University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma. Pp. 167-198.
- Ceballos, G. y C. Chávez.** 2000. Lista actualizada de los mamíferos silvestres del Estado de México. Secretaría de Ecología, Gobierno del Estado de México, Toluca.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales y R.A. Medellín.** 2002. Mamíferos de México. En: Ceballos, G. y J.A. Simonetti (eds.). *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*, CONABIO, Instituto de Ecología, UNAM, México.
- Ceballos, G. y G. Oliva (eds.).** 2005. Los mamíferos silvestres de México, Edit. CONABIO-Fondo de Cultura Económica. México.

- Challenger, A.** 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO-UNAM-Agrupación Sierra Madre (S.C). México.
- Chippindale, P.T., L.K. Ammerman y J.A. Campbell.** 1998. Molecular approaches to phylogeny of *Abronia* (Anguillidae: Gerrhonotinae), with emphasis on relationships in subgenus *Auriculabronia*. *Copeia*, 883-892.
- Choate JR.** 1970. Systematics and zoogeography of middle American shrews of the genus *Cryptotis*. University of Kansas Publications Museum Natural History 19:195–317.
- Cicero, C.A.** 1996. Sibling species of Titmice in the *Parus inornatus* complex (Aves: Paridae). University of California Publications in Zoology 128: 1-217.
- Cicero, C.A. y N.K. Johnson.** 1992. Genetic differentiation between populations of Hutton's Vireo (Aves: Vireonidae) in disjunct allopatry. *Southwestern Naturalist* 37: 344-348.
- Cifuentes, B. J., M. Villegas Ríos, R. García-Sandoval, G. Vidal-Gaona, S. Sierra Galván, R. Valenzuela-Garza, L. Pérez-Ramírez y E. Morales-Torres.** 2004. Distribución de macromicetos: Una aproximación al análisis de áreas de endemismos. En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, Las prensas de Ciencias, México, D.F. Pp. 355-374.
- Coates, A.G. y J.A. Obando.** 1996. The geologic evolution of the Central American Isthmus. En: Jackson, J.B., A. F. Budd y A. G. Coates (eds.). Evolution and environment in tropical America. University of Chicago Press. Chicago.
- Colwell, R.K. y J.A. Coddington.** 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society Ser. B* 345: 101-118.
- Conroy, Von C.J., Y. Hortelano, F.A. Cervantes y J.A. Cook.** 2001. The phylogenetic position of southern relictual species of *Microtus* (Muridae: Rodentia) in North America. *Mammalian Biology* 56:332-344.
- Contreras-Medina, R., I. Luna y J.J. Morrone.** 2007. Gymnosperms and cladistic biogeography of the Mexican Transition Zone. *Taxon* 56 (3): 905-915.
- Craw, R.C.** 1988. Continuing the synthesis between panbiogeography, phylogenetic systematics and geology as illustrated by empirical studies on the biogeography of New Zealand and the Chatham Islands. *Systematic Zoology* 37: 291-310.
- Crisci, J., A.A. Lanteri y E. Ortiz.** 1994. Programas de computación en sistemática y biogeografía histórica: revisión crítica y criterios para su selección. En: Llorente-Bousquets, J. e I. Luna-Vega (eds.). *Taxonomía biológica*. Fondo de Cultura Económica-UNAM, México.
- Crisci, J., L. Katinas y P. Posadas.** 2000. Introducción a la teoría y práctica de la Biogeografía Histórica. Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires.
- Dice, L.R.** 1943. The biotic provinces of North America. University of Michigan Press, Michigan.

- Dinerstein, E. D. M. Olson, D. J. Graham, A. L. Webster, S. A. Primm, M. P. Bookbinder y G. Ledec.** 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. World Bank, Washington, D.C.
- Duellman, W.E.** 1966. The Central American herpetofauna: an ecological perspective. *Copeia* 4: 700-719.
- Duellman, W.E.** 1970. The Hylid frogs of Middle America. Museum of Natural History University of Kansas, Lawrence.
- Duellman, W.E.** 1999. Patterns of distribution of amphibians: a global perspective. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, USA.
- Edwards, C.W. y R.D. Bradley.** 2002. Molecular systematics of the genus *Neotoma*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 25:489–500
- Engstrom M.D, R.C. Dowler, D.S.Rogers, D.J. Schmidly y J.W. Bickham.** 1981. Chromosomal variation within four species of harvest mice (*Reithrodontomys*). *Journal of Mammalogy* 62:129–164.
- Escalante, T.** 2003a. Las bases de datos curatoriales y el estudio espacial de la biodiversidad: Un ejemplo con los mamíferos terrestres de México. Pp. 339-350 en: Morrone, J.J. y J. Llorente (eds.). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. Las Prensas de Ciencias, CONABIO, México.
- Escalante, T.** 2003b. Determinación de prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoológica* 74: 211-237.
- Escalante, T.E., D. Espinosa y J.J. Morrone.** 2002. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 87: 47-65.
- Escalante, T. y J.J. Morrone.** 2003. ¿Para qué sirve el Análisis de Parsimonia de Endemismos? En: Morrone, J.J. y J. Llorente-Bousquets (eds.) Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, CONABIO, Las Prensas de Ciencias, Posgrado UNAM. México.
- Escalante, T., J.J. Morrone y G. Rodríguez.** 2003. La distribución de los mamíferos terrestres y la regionalización biogeográfica natural de México. En: Sánchez, G.R. y A. Rojas-Martínez (eds.). Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos. CIB-UAEH. México, Hidalgo.
- Escalante, T., G. Rodríguez y J.J. Morrone.** 2004. The diversification of Nearctic mammals in the Mexican Transition Zone. *Biological Journal of the Linnean Society* 83: 327-339.
- Escalante, T., G. Rodríguez y J.J. Morrone.** 2005. Las provincias biogeográficas del Componente Mexicano de Montaña desde la perspectiva de los mamíferos continentales. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76 (2): 199-205.
- Escalante, T., G. Rodríguez, N. Gámez, L. León-Paniagua, O. Barrera y V. Sánchez-Cordero.** 2007a. Biogeografía y conservación de los mamíferos. Pp. 485-502 en: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana, UNAM, México.

- Escalante, T., V. Sánchez-Cordero, J.J. Morrone y M. Linaje.** 2007b. Deforestation effects biogeographical regionalization: a case study contrasting potencial and extant distributions of Mexican terrestrial mammals. *Journal of Natural History* 41 (13-16): 965-984.
- Escalante, T., V. Sánchez-Cordero, J.J. Morrone y M. Linaje.** 2007c. Areas of endemism of mexican terrestrial mammals: A case study using species'ecological niche modeling, parsimony analysis of endemism and Goloboff fit. *Interciencia* 32 (3): 151-159.
- Espinosa-Organista, D., J.J. Morrone, C. Aguilar y J. Llorente.** 2000. Regionalización biogeográfica de México: Provincias bióticas. Pp. 61-94 En: Llorente, J., González, E. & Papavero, N., (eds.), *Biodiversidad Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su conocimiento*, vol. 2. UNAM-CONABIO, México.
- Espinosa-Organista, D., C. Aguilar y S. Ocegueda.** 2004. Identidad biogeográfica de la Sierra Madre Oriental y posibles subdivisiones bióticas. En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. Las Prensas de Ciencias, México, D.F. Pp. 487-500.
- Espinosa-Organista, D. y S. Ocegueda.** 2007. Introducción. En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*, UNAM, México, Pp. 5-6.
- ESRI.** 1999. ArcView versión 3.2. Environmental Systems Research Inc.
- Fa, J. E. y L. M. Morales.** 1998. Patrones de diversidad de mamíferos de México. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM., México, D.F. Pp. 315-352.
- Farris, J. S.** 1989. The retention index and the rescaled consistency index. *Cladistics* 5: 417-419.
- Feria, T.P. y A. T. Peterson.** 2002. Using point occurrence data and inferential algorithms to predict local communities of birds. *Diversity and Distributions* 8: 49-56.
- Ferrusquía-Villafranca, I.** 1990. Provincias biogeográficas con base en rasgos morfotectónicos. Escala 1: 4 000 000. Mapa IV. 8. 10. A. *Atlas Nacional de México*. Vol. 3. Instituto de Geografía, UNAM.
- Ferrusquía-Villafranca, I., L. González-Guzmán y J. L. Cartron.** 2005. Northern Mexico's Landscape, Parte 1: The Physical Setting and Constraints on Modeling Biotic Evolution. En: Cartron J. L., G. Ceballos-González y R. Felger (eds.). *Biodiversity, Ecosystems and Conservation in Northern Mexico*. Oxford University Press, New York.
- Ferrusquía-Villafranca, I. y L. González-Guzmán.** 2005. Northern Mexico's Landscape, Parte 2: The Biotic Setting across Time. En: Cartron J. L., G. Ceballos-González y R. Felger (eds.). *Biodiversity, Ecosystems and Conservation in Northern Mexico*. Oxford University Press, New York.
- Fittkau, E. J. 1969.** The fauna of South America. En: Fittkau, E. J. J. Illies, H. Klinge, G. H. Schwabe y H. Sioli (eds.), *Biogeography and ecology in South America*, 2, Junk, La Haya, Pp. 624-650.

- Flores-Villela, O. y I. Goyenechea.** 2000. A comparison of hypotheses of historical area relationships for Mexico and Central America, or in search for the lost pattern. En: Johnson, J.D., Webb, R.G. y Flores-Villela, O.A. (eds.), *Mesoamerican Herpetology: Systematics, Zoogeography and Conservation*. The University of Texas, El Paso. Pp. 171-181.
- Fournier, H.** 1876. Las regiones botánicas de México. En: Ramírez, J., 1899, *La vegetación de México*, Secretaría de Fomento, México D.F., Pp. 61-70.
- García-Moreno, J., A.G. Navarro-Sigüenza, A.T. Peterson y L.A. Sánchez-González.** 2004. Genetic variation coincides with geographic structure in the Common Bush-Tanager (*Chlorospingus ophthalmicus*) complex from Mexico. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 33: 186-196.
- García-Moreno, J., N. Cortés, G.M. García-Deras y B.E. Hernández-Baños.** 2006. Local origin and diversification among *Lampornis* humminbirds: A Mesoamerican taxon. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 38: 488-498.
- García-Trejo, E.A. y A.G. Navarro.** 2004. Patrones biogeográficos de la riqueza de especies y el endemismo de la avifauna en el oeste de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 20 (2): 167-185.
- Garzón-Orduña, I.J., D.R. Miranda-Esquivel y M. Donato.** 2008. Parsimony análisis of endemism describes but does not explain: an illustrated critique. *Journal of Biogeography* 35: 903-913.
- Gentry, AH.** 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. En: Churchill SP, Balslev H, Forero E, Luteyn JL, (eds). *Biodiversity and conservation of neotropical montane forests*. The New York Botanical Garden, New York. Pp. 103-126.
- Goldman, E.A. y R.T.Moore.** 1945. The biotic provinces of Mexico. *Journal of Mammalogy* 26: 347-360.
- Goloboff, P.A.** 1993. NONA v. 1.1. Inst. Miguel Lillo, Tucumán.
- Graham, A.** 1993. Factores históricos de la diversidad biológica de México. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM., México, D.F. Pp. 109-127.
- Grismer, L.L.** 2000. Evolutionary biogeography on Mexico's Baja California Peninsula: a synthesis of molecules and historical geology. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 97: 14017-14018.
- Grisebach, A.** 1876. La vegetación del dominio Mexicano. En: Ramírez, J., 1899, *La vegetación de México*, Secretaría de Fomento, México D.F., Pp. 27-60.
- Halas, D., D. Zamparo y D.R. Brooks.** 2005. A historical biogeographical protocol for studying biotic diversification by taxon pulses. *Journal of Biogeography* 32: 249-260.
- Hall, E. R.** 1981. *The mammals of North America*. Ed. John Wiley y Sons, Inc.
- Halfpeter, G.** 1976. Distribución de los insectos en la Zona de Transición Mexicana. Relaciones con la entomofauna de Norteamérica. *Folia Entomológica Mexicana* 35: 1-64.

- Halffter, G.** 1987. Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America. *Annual Review of Entomology* 32: 95-104.
- Hausdorf, B.** 2002. Units in biogeography. *Systematic Zoology* 51: 648-652.
- Hemsley, W. B.** 1887. Bosquejo de la geografía y rasgos prominentes de la flora de México. En: Ramírez, J., 1899, *La vegetación de México*, Secretaría de Fomento, México, D.F., Pp.71-90.
- Hernández-Baños, B.E., A.T. Peterson, A.G. Navarro-Siguenza y B.P. Escalante-Pliego.** 1995. Birds faunas of the humid montane forests of Mesoamerica: biogeographic patterns and priorities for conservation. *Bird Conservation International* 5: 251-277.
- Hewitt, G.M.** 2000. The genetic legacy of the Ice Ages. *Nature* 405: 907-913.
- Hewitt, G.M.** 2004. The structure of biodiversity-insights from molecular phylogeography. *Frontiers in Zoology* 1, 4.
- Hulseley, C. D., F. J. García de León, Y. Sánchez Johnson, D. A. Hendrickson y T. J. Near.** 2004. Temporal diversification of Mesoamerican cichlid fishes across a major biogeographic boundary. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 31: 754-764.
- Huston, M.** 1979. A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist* 113: 81-101.
- Hooper, E.T.** 1952. A systematic review of the harvest mice (Genus *Reithrodontomys*) of Latin America. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology University of Michigan* 77:1-255.
- Illoldi-Rangel, P., V. Sánchez-Cordero y A. T. Peterson.** 2004. Predicting distributions of mexican mammals using ecological niche modeling. *Journal of Mammalogy* 85 (4): 658-662.
- Illoldi-Rangel, P., T. Fuller, M. Linaje, C. Pappas y S. Sarkar.** 2008. Solving the maximum representation problem to prioritize areas for the conservation of terrestrial mammals at risk in Oaxaca. *Diversity and Distributions* 14: 493-508.
- Illoldi-Rangel, P., y Escalante T.** 2008. De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía* 3: 7-12.
- Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).** 1982. Carta topográfica de México 1: 250 000. Ed. Instituto de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).** 1989. Carta de hipsometría y batimetría de México 1: 4 000 000. Ed. Instituto de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Iñiguez, L.I. y E. Santana.** 1993. Patrones de distribución y riqueza de especies de los mamíferos del occidente de México. En: Medellín, R.A. y G. Ceballos (eds.). *Avances en el estudio de los mamíferos de México*, AMMAC, Publicaciones especiales, México.
- Islebe, G.A., y H. Hooghiemstra.** 1997. Vegetation and climate history of montane Costa Rica since the last glacial. *Quart. Sci. Rev.* 16: 589-604.

- Johnson, J.D.** 2000. A Brief History of Mesoamerican Herpetology. En: Johnson, J.D., R.G. Webb y O.A. Flores-Villela (eds.). Mesoamerican Herpetology: Systematics, Zoogeography and Conservation. Centenal Museum, Special Publ. No. 1, University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, Pp. 1-9.
- Kaufman, D.M.** 1995. Diversity of New World mammals: universality of the latitudinal gradients of species and bauplans. *Journal of Mammalogy* 76: 322-334.
- Kluge, A. G. y J.S. Farris.** 1969. Quantitative phyletics and the evolution of anurans. *Systematic Zoology* 18: 1-32.
- Kirchhoff, Paul.** 1943. Mesoamérica, sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales. *Acta Americana* 1:92-107.
- Kuschel, G.** 1969. Biogeography and ecology of South American Coleoptera. En: Fittkau, E. J. J. Illies, H. Klinge, G. H. Schwabe y H. Sioli (eds.), *Biogeography and ecology in South America*, 2, Junk, La Haya, Pp. 709-722.
- Laurance, W. y Jr., R.O. Bierregaard.** 1997. *Tropical Rainforest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. The University of Chicago Press, Chicago.
- León-Cortés, J.L., J. Soberón-Mainero y J. Llorente-Bousquets.** 1998. Assessing completeness of Mexican sphinx moth inventories through species accumulation functions. *Diversity and Distributions* 4: 37-44.
- León-Paniagua, L., E. García, J. Arroyo y S. Catañeda.** 2004. Patrones biogeográficos de la mastofauna. En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*, Las Prensas de Ciencias, México, D.F. Pp. 469-479.
- León-Paniagua, L., A. Navarro, B.E. Hernández y J.C. Morales.** 2007. Diversification of the arboreal mice of the genus *Habromys* (Rodentia: Cricetidae: Neotominae) in the Mesoamerican highlands. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 42, 653-664.
- León-Paniagua, L. y J.J. Morrone.** 2009. Do the Oaxacan Highlands represent a natural biotic unit? A cladistic biogeographical test based on vertebrate taxa. *Journal of Biogeography* 36: 1939-1944.
- Liebherr, J.K.** 1994. Biogeographic patterns of montane Mexican and Central American Carabidae (Coleoptera). *Canadian Entomologist* 126: 841-860.
- Luna-Vega, I. y J. Llorente.** 1993. *Historia Natural del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México*. CONABIO-UNAM. México D.F.
- Luna-Vega, I., S. Ocegueda y O. Alcántara.** 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología serie Botánica* 65 (1):31-62.
- Luna-Vega, I., O. Alcántara-Ayala, D.Espinosa y J.J. Morrone.** 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* 26: 1299-1305.
- Luna-Vega, I., J.J. Morrone, O. Alcántara-Ayala y D. Espinosa-Organista.** 2001. Biogeographical affinities among Neotropical cloud forests. *Plant Systematics and Evolution* 228: 229-239.

- Luna-Vega, I. y O. Alcántara-Ayala.** 2001. Análisis de simplicidad de endemismos (PAE) para establecer un modelo de vicarianza preliminar del bosque mesófilo de montaña mexicano. En: Lorente, B.J. y Morrone J. J. (eds.). Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones, Las prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F. Pp. 273-277.
- Llorente, B.J.** 1996. Biogeografía de artrópodos de México: ¿Hacia un nuevo enfoque? En: Lorente, J., González-Soriano, E., papayero, N., (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF. Vol II, Pp. 41-56.
- Llorente, B.J. y P. Escalante-Pliego.**1992. Insular Biogeography of Submontane Humid Forests Mexico. En: Darwin, S. P. y A. L. Welden (eds). Biogeography of Mesoamérica. Proceedings of a Symposium (Mérida, Yucatán, México, October, 1984). Tulane University. New Orleans. Pp. 139-146.
- Márquez, J. y J.J. Morrone.** 2004. Relaciones biogeográficas basadas en la distribución de Coleoptera (Insecta). En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, Las Prensas de Ciencias, México, D.F. Pp. 375-392.
- Marshall, C.J. y J.K. Liebherr.** 2000. Cladistic biogeography of the Mexican transition zone. *Journal of Biogeography* 27: 203-216.
- Marshall, L. G. y T. Sempere.** 1993. Evolution of the Neotropical Cenozoic land mammal fauna in its geochronologic, stratigraphic, and tectonic context. En: Goldblatt (ed). *Biological relationships between Africa and South America*. Yale University Press. New Haven.
- Martínez-Meyer E. y V. Sánchez-Cordero.** 2006. Uso de datos de colecciones mastozoológicas. En: Lorenzo, C., E. Espinoza, M. Briones y F.A. Cervantes (eds.) Colecciones mastozoológicas de México. Instituto de Biología, UNAM y AMMAC. México.
- Mateos, M., O. I. Sanjur y R. C. Vrijenhoek.** 2002. Historical biogeography of the livebearing fish genus *Poeciliopsis* (Poeciliidae: Cyprinodontiformes). *Evolution* 56: 972-984.
- McCafferty, W.P., R.W. Flowers y R.D. Waltz.** 1992. The biogeography of Mesoamerican mayflies. En: Darwin, S.P. y A.L. Welden (eds.) *Biogeography of Mesoamerica*. Proceedings of a symposium. Mérida, Yucatán, México, Octubre 26-30, 1984. Tulane University, Pp. 173-193.
- McCoy, E.D. y Connor, E.F.** 1980. Latitudinal gradients in the species diversity of North American mammals. *Evolution* 34: 193-203.
- Mello-Leitão, C. De.** 1943. Los alacranes y la zoogeografía de Sudamérica. *Revista Argentina de Zoogeografía* 2(3): 125-131.
- Mercado, M.** 2004. Feminist theorizing in time and space: a study from Mesoamerica. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, Vol 1, Núm 2. México.
- Microsoft** 2000. Access 2000. ed. Microsoft Corporation.



**Mittermeier, R.A., N. Myers y C. Mittermeier.** 1998. Biodiversity Hotspots. CEMEX publishers, Mexico City, México.

**Monroe, B.L. Jr.** 1968. A distributional survey of the birds of Honduras. Ornithological Monographs No. 7.

**Monroy-Vilchis, O., H. Rangel-Cordero, M. Aranda, A. Velázquez y F. J. Romero.** 1999. Los mamíferos de hábitat templados del sur de la Cuenca de México. En: Velázquez A. y Romero F. J. (eds.). Biodiversidad de la región de montaña del sur de la Cuenca de México: Bases para el ordenamiento ecológico, Universidad Autónoma Metropolitana- Secretaría del Medio Ambiente, México, D.F., Pp.141-159.

**Morrone J.J.** 1994. On the identification of areas of endemism. Systematic Biology 43: 438-441.

**Morrone, J. J.** 1999. Presentación preliminar de un nuevo esquema biogeográfico de América del Sur. Biographica 75(1): 1-16.

**Morrone, J. J.** 2001a. Biogeografía de América Latina y el Caribe. MyT-Manuales y Tesis SEA, vol. 3. Zaragoza, Argentina.

**Morrone, J.J.** 2001b. Sistemática, biogeografía, evolución: Los patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio. Las Prensas de Ciencias. México.

**Morrone, J.J.** 2003. El lenguaje de la cladística. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

**Morrone, J.J.** 2004a. *Homología biogeográfica. Las coordenadas espaciales de la vida.* Cuadernos 37. Instituto de Biología, UNAM, México.

**Morrone, J.J.** 2004b. Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. Revista Brasileira de Entomologia 48: 149-162.

**Morrone, J.J.** 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 76: 207-252.

**Morrone, J.J.** 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. Annual Review of Entomology 51: 467-494.

**Morrone, J.J. y J.V. Crisci.** 1995. Historical biogeography: Introduction to methods. Annual Review of Ecology and Systematics 26: 373-401.

**Morrone, J.J. y D. Espinosa-Organista.** 1998. La relevancia de los atlas biogeográficos para la conservación de la biodiversidad mexicana. Ciencia (México) 49 (3): 12-16.

**Morrone, J.J., D. Espinosa-Organista, C. Aguilar y J. Llorente.** 1999. Preliminary classification of the Mexican biogeographic provinces: a Parsimony Analysis of Endemicity based on plant, insect, and bird taxa. The Southwestern Naturalist 44: 507-514.

**Morrone, J.J. y J. Márquez.** 2001. Halffter's Mexican transition zone, beetle generalized tracks, and geographical homology. Journal of Biogeography 28: 635-650.

**Morrone, J.J. y T. Escalante.** 2002. Parsimony análisis of endemism (PAE) of Mexican terrestrial mammals at different area units: When size matters. Journal of Biogeography 29: 1095-1104.

- Morrone, J.J. y J. Márquez.** 2003. Aproximación a un atlas biogeográfico mexicano: componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. En: Morrone, J.J. y J. Llorente (eds.) Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. CONABIO, Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, Pp. 217-220.
- Müller, P.** 1973. The dispersal centres of terrestrial vertebrates in the Neotropical realm: A study in the evolution of the Neotropical biota and its native landscapes. Junk, La Haya.
- Murphy, P. G. y A.E. Lugo.** 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean. En: Bullock, S.H., H. A. Mooney y E. Medina (eds.). Seasonally dry tropical forest. Cambridge University Press, Cambridge.
- Navarro, A.G., A.T. Peterson, E. López-Medrano y D.H. Benítez.** 2001. Species limits in Mesoamerican *Aulacorhynchus* toucanets. *The Wilson Bulletin* 113: 363-372.
- Navarro, A.G., A.T. Peterson, Y. Nakazawa e I. Liebig-Fossas.** 2003. Colecciones biológicas, modelaje de nichos ecológicos y los estudios de la biodiversidad. En: Morrone, J.J. y J. Llorente-Bousquets (eds.) Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, CONABIO, Las Prensas de Ciencias, Posgrado UNAM. México.
- Navarro, A.G., H.A. Garza-Torres, S. López de Aquino, O.R. Rojas-Soto y L.A. Sánchez-González.** 2004. Patrones biogeográficos de la avifauna. En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, Las Prensas de Ciencias, México, Pp. 439-467.
- Navarro, A.G., A. Lira-Noriega, A.T. Peterson, A. Oliveras de Ita y A. Gordillo-Martínez.** 2007. Diversidad, endemismo y conservación de las aves. En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana, UNAM, México, Pp. 461-483.
- Nihei, S.S.** 2006. Misconceptions about parsimony analysis of endemism. *Journal of Biogeography* 33: 2099-2106.
- Nixon, K.C.** 1999. WinClada v. 0.9.999 (beta). University of Cornell, Ithaca.
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao y K.R. Kassem.** 2001. Terrestrial ecoregions of the World: a new map of life on earth. *BioScience* 51(11): 933-938.
- Parra-Olea, G., M. García-París y D.B. Wake.** 2004. Molecular of salamanders of the tropical American genus *Bolitoglossa* (Caudata: Plethodontidae) and its evolutionary and biogeographical implications. *Biological Journal of the Linnean Society* 81: 325-346.
- 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.
- Peláez-Goycochea, A.** 1994. Bases de datos en taxonomía y colecciones científicas. Pp. 259-277 en: Llorente, J. e I. Luna-Vega (eds.). Taxonomía biológica. Fondo de Cultura Económica-UNAM, México.

- Pérez-Emán, J.L.** 2005. Molecular phylogenetics and biogeography of the Neotropical redstarts (*Myioborus*; Aves, Parulinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37: 511-528.
- Peterson, A. T.** 2001. Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. *Condor* 103: 599-605.
- Peterson, A.T., G. Escalona-Segura y J.A. Griffith.** 1998. Distribution and conservation of birds of northern Central America. *Wilson Bull* 110: 534-543.
- Peterson, A.T., J. Soberón y V. Sánchez-Cordero.** 1999. Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285 1265–1267.
- Peterson, A.T., M. Papes y M. Eaton.** 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30: 550-560.
- Phillips, S.J., M. Dudík y R.E. Schapire.** 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. Pp. 655-662 en: Brodley (ed.), *Machine Learning: Proceedings of the Twenty-first Century International Conference on Machine Learning, Banff, Canada*. ACM Press.
- Phillips, S.J., R.P. Anderson y R.E. Schapire.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling* 190: 231-259.
- Pianka, E.R.** 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. *The American Naturalist* 100: 33-46.
- Pindell, J. L. y S. F. Barrett.** 1990. Geological evolution of the Caribbean region: A plate-tectonic perspective. En: Dengo, D. y Case J. E. (eds.). *The Caribbean region, vol. H of The geology of North America*, Geological Society of America, Boulder, Colorado.
- Pitman, W. C., S. Cande, J. LaBrecque y J. Pindell.** 1993. Fragmentation of Gondwana: the separation of Africa y South America. En: Goldblatt P. (ed). *Biological relationships between Africa and South America*. Yale University Press. New Haven.
- Platnick, N. I.** 1991. On areas of endemism. *Australian Systematic Botany* 4: xi-xii.
- Ponder, W.F., G.A. Carter, P. Flemons y R.R. Chapman.** 2001. Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. *Conservation Biology* 15 (3): 648-657.
- Prance, G.T.** 1982. *Biological diversification in the tropics*. Nueva cork, NY, Columbia University Press.
- Puig, H.** 1989. Análisis fitogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Gomez Farías, *Biotam* 1: 34-53.
- Quijano-Abril, M.A., R. Callejas-Posada y D.R. Esquivel-Miranda.** 2006. Areas of endemism and distribution patterns for Neotropical *Piper* species (Piperaceae). *Journal of Biogeography* 33: 1266-1278.
- Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Comps.).** 1998. *Diversidad biológica de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Ramírez, J.** 1899. *La vegetación de México*. Secretaría de Fomento, México, D.F.

- Ramírez-Pulido, J. y C. Müdespacher.** 1987. Estado actual y perspectivas del conocimiento de los mamíferos de México. *Ciencia* 38: 49-67.
- Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo.** 1990. Provincias Mastofaunísticas Escala 1: 4 000 000 Mapa IV.8.8A. Atlas Nacional de México. Vol. 2. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Ramírez-Pulido, J., D.F. Ran y A. Castro-Campillo.** 1994. Análisis multivariado estatal de los mamíferos mexicanos con una modificación al algoritmo de Peters. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 45: 61-74.
- Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo-Cabrales. y A. Castro-Campillo.** 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 21(1):21-82.
- Rapoport, E. H.** 1968. Algunos problemas biogeográficos del Nuevo Mundo con especial referencia a la región Neotropical. En: Delamare Deboutville y E. H. Rapoport (eds.), *Biologie de l'Amerique Australe*, 4, CNRS, Paris, Pp. 55-110.
- Reid, F. A.** 1997. *A field guide to the Mammals of Central America and Southeast Mexico*. Nueva York, 334 pp.
- Ricketts, TN, E. Dinerstein, D.M. Olson, C.J. Loucks, W. Eichbaum, D. DellaSala, K. Kavanagh, P. Hedao, P.T. Hurley, K.M. Carney, R. Abell y S. Walters.** 1999. *Terrestrial ecoregions of North America: a conservation assessment*. Island Press, Washington.
- Ringuelet, R. A.** 1975. Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *Ecosur* 2(3): 1-122.
- Rivas-Martínez, S. y G. Navarro.** 1994. Mapa biogeográfico de Suramérica. Madrid.
- Rivas-Martínez, S. y O. Tovar.** 1983. Síntesis biogeográfica de los Andes. *Collectanea Botanica (Barcelona)* 14: 515-521.
- Rodrigues, A., S.J. Andeman, M.I. Bakarr, L. Boitani, T.M. Brooks, R.M. Cowling, L.D.C. Fishpool, G.A.B. da Fonseca, K.J. Gaston, M. Hoffmann, J.S. Long, P.A. Marquet, J.D. Pilgrim, R.L. Pressey, J. Schipper, W. Sechrest, S.N. Stuart, L.G. Undehill, R.W. Waller y M. E.J. Watts.** 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428: 640–643.
- Rogers, D. S., C. Funk, J. Miller y M. Engstrom.** 2007. Molecular phylogenetic relationships among crested-tailed mice (Genus *Habromys*). *Journal of Mammalian Evolution* 14: 37-55.
- Rojas-Soto, O. R., O. Alcántara-Ayala y A.G. Navarro.** 2003. Regionalization of the avifauna of the Baja California Peninsula, Mexico: a parsimony analysis of endemism and distributional modeling approach. *Journal of Biogeography* 30:449-461.
- Romo-Vázquez, E., L. León-Paniagua y O. Sánchez.** 2005. A new species of *Habromys* (Rodentia: Neotominae) from Mexico. *Proc. Biol. Soc. Washington.*; 118(3):605-618.
- Ron, S. R.** 2000. Biogeographic area relationships of lowland Neotropical rainforest based on raw distributions of vertebrate groups. *Biological Journal of the Linnean Society* 71(3): 379-402.

- Rosen B.R.** 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography. En: Myers A.A. y P.S. Giller (eds.) Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distribution. Chapman y Hall, London.
- Rosenzweig, M. L. y Sandlin, E.A.** 1997. Species diversity and latitudes: listening to area's signal. *Oikos* 80: 172-176.
- Ryan, R. M.** 1963. The biotic provinces of Central America as indicated by mammalian distribution. *Acta Zoologica Mexicana* 6: 1-54.
- Rzedowski, J.** 1981. Vegetación de México. Edit. Limusa. México.
- Rzedowski, J.** 1990. Provincias Florísticas. Escala 1: 4 000 000. Mapa IV. 8. 3. A. Atlas Nacional de México. Vol. 2. Instituto de Geografía, UNAM.
- Rzedowski, J.** 1994. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: Llorente, J., González-Soriano, E. y Papayero, N. (Eds.), Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su Conocimiento. UNAM, México, D.F. Vol. II, Pp. 27-40.
- Rzedowski, J.** 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44.
- Rzedowski, J. y Mc Vaugh.** 1966. La vegetación de Nueva Galicia. *Contrib. University of Michigan Herbarium* 9, 1-123.
- Rzedowski, J. y T. Reyna-Trujillo.** 1990. Tópicos biogeográficos. Mapa IV.8.3. En: Atlas Nacional de México, Vol. III. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F.
- Samudio, R. Jr.** 2002. Mamíferos de Panamá. En: Ceballos, G. y J.A. Simonetti (eds.). Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales, CONABIO, Instituto de Ecología, UNAM, México.
- Sánchez-González, L.A., J.J. Morrone y A.G. Navarro-Sigüenza.** 2008. Distributional patterns of the Neotropical humid montane forest avifaunas. *Biological Journal of the Linnean Society* 94: 175-194.
- Savage, J.M.** 1966. The origins and history of the Central America herpetofauna. *Copeia* 4: 719-766.
- Savage, J.M.** 1982. The enigma of the Central America herpetofauna: dispersal or vicariance? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69: 464-547.
- Savage, J.M.** 1987. Systematics and distribution of the Mexican and Central American rainfrogs of the *Eleutherodactylus gollmeri* group (Amphibia: Leptodactylidae). *Fieldiana Zoology* 33: 1-57.
- Savage, J.M.** 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica. The University of Chicago Press. Chicago y Londres.
- Sclater, P.L.** 1858. On the general geographic distribution of the members of the class Aves. *Journal of the Linnean Society of London. Zoology* 2:130-145.
- Sclater, W. L. y P. L. Sclater.** 1899. The geography of mammals. Londres.

- Siebert, D. J.** 1992. Tree statistics; tree and "confidence"; consensus trees; alternatives to parsimony; character weighting; character conflict and its resolution. En: P. L. Forey y otros. *Cladistics: A practical course in Systematics*. Clarendon Press. Oxford Science Publications. Oxford. The Systematics Association Publication núm. 10.
- Simpson, G.G.** 1964. Species density of North American recent mammals. *Systematic Zoology* 13: 57-73.
- Smith, H. M.** 1941. Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de las lagartijas del género *Sceloporus*. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 2: 103-110.
- Smith, S.A. y E. Bermingham.** 2005. The biogeography of lower Mesoamerican freshwater fishes. *Journal of Biogeography* 32: 1835-1854.
- Soberón, J., J. Llorente y L. Oñate.** 2000. The use of specimen-label databases for conservation purposes: An example using Mexican Papilionid and Pierid butterflies. *Biodiversity and Conservation* 9:1441-1466.
- Steege, H., ter, M.J. Jansen-Jacobs y V.K. Datadin.** 2000. Can botanical collections assist in a National Protected Area Strategy in Guyana? *Biodiversity and Conservation* 9: 215-240.
- Stehli, F. G. y S.D. Webb.** 1985. *The Great American Biotic Interchange*. Plenum Press, New York.
- Stevens, G. C.** 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species co-exist in the tropics. *The American Naturalist* 133: 240-256.
- Stuart, L. C.** 1964. Fauna of Middle America. En: West, R. C. (ed.), *Handbook of Middle American Indians*, 1, Pp. 316-363.
- Sullivan, J.K., J.A. Markert y C.W. Kilpatrick.** 1997. Phylogeography of molecular systematics of the *Peromyscus aztecus* species group (Rodentia: Muridae) inferred using parsimony and likelihood. *Systematic Biology* 46: 426-440.
- Sullivan, J.K., E. Arellano y D. Rogers.** 2000. Comparative phylogeography of Mesoamerican highland rodents: concerted versus independent response to past climatic fluctuations. *The American Naturalist* 155: 755-768.
- Tiemann-Boege, I., C.W. Kilpatrick, D.J. Schmidly y R.D. Bradley.** 2000. Molecular phylogenetics of the *Peromyscus boylii* species group (Rodentia: Muridae) based on mitochondrial cytochrome b sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 16: 366-378.
- Toledo, V. M.** 1982. Pleistocene changes of vegetation in tropical Mexico. En: Prance, G.T. (ed.) *Biological Diversification in the Tropics*. Columbia University Press, Nueva York, Pp.93-111.
- Villa, B. y F.A. Cervantes.** 2003. *Los mamíferos de México*. Instituto de Biología, UNAM-Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F.
- Wake, M.H.** 1992. Biogeography of Mesoamerican caecilians. En: Darwin, S.P. y A.L. Welden (eds.) *Biogeography of Mesoamerica*. Proceedings of a symposium. Mérida, Yucatán, México, Octubre 26-30, 1984. Tulane University, Pp. 321-325.

- Wallace, A.R.** 1876. The geographical distribution of animals. McMillan y Co., Londres, 2 vol.
- Watson, D.M. y A. T. Peterson.** 1999. Determinants of diversity in a naturally fragmented landscape: humid montane forest avifaunas of Mesoamerica. *Ecography*. 22: 582-589.
- Wilson, E.O. (ed.).** 1988. Biodiversity. National Academy Press, Washington, DC.
- Wilson, J. W., III.** 1974. Analytical zoogeography of North American mammals. *Evolution* 28: 124-140.
- Wilson, D. E. y D. M. Reeder.** 2005. Mammals species of the world: A taxonomic and geographic reference. Smithsonian Institution Press-American Society of Mammalogists. Washington.
- Woodman, N., y R.M. Timm.** 1999. Geographic variation and evolutionary relationships among broad-clawed shrews of the *Cryptotis goldmani*-group (Mammalia: Insectivora: Soricidae). *Fieldiana Zoology New Series* 91: 1-35.

## **APÉNDICE 1. Colecciones científicas nacionales y extranjeras que proporcionaron información para la elaboración de la base de datos.**

---

Centro de Estudios para la Conservación de los Recursos Naturales, A.C.  
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, IPN  
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, IPN  
Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Q. Roo (Ahora ECOSUR)  
Colegio de la Frontera Sur  
Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N.  
Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM  
Depto. de Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa  
Depto. de Zoología, Instituto de Historia Natural, Chiapas  
Instituto de Ecología, A. C.  
Instituto de Historia Natural y Ecología  
Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos  
Museo de Historia Natural de la Ciudad de México  
Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" - Facultad de Ciencias, UNAM  
Universidad Autónoma de Guadalajara  
Universidad Autónoma del Estado de México o Universidad Autónoma del Estado de Morelos  
Universidad de Antioquía, Colombia  
Zoológico Regional Miguel Álvarez del Toro, Instituto de Historia Natural, Chiapas

American Museum of Natural History (AMNH) – Mammals  
Arctos - Museum of Southwestern Biology - MSB Mammals  
Arctos - Western New Mexico University - WNMU Mammals  
Arctos - University of Alaska Museum - UAM Mammals  
Arctos - Museum of Southwestern Biology Division of Genetic Resources - DGR Mammals  
Biology Department, San Diego State University  
Biology Department, Occidental College  
Biology Department, Cornell College  
Biology Department, California State University - Northridge  
Biology Department, California State University - Los Angeles  
Biology Department, California State University - Long Beach  
Birds and Mammals Section, Natural History Museum of Los Angeles County  
Birds and Mammals Department, San Diego Natural History Museum  
Bird Department, Delaware Museum of Natural History  
California Academy of Sciences (CAS) - Mammal Collection Catalog  
Carnegie Museum  
Central College - Central University of Iowa  
Cleveland Museum of Natural History  
Cornell University Museum of Vertebrates (CUMV) - Mammal Collection  
Cornell University, Ithaca  
College of Idaho - Museum of Natural History  
Dept. of Biology, Museum of Southwest Biology, University of New Mexico  
Department of Vertebrate Zoology, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution  
Division of Mammals, Field Museum of Natural History  
Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut  
Edward O'Neil Research Center  
Field Museum of Natural History  
Florida State Museum, University of Florida  
Fort Hays State University



Harvard University Provider - MCZ Mammalogy Collection  
James R. Slater Museum (PSM) - Terrestrial vertebrates  
Louisiana State University Museum of Natural Science (LSUMZ) - Mammal specimens  
Los Angeles County Museum of Natural History (LACM) - Vertebrate specimens  
Mammals Section, Carnegie Museum of Natural History - Pittsburgh  
Miami University  
Michigan State University Museum (MSUM) - Vertebrate specimens  
Monte L. Bean Life Science Museum, Brigham Young University  
Museum of Texas Tech University (TTU) - Mammal specimen  
Museum of Comparative Zoology, Harvard University-Cambridge  
Museum of Michigan State University  
Museum of Natural History, Division of Mammals, Kansas University  
Museum of Vertebrate Zoology  
Museum of Zoology, Biological Sciences Division, Louisiana State University  
Museum of Zoology, University of Michigan - Ann Arbor  
New Mexico Museum of Natural History and Science (NMMNH) - Mammal specimens  
Royal Ontario Museum - Mammal specimens  
Sam Noble Oklahoma Museum of Natural History - Mammals Specimens  
Sternberg Museum of Natural History - Mammal Collection  
Texas Cooperative Wildlife Collection (TCWC) - TCWC Vertebrate Collections  
University of California, Berkeley  
University of Colorado Museum  
University of Illinois Museum of Natural History  
University of Iowa  
University of Kansas  
University of Michigan  
University of Minnesota  
University of Nebraska State Museum  
University of Nevada - Reno  
University of North Carolina - Wilmington  
University of Oklahoma  
University of Washington - Burke Museum  
University of Wisconsin Zoological Museum  
University of Nebraska State Museum - UNSM Vertebrate Specimens  
University of Texas at El Paso - Mammals Specimens  
Zoology Department, Manitoba Museum of Man and Nature

## **APÉNDICE 2. Coberturas utilizadas en este trabajo.**

---

### ***Coberturas referentes a la Temperatura:***

Temperatura promedio anual (°C)

Oscilación diurna de la temperatura (°C)

Isotermalidad (°C) (cociente entre parámetros 2 y 7)

Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)

Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)

Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)

Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6)

Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)

Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)

Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)

Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)

### ***Coberturas referentes a la Precipitación:***

Precipitación del periodo más lluvioso (mm)

Precipitación anual (mm)

Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %)

Precipitación del periodo más seco (mm)

Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)

Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)

Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)

### ***Coberturas referentes a la Topografía:***

Pendiente

Altitud

Índice topográfico compuesto

---

**Anexo 3.** Lista de especies utilizadas en el trabajo. La asociación a las zonas montanas fue tomada de Ceballos y Oliva (2005) y Reid (1997). **BMM**, bosque mesófilo de montaña; **BP-E**, bosque de encino-pino; **BCf**, bosque de coníferas; **BP**, bosque de pino; **BE**, bosque de encino; **B Oy**, bosque de oyamel; **BP Oy-E**, bosque de pino, oyamel y encino; **Zt**, zacatonal; **EM**, endemismo mesoamericano; **EZM**, endemismo a zonas montanas; **CAN**, Canadá; **EUA**, Estados Unidos de Norteamérica; **MX**, México; **G**, Guatemala; **BEL**, Belice; **E**, El Salvador; **HON**, Honduras; **NIC**, Nicaragua; **CR**, Costa Rica; **PAN**, Panamá; **V**, Venezuela; **EC**, Ecuador; **P**, Perú; **BR**, Brasil; **BL**, Bolivia; **UR**, Uruguay; **AG**, Argentina; letras cursivas en negritas denotan falta de registros.

Espece	BMM	BP-E	BCf	BP	BE	BOy	BP-Oy-E	Zt	Otros	E M	E ZM	Distribución
<b>Didelphimorphia</b>												
<i>Didelphis virginiana</i>	X	X	X	X	X			X	X			CAN-CR
<i>Marmosops impavidus</i>	X	X	X	X	X			X	X			<b>PAN-P</b>
<b>Cingulata</b>												
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	X		X		X				X			X
<b>Lagomorpha</b>												
<i>Romerolagus diazi</i>				X	X	X		X		*	*	MX
<i>Sylvilagus bachmani</i>			X		X				X			EUA-MX
<i>Sylvilagus cunicularius</i>		X						X	X			MX
<i>Sylvilagus dicei</i>	X	X	X	X	X	X		X		*	*	CR-PAN
<i>Sylvilagus floridanus</i>			X		X				X			CAN-V
<i>Sylvilagus insonus</i>	X		X							*	*	<b>MX</b>
<i>Sylvilagus robustus</i>					X						*	EUA-MX
<b>Soricomorpha</b>												
<i>Cryptotis alticola</i>			X	X				X		*	*	MX
<i>Cryptotis goldmani</i>	X			X	X	X		X		*	*	MX-G
<i>Cryptotis goodwini</i>	X		X					X		*	*	<b>MX-E</b>
<i>Cryptotis gracilis</i>					X			X		*	*	<b>CR-PAN</b>
<i>Cryptotis griseoventris</i>	X	X		X	X					*	*	MX-G
<i>Cryptotis hondurensis</i>				X	X					*	*	<b>HON</b>
<i>Cryptotis magna</i>	X	X								*	*	MX
<i>Cryptotis merriami</i>	X		X	X	X					*	*	MX-CR
<i>Cryptotis mexicana</i>	X	X								*	*	MX
<i>Cryptotis obscura</i>	X	X			X					*	*	MX
<i>Cryptotis orophila</i>	X	X	X	X	X	X		X		*	*	<b>HON-CR</b>
<i>Cryptotis peregrina</i>		X		X	X					*	*	MX
<i>Cryptotis phillipsii</i>	X	X		X	X					*	*	MX
<i>Cryptotis tropicalis</i>	X	X	X	X	X	X		X		*	*	<b>MX-BEL-G</b>
<i>Megasorex gigas</i>	X	X							X			MX
<i>Notiosorex villai</i>	X	X							X			<b>MX</b>
<i>Sorex arizonae</i>		X	X								*	<b>EUA-MX</b>
<i>Sorex emarginatus</i>		X	X	X		X			X			MX
<i>Sorex macrodon</i>	X			X	X				X			MX
<i>Sorex milleri</i>			X							*	*	MX
<i>Sorex monticolus</i>			X		X						*	CAN-MX
<i>Sorex oreopolus</i>			X		X					*	*	MX
<i>Sorex saussurei</i>			X							*	*	MX-G
<i>Sorex sclateri</i>	X			X						*	*	<b>MX</b>

Especie	BP-											Distribución
	BMM	BP-E	BCf.	BP	BE	BOy	Oy-E	Zt	Otros	E M	E ZM	
<i>Sorex stizodon</i>				X	X					*	*	<b>MX</b>
<i>Sorex ventralis</i>			X							*	*	MX
<i>Sorex veraepacis</i>	X		X							*	*	MX-G
<i>Scapanus latimanus</i>		X							X			<b>EUA-MX</b>
<i>Scalopus aquaticus</i>			X						X			<b>EUA-MX</b>
<b>Chiroptera</b>												
<i>Anoura cultrata</i>	X								X			CR-P
<i>Anoura geoffroyi</i>	X			X	X				X			MX-BR
<i>Choeronycteris mexicana</i>			X		X				X			EUA-HON
<i>Glossophaga commissarisi</i>	X								X			MX-BR
<i>Glossophaga leachii</i>		X							X			MX-CR
<i>Glossophaga morenoi</i>		X							X			MX
<i>Leptonycteris nivalis</i>		X							X			EUA-G
<i>Chrotopterus auritus</i>	X								X			MX-AG
<i>Sturnira ludovici</i>	X			X	X				X			MX-EC
<i>Artibeus aztecus</i>			X						X			MX-PAN
<i>Enchisthenes hartii</i>	X		X						X			MX-BL
<i>Molossus aztecus</i>	X	X			X						*	MX-V
<i>Promops centralis</i>		X										MX-AG
<i>Eptesicus brasiliensis</i>	X								X			MX-UR
<i>Eptesicus furinalis</i>	X	X							X			MX-AG
<i>Eptesicus fuscus</i>				X	X				X			CAN-V
<i>Lasiurus cinereus</i>	X	X							X			CAN-AG
<i>Lasiurus intermedius</i>		X	X						X			EUA-HON
<i>Rhogeessa alleni</i>			X						X			MX
<i>Rhogeessa gracilis</i>			X						X			MX
<i>Corynorhinus mexicanus</i>		X	X						X			MX
<i>Euderma maculatum</i>			X						X			CAN-EUA-MX
<i>Idionycteris phyllotis</i>		X				X			X			<b>EUA-MX</b>
<i>Bauerus dubiaquercus</i>	X	X							X			MX-CR
<i>Lasionycteris noctivagans</i>			X						X			<b>CAN-MX</b>
<i>Myotis californicus</i>		X	X	X					X			CAN-G
<i>Myotis nigricans</i>	X								X			MX-AG
<i>Myotis keaysi</i>	X		X		X				X			MX-AG
<i>Myotis occultus</i>		X							X			EUA-MX
<i>Myotis peninsularis</i>		X			X				X			MX
<i>Myotis planiceps</i>			X							*	*	MX
<i>Myotis thysanodes</i>	X		X		X				X			CAN-MX
<i>Myotis velifer</i>				X	X	X			X			EUA-HON
<i>Myotis volans</i>			X		X				X			CAN-MX
<b>Carnivora</b>												
<i>Lynx rufus</i>				X	X	X			X			CAN-MX
<i>Leopardus wiedii</i>	X											MX-AG
<i>Puma concolor</i>	X		X		X				X			CAN-AG

Espece	BMM	BP-E	BCf.	BP	BE	BOy	BP- Oy-E	Zt	Otros	E M	E ZM	Distribución
<i>Panthera onca</i>	X		X		X				X			MÉX-AG
<i>Canis lupus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X			CAN-MX
<i>Urocyon</i>												
<i>cinereoargenteus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X			CAN-V
<i>Ursus americanus</i>			X		X				X			CAN-MX
<i>Ursus arctos</i>			X		X			X			*	EUA-MX
<i>Mustela frenata</i>			X		X			X	X			CAN-BL
<i>Taxidea taxus</i>		X							X			CAN-MX
<i>Conepatus leuconotus</i>				X	X				X			EUA-NIC
<i>Mephitis macroura</i>			X						X			EUA-C R
<i>Mephitis mephitis</i>					X				X			CAN-MX
<i>Spilogale gracilis</i>		X				X			X			EUA-MX
<i>Bassaricyon gabbii</i>	X								X			<b>NIC-ECUA</b>
<i>Bassaricyon lasius</i>	X											<b>CR</b>
<i>Bassaricyon pauli</i>	X											<b>PAN</b>
<i>Bassariscus astutus</i>				X	X				X			EUA-MX
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	X	X							X			MX-PAN
<b>Perissodactyla</b>												
<i>Tapirus bairdii</i>	X								X			MX-EC
<b>Artiodactyla</b>												
<i>Pecari tajacu</i>	X		X		X				X			EUA-AG
<i>Mazama temama</i>	X								X			MX-AG
<i>Odocoileus hemionus</i>				X	X				X			CAN-MX
<i>Odocoileus virginianus</i>			X						X			CAN-BR
<b>Rodentia</b>												
<i>Sciurus aberti</i>				X							*	EUA-MX
<i>Sciurus alleni</i>			X	X	X		X		X			MX
<i>Sciurus arizonensis</i>				X	X				X			EUA-MX
<i>Sciurus aureogaster</i>		X				X			X			MX-G
<i>Sciurus colliaei</i>				X	X	X			X			MX
<i>Sciurus deppei</i>	X	X		X					X			MX-CR
<i>Sciurus griseus</i>		X		X	X						*	<b>EUA-MX</b>
<i>Sciurus nayaritensis</i>		X									*	EUA-MX
<i>Sciurus niger</i>				X	X				X			CAN-MX
<i>Sciurus oculatus</i>				X	X					*	*	MX
<i>Sciurus variegatoides</i>					X				X			MX-PAN
<i>Syntheosciurus brochus</i>	X								X			<b>CR-PAN</b>
<i>Tamiasciurus mearnsi</i>			X							*	*	<b>MX</b>
<i>Glaucomys volans</i>		X			X		X				*	CAN-HON
<i>Ammospermophilus</i>												
<i>leucurus</i>			X						X			EUA-MX
<i>Spermophilus madrensis</i>			X							*	*	MX
<i>Spermophilus variegatus</i>				X	X				X			EUA-MX
<i>Tamias bulleri</i>		X			X					*	*	MX
<i>Tamias dorsalis</i>			X		X				X			EUA-MX
<i>Tamias durangae</i>		X								*	*	MX
<i>Tamias merriami</i>			X						X			<b>EUA-MX</b>
<i>Tamias obscurus</i>			X						X			EUA-MX

Especie	BP-											Distribución	
	BMM	BP-E	BCf.	BP	BE	BOy	Oy-E	Zt	Otros	E M	E ZM		
<i>Heteromys oresterus</i>	X				X						*	*	<b>CR</b>
<i>Heteromys nelsoni</i>	X										*	*	MX-G
<i>Liomys irroratus</i>			X		X					X			EUA-MX
<i>Liomys pictus</i>		X								X			MX-G
<i>Cratogeomys gymnurus</i>		X								X			MX
<i>Cratogeomys merriami</i>				X	X	X		X	X				MX
<i>Cratogeomys neglectus</i>		X		X							*	*	MX
<i>Cratogeomys tylorhinus</i>		X								X			MX
<i>Orthogeomys cavator</i>	X									X			CR-PAN
<i>Orthogeomys cherriei</i>	X									X			CR
<i>Orthogeomys heterodus</i>	X									X			CR
<i>Pappogeomys alcorni</i>		X		X							*	*	<b>MX</b>
<i>Pappogeomys bulleri</i>			X		X					X			MX
<i>Zygogeomys trichopus</i>				X							*	*	MX
<i>Microtus guatemalensis</i>	X										*	*	MX-G
<i>Microtus mexicanus</i>		X			X	X							EUA-MX
<i>Microtus oaxacensis</i>	X										*	*	MX
<i>Microtus pennsylvanicus</i>			X		X					X			CAN-MX
<i>Microtus quasiater</i>	X	X								X			MX
<i>Microtus umbrosus</i>					X						*	*	MX
<i>Baiomys taylori</i>			X		X					X			EUA-MX
<i>Habromys chinanteco</i>		X									*	*	<b>MX</b>
<i>Habromys delicatulus</i>	X				X	X					*	*	<b>MX</b>
<i>Habromys ixtlani</i>	X			X	X						*	*	MX
<i>Habromys lepturus</i>				X	X						*	*	MX
<i>Habromys lophurus</i>	X		X		X						*	*	MX-E
<i>Habromys simulatus</i>	X										*	*	MX
<i>Megadontomys cryophilus</i>	X	X		X							*	*	MX
<i>Megadontomys nelsoni</i>	X	X		X							*	*	MX
<i>Megadontomys thomasi</i>	X	X		X	X						*	*	MX
<i>Nelsonia goldmani</i>	X		X		X						*	*	MX
<i>Nelsonia neotomodon</i>		X				X					*	*	MX
<i>Neotoma angustapalata</i>				X	X						*	*	MX
<i>Neotoma chrysomelas</i>	X										*	*	<b>HON-NIC</b>
<i>Neotoma goldmani</i>			X		X					X			MX
<i>Neotoma lepida</i>			X							X			EUA-MX
<i>Neotoma macrotis</i>			X							X			<b>EUA-MX</b>
<i>Neotoma mexicana</i>				X	X					X			EUA-HON
<i>Neotomodon alstoni</i>			X		X					X			MX
<i>Peromyscus aztecus</i>	X	X						X		X			MX-HON
<i>Peromyscus beatae</i>		X	X		X					X			MX-HON
<i>Peromyscus boylii</i>			X		X					X			EUA-MX
<i>Peromyscus californicus</i>			X		X					X			EUA-MX
<i>Peromyscus difficilis</i>				X	X					X			MX
<i>Peromyscus eremicus</i>			X							X			EUA-MX
<i>Peromyscus fraterculus</i>			X							X			EUA-MX
<i>Peromyscus furvus</i>	X	X		X						X			MX

Espece	BMM	BP-E	BCf.	BP	BE	BOy	BP- Oy-E	Zt	Otros	E M	E ZM	Distribución
<i>Peromyscus gratus</i>		X							X			EUA-MX
<i>Peromyscus guatemalensis</i>	X				X					*	*	MX-G
<i>Peromyscus hylocetes</i>	X	X		X	X	X				*	*	MX
<i>Peromyscus levipes</i>		X		X					X			MX
<i>Peromyscus maniculatus</i>				X			X		X			CAN-MX
<i>Peromyscus mayensis</i>	X				X					*	*	<b>G</b>
<i>Peromyscus megalops</i>		X		X								MX
<i>Peromyscus mekisturus</i>				X	X					*	*	<b>MX</b>
<i>Peromyscus melanocarpus</i>	X									*	*	MX
<i>Peromyscus melanotis</i>	X		X					X	X			EUA-MX
<i>Peromyscus melanurus</i>		X							X			MX
<i>Peromyscus mexicanus</i>	X		X						X			MX-PAN
<i>Peromyscus nasutus</i>				X	X				X			EUA-MX
<i>Peromyscus ochraventer</i>	X	X			X				X			MX
<i>Peromyscus polius</i>		X										MX
<i>Peromyscus specilegus</i>		X							X			MX
<i>Peromyscus truei</i>				X					X			EUA-MX
<i>Peromyscus winkelmanni</i>				X	X	X				*	*	MX
<i>Peromyscus zarhynchus</i>	X						X			*	*	MX
<i>Reithrodontomys brevirostris</i>	X								X			<b>NIC-CR</b>
<i>Reithrodontomys chrysopsis</i>		X					X	X		*	*	MX
<i>Reithrodontomys creper</i>	X								X			<b>CR-PAN</b>
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>		X							X			EUA-NIC
<i>Reithrodontomys megalotis</i>		X							X			CAN-MX
<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	X	X							X			MX-EC
<i>Reithrodontomys microdon</i>		X					X	X		*	*	MX-G
<i>Reithrodontomys rodriguezi</i>	X								X			<b>CR</b>
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	X			X	X				X			MX-PAN
<i>Reithrodontomys tenuirostris</i>	X									*	*	MX-G
<i>Reithrodontomys zacatecae</i>								X		*	*	MX
<i>Scotinomys teguina</i>	X		X		X				X			MX-PAN
<i>Scotinomys xerampelinus</i>	X							X		*	*	<b>CR-PAN</b>
<i>Isthmomys flavidus</i>	X								X	*	*	<b>PAN</b>
<i>Oligoryzomys vegetus</i>	X								X			<b>CR-PAN</b>
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>		X			X				X			MX-BR
<i>Oryzomys albigularis</i>	X								X			<b>CR-P</b>

Especie	BMM	BP-E	BCf.	BP	BE	BOy	BP-		Otros	E M	E ZM	Distribución
							Oy-E	Zt				
<i>Oryzomys alfaroi</i>	X	X			X						*	MX-EC
<i>Oryzomys chapmani</i>	X	X							X		*	MX
<i>Oryzomys devius</i>	X										*	CR-PAN
<i>Oryzomys rhapsops</i>	X	X									*	MX-G
<i>Oryzomys saturator</i>	X										*	MX-NIC
<i>Oryzomys talamancae</i>	X								X			CR-EC
<i>Sigmodontomys aphrastus</i>					X				X			<b>CR-PAN</b>
<i>Rheomys raptor</i>	X								X			<b>CR-PAN</b>
<i>Rheomys thomasi</i>	X											<b>MX-E</b>
<i>Rheomys underwoodi</i>	X									*	*	<b>CR-PAN</b>
<i>Rheomys mexicanus</i>	X		X		X				X			MX
<i>Tylomys watsoni</i>					X				X			CR-PAN
<i>Tylomys nudicaudus</i>	X								X			MX-NIC
<i>Tylomys tumbalensis</i>		X								*	*	<b>MX</b>
<i>Otodylomys phyllotis</i>	X								X			MX-CR
<i>Sphiggurus mexicanus</i>	X								X			MX-PAN
<i>Sigmodon alleni</i>		X							X			MX
<i>Sigmodon hirsutus</i>	X								X			NIC-V
<i>Sigmodon leucotis</i>		X		X				X		*	*	MX
<i>Sigmodon planifrons</i>	X	X		X	X					*	*	MX
<i>Sigmodon zanjoniensis</i>	X			X	X					*	*	MX-G